



Movilidad cotidiana en taxi en la ciudad de Río de Janeiro: explorando el patrón espacio-temporal de los viajes en la aplicación TAXI.RIO

Daily Mobility by taxi in the city of Rio de Janeiro: Exploring the spatiotemporal pattern of trips on the TAXI.RIO application

Mobilidade cotidiana por táxi na Cidade do Rio de Janeiro: explorando o padrão espaço-temporal das viagens no aplicativo TAXI.RIO

Juciano Martins Rodrigues¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rua Antônio Barros de Castro, 119, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, Brasil CEP: 21941-853, <https://orcid.org/0000-0001-5187-0899>, e-mail: juciano@ippur.ufrj.br

Resumen

El servicio de taxis desempeña un papel fundamental en el sistema de movilidad urbana de la ciudad de Río de Janeiro. Este estudio utiliza datos de los registros de viajes solicitados a través de la aplicación TAXI.RIO para analizar la distribución espacial de los embarques y desembarques a lo largo de una semana. El objetivo es analizar la movilidad cotidiana en taxi a partir de la identificación de los principales orígenes y destinos, trazar los principales flujos de viajes entre diferentes partes de la ciudad y mapear las tendencias de aglomeración espacial. El análisis también revela un patrón temporal relacionado con la dinámica económica de la ciudad.

Palabras clave: movilidad, taxi, app, TAXI.RIO.

Abstract

The taxi service plays a fundamental role in the urban mobility system of the city of Rio de Janeiro. This study uses data from trip records requested through the TAXI.RIO app to analyze the spatial distribution of pick-ups and drop-offs over the course of a week. The goal is to examine daily mobility by taxi by identifying the main origins and destinations, outlining the primary travel flows between different parts of the city, and mapping spatial clustering trends. The analysis also reveals a temporal pattern related to the city's economic dynamics.

Keywords: mobility, taxi, app, TAXI.RIO.

Resumo

O serviço de táxis desempenha papel fundamental no sistema de mobilidade urbana da cidade do Rio de Janeiro. Este estudo usa dados dos registros de viagens solicitados através do aplicativo TAXI.RIO para analisar a distribuição espacial dos embarques e desembarques ao longo de uma semana. O objetivo é analisar a mobilidade cotidiana por táxi a partir da identificação das principais origens e destinos, traçar os principais fluxos de viagens entre partes da cidade e mapear as tendências de aglomeração espacial. A análise revela também um padrão temporal relacionado à dinâmica econômica da cidade.

Palavras-chave: mobilidade, táxi, app, TAXI.RIO.

Volumen
13

Número
3

*Autor(a) correspondiente
juciano@ippur.ufrj.br

Envío 27 mayo 2025

Aceptación 14 jul 2025

Publicación 24 jul 2025

¿Cómo citar?

RODRIGUES, J. M.

Movilidad cotidiana en taxi
en la ciudad de Río de
Janeiro: explorando el
patrón espacio-temporal de
los viajes en la aplicación
TAXI.RIO. *Coleção
Estudos Cariocas*, v. 13, n.
3, 2025.

DOI: 10.71256/19847203.13.3.146.2025

El artículo fue
originalmente enviado en
PORTUGUÉS. Las
traducciones a otros
idiomas fueron revisadas
y validadas por los
autores y el equipo
editorial. Sin embargo,
para una representación
más precisa del tema
tratado, se recomienda
que los lectores consulten
el artículo en su idioma
original.



1 Introdução

La ciudad de Río de Janeiro tiene alrededor de 6,2 millones de habitantes, distribuidos en un territorio de 1.200,329 kilómetros cuadrados. Es el principal municipio y núcleo de una metrópoli de 12 millones de personas (IBGE, 2022). Su sistema de transporte se estructura a partir de los servicios colectivos ofrecidos a través de las líneas de autobuses (BRT y convencionales), de tres líneas de metro y de un sistema de trenes metropolitanos. Estos servicios son responsables por gran parte de los desplazamientos y se complementan con un servicio de Vehículo Ligerero sobre Rieles (VLT), localizado en una parte restringida de su área central, por un sistema de bicicletas compartidas, una línea de tranvía turístico y por vehículos del llamado transporte alternativo (vans, kombis y mototaxis).

También de forma complementaria, el servicio de transporte público individual ofrecido a través de los taxis cumple un papel fundamental en el sistema de movilidad urbana. Más que una opción de transporte para habitantes y turistas, encuentra una enorme aceptación y adhesión social. Tradicionalmente en los colores amarillo y azul, los taxis en la ciudad de Río de Janeiro forman parte del paisaje y ocupan un lugar relevante en la cultura y en la historia urbana¹.

El mercado de taxis en la ciudad se estructura de forma similar a otros lugares, donde prevalecen tres segmentaciones características del servicio, las mismas mapeadas por la OCDE (2007) y destacadas por Binenbojm (2016): (1) el segmento de paradas de taxi, conocido en la literatura como taxi rank; (2) el segmento del mercado callejero, llamado hailing; y (3) el segmento de viajes pre-agendados puerta a puerta, referido frecuentemente en la literatura internacional como pre-booking, taxi-booking o phone booking. En esta última modalidad, el pasajero puede rastrear el movimiento del vehículo y pagar el viaje con tarjeta de crédito, las mismas facilidades que se encuentran en los servicios de viaje solicitados por aplicaciones móviles, hoy dominantes en el mercado de transporte individual.

Como en otras partes del mundo, el servicio por aplicaciones se popularizó rápidamente, alterando el mercado del transporte individual en la ciudad de Río de Janeiro y en su región metropolitana. Además de una adhesión masiva por parte del público, la entrada de las aplicaciones en el mercado y su naturaleza disruptiva desafiaron la racionalidad regulatoria del servicio de transporte individual, hasta entonces monopolizado por los taxis (Binenbojm, 2016). Esto ha exigido del poder público soluciones de gobernanza y de regulación para acomodar los intereses de los conductores de estos servicios, de los profesionales taxistas y, en cierta medida, las necesidades y preferencias del público en general.

El desarrollo de la aplicación TAXI.RIO por parte de la Alcaldía de la Ciudad de Río de Janeiro se encuadra en este tipo de solución y está inserto en un contexto de cambios institucionales más amplios. En este contexto, el poder público se vio obligado a enfrentar problemas relacionados con la gobernanza del sector de transportes, incluyendo, principalmente, intentos de regulación de las aplicaciones de transporte individual remunerado².

De este modo, el TAXI.RIO, en tanto facilitador de los viajes en taxi, asume gran importancia para el sistema de transporte y para la gestión de la movilidad en la ciudad. En primer lugar, porque creó condiciones para que el servicio tradicional de taxis regulado por la autoridad municipal continuara operando en condiciones reales de competitividad y garantía de los derechos adquiridos. En segundo lugar, porque,

¹ Desde el 29 de mayo de 2017, el servicio de taxi común (con los tradicionales vehículos en los colores amarillo y azul) está oficialmente definido como patrimonio cultural de la ciudad.

² Em 2021, a Prefeitura do Rio de Janeiro publicou um decreto para regulamentar o transporte individual privado remunerado por meio de aplicativos, com base nos artigos 11-A e 11-B da Lei Federal 12.587 de 2012 (Lei da Mobilidade Urbana). O instrumento previa a criação de um Fundo Municipal de Mobilidade Urbana Sustentável, com a arrecadação de 1,5% do valor cobrado dos passageiros e a instituição de um Comitê para Estudos e Regulamentação Viária de Aplicativos (Cerva). No entanto, nem a arrecadação, nem o comitê foram efetivados e, em março de 2021, o decreto foi revogado.

aun considerando que hay consenso sobre la necesidad de priorizar el transporte colectivo y los medios activos (caminar y bicicleta), no hay dudas de que el servicio de taxi, en tanto transporte individual de carácter público, lleva ventajas en relación con el desplazamiento basado en vehículos individuales de propiedad particular. Se trata de un modo de transporte que ofrece, entre otras ventajas, comodidad, confort y sensación de seguridad. Al mismo tiempo, el taxi, en la medida en que puede ser compartido por varias personas a lo largo del día, genera resultados más positivos desde el punto de vista colectivo en comparación con el transporte individual de propiedad privada, contribuyendo a la reducción del tráfico, la contaminación y el impacto ambiental.

Además de su importancia para la planificación y la gestión del transporte, el estudio de los viajes realizados a través del servicio TAXI.RIO se apoya en el potencial metodológico de exploración de datos individualizados de viajes, cada vez más disponibles y accesibles en los ámbitos académico y corporativo. Más allá de esto, se plantea que el análisis espacio-temporal de estos viajes es un punto de partida oportuno para llenar las lagunas en la producción de conocimiento sobre la movilidad en taxi. En cierta medida, este análisis puede contribuir también a la comprensión de componentes importantes de la movilidad cotidiana de la población, que se expresa en las diversas y complejas interacciones entre lugares de residencia, trabajo, ocio y otras actividades del día a día.

Así, motivado también por la oportunidad específica de una mayor comprensión sobre el papel del taxi en el sistema de movilidad urbana de la ciudad de Río de Janeiro, este trabajo tiene como objetivo principal explorar el patrón espacio-temporal de los viajes solicitados a través de la aplicación TAXI.RIO. Para ello, se analiza la distribución temporal y espacial de los puntos de embarque y desembarque de los viajes realizados a lo largo de una semana de referencia (01/03/2020 a 07/03/2020). Se considera que el recorte de este subconjunto específico no compromete el análisis, dado que los viajes en taxi presentan patrones que se repiten semanalmente, lo que ya ha sido demostrado en trabajos con propósitos similares (Qian y Ukkusuri, 2015).

Con la información geolocalizada de cada punto de origen y destino, se busca entender el comportamiento de los viajes a través del mapeo de los flujos entre las partes de la ciudad, más específicamente entre las cinco áreas de planificación (división oficial utilizada en la planificación de las acciones públicas del poder municipal) y entre los 199 recortes espaciales utilizados para la divulgación de resultados censales. Además, como parte del estudio, se produjeron visualizaciones a partir de la agregación de los datos en una malla de hexágonos utilizada en estudios de políticas de transporte (11.916 en total). Esta escala de representación permite una visualización más detallada sobre las localizaciones de los orígenes y destinos y su posible relación con la configuración socioespacial de la ciudad (distribución de la población, de la renta per cápita y de los empleos). Por último, el trabajo incluye el cálculo de un índice de autocorrelación espacial para detectar las tendencias de aglomeración de embarques y desembarques en las áreas de ponderación a lo largo del día.

Se observa que se trata de datos de un período anterior a la pandemia de COVID-19, oficializada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 11 de marzo de 2020. A pesar del desfase temporal en relación con la fecha actual, la elección de esta semana de referencia se justifica en primer lugar por la posibilidad inédita de aportar conocimiento sobre la movilidad en taxi en la ciudad de Río de Janeiro. Aunque es evidente la imposibilidad de considerar tales datos como reflejo de la dinámica actual, el registro del período marca una base temporal para futuras comparaciones, considerando, incluso, posibles impactos de la pandemia sobre la dinámica de desplazamiento a través de este modo de transporte. Por último, vale registrar que la opción por este recorte temporal se debe a aspectos relacionados con la calidad de los datos disponibilizados por la Alcaldía de Río de Janeiro, considerando características como la completitud e integridad de la información.

Además de esta introducción y de la conclusión, el artículo está estructurado en tres secciones. En la primera, se presenta un panorama de la investigación sobre movilidad en taxi y sus patrones espacio-temporales a través de una breve revisión de la literatura. En la segunda, se hace una descripción de la metodología y los datos utilizados en el estudio. A continuación, se presentan los resultados del análisis centrado en la distribución espacial y temporal de los viajes en taxi.

2 Panorama de las investigaciones sobre movilidad en taxi y sus patrones espacio-temporales

Con la difusión y relativa popularización de tecnologías que permiten el registro y el intercambio de datos sobre localización y trayectoria espacial, también se ampliaron las posibilidades para el estudio de la movilidad humana en diferentes contextos (González et al., 2008; Veloso et al., 2011). El ejemplo más conocido de este tipo de tecnología es el GPS (global positioning system), presente hoy en diversos dispositivos de uso personal y corporativo. La adopción de estas tecnologías y el registro de grandes volúmenes de datos con amplia cobertura, buena continuidad y bajo costo de recolección (Tang et al., 2017) han transformado radicalmente la gestión y la planificación en transportes, incluyendo el monitoreo y la proyección de escenarios de intervención en el tránsito.

La difusión de esta tecnología también posicionó los estudios sobre patrones de viaje y su relación con la estructura urbana a la vanguardia de la investigación sobre movilidad urbana (Liu et al., 2015). La mayor disponibilidad de registros de viajes espacialmente referenciados ha posibilitado, asimismo, la realización de un número creciente de estudios sobre movilidad en taxi (Veloso et al., 2011; Peng et al., 2012; Liu et al., 2015; Mao et al., 2015; Zhang, 2015; Qian y Ukkusuri, 2015; Bischoff et al., 2015; Kumar et al., 2016; Hochmair, 2016; Tang et al., 2017; Zhang, 2018; Yang, 2018; Liu, 2020; Wang et al., 2023; Wang et al., 2024) y otros modos de transporte (Braga et al., 2020; Arias-Molinares et al., 2021). Este tipo de registro contiene propiedades espacio-temporales precisas dentro del espacio urbano, proporcionando una base sólida para reflexionar sobre aspectos relevantes de la estructura y el funcionamiento de las ciudades (Liu et al., 2015) y, en consecuencia, sobre la movilidad cotidiana de la población.

La movilidad cotidiana, en este caso, se refiere a los desplazamientos diarios y rutinarios de las personas entre sus domicilios y otros espacios de realización y reproducción de la vida cotidiana (lugares de trabajo, estudio, ocio, salud, consumo, encuentros sociales, etc.) (Legroux, 2021). En este artículo, se considera, por tanto, la movilidad cotidiana como sinónimo de desplazamiento físico, considerando los viajes en taxi solicitados a través de la aplicación TAXI.RIO.

En el contexto brasileño, son escasos los estudios sobre movilidad cotidiana en taxi y, especialmente, sobre el patrón espacio-temporal de los viajes. Los pocos trabajos disponibles sobre este modo de transporte abordan aspectos relacionados con el funcionamiento del servicio, tratando, por ejemplo, de métodos o consideraciones respecto al cálculo tarifario (Dias, 2009; Oliveira, 2009; Gonçalves y Kneib, 2009), desempeño y eficiencia (Drumond, 2017), monitoreo (Galvão y Almeida, 2009), modelo de negocio (Hino et al., 2018) y reorganización y reestructuración del servicio (Gonçalves et al., 2011; Monteiro et al., 2016). Además de estos, aparecen estudios que tratan cuestiones específicas y variaciones del servicio de taxi poco aplicables en otros contextos. Brasileiro y Xavier (1996), por ejemplo, investigaron la operación y las características del servicio de taxi sin taxímetro en la ciudad de Ilha Solteira-SP. Estolano et al. (2009), por su parte, trataron la implementación de un servicio de taxi ofrecido con billete anticipado para la realización de recorridos turísticos del tipo City Tour en Recife-PE.

Considerando el creciente uso de los servicios de taxi bajo demanda y la mayor disponibilidad de datos provenientes de GPS incorporado, es razonable suponer un aumento significativo de estudios que puedan llenar las lagunas en términos de

investigación sobre movilidad en taxi en el país. Incluso en países donde esta tecnología está más difundida, la cantidad de estudios en esta área sigue siendo limitada, lo que evidencia la existencia de una agenda de investigación en construcción.

La mayoría de los estudios existentes no se profundiza en la investigación específica del patrón espacio-temporal de los viajes en taxi, concentrándose en formas de tratamiento y métodos de modelado matemático, o en la evaluación de la eficiencia operativa y el desempeño individual de los conductores (Tang et al., 2017). De todos modos, los trabajos disponibles proporcionan insights valiosos sobre el comportamiento de los viajes en taxi y demuestran la existencia de patrones recurrentes en diferentes ciudades. Por ejemplo, un estudio realizado en Singapur por Kumar et al. (2016), utilizando un método de agrupamiento de los puntos de embarque y desembarque, identificó un patrón predominante caracterizado por el mayor número de viajes con destino al centro de negocios de la ciudad. En una investigación sobre las trayectorias de viajes en taxi en Shanghái, conducida por Liu et al. (2012), se encontraron dos patrones distintos. Primero, se observó una regularidad temporal consistente, con la mayoría de los viajes ocurriendo durante la semana. Segundo, se identificaron patrones espacio-temporales estables, indicando que ciertas localidades tienen una alta probabilidad de ser tanto origen como destino a lo largo del día.

En otro estudio realizado también sobre Shanghái, Liu et al. (2015) descubrieron una estructura regular en la que predominan las interacciones espaciales de corta distancia, evidenciando una demanda fuertemente relacionada con la movilidad cotidiana. En un estudio más amplio, que incluyó el análisis de factores que influyen en la demanda de taxis urbanos, como las variables de renta y escolaridad, Qian y Ukkusuri (2015) demostraron que áreas con más empleos, especialmente en Manhattan, son el destino más popular para los viajes en taxi en Nueva York. Con datos de Washington, DC, Yang et al. (2018) investigaron la demanda por taxi y encontraron que la ocurrencia de embarques está fuertemente relacionada con la densidad residencial y de empleo. Por su parte, Bischoff et al. (2015) estudiaron los viajes en taxi en Berlín durante dos semanas específicas en 2013 y 2014, observando mayores picos de demanda en las mañanas durante los días laborables y en las noches de los fines de semana. En términos de patrón espacial, aunque notaron el Aeropuerto de Tegel como un importante origen y destino, identificaron que la mayor parte de los viajes ocurre en el centro de la ciudad. Cabe resaltar que, a diferencia de otros estudios, estos autores encontraron evidencia de una correlación entre la demanda de taxis y las interrupciones en el transporte público.

Tang et al. (2017) analizaron el comportamiento individual de conductores clasificados como de alto desempeño en Wuhan (China), con base en la proporción de tiempo en que el taxi estuvo ocupado. En relación con el patrón espacial, los autores concluyeron que estos conductores, en comparación con aquellos menos eficientes, además de concentrar los viajes en zonas comerciales y en importantes polos de transporte urbano, logran identificar más fácilmente las áreas operativas con buenas condiciones de tránsito y alta demanda de pasajeros en diferentes horarios, tanto en días laborables como en fines de semana.

En un estudio sobre Qingdao (China), Liu et al. (2020) encontraron resultados semejantes a otros trabajos, indicando que en las horas pico hay algunas diferencias en la demanda de viajes en taxi entre los días laborables y los fines de semana, además del hecho de que la densidad residencial y los precios de la vivienda tienden a favorecer el aumento del número de viajes en taxi. Giraldo-Forero et al. (2019), aunque con un enfoque en la aplicación de modelado matemático, exploran los viajes en taxi en Manizales, Colombia, y concluyen también que los picos de demanda coinciden con los horarios de entrada al trabajo, almuerzo y fin de la jornada.

Aunque contextualiza los resultados en relación con la configuración socioespacial, este artículo sobre la ciudad de Río de Janeiro se centra únicamente en la exploración del patrón espacio-temporal de los viajes, sin avanzar en la investigación detallada de la influencia de factores socioeconómicos y del uso del suelo en el comportamiento de los desplazamientos. Se pretende investigar los efectos explicativos en la demanda y en la trayectoria de los viajes en estudios futuros, considerando, incluso, aspectos propios de la heterogeneidad espacial y del contexto metropolitano y regional de la ciudad.

En esa línea, más allá de la evidente capacidad de producir conocimiento inédito sobre el funcionamiento y el papel del servicio TAXI.RIO, este estudio busca avanzar y contribuir en términos metodológicos dadas las condiciones de replicabilidad en contextos donde servicios similares ya operan o vengán a ser implementados. En este contexto, se refuerza que explorar los patrones espacio-temporales de los viajes en taxi a partir de estos datos es útil también para entender el funcionamiento de la ciudad, observando, por ejemplo, cuándo y dónde hay mayor demanda por servicios de transporte individual. Se entiende también que un mayor conocimiento de estos datos puede contribuir con la planificación y la gestión del tráfico y las políticas de uso y ocupación del suelo a mediano y largo plazo. Más que eso, este estudio se apoya en la idea de que los estudios sobre viajes en taxi pueden contribuir a identificar aspectos relevantes de los patrones de movilidad humana como parte de la dinámica urbana general (Sang et al., 2011).

3 Datos y Metodología

Los datos utilizados en el artículo cubren los registros de embarque y desembarque realizados dentro de los límites del municipio de Río de Janeiro y fueron proporcionados por IPLAN/RIO³, empresa pública municipal responsable del desarrollo y la gestión de la aplicación TAXI.RIO. El conjunto de datos contiene los registros de 166.337 viajes iniciados y finalizados entre los días 1 de marzo de 2020 (domingo) y 7 de marzo de 2020 (sábado) e incluye, originalmente, las siguientes variables:

- identificador del viaje;
- fecha y hora del embarque;
- coordenadas del punto de embarque;
- coordenadas del punto de desembarque.

Se implementaron dos etapas de preprocesamiento para la limpieza y validación de los datos proporcionados y la inclusión de variables calculadas y añadidas al conjunto de datos. Todos los procedimientos involucrados en estas etapas se realizaron mediante funciones de paquetes desarrollados en el lenguaje R.

En la primera etapa se incorporaron como unidades temporales de análisis el día de la semana y el intervalo horario de inicio del viaje (franja horaria). El primero fue calculado a partir de la fecha del viaje proporcionada originalmente, mientras que el segundo fue añadido a partir de la información de hora, minuto y segundos también contenida en el conjunto de datos original. La variable distancia fue calculada con herramientas del paquete *sf*, solución computacional para el tratamiento de datos espaciales desarrollada por Pebesma et al. (2018). Este procedimiento fue fundamental para identificar los viajes que, aunque clasificados como finalizados, tenían una distancia con valor igual a cero. Estos, junto con los viajes con distancia de hasta 100 metros, fueron eliminados. Este procedimiento se basa en el hecho de que el registro de viajes cortos o cuyo valor es cero puede ser frecuentemente resultado de operaciones nulas o problemas en la transferencia de datos, como ya ha sido registrado por la literatura (Liu et al., 2012; Veloso et al., 2011). Con ello, el número final de observaciones analizadas en este artículo corresponde al conjunto

³ Empresa municipal responsable de la administración de los recursos de Tecnología de la Información y Comunicación de la ciudad de Río de Janeiro. Creada mediante la Ley n.º 140 del 14/11/1979.

de 154.267 viajes con trayectorias superiores a 100 metros iniciados entre la primera hora del día 1 de marzo de 2020 y la última hora del día 7 de marzo de 2020. Además de este total, la tabla 1 muestra el número de viajes por fecha y día de la semana del embarque.

Tabla 1: Número de viajes por fecha y día de la semana del embarque

Fecha	Día de la semana	N.º de viajes
01/03/2020	Domingo	11.547
02/03/2020	Lunes	22.085
03/03/2020	Martes	22.453
04/03/2020	Miércoles	22.848
05/03/2020	Jueves	24.695
06/03/2020	Viernes	26.386
07/03/2020	Sábado	24.253
Total	—	154.267

Fuente: IPLAN-RIO

En la segunda etapa se realizaron procedimientos para permitir la identificación de los tres niveles espaciales utilizados en el análisis, con la inclusión de tres otras variables relacionadas con la localización geográfica de los puntos. Se identificaron, por tanto, las Áreas de Planificación definidas por la Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, las Áreas de Ponderación del Censo Demográfico de 2010 y una malla espacial de hexágonos accedida mediante herramienta desarrollada por Pereira et al. (2022). La definición de estas variables partió del cruce entre la localización de cada punto de embarque y desembarque y la malla poligonal de cada tipo de área. Esto se hizo a través de un procedimiento de unión espacial (Spatial Join) con la utilización de la función *st_join* del paquete *sf* del lenguaje R (Pebesma et al., 2018).

Las Áreas de Planificación (AP's) de la ciudad de Río de Janeiro son una división administrativa del municipio creada para fines administrativos y de planificación del uso y ocupación del suelo. Fueron establecidas por el Plan Director de la ciudad y dividen el territorio carioca en cinco grandes áreas, numeradas con un código del 1 al 5. Cada Área de Planificación abarca un conjunto determinado de barrios de la ciudad (163 en total), agrupados por criterios como características socioeconómicas, geográficas y urbanísticas. La división en AP es utilizada por diferentes órganos de la prefeitura y del gobierno estatal para fines de gestión territorial, planificación urbana, transporte, salud, educación, entre otros. En situaciones de investigación, la utilización de las AP es importante porque representa una macrodimensión social y espacial de la ciudad. Además, permite un análisis más coherente con la práctica de planificación y ejecución de políticas públicas a nivel local.

El Área de Planificación 1 corresponde a la zona central de la ciudad, incluyendo el barrio Centro y sus alrededores. El Área de Planificación 2 (AP 2) incluye barrios de la llamada zona sur (como Copacabana, Ipanema, Flamengo, Laranjeiras, entre otros) y del área conocida como Grande Tijuca, y corresponde a la región de mayor renta, aunque cuenta con la presencia de una de las favelas más importantes y populosas, la Rocinha. El Área de Planificación 3 (AP 3) reúne barrios de la zona norte de la ciudad y presenta una densidad poblacional relativamente alta. Aunque con menor renta, dentro de sus límites se encuentran barrios importantes para el comercio y otras actividades económicas, como Méier, Cachambi e Ilha do Governador, donde está el mayor aeropuerto de la ciudad, además de dos grandes complejos de favelas: Alemão y Maré. El Área de Planificación 4 (AP 4), por su

parte, tiene como principal centralidad la Barra da Tijuca, uno de los barrios más grandes en extensión y que en las últimas décadas se consolidó como la principal área de expansión inmobiliaria de la ciudad. Por último, el Área de Planificación 5 (AP 5) corresponde a la parte de la ciudad conocida como zona oeste. Se trata de un área extensa y populosa, donde están ubicados barrios importantes desde el punto de vista poblacional como Campo Grande, Bangu y Realengo.

Las áreas de ponderación del Censo Demográfico de 2010 son unidades geográficas utilizadas por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) para realizar la estimación y divulgación de datos recolectados a través del cuestionario muestral del levantamiento censal a nivel intraurbano. Su definición se hace de forma que garantice que la muestra sea representativa de la población en un recorte geográfico intermedio entre el sector censal y el municipio. La división de la ciudad por áreas de ponderación es fundamental para captar la diversidad y heterogeneidad del espacio urbano, siendo utilizada para diversos fines, incluyendo gestión, planificación urbana y monitoreo de indicadores sociales. Esta escala, además de permitir un nivel razonable de detalle en términos de visualización de los datos, tiene como ventaja la posibilidad de ser vinculada a datos demográficos y socioeconómicos producidos en los censos demográficos.

En el caso de Río de Janeiro, estos recortes, 199 en total, se asemejan al recorte espacial de los barrios oficiales de la ciudad, expresando también cuestiones relacionadas con la identidad cultural e histórica y reforzando su adopción como un recurso importante de organización y representación territorial de la ciudad. La división de la ciudad en Áreas de Planificación oficiales y en áreas de ponderación (trazos en gris oscuro) puede visualizarse en la Figura 1.

La división del espacio en hexágonos corresponde a una malla estadística que permite una visión general de la distribución de puntos en el territorio y viene siendo ampliamente utilizada en estudios de evaluación de políticas de transporte y acceso a oportunidades urbanas (Pereira, 2018; Braga et al., 2020; Pereira, 2022), así como en estudios sobre el patrón espacio-temporal de viajes en taxi y otros transportes (Veloso et al., 2011; Liu et al., 2015; Patel & Chandan, 2015; Arias-Molinares et al., 2021; Wang, 2023). Este nivel geográfico fue utilizado en la visualización y el análisis descriptivo de los datos.

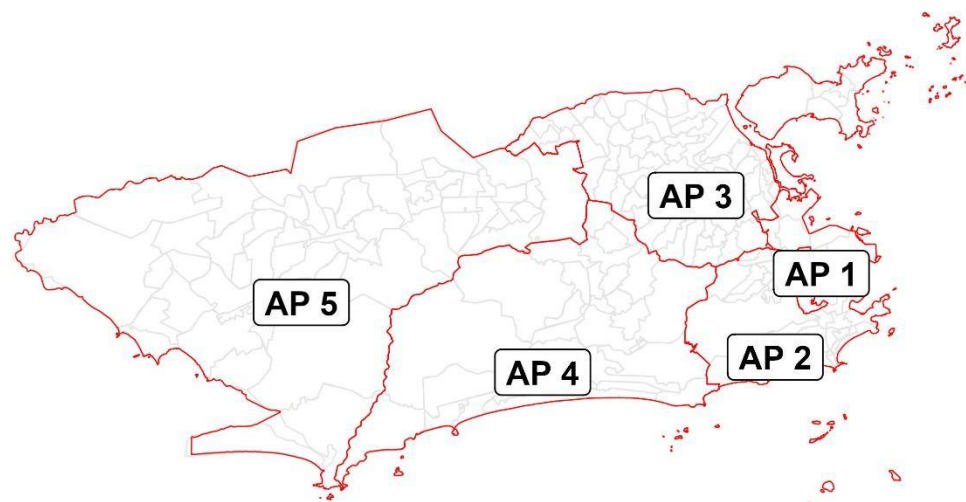


Figura 1: División de la ciudad de Río de Janeiro en Áreas de Planificación y áreas de ponderación del Censo Demográfico.

Fuente: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

En la etapa de análisis, el estudio utilizó métodos y métricas tradicionales de estadística descriptiva, análisis exploratorio de datos y análisis de datos espaciales, incluyendo los recursos de visualización a través de mapas. También en esta etapa se calcularon dos tipos de índices de autocorrelación espacial para evaluar las

tendencias de aglomeración de los orígenes y destinos de los viajes. Primero, se calculó el Índice Global de Moran (Anselin, 1995), medida estadística utilizada para evaluar la autocorrelación espacial de variables en el área geográfica estudiada, en este caso todo el municipio de Río de Janeiro. Un valor positivo del Índice Global de Moran indica que hay autocorrelación espacial positiva, es decir, que valores semejantes de la variable tienden a estar agrupados en áreas próximas entre sí, mientras que un valor negativo indica una autocorrelación espacial negativa, es decir, que valores diferentes de la variable están agrupados en áreas próximas entre sí. Se calculó la estadística univariada del índice para todos los orígenes y destinos por separado a nivel del Área de Ponderación. Esto sirvió para entender mejor el comportamiento general de los viajes en franjas horarias específicas y preestablecidas (entre las 7 h y las 10 h y entre las 17 h y las 20 h). A efectos de comparación, también se calculó el índice para las demás franjas horarias. Además, se calculó el Índice Local de Moran (LISA) univariado para mapear las tendencias específicas de concentración de embarques y desembarques a lo largo del día. El cálculo de este índice y su mapeo son útiles para identificar agrupamientos (clusters) donde los valores de la variable de interés son significativamente diferentes de lo que sería esperado si estuvieran distribuidos aleatoriamente, identificando, en nuestro caso, si los embarques y desembarques están concentrados en patrones específicos y si esos patrones se alteran a lo largo del día. Tanto la estadística global como la estadística local que generó los clusters fueron calculadas utilizando una matriz de peso de contigüidad de primer orden, es decir, que considera únicamente las unidades de vecindad inmediata.

El preprocesamiento de los datos, el análisis estadístico y la representación espacial de los resultados fueron realizados con el lenguaje de programación R (R Core Team, 2018). Para los procedimientos que hicieron posible analizar la distribución temporal de los viajes, la distribución espacial de los puntos de embarque y desembarque, los flujos entre las partes de la ciudad y el índice de autocorrelación espacial, el estudio se apoyó en el enfoque propuesto y descrito por Lovelace et al. (2019). Dicho enfoque sugiere la integración de herramientas de geografía, geoinformática, geocomputación y estadística espacial para el análisis aplicado de datos espaciales con el lenguaje R, basado en los principios de código abierto, datos abiertos y reproducibilidad.

4 Explorando el patrón espacio-temporal de los viajes de la aplicación TAXI.RIO

4.1 Patrón temporal de los viajes

La distribución temporal de los embarques indica patrones muy similares durante los días de mitad de semana. En primer lugar, los datos muestran que los viajes en taxi ocurren mucho más durante el día que en la noche. En segundo lugar, es posible detectar dos picos más claros a lo largo del día, uno en el período de la mañana y otro al final de la tarde (Figura 2). Además, entre lunes y viernes, se observa un tercer pico en el volumen de embarques alrededor del mediodía. La concentración de viajes en mitad de semana y los picos regulares al inicio de la mañana y al final de la tarde sugieren que el desplazamiento en taxi puede estar bastante relacionado con los traslados al trabajo. Este comportamiento se asemeja al encontrado en otras ciudades, como señalan estudios que analizaron viajes en taxi en Nueva York (Patel y Chandan, 2015), Shanghái (Liu et al., 2012; Mao et al., 2015), Singapur (Kumar et al., 2016) y Qingdao (Liu, 2020).

Durante el fin de semana, los dos picos característicos no son tan evidentes, lo que puede sugerir que los desplazamientos no están determinados por los motivos predominantes entre semana. Esta constatación refuerza la configuración de una movilidad cotidiana menos asociada al trabajo como motivación. El sábado, el comportamiento se caracteriza por un aumento en el número de embarques a lo largo del día, con dos picos más evidentes: uno a la mitad y otro al final de la tarde.

Se trata de un comportamiento no registrado en estudios sobre otras ciudades, sugiriendo una situación específica de la ciudad de Río de Janeiro. El domingo, día con menor volumen de registros, los dos horarios con mayor número de viajes son alrededor del mediodía, probablemente cuando las personas buscan algún restaurante para almorzar o incluso van a almorzar a casa de familiares. Además, se detectó un mayor movimiento al final de la tarde, cuando probablemente las personas están regresando de actividades realizadas durante el día.

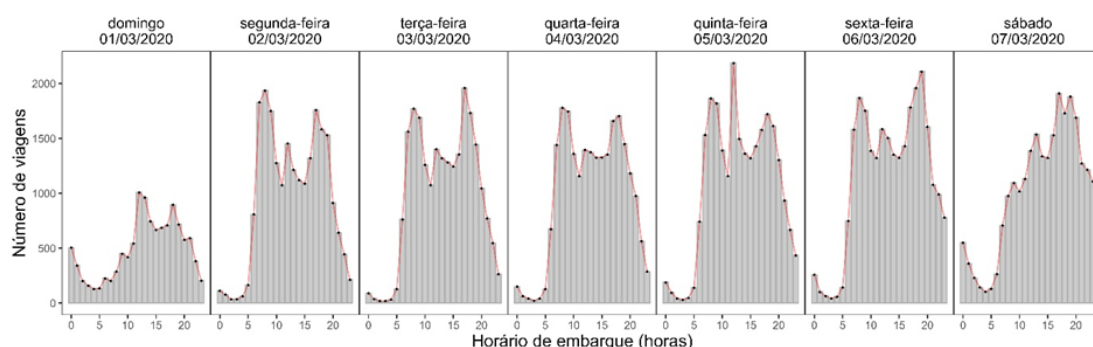


Figura 2: Número de embarques según la hora y el día de la semana.

Fuente: Elaboración del autor con datos de IPLANRIO.

4.2 Patrón espacial de los viajes

La Figura 3 muestra la distribución de los orígenes y destinos considerando el total de viajes realizados en la semana de referencia. Además de la clara concentración en determinadas partes de la ciudad, es posible notar visualmente una ubicación coincidente entre áreas con más embarques y más desembarques. Esto sugiere que la circulación de taxis tiende a mantener una regularidad espacial circunscrita a ciertos espacios de la ciudad, es decir, parece predominar, durante toda la semana de referencia, los viajes que salen y llegan a las mismas regiones. Esta tendencia se confirma con el gráfico que muestra la correlación entre la cantidad de embarques y desembarques en los hexágonos (Figura 4). Los colores más oscuros, que representan las áreas con mayor cantidad de embarques y desembarques, se encuentran predominantemente en las AP's 1 y 2, además de una pequeña parte de la AP 3 en la frontera con estas dos áreas.

Las áreas donde predominan los orígenes y destinos coinciden parcialmente con las áreas de mayor renta, como se puede observar en la Figura 5. La excepción es la región de Barra da Tijuca, donde, aunque sea una zona de altos ingresos, no se verifica una fuerte incidencia de partidas y llegadas de viajes en la semana de referencia en comparación con otras áreas de la ciudad. La explicación para esta diferencia respecto a otros barrios de altos ingresos puede estar en el propio perfil social, las características urbanísticas y la tipología residencial de la región. El barrio de Barra da Tijuca es conocido por una cultura fuertemente orientada al uso del automóvil particular. Además, la región cuenta con una infraestructura urbana caracterizada por vías anchas, condominios cerrados y abundantes estacionamientos, lo que incentiva el uso de vehículos particulares en detrimento del transporte público, modos activos o incluso taxis.

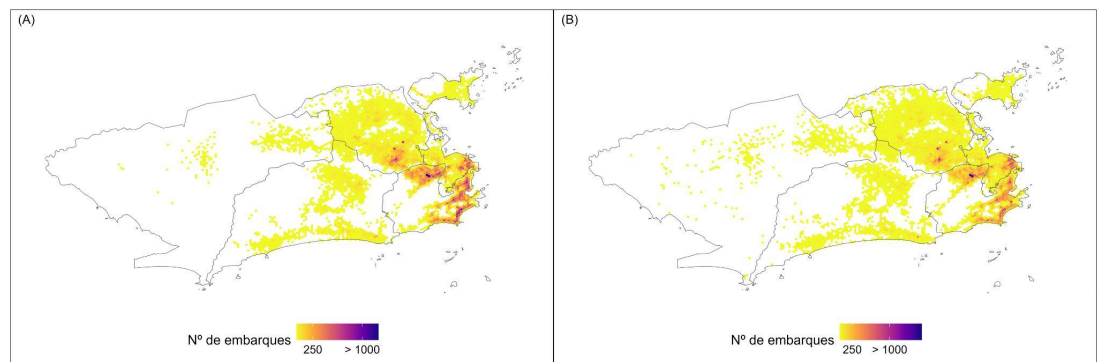


Figura 3: Distribución espacial de los puntos de embarque (A) y desembarque (B) en la semana de referencia.

Fuente: Elaboración del autor con datos de IPLANRIO.

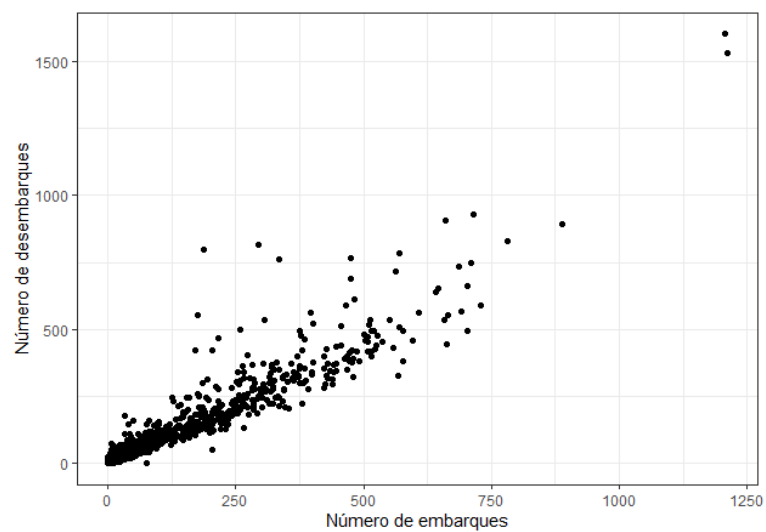


Figura 4: Gráfico de dispersión cantidad de embarques y desembarques en los hexágonos en la semana de referencia.

Fuente: Elaboración del autor con datos de IPLANRIO.

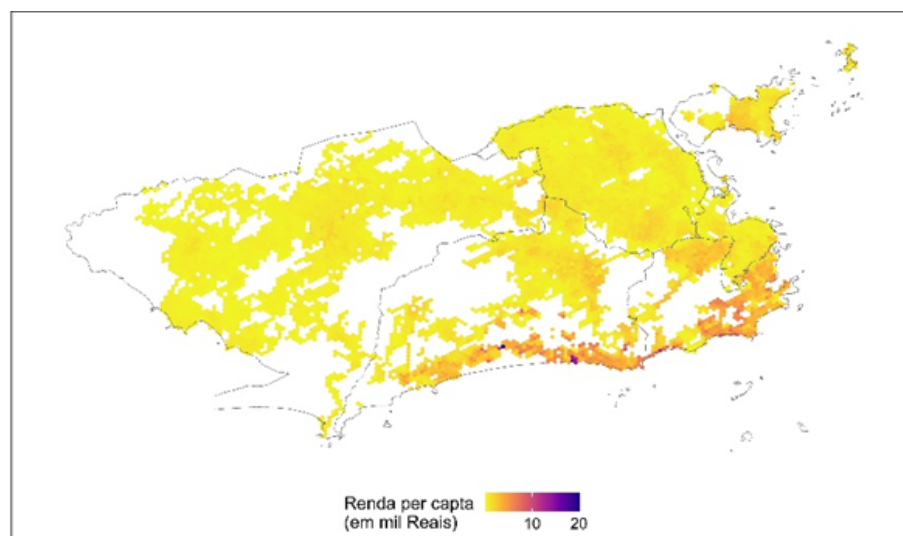


Figura 5: Distribución espacial de la renta per cápita en el municipio de Río de Janeiro – 2010.

Fuente: Elaboración del autor con datos del IPEA.

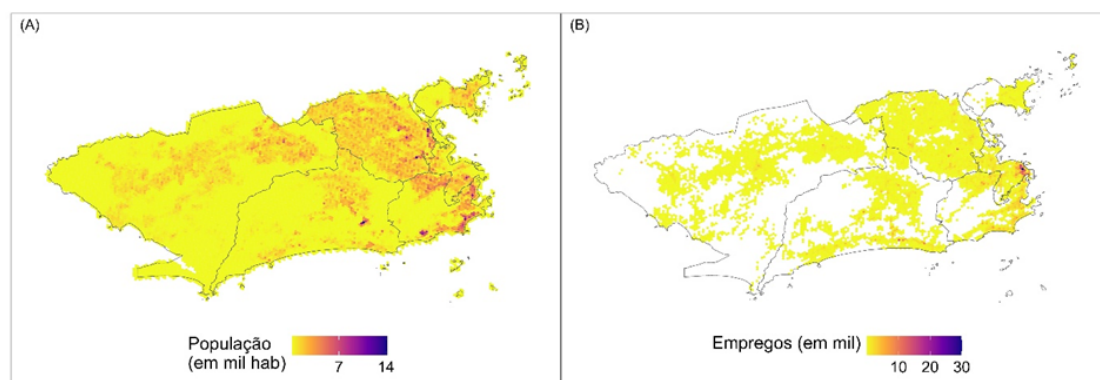


Figura 6: Distribución espacial de la población (A) y empleos (B) en el municipio de Río de Janeiro – 2010.

Fuente: Elaboración del autor con datos del IPEA.

4.3 Mapeando los principales flujos origen-destino

El análisis de la distribución de los puntos de embarque y desembarque agregados en las AP permite una visión más general de los datos. Este procedimiento también posibilita el mapeo del macrocomportamiento de todos los viajes a partir de los flujos ocurridos dentro de una misma área o entre áreas diferentes. En primer lugar, el análisis encontró que el 63,4 % de los viajes se iniciaron y finalizaron dentro de una misma AP, mientras que el 36,6 % tuvo como origen y destino AP's diferentes, lo que ya era esperado en el caso de la movilidad por taxi, donde los viajes tienden a ser más cortos (Liu et al., 2012). Además, el estudio detectó que el 55,7 % de los viajes comenzaron y terminaron dentro de las AP 2 o 3, siendo 37,9 % y 17,8 %, respectivamente. Respecto al flujo entre las AP, destaca el conjunto de viajes realizados entre la AP 2 y la AP 1, que representan el 10,4 % del total, y el flujo en la dirección contraria (AP 1 a AP 2), que sumaron el 7,3 % de los viajes en la semana de referencia.

Además de este comportamiento que refuerza la tendencia a una macro concentración de los viajes en las AP 1, 2 y 3, la movilidad en taxi en la ciudad de Río de Janeiro se caracteriza por la baja participación de la AP 5. Esta región, a pesar de concentrar el 27 % de la población y abarcar el 47 % del área del municipio, tiene solo el 0,25 % de los viajes que inician y terminan en sus límites. Asimismo, ningún otro flujo que tenga esta AP como origen o destino representa un porcentaje mayor que este. Esto es relevante porque revela que la distribución de los viajes en taxi tiende a seguir la división social de la ciudad, con una macro concentración de ocurrencias en las áreas de mayores ingresos (Figura 5). Este cuadro sugiere que en esa región la atención del servicio de taxi a través de la aplicación TAXI.RIO es prácticamente inexistente. Además, su posición en la configuración urbana de la ciudad está marcada por la distancia respecto a la zona central y por la dependencia de la población del transporte público por trenes y autobuses prestados de manera precaria e insuficiente. La baja oferta de servicios de taxi, en este caso, parece ser también un reflejo de los problemas generales de acceso a servicios públicos colectivos presentes en la región, incluido el transporte público (Pereira, 2019).

El mapeo de los flujos a partir de las 199 áreas de ponderación permitió, por su parte, obtener una visión más detallada del comportamiento espacial de estos viajes en términos de sus trayectorias. Con este procedimiento, el estudio encontró en total 10.532 flujos, incluyendo desplazamientos que comenzaron y terminaron dentro de una misma área. Este flujo interno en las áreas de ponderación es importante porque, en primer lugar, representa el 6,5 % de todos los viajes realizados en la semana de referencia y, en segundo lugar, porque el 50 % de estos viajes ocurren en solo 16 de las 199 áreas, reforzando nuevamente la tendencia de concentración del servicio de taxi en cierta porción de la ciudad. Entre estas áreas, cinco se localizan en la AP 2 (en los barrios de Ipanema, Gávea/Jardín Botánico,

Laranjeiras/Cosme Velho, Grajaú y Vila Isabel), cinco en la AP 3 (en los barrios de Engenho Novo, S. Francisco Xavier/Riachuelo/Rocha/Sampaio/Jacaré, Méier, Cachambi, Engenho de Dentro, Maria da Graça/Del Castilho/Higienópolis), dos en la AP 4 (Barra da Tijuca y Freguesia) y, por último, dos áreas en la AP 1 (Centro y San Cristóbal/Vasco da Gama). Es importante destacar que un total de 599 viajes comenzaron y terminaron dentro de los límites del Centro, siendo este el mayor valor registrado para este tipo de flujo entre todas las áreas de ponderación. También llama la atención la presencia de Méier y Cachambi en esta lista, lo que ayuda a explicar el gran número de viajes ocurridos dentro de la AP 3. Ambos constituyen subcentralidades de los sectores económicos de servicios y comercio, siendo que en Cachambi se localiza uno de los centros comerciales más grandes de la ciudad.

Además de tener el mayor flujo interno, el Centro de la ciudad también es el principal destino de los flujos que parten de otras áreas. La Figura 7 ilustra esta información al representar los flujos origen-destino con más viajes (más de 11) entre las áreas. Los puntos representan el centro de cada área. Esta información se complementa con la Tabla 2, que muestra los 10 principales flujos. Entre ellos, se nota, ya sea como origen o destino, la ausencia del área de Barra da Tijuca que, como se informó, está entre aquellas con mayor flujo interno.

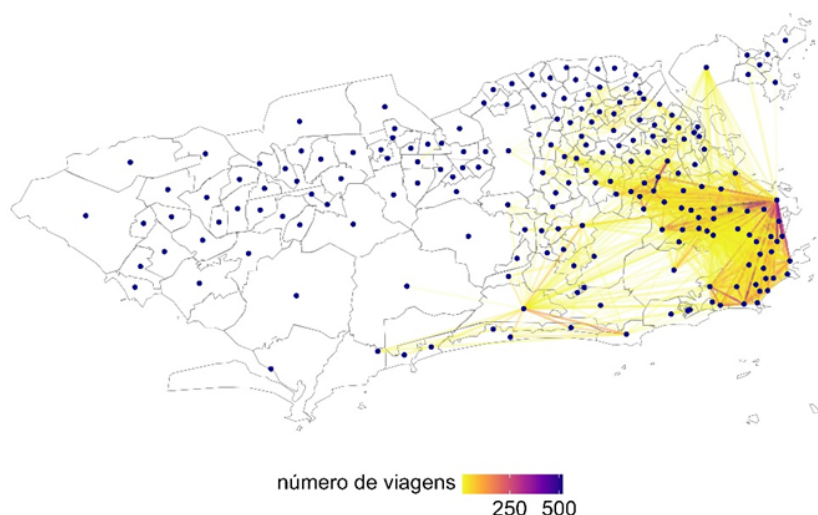


Figura 7 - Principales flujos de viajes entre las áreas.
Fuente: Elaboración del autor con datos de IPLANRIO.

Tabla 2: Principales flujos de viajes entre las áreas de ponderación

Origen	Destino	Viajes
Laranjeiras/Cosme Velho	Centro	519
Vila Isabel	Centro	475
Cachambi	Méier	466
Ipanema	Centro	451
Maracanã	Centro	390
Méier	Cachambi	388
Flamengo	Centro	380
Glória	Centro	376
Flamengo	Centro	352
Grajaú	Centro	332

Fuente: Elaboración propia con datos de la Aplicación Taxi.Rio.

5 Patrón espacio-temporal de los viajes en taxi en la ciudad de Río de Janeiro

En esta sección, se analiza la distribución y las tendencias de aglomeración de los puntos de embarque y desembarque según dos intervalos de tiempo distintos, definidos a partir del horario registrado de embarque: entre las 7:00 y las 10:00 (franja matutina) y entre las 17:00 y las 20:00 (franja vespertina/nocturna). Las áreas más oscuras de los mapas de la Figura 8 destacan los lugares con mayor ocurrencia de embarques y desembarques de taxi en los intervalos considerados. Se observa que las áreas con mayor número de embarques en la franja matutina forman una mancha que cubre prácticamente toda la AP 2 y una parte menor, más clara, de la AP 3. Por otro lado, las manchas que representan los lugares con mayor número de desembarques en ese mismo intervalo horario se concentran principalmente en el área central de la ciudad, con algunas ocurrencias dispersas en otras zonas.

En la franja vespertina, los embarques se distribuyen de forma algo más dispersa, aunque con una mancha más oscura y destacada en el área central, similar a la observada en los desembarques de la mañana. Este comportamiento sugiere nuevamente que el patrón espacio-temporal de los viajes en taxi está fuertemente relacionado con la movilidad laboral.

La identificación de una mayor cantidad de embarques en zonas predominantemente residenciales por la mañana, y de desembarques en áreas con alta concentración de empleos, tiende a confirmar esta hipótesis (véase Figura 6). Además, el comportamiento observado en el período vespertino refuerza esta tendencia, ya que los embarques se concentran en el área central y los desembarques en zonas predominantemente residenciales. Al mismo tiempo, la presencia relevante de embarques en zonas residenciales durante el pico de la tarde sugiere la existencia de viajes con motivos más variados, como desplazamientos hacia áreas con alta concentración de comercio y entretenimiento, por ejemplo, centros comerciales.

Como muestran los mapas, los puntos de desembarque en la franja vespertina coinciden espacialmente con los puntos de embarque de la franja matutina. Esta correlación visual se refuerza en la Figura 8, que representa gráficamente la asociación entre el número de embarques y desembarques en estos periodos específicos, así como por el cálculo de la correlación entre ambas variables, cuyo valor es positivo y altamente correlacionado (0,82 en una escala máxima de 1). Este resultado sugiere que los espacios desde donde se inician los viajes por la mañana tienden a ser los mismos que los reciben por la tarde. Este comportamiento revela un patrón pendular de viajes en taxi en la ciudad de Río de Janeiro, al menos en lo que respecta a estos horarios.

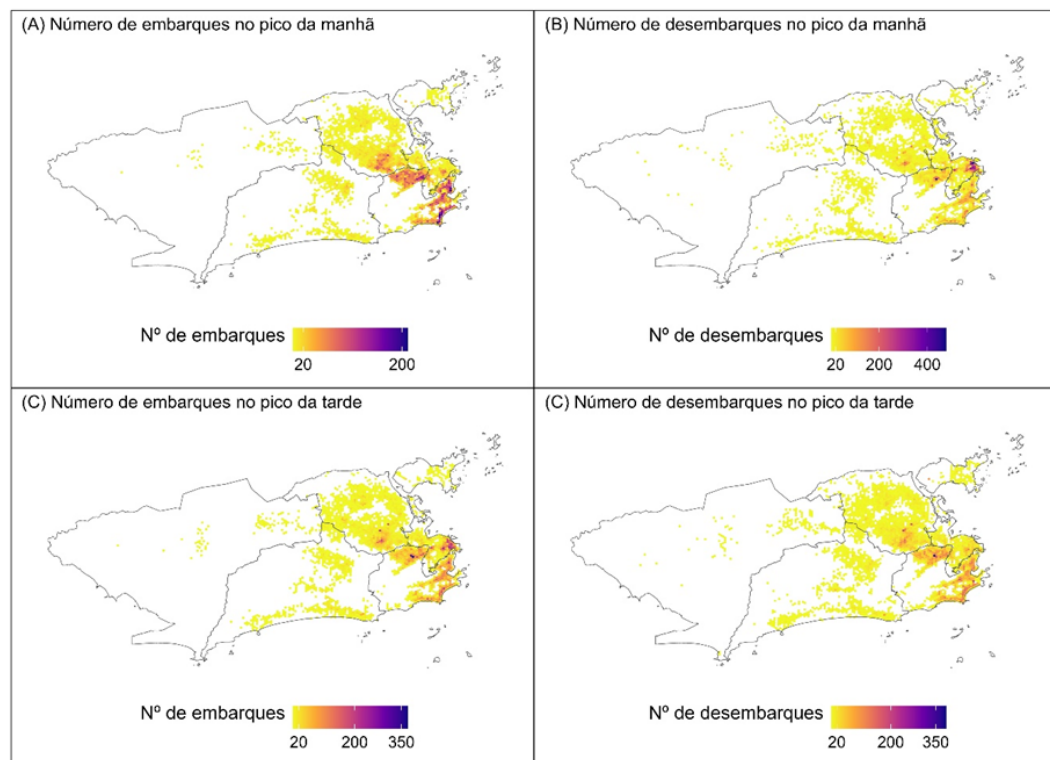


Figura 8: Distribución espacial de los puntos de embarque y desembarque en la semana de referencia según los horarios pico.
Fuente: Elaboración del autor con datos de IPLANRIO.

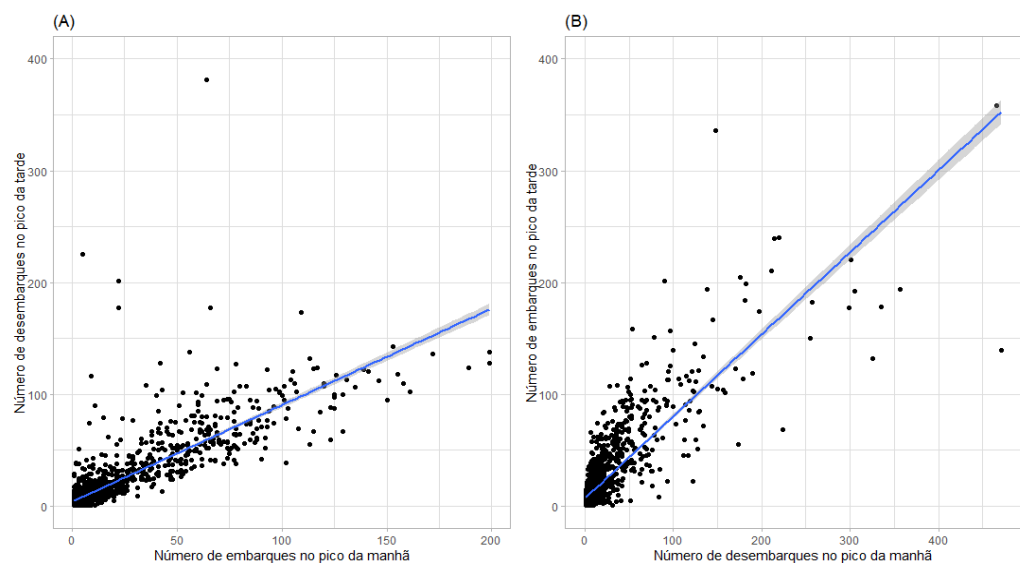


Figura 9: Gráfico de dispersión del número de embarques en la franja matutina y desembarques en la vespertina (A), y gráfico de desembarques por la mañana y embarques por la tarde (B).

Fuente: Elaboración del autor con datos de IPLANRIO.

Para comprender mejor la dinámica espacio-temporal de la movilidad en taxi, se calculó el Índice Global de Moran univariado de las cantidades de embarque y desembarque agregadas al nivel del área de ponderación para cada franja horaria, cuyos resultados pueden verse en la Figura 10. El Índice Global de Moran calculado para los embarques en el pico de la mañana arrojó un valor de 0,75, lo que indica que los datos presentan una alta autocorrelación espacial, sugiriendo una fuerte tendencia a la aglomeración en ese horario. En la misma franja, el índice para las cantidades de desembarque es de apenas 0,213, lo que equivale a una casi ausencia de autocorrelación espacial. Este resultado refleja la extrema

concentración de puntos de desembarque en zonas del centro de la ciudad que, a pesar de registrar un elevado número de desembarques en sus límites, no cuentan con vecindarios de valores similares que influyan en el índice global. Por lo tanto, aunque dicha concentración sea suficiente para generar, como se observará, un clúster de desembarques, en este horario no se detecta una tendencia global a la formación de aglomerados significativos.

Por su parte, el resultado del índice para los embarques en el intervalo de 17:00 a 20:00 (0,705) es próximo al encontrado para los embarques en el intervalo de la mañana, sugiriendo un comportamiento muy similar, al menos en términos de tendencia a la formación de aglomeraciones. En los demás horarios, los resultados tanto para los embarques como para los desembarques (0,589 y 0,57, respectivamente) expresan una autocorrelación positiva moderada, indicando también que las áreas con cantidades semejantes tienden a ser vecinas entre sí, aunque no al mismo nivel de aglomeración que los embarques en el periodo de la mañana y los desembarques en el periodo de la tarde.

En resumen, los resultados más relevantes del Índice Global de Moran apuntan a un patrón general caracterizado por una tendencia a la aglomeración de los orígenes en el periodo de la mañana y de los destinos en el periodo de la tarde en comparación con las demás franjas horarias observadas, señalando, por lo tanto, un comportamiento general de viajes de tipo pendular.

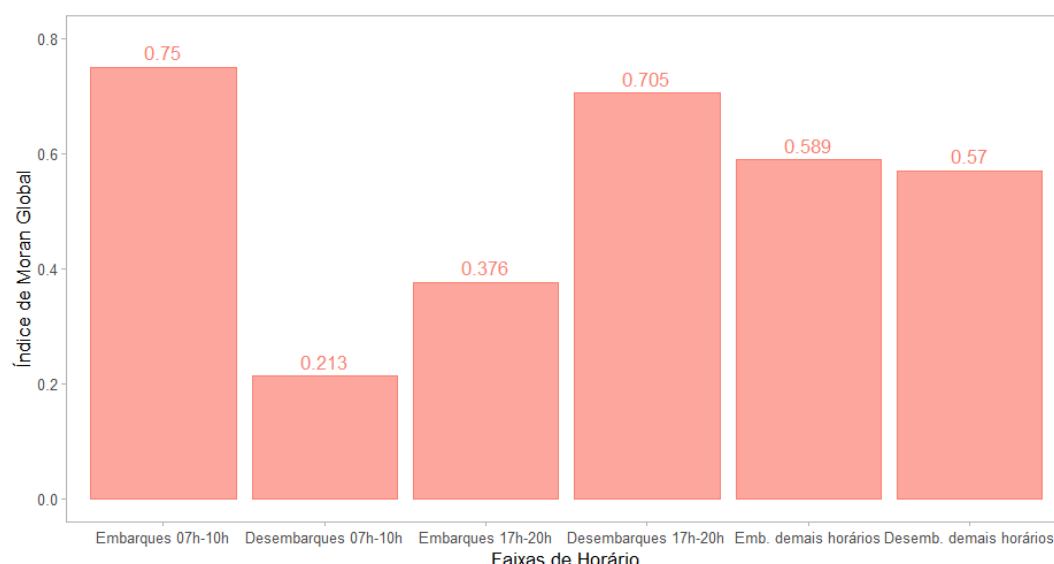


Figura 10: Índice Global de Moran en las franjas horarias.

Fuente: Elaboración del autor con datos de la aplicación TAXI.RIO.

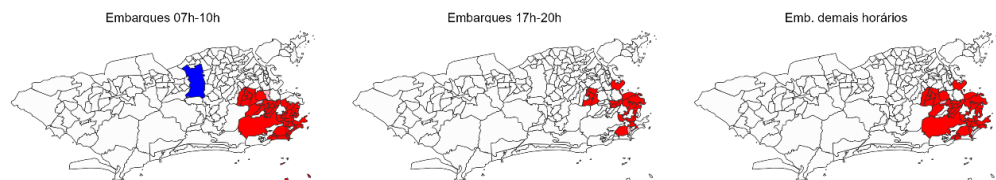
Como se anunció en la sección de métodos, además de las visualizaciones mediante mapas y el índice global, se calculó el Índice Local de Moran. Esta medida permite detectar la presencia de aglomeraciones de origen y destino a nivel del área de ponderación con el objetivo de explorar y calificar mejor las tendencias ya identificadas. Los mapas de la Figura 11 muestran los clusters estadísticamente significativos. Las regiones en rojo representan aglomeraciones del tipo HH (por sus siglas en inglés *High-High*), donde áreas con valores altos están rodeadas por otras con valores altos. Las partes en azul oscuro muestran lo contrario, es decir, clusters del tipo LL (*Low-Low*), donde ocurre una asociación espacial con concentración de áreas con valores bajos. Los clusters del tipo HL (*High-Low*) ocurren cuando áreas con valores altos están rodeadas por áreas con valores bajos. Esto indica una disociación espacial donde áreas con características diferentes están próximas entre sí, lo que también caracteriza a los clusters del tipo LH (*Low-High*), que ocurren cuando áreas con valores bajos están rodeadas por áreas con valores altos.

En este estudio, se identificaron únicamente clusters significativos de los tipos HH, LL y LH, por lo que no existen áreas con alta cantidad de orígenes o destinos de viajes rodeadas por áreas con valores bajos en ninguna de las franjas horarias consideradas. Se puede percibir que, en el periodo de la mañana, el cluster HH de embarques se caracteriza por una región continua formada predominantemente por áreas ubicadas en la AP2 y algunas áreas de la AP3. Para los desembarques, el cluster HH identificado está restringido a áreas dentro de la AP1, que corresponde a la región central de la ciudad de Río de Janeiro. Estos resultados refuerzan la existencia de un patrón caracterizado por viajes que inician en áreas predominantemente residenciales y terminan en el área con mayor concentración de puestos de trabajo.

Este patrón se confirma con el cluster de embarques en la franja horaria de 17:00 a 20:00, cuando se puede percibir la formación de una aglomeración que incluye el Centro, sus inmediaciones y algunas áreas equivalentes a barrios como Lagoa, Botafogo, Flamengo, entre otros, todos ubicados en la llamada Zona Sur de la ciudad. Esta configuración se debe probablemente al elevado número de personas que utilizan el servicio de taxi para regresar del trabajo a sus hogares. Además, se identificó un cluster en la AP 3 formado por áreas equivalentes a los barrios Cachambi, Todos los Santos, Engenho Novo, Lins de Vasconcelos y parte del Méier, todos con gran concentración de actividades comerciales, incluyendo uno de los mayores centros comerciales de la ciudad.

Parte de estas áreas también conforman los clusters de desembarques en la franja horaria de la tarde. En este caso, el aspecto más relevante es la ausencia del Centro, que no presenta cantidades significativas de desembarques, reforzando una de las principales características del patrón de viajes en taxi en la ciudad de Río de Janeiro: su papel como principal destino de los viajes en el periodo de la mañana y de origen en el periodo de la tarde, cuando las actividades laborales finalizan.

Embarques



Desembarques

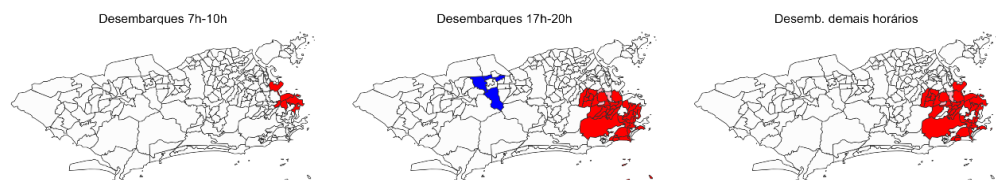


Figura 11: Clusters espaciales de embarques y desembarques según las franjas horarias basados en el Índice Local de Moran.
Fuente: Elaboración del autor con datos de IPLAN/RIO.

6 Conclusión

Este artículo tuvo como objetivo analizar el patrón espacio-temporal de los viajes en taxi en el municipio de Río de Janeiro solicitados a través de la aplicación TAXI.RIO. Para ello, se utilizaron métodos y métricas de estadística descriptiva, análisis exploratorio de datos y análisis de datos espaciales, incluyendo recursos de visualización mediante mapas y el cálculo de índices de autocorrelación espacial.

Antes del análisis, fue importante contextualizar la implementación de la aplicación como recurso tecnológico relacionado con una dimensión institucional relevante del transporte en la ciudad. Su institucionalización como solución pública a un problema de transporte plantea cuestiones que también involucran la gobernanza de la movilidad, permitiendo además acomodar los intereses de los profesionales taxistas, quienes vieron caer bruscamente sus ingresos desde la llegada de los servicios privados competidores. En este sentido, con la implementación de la aplicación se produjo una especie de reinstitucionalización del taxi como servicio público individual de transporte en la ciudad de Río de Janeiro. El Ayuntamiento pasó, por lo tanto, a ofrecer garantías institucionales para la continuidad del servicio mediante la implementación de esta tecnología. Esta constatación evidencia la importancia de TAXI.RIO como objeto de investigación no solo en el campo del transporte, sino también del planeamiento urbano y las políticas públicas, justificando un mayor análisis de esta cuestión en estudios futuros.

En el análisis se constató la existencia de un patrón espacio-temporal con regularidad diaria significativa durante la semana de referencia. En primer lugar, es posible señalar regularidades espacio-temporales que caracterizan un patrón predominante, aunque una de las principales características del servicio de taxi sea la capacidad de adaptarse a las necesidades del pasajero, ya que no está limitado a recorridos o lugares de embarque y desembarque predefinidos. Este patrón se caracteriza, a la vez, por picos de origen y destino espacialmente concentrados. En el período de la mañana, esta demanda aparece localizada específicamente en áreas predominantemente residenciales, con destinos aglomerados alrededor del área central y sus adyacencias. Aunque no se profundizó en ese nivel de detalle, es razonable suponer que muchas instalaciones públicas, estaciones ferroviarias, aeropuertos, parques y centros comerciales sean puntos importantes de atracción de viajes. En futuras investigaciones sobre el patrón espacio-temporal de los viajes en taxi será fundamental profundizar en la investigación de estas características espaciales específicas.

Este estudio también mostró que el uso del taxi presenta patrones significativamente diferentes en los días hábiles y fines de semana, aspecto que se pretende investigar más a fondo en una oportunidad futura. No obstante, cabe destacar que, al igual que en otros estudios (Liu et al., 2015), la exploración de los datos de la ciudad de Río de Janeiro muestra una tendencia predominante a interacciones espaciales de corta distancia, evidenciando que la demanda y la trayectoria de los viajes en taxi están fuertemente relacionadas con la movilidad cotidiana. Al mismo tiempo, los resultados muestran que los destinos más populares están ubicados en las áreas con mayor cantidad de empleos, como también demuestran Qian y Ukkusuri (2015) y Patel y Chandan (2015), para Nueva York, y Yang et al. (2018), para Washington, DC. Además de esta tendencia relacionada con la localización de los empleos, el análisis de los datos de viajes en taxi en la ciudad de Río de Janeiro también muestra que el patrón temporal está fuertemente asociado con los horarios de funcionamiento de los establecimientos económicos. Esto coincide con los hallazgos en otras ciudades, como los casos de Manizales (Giraldo-Forero et al., 2019) y Berlín (Bischoff et al., 2015).

Se considera que, más allá de su valor metodológico, resultados como los presentados en este artículo pueden incorporarse al ámbito de la planificación del transporte público, al identificar demandas no captadas por datos generados por el movimiento de pasajeros. Además, los esfuerzos de mapeo del patrón espacio-temporal pueden contribuir con insumos para políticas públicas de gestión

del tránsito e implementación de infraestructuras de circulación, considerando incluso la interacción del uso del taxi con otros modos de transporte.

Por último, es necesario considerar que los datos de taxi inevitablemente plantean cuestiones de representatividad, es decir, los pasajeros de taxi y usuarios de la aplicación no son muestras suficientemente aleatorias de la población usuaria del transporte. En el caso de Río de Janeiro, dichos datos pueden, sin duda, indicar aspectos importantes de la dinámica urbana y del funcionamiento de los transportes, pero no son representativos de un patrón general de movilidad. Una de las principales limitaciones se refiere al posible sesgo generado por la diferencia de perfil de los usuarios de taxi en comparación con la población en general, considerando que tienden a ser usuarios de altos ingresos y residir en zonas específicas de la ciudad. A pesar de esta salvedad, se espera que el estudio pueda ser utilizado para informar políticas públicas relacionadas con el transporte en taxi en la ciudad, contribuyendo a mejorar la eficiencia y conveniencia del sistema de transporte en su conjunto. Al apropiarse de estudios sobre los patrones de demanda de taxi en la ciudad, las autoridades pueden tomar decisiones informadas sobre dónde y cuándo implementar mejoras en el transporte público, como la expansión de líneas de autobús o la construcción de estaciones de metro en áreas de alta demanda.

Referencias

- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association—LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
- ARIAS-MOLINARES, D. et al. Exploring the spatio-temporal dynamics of moped-style scooter sharing services in urban areas. **Journal of Transport Geography**, v. 96, p. 1-15, 2021. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103193.
- BINENBOJM, G. Novas tecnologias e mutações regulatórias nos transportes públicos municipais de passageiros: um estudo a partir do caso Uber. **Revista de Direito da Cidade**, v. 8, n. 4, p. 1690-1706, 2016. DOI: 10.12957/rdc.2016.26051.
- BISCHOFF, J.; MACIEJEWSKI, M.; SOHR, A. Analysis of Berlin's taxi services by exploring GPS traces. In: **MODELS AND TECHNOLOGIES FOR INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS**, 2015, Budapest. Proceedings [...]. Budapest: MT-ITS, 2015. p. 209-215.
- BRAGA, C.; LOUREIRO, C.; PEREIRA, R. Analisando a variabilidade de estimativas de acessibilidade por transporte público a partir de dados de GPS. **Transportes**, v. 28, n. 5, p. 169-184, 2020.
- BRASILEIRO, L. A.; XAVIER, A. G. Caracterização do serviço de táxi sem taxímetro: caso da cidade de Ilha Solteira, SP. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 18, n. 3, p. 45-56, 1996.
- DIAS, F. A. O. P. Contribuição metodológica para o cálculo das tarifas de táxi: um estudo de caso em Brasília. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 32, n. 4, p. 25-36, 2009.
- DRUMOND, R. A. Análise da produtividade do serviço de táxi de Belo Horizonte. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO**, 21., 2017, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: ANTP, 2017. p. 1-7.
- ESTOLANO, B. et al. Porto Táxi – Um retrato de Recife. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO**, 17., 2009, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: ANTP, 2009. p. 1-6.
- GALVÃO, R. R.; ALMEIDA, A. R. Monitoração do mercado de táxi e remuneração pelo desempenho padrão. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO**, 11., 1997, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: ANTP, 1997. p. 1-11.

- GIRALDO-FORERO, A. F. et al. A spatiotemporal analysis of taxis demand: a case study in the Manizales City. In: NYSTRÖM, I.; HERNÁNDEZ HEREDIA, Y.; MILIÁN NÚÑEZ, V. (org.). **Progress in pattern recognition, image analysis, computer vision, and applications**: CIARP 2019. Cham: Springer, 2019. (Lecture Notes in Computer Science, v. 11896). DOI: 10.1007/978-3-030-33904-3_48. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-33904-3_48. Acesso em: 27 jun. 2025.
- GONÇALVES, A. O.; BARBOSA, A. E. F.; LUCATO, B. L. Táxi – Um salto de qualidade por meio da reorganização do serviço. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO**, 18., 2011, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ANTP, 2011. p. 45-48.
- GONÇALVES, A. R.; KNEIB, E. C. Caracterização do serviço de táxi: elementos para a revisão tarifária do Distrito Federal. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO**, 17., 2009, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: ANTP, 2009. p. 1-11.
- GONZÁLEZ, M.; HIDALGO, C.; BARABÁSI, A. L. Understanding individual human mobility patterns. **Nature**, v. 453, n. 7196, p. 779–782, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature06958>. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature06958>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- HINO, M. C. et al. Mudança em modelos de negócios consolidados: o estudo das cooperativas de rádio táxi no Brasil após a inclusão dos aplicativos no mercado. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 15, p. 1-19, 2018. DOI: 10.4301/S1807-1775201815009.
- HOCHMAIR, H. H. Spatiotemporal pattern analysis of taxi trips in New York city. **Transportation Research Record**, v. 2542, p. 45-56, 2016. DOI: 10.3141/2542-06.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- KUMAR, D. et al. Understanding urban mobility via taxi trip clustering. In: **IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE DATA MANAGEMENT**, 17., 2016, Oporto. Proceedings [...]. Oporto: IEEE, 2016. p. 318-324. DOI: 10.1109/MDM.2016.54.
- LIU, Y. et al. Understanding intra-urban trip patterns from taxi trajectory data. **Journal of Geographical Systems**, v. 14, n. 4, p. 463-483, 2012. DOI: 10.1007/s10109-012-0166-z.
- LIU, X. et al. Revealing travel patterns and city structure with taxi trip data. **Journal of Transport Geography**, v. 43, p. 78-90, 2015. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2015.01.016.
- LIU, X. et al. Spatial variation of taxi demand using GPS trajectories and POI data. **Journal of Advanced Transportation**, v. 2020, p. 1-20, 2020. DOI: 10.1155/2020/7621576.
- LEGROUX, J. A triplicidade do espaço e das práticas cotidianas de mobilidade para o estudo da fragmentação socioespacial. **GEOgraphia**, v. 23, n. 51, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/47518>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- LOVELACE, R.; NOWOSAD, J.; MUENCHOW, J. **Geocomputation with R**. Londres: CRC Press, 2019.
- MAO, F.; JI, M.; LIU, T. Mining spatiotemporal patterns of urban dwellers from taxi trajectory data. **Frontiers of Earth Science**, v. 10, n. 2, p. 205-221, 2016. DOI: 10.1007/s11707-015-0525-4.
- MONTEIRO, P. R. S.; MIGLIORINI, V. L.; PAULA, A. Q. Metodologia para reestruturação do serviço de táxi em cidades de pequeno e médio porte. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO**, 20., 2015, Santos. Anais [...]. Santos: ANTP, 2015. p. 1-9.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Taxi services regulation and competition: roundtables on competition policy** nº 81. Paris: OECD, 2007. Disponible en: <https://www.oecd.org/daf/competition/41472612.pdf>. Acceso en: 27 may. 2023.

OLIVEIRA, F. Metodologia de cálculo das tarifas de táxi – Belo Horizonte. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO**, 17., 2009, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: ANTP, 2009. p. 1-16.

PATEL, U.; CHANDAN, A. **NYC taxi trip and fare data analytics using BigData**. ResearchGate, [S.l.], oct. 2015. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287205718_NYC_Taxi_Trip_and_Fare_Data_Analytics_using_BigData. Acceso en: 27 jun. 2025.

PENG, C. et al. Collective human mobility pattern from taxi trips in urban area. **PLoS ONE**, v. 7, n. 8, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1371/annotation/f0d48839-ed4b-4cb2-822a-d449a6b4fa5d>.

PEBESMA, E. Simple features for R: standardized support for spatial vector data. **The R Journal**, v. 10, n. 1, p. 439–446, 2018. DOI: 10.32614/RJ-2018-009. Disponible en: <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>. Acceso en: 30 jun. 2025.

PEREIRA, R. H. M. Transport legacy of mega-events and the redistribution of accessibility to urban destinations. **Cities**, v. 81, p. 45-60, 2018. DOI: 10.1016/j.cities.2018.03.013.

PEREIRA, R. H. M. Desigualdades socioespaciais de acesso a oportunidades nas cidades brasileiras – 2019. Brasília: Ipea, 2020. (**Texto para Discussão, n. 2535**). Disponible en: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9586>. Acceso en: 30 jun. 2025.

PEREIRA, R. H. M. et al. Estimativas de acessibilidade a empregos e serviços públicos via transporte ativo, público e privado nas 20 maiores cidades do Brasil em 2017, 2018, 2019. Brasília: Ipea, 2022. (**Texto para Discussão, n. 2800**). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.38116/td2800>. Acceso en: 30 jun. 2025.

PEREIRA, R. H. M. Justiça distributiva e equidade no transporte: legado dos megaeventos e desigualdades de acesso a oportunidades no Rio de Janeiro. Brasília: Ipea, 2019. (**Texto para Discussão, n. 2464**). Disponible en: <https://bit.ly/2S7smes>. Acceso en: 30 jun. 2025.

QIAN, X.; UKKUSURI, S. V. Spatial variation of the urban taxi ridership using GPS data. **Applied Geography**, v. 59, p. 31-42, 2015. DOI: 10.1016/j.apgeog.2015.02.011.

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponible en: <https://www.R-project.org/>. Acceso en: 27 may. 2023.

SANG, S.; O'KELLY, M.; KWAN, M. P. Examining commuting patterns: results from a journey-to-work model disaggregated by gender and occupation. **Urban Studies**, v. 48, n. 5, p. 891–909, mayo 2011. DOI: 10.1177/0042098010368576. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0042098010368576>. Acceso en: 27 jun. 2025.

TANG, L. et al. Uncovering distribution patterns of high performance taxis from big trace data. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 5, art. 134, 2017. DOI: 10.3390/ijgi6050134. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijgi6050134>. Acceso en: 27 jun. 2025.

VELOSO, M.; PHITHAKKITNUKON, S.; BENTO, C. Urban mobility study using taxi traces. In: **TRAJECTORY DATA MINING AND ANALYSIS**, 2011, New York. Proceedings of the 2011 international workshop on Trajectory Data Mining and Analysis. New York: ACM, 2011. p. 23–30.

VELOSO, M. et al. Exploratory study of urban flow using taxi traces. In: **WORKSHOP ON PERVASIVE URBAN APPLICATIONS – PURBA**, 1., 2011, San

Francisco. Proceedings [...]. San Francisco: ACM, 2011.

WANG, J. et al. How do taxi usage patterns vary and why? A dynamic spatiotemporal analysis in Beijing. **Computational Urban Science**, v. 3, art. 11, 2023. DOI: 10.1007/43762-023-00087-w. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/43762-023-00087-w>. Acceso en: 27 jun. 2025.

WANG, N. et al. Ride-hailing origin-destination demand prediction with spatiotemporal information fusion. **Transportation Safety and Environment**, v. 6, n. 2, p. tdad026, abr. 2024. DOI: 10.1093/tse/tdad026. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/tse/tdad026>. Acceso en: 27 jun. 2025.

YANG, Z. et al. Analysis of Washington, DC taxi demand using GPS and land-use data. **Journal of Transport Geography**, v. 66, p. 35-44, 2018. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2017.10.021.

ZHANG, D. et al. Understanding taxi service strategies from taxi GPS traces. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 16, n. 1, p. 123-135, 2015. DOI: 10.1109/TITS.2014.2328231.

ZHANG, W.; HONNAPP, H.; UKKUSURI, S. V. Modeling urban taxi services with e-hailings: a queueing network approach. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TRANSPORTATION AND TRAFFIC THEORY – ISTTT**, 23., 2018. Proceedings [...]. p. 751-771.

Sobre el Autor

Juciano Martins Rodrigues es Profesor del Instituto de Investigación y Planificación Urbana y Regional (IPPUR) de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), Máster en Estudios Poblacionales e Investigación Social por la Escuela Nacional de Ciencias Estadísticas (ENCE/IBGE) y Doctor en Urbanismo por el Programa de Posgrado en Urbanismo (PROURB/UFRJ).

Agradecimientos

El autor reconoce las contribuciones de la Empresa Municipal de Informática (IPLANRIO) en la provisión de los datos utilizados en este artículo.

Contribuciones del Autor

Conceptualización, J.M.R.; metodología, J.M.R.; software, J.M.R.; validación, J.M.R.; análisis formal, J.M.R.; investigación, J.M.R.; recursos, J.M.R.; curaduría de datos, J.M.R.; redacción—preparación del borrador original, J.M.R.; redacción—revisión y edición, visualización, J.M.R.

Financiación

Esta investigación fue financiada por la Fundación de Apoyo Carlos Chagas para la Investigación del Estado de Río de Janeiro (FAPERJ).

Conflictos de Interés

El autor declara no tener conflictos de interés.

Sobre la *Coleção Estudos Cariocas*

La *Coleção Estudos Cariocas* (ISSN 1984-7203) es una publicación dedicada a estudios e investigaciones sobre el Municipio de Río de Janeiro, vinculada al Instituto Pereira Passos (IPP) de la Secretaría Municipal de la Casa Civil de la Alcaldía de Río de Janeiro.

Su objetivo es divulgar la producción técnico-científica sobre temas relacionados con la ciudad de Río de Janeiro, incluyendo sus conexiones metropolitanas y su inserción en contextos regionales, nacionales e internacionales. La publicación está abierta a todos los investigadores (sean empleados municipales o no), abarcando

áreas diversas — siempre que aborden, parcial o totalmente, el enfoque espacial de la ciudad de Río de Janeiro.

Los artículos también deben alinearse con los objetivos del Instituto, a saber:

1. promover y coordinar la intervención pública en el espacio urbano del Municipio;
2. proveer e integrar las actividades del sistema de información geográfica, cartográfica, monográfica y de datos estadísticos de la Ciudad;
3. apoyar el establecimiento de las directrices básicas para el desarrollo socioeconómico del Municipio.

Se dará especial énfasis a la articulación de los artículos con la propuesta de desarrollo económico de la ciudad. De este modo, se espera que los artículos multidisciplinarios enviados a la revista respondan a las necesidades de desarrollo urbano de Río de Janeiro.