

Indicadores de movilidad urbana orientados a la sostenibilidad en las capitales de la región sur de Brasil

Tânia Michel Fuga¹

¹Programa de Postgrado Stricto Sensu en Arquitectura y Urbanismo, Universidad Meridional – IMED (taniafuga@hotmail.com)

Alcindo Neckel²

²Programa de Postgrado Stricto Sensu en Arquitectura y Urbanismo, Universidad Meridional – IMED (alcindo.neckel@imed.edu.br)

Henrique Aniceto Kujawa³

³Programa de Postgrado Stricto Sensu en Arquitectura y Urbanismo, Universidad Meridional – IMED (henrique.kujawa@imed.edu.br)

Marcos Oliveira⁴

⁴Programa de Postgrado Stricto Sensu en Arquitectura y Urbanismo, Universidad Meridional – IMED (marcos.oliveira@imed.edu.br)

Michel Johana Murillo Acosta⁵

⁵Departamento de Civil y Ambiental, Programa de Ingeniería Civil, Universidad de la Costa (mmurillo4@cuc.edu.co)

Palabras clave: Análisis espacial; Centralidad; Dispersión; Movilidad; Sostenibilidad urbana.

Resumen:

Con la creciente de los problemas desdoblados por las altas tasas de motorización individual, aliados a la expansión de las ciudades y el crecimiento poblacional, se hace importante la comprensión de los desplazamientos relacionados a la movilidad urbana de las ciudades, correlacionados a los elementos organizadores de la estructura urbana como los factores económicos y sociales que influyen en la producción y el consumo en el espacio urbano y suburbano. El objetivo general de este artículo es identificar los índices de movilidad urbana de las capitales Curitiba, Florianópolis y Porto Alegre, a partir del levantamiento del conjunto de datos que conforman la configuración espacial urbana con la aplicación de las herramientas de análisis espaciales SIG (Sistemas de información geográfica). Fueron actualizados los Índices de Dispersión Urbana, que reflejan un mayor alejamiento de la población con relación al Centro de Comercio y Servicio – CCS. A partir de estos análisis, se verificaron características comunes en Porto Alegre y Curitiba donde hay una mayor dispersión en las regiones periféricas, mientras que en Florianópolis se identificó un elevado Índice de Dispersión. La capital Curitiba presentó mejor desempeño en términos de integración del usuario con el sistema vehicular y accesibilidad a la infraestructura urbana, en comparación con Porto Alegre y Florianópolis.

1. Introducción

Las ciudades han demostrado la urgencia de que sean desarrollados nuevos formatos en su composición, en función de los impactos resultantes del aumento de los desplazamientos en función al aumento de la población y la urbanización. Estos formatos necesitan estar alineados con un contexto de sostenibilidad urbana, de acuerdo a lo señalado en el documento de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), donde asuntos relacionados con la percepción y la atención de las necesidades de desplazamientos, tanto de las personas como de la circulación de mercancías en el entorno urbano, no solamente se reducen a la movilidad, sino en un contexto más amplio de la organización de las ciudades y la ejecución de las actividades que tienen lugar dentro de ellas (Brasil, 2015). Esto demuestra la necesidad de comprensión y evaluación del entorno urbano en relación con el desarrollo, para la aplicabilidad de la movilidad urbana, en la perspectiva de la sostenibilidad.

La relevancia de estudios en el área de Arquitectura y Urbanismo, como los desarrollados por Ewing y Cervero (2010), Zegras (2010) y por Fuga (2016), se relacionan con la importancia del diseño urbano y se asocian con el control del uso del automóvil, además de incluir en sus estudios el modo de caminata, al que atribuye sesgo sostenible. En esta misma línea, Deus (2008) verifica en sus investigaciones, desarrolladas en la ciudad de Uberlândia/MG, la influencia que ejerce la estructura urbana en la elección del modo de transporte.

Los problemas de movilidad urbana en las ciudades, entre otros, pueden ser atribuidos a la operación y la gestión del sistema vial, que sufren cambios promovidos por el aumento constante de la flota de vehículos. Los sistemas son adaptados con énfasis en la eficiencia del uso del automóvil, en detrimento de otros modos de transporte, principalmente en las grandes ciudades, en las capitales regionales y en las metrópolis (Alves, Raia Junior, 2015).

Esta investigación considera el diseño urbano relacionado con la movilidad urbana, tomando como objeto de estudio las tres capitales de los estados de la Región Sur de Brasil, analizadas a través de un conjunto de variables obtenidas a partir de la revisión de la literatura. Para ello, se tienen en cuenta los aspectos de la conformación de estas ciudades y los patrones de desplazamiento para la obtención de la movilidad urbana sostenible.

Esta problemática relacionada con las políticas urbanas, especialmente en las últimas décadas, exige nuevos formatos de los planes maestros de movilidad urbana. En este orden de ideas, son considerables los debates y avances realizados para repensar los nuevos formatos que vengán a favorecer los patrones de movilidad urbana sostenible en Brasil. Es por esto que, se llegó al siguiente problema de investigación: es posible verificar los índices de movilidad urbana de las capitales de los estados de Rio Grande do Sul (Porto Alegre), Santa Catarina (Florianópolis) y Paraná (Curitiba) de la Región Sur de Brasil, como forma de evaluación de la movilidad sostenible?

Según Kunz et al., (2017: 2-3) estos documentos deben considerar las siguientes variables: planificación sectorial; financiación de movilidad; eficiencia de gestión de sistemas de movilidad urbana; sistema de movilidad y soporte para tecnología verde; e implementación de políticas de movilidad.

El objetivo general de este artículo es identificar los índices de movilidad urbana de las capitales Curitiba, Florianópolis y Porto Alegre, a partir del levantamiento del conjunto de datos que conforman la configuración espacial urbana con la aplicación de las herramientas de análisis espacial SIG (Sistemas de información geográfica). Así, la investigación contribuye al avance en las discusiones relacionadas con movilidad urbana sostenible en Brasil y presenta posibles

sugerencias de políticas públicas para la mejora de la calidad de vida de la población en las tres capitales estudiadas.

2. Procedimientos metodológicos

Las ciudades de Porto Alegre, Florianópolis y Curitiba están localizadas en el sur de Brasil, en los estados de Rio Grande del Sur (RS), Santa Catarina (SC) y Paraná (PR), respectivamente. La ciudad de Porto Alegre, tiene un área total de 496,682 km² de territorio brasileño, con una población en el año 2004 de 1,383,009 habitantes y, en 2014, se estimó un total de 1,472,482 habitantes, con una densidad demográfica de 2,857.53 hab/km² (IBGE, 2017). En cuanto a la extensión territorial de la ciudad de Florianópolis, según IBGE (2017), es de 675.409 km². Con una población en el año 2004 de 386,913 habitantes, y en 2014 de 451,524 habitantes, con una densidad demográfica de 623.68 habitantes/km² (IBGE, 2017). Curitiba tiene una extensión territorial de 435,035 km², con 4,027.04 habitantes/km² (IBGE, 2017). Su población en el año 2004 era de 1.727.010 habitantes, y en el 2014 de 1.864.416 habitantes (IBGE, 2017).

La investigación se encuentra dividida en las siguientes etapas metodológicas:

Etapas I - Índices de Dispersión urbana de las tres capitales estudiadas: la actualización del Índice de Dispersión Urbana, fue necesario la clasificación de los sectores censales y la delimitación del CCS de cada ciudad. Con ayuda del software ArcGIS 10.1, se obtuvieron las tablas en formato Excel, que contienen los datos por sector censal de población, área en kilómetros cuadrados y la distancia métrica de los centroides de cada polígono hasta el CCS de la ciudad, considerando la población con base en la estimación de censos demográficos de 2004 a 2014, en relación con las tres capitales de la Región Sur. Con estos datos, se aplicó la Ecuación $1 = \sum_i \frac{d_i p_i}{PC}$ (Bertaud; Malpezzi, 2003; Holanda, 2002; Holanda et al., 2015), donde: ρ = es el índice de dispersión; d = es la distancia desde el centroide de cada sector urbano al centro de la ciudad (en este caso, el CCS determinado para cada ciudad); p = es la población de cada sector urbano; P = es la población urbana total; C = distancia promedio, calculada por medio del uso del software CAD (*Computer Aided Design*) y Microsoft Excel 2016. En el siguiente orden: 1. Se determinó el área poligonal de cada ciudad; 2. Se determinó el punto central del polígono a la ciudad analizada. En este caso, el punto central será idéntico al CCS. En este estudio se observó que para una mayor precisión en este cálculo, después de determinar la ubicación del CCS por los criterios del IBGE y establecido éste como el punto de convergencia de todos los rayos, se optó por el uso de geometría plana, estableciendo así un Radio promedio (R_m). El radio promedio (R_m) viene dado por el promedio de treinta (30) rayos, entre rayos inscritos (por dentro) y rayos circunscritos (por fuera), delimitados por el perímetro del polígono formado por cada ciudad. Esta forma de cálculo permitió un ajuste más preciso entre todas las distancias medidas, ya que el perímetro formado por los límites de las ciudades es irregular. Esta medida de distancia promedio (C) fue considerada, así como en los cálculos de Ribeiro (2008), como dos tercios ($2/3$) del resultado de este Radio promedio; 3. Se determinaron los radios (v_1, v_2, \dots) a partir del punto promedio de cada segmento hasta el radio central del polígono referente a cada ciudad; 4. Se calcularon los rayos centrales poligonales por medio de la Ecuación 2: ($R_m = \frac{v_1+v_2+\dots+v_n}{n}$); 5. Se calculó el promedio de todos los rayos obtenidos por la integral conforme (Holanda, 2002: 67; Ribeiro, 2008: 101), donde: C = será $2/3$ de este promedio (ecuación 3: $C = \frac{2}{3} R_m$).

Finalmente, los datos obtenidos con el cálculo del Índice de Dispersión fueron transformados en números relativos (normalizados) a partir de la aplicación de la Ecuación 4: $y = \frac{a(x+1)+b}{2} x = \left(\frac{2(y-b)}{a}\right) = -1$.

La normalización de los resultados es necesaria para que los números obtenidos mediante estos cálculos sean transformados en números puros (adimensionales), que se pueden comparar y cruzar. Para Ribeiro, "el proceso de normalización es una transformación matemática basada en la ecuación lineal de forma que los valores pasan a variar en una escala entre (-1 a 0 y 0 a +1)" (2008: 93).

Las variaciones dentro de la escala (-1 a +1) se clasificaron en tablas y gráficos, en intervalos de clases de (0,25 y 0,50). La primera agrupación es de 4 intervalos de clase de 0,50 y la segunda agrupación es de 8 intervalos de clase de 0,25. De esta manera, ilustran de manera más refinada los resultados obtenidos con la normalización.

Etapas II - Identificación del Centro de Comercio y Servicios - CCS de las capitales estudiadas: la delimitación del Centro de Comercio y Servicios (CCS) de cada ciudad, se realizó a partir de las características estipuladas por el IBGE para el Centro Funcional, siendo el punto de concentración de la mayor parte de los empleos y servicios.

Para los Sectores Censales que contienen los datos por sector censal de población, se definió a partir de la estimación poblacional del Censo demográfico de 2004 y 2014, y del área en kilómetros cuadrados, obtenida en la base de datos del IBGE (2018). En cuanto a las redes viales de Porto Alegre, Florianópolis y Curitiba: se utilizaron las redes urbanas originadas a través de OpenStreetMap, a partir de la imagen SIRGAS 2000.

3. Resultados y Discusiones

3.1 Centro de Comercio y Servicios - CCS de las capitales estudiadas

Esta investigación analizó y cruzó 5.479 sectores censales, a partir de las mallas digitales obtenidas en la base de datos del IBGE, de los cuales 2.433 eran de la ciudad de Porto Alegre, 651 de Florianópolis y 2.395 de Curitiba. Con respecto al radio promedio (Rm) a los Centros de Comercio y Servicios (CCS) de cada capital, se obtuvieron los siguientes resultados: Para Porto Alegre resultó en 10.6 km, y las distancias variaron entre 1.5 Km y 30, 9 km. En Florianópolis, se observó la menor distancia medida en el orden de 1,9 km y la mayor distancia de 24,9 km. Considerando dos tercios del promedio de todos los rayos, el Radio promedio (Rm) fue determinado en 7.6 km. Curitiba tuvo un radio promedio (Rm) de 8.9 km, muy por encima de Florianópolis con sus 7.6 km, dado que puede determinarse por el distanciamiento del CCS en relación con los bordes de la ciudad y también su posicionamiento más centrado en parte del polígono que forma los límites de Curitiba.

Se observó que a partir del cálculo del Radio promedio, se logró un ajuste más preciso entre todas las distancias medidas, ya que los perímetros formados por los límites poligonales de las ciudades son irregulares, de esta forma un número mayor de métricas se aproxima a una mayor precisión.

Con la delimitación de los treinta (30) rayos para la ciudad de Curitiba, la distancia más corta observada fue de 6 km hasta el CCS, mucho más allá de las medidas tanto en Porto Alegre con

1,5 km, como la medida de Florianópolis de 1,9 km. Otro punto a ser evidenciado fue la existencia de un intervalo más pequeño entre los rayos medidos, entre 6 y 23 km, en comparación con las demás ciudades, ilustrado en la Figura 1. Datos que, después de ser agrupados para el cálculo del Índice de Dispersión, son determinantes por los resultados de esta investigación.

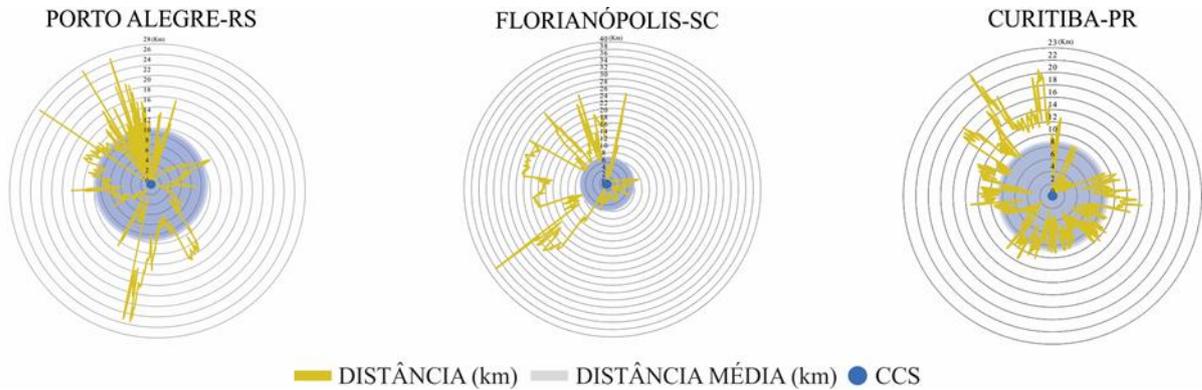


Figura 1 - Radiales de la distancia de los sectores al CCS, en comparación con la distancia promedio de cada capital. Fuente: Autor (2018).

Las motivaciones que llevan a la población, principalmente de clases sociales menos favorecidas, a trasladarse a las regiones más periféricas de las ciudades, son motivos de varias investigaciones. Estos revelan que gran parte de la segregación socio-espacial es motivada por el acceso a servicios, como escuelas, centros de salud y carreteras principales (Azhdari; Sasani; Soltani, 2018). Otros factores que llevan a la población a este alejamiento de los Centros de Comercio y Servicios es el precio de la tierra, porque a mayor distancia, menor es la valorización. Estas ubicaciones más periféricas terminan implicando costos con desplazamientos y falta de accesibilidad para la población, especialmente en grandes centros, donde las distancias recorridas normalmente son mayores en comparación con ciudades más pequeñas.

De forma analítica, la actualización de los índices de dispersión reveló la proximidad de los Índices de Dispersión Normalizados de Porto Alegre 0.29 y Curitiba 0.39, quedando solo la ciudad de Florianópolis con un resultado negativo de -0.01.

Los nuevos Índices de Dispersión Normalizados sufrieron una reducción del 7% en el caso de Porto Alegre y del 20% en el caso de la ciudad de Curitiba. Basándose en la correlación de Pearson (Lewin, Fox, 2004), como la forma de determinación del significado de estos resultados, cuanto más distante de +1, más negativo es el dato. Sin embargo, el caso más emblemático es el de Florianópolis, donde el Índice de Dispersión Normalizado es de -0.01 (en esta investigación), distante del resultado obtenido por Ribeiro (2008), que fue de 0.71 normalizado.

Tales diferencias en el Índice de Dispersión entre las ciudades analizadas pueden ser atribuidas a tres factores. Primero, la diferencia en los criterios de cálculo de la distancia promedio al CCS, que en esta investigación se basa en el Radio promedio (Rm). En segundo lugar, la elección del posicionamiento del CCS y, en tercer lugar, la diferencia debido a la actualización de los datos del IBGE de 2000 a 2010 (en esta investigación). Sin embargo, el factor de distancia promedio es

el más significativo entre los tres observados, ya que cuanto más distante esté la población de las centralidades, de los empleos y de los servicios, mayor será también la Dispersión Urbana.

El resultado de Florianópolis en la escala negativa -0.01, se atribuye a la dispersión poblacional, evidenciada por las distancias recorridas por la población al Centro de Comercio y Servicios (CCS) de Florianópolis, como puede ser confirmada en la Figura 1, que presenta en forma gráfica radial esas distancias, evidenciando los desplazamientos necesarios de la población hacia este centro. Esta situación es ejemplificada por la ubicación de los sectores representados en los barrios Canasvieiras, Santinho, Capivari en el extremo norte de la isla, a más de 20 km del CCS de Florianópolis (SC).

Para la capital Porto Alegre, el Índice de Dispersión Normalizada es de 0.29, de acuerdo con el resultado de esta investigación, siendo que el resultado obtenido por Ribeiro en 2008 fue de 0.31, representando así una pequeña reducción de este índice en un 6% en este estudio. Esta desviación de +1 en la escala de representación significa un aumento en la dispersión de la población en Porto Alegre.

Así también ocurrió en Curitiba, donde el Índice de Dispersión Normalizado en esta actualización es de 0.39 y, en la primera medición realizada por Ribeiro, fue de 0.49, representando también una desviación significativa de la escala de +1 y, observándose con eso el aumento de la dispersión en esta capital.

Tales resultados para las tres capitales evidencian las implicaciones en relación con el tránsito, como resultado de una mayor dispersión de la población y también en inversiones que se hacen necesarias en la implementación y en las interconexiones de la infraestructura para los transportes, tanto públicos como privados, debido a esas distancias que necesitan ser recorridas en busca de las necesidades del día a día de los ciudadanos urbanos. Otra importante implicación con respecto al alejamiento de la población del mercado laboral principal son los altos costos de transporte, ya que, según Sen y Kliksberg (2010), estos son pagados exclusivamente por la población. Sin embargo, otras variables son evaluadas en esta investigación, como el mantenimiento de estas centralidades, la densidad vial y la integración, las cuales podrán ayudar a comprender las dinámicas presentadas en estas tres capitales.

3.2 Identificación del Centro de Comercio y Servicios - CCS

Se perciben algunos puntos cercanos al CCS (en azul) con resultados de (-1.00). Se trata de espacios públicos (Anfiteatro Pôr do Sol, Estadio Beira Rio, Parque da Redenção, Parque Moinhos de Vento - Parcão) en los que los valores de población no son computados, de acuerdo con el censo, ya que son espacios para usos transitorios. Los resultados más negativos -1.00, es decir, las mayores dispersiones, se concentran en los barrios Vila Ipiranga, Sarandi y Rubem Berta (en el norte/noreste), seguidos de algunos sectores pertenecientes a los barrios Hípica, Ponta Grossa, Belém Novo y Lageado (al sur). Algunos de los resultados cercanos a +1.00 positivo, se encuentran en el barrio Partenon (región central de la ciudad) en función de la relación entre la población y la proximidad al CCS que induce el índice. Sin embargo, se verificaron resultados positivos en uno de los sectores del barrio Restinga (al sureste) y en dos sectores más

pertenecientes a los barrios Sarandi y Rubem Berta (al norte/noreste). Esta ocurrencia de resultados positivos de dispersión, en sectores aunque muy distantes del CCS, se debe al hecho de que grandes aglomeraciones de personas están incluidas en ellos.

Se observa en un análisis global de la ciudad, la predominancia de resultados clasificados entre 0.00 y -0.24, confirmando el resultado encontrado de -0.01 como el valor de la Dispersión Normalizada para esta ciudad. Es importante observar que, a pesar de la separación física entre continente e isla, aun así los datos decrecen positivamente en sectores, como el Centro de Florianópolis, Saco dos Limões y Agronômica, entre las clases de + 0.01 a +1.00, representadas en el mapa de dispersión por sector censal normalizado, entre los tonos naranjas hasta el rojo.

Otros resultados positivos, entre +0.01 y +0.50, se encontraron más al centro del mapa, en Carianos, ubicación del Aeropuerto Internacional de Florianópolis, y al Este en sectores directamente vinculados a la Lagoa da Conceição (Porto da Lagoa, Dunas) da Lagoa, Canto da Lagoa), fuerte atractivo turístico del turismo y, en consecuencia, de empleos en esta región.

Dentro de los resultados negativos que representan la alta dispersión está la clasificación de -0.50 a -1.00, donde se ubica gran parte de los sectores representados por los barrios Capivari (Ingleses do Río Vermelho), Chachoeira do Bom Jesus y Canasvieiras, en la dirección litoral Norte de la Isla.

Según Bertaud y Malpezzi (2003), el caso de Curitiba es predominantemente mono-céntrico. Esta afirmación se hizo visible con la imagen resultante de los cálculos para el Índice de dispersión estandarizado para este capital. Después de la clasificación de los datos, esto queda evidenciado, en la escala entre +0.01 y +0.50, en la cual se encuentra incluido el valor medido en esta investigación de 0.39 para la ciudad de Curitiba. En esta clase está el 46.64% del total de sectores de la ciudad.

Otro hallazgo importante en la clase que representa la mayor dispersión, es decir, en la clasificación entre -0.50 y -1.00, es que apenas 0.3% de todos los sectores analizados se encuentran en esta clase, representando el porcentaje más bajo entre las tres capitales.

Entre los sectores con este desempeño negativo están Ganchinho y Umbará, localizados al sur de Curitiba. Sin embargo, en el extremo opuesto, están algunos sectores de los barrios Santa Cândida y Pinherinho, con resultados en la escala positiva de +1.00. En este sentido, vale la pena resaltar la importancia de las estrategias de desarrollo orientadas hacia fuera del centro principal de la ciudad, mediante el uso de ejes radiales.

Al suroeste, están localizados los sectores que conforman el barrio Cidade Industrial, considerado un centro industrial, con un número considerable de fábricas instaladas. En esta región, los resultados han variado entre positivos y negativos. Esto probablemente se deba a la combinación de usos del suelo en esta región, ya que normalmente, en las cercanías de las industrias, puede haber puntos de concentración de viviendas que atienden a esa mano de obra operaria.

Ubicados en el sur, los sectores que forman el barrio Campo de Santana son clasificados positivamente debido a la alta concentración poblacional de esta región, a diferencia de Umbará y Ganchinho (al sudeste), que también se encuentran distantes del CCS, así como Campo de Santana, aunque obtuvieron resultados entre -0.50 y -1.00.

Florianópolis, la capital costera, tiene la mayor concentración poblacional en las cercanías del CCS, entre isla y continente. Además de esta concentración, la estructura urbana es la más dispersa, resultado que puede estar vinculado con los usos del turismo en sus bordes, lo que requiere largos ejes de conexión entre el CCS y las otras demás zonas urbanas. Debido a esto, la actualización mostró el peor resultado, de -0.01 para el Índice de Dispersión Normalizado, de las tres capitales.

El caso de Curitiba obtuvo el Índice de Dispersión Normalizado de 0.39, que, en comparación con las demás capitales, fue el mejor desempeño en esta medición. Quedó evidente la existencia de varios aglomerados periféricos, aunque con resultados positivos, es decir, con alta concentración poblacional. Siendo así, esta dispersión no empeora el índice en su producto final. Con respecto al Intervalo del Índice de Dispersión Normalizado, la Figura 2 muestra la distribución porcentual por clase de las tres ciudades analizadas.

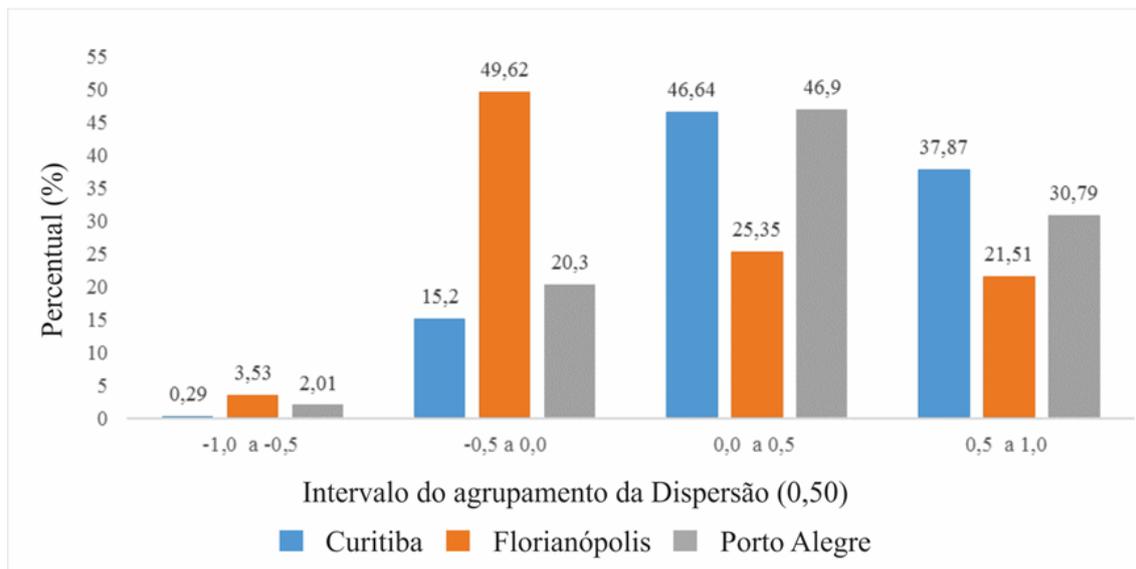


Figura 2 – Intervalo de Dispersión Normalizado. Fuente: Autor (2019).

La normalización apunta a un resultado para Florianópolis de 49.62% de los sectores censales en el rango entre -0.50 y 0.0, que demuestra una tendencia de forma dispersa a una forma intermedia. Curitiba y Porto Alegre, por otro lado, se clasifican entre 0.0 y 0.5, indicando la tendencia entre la forma intermedia y la forma compacta, con 46.64% y 46.9% respectivamente. Los resultados de Dispersión poblacional, medida en las tres ciudades son ilustrados de forma gráfica en la Figura 3.

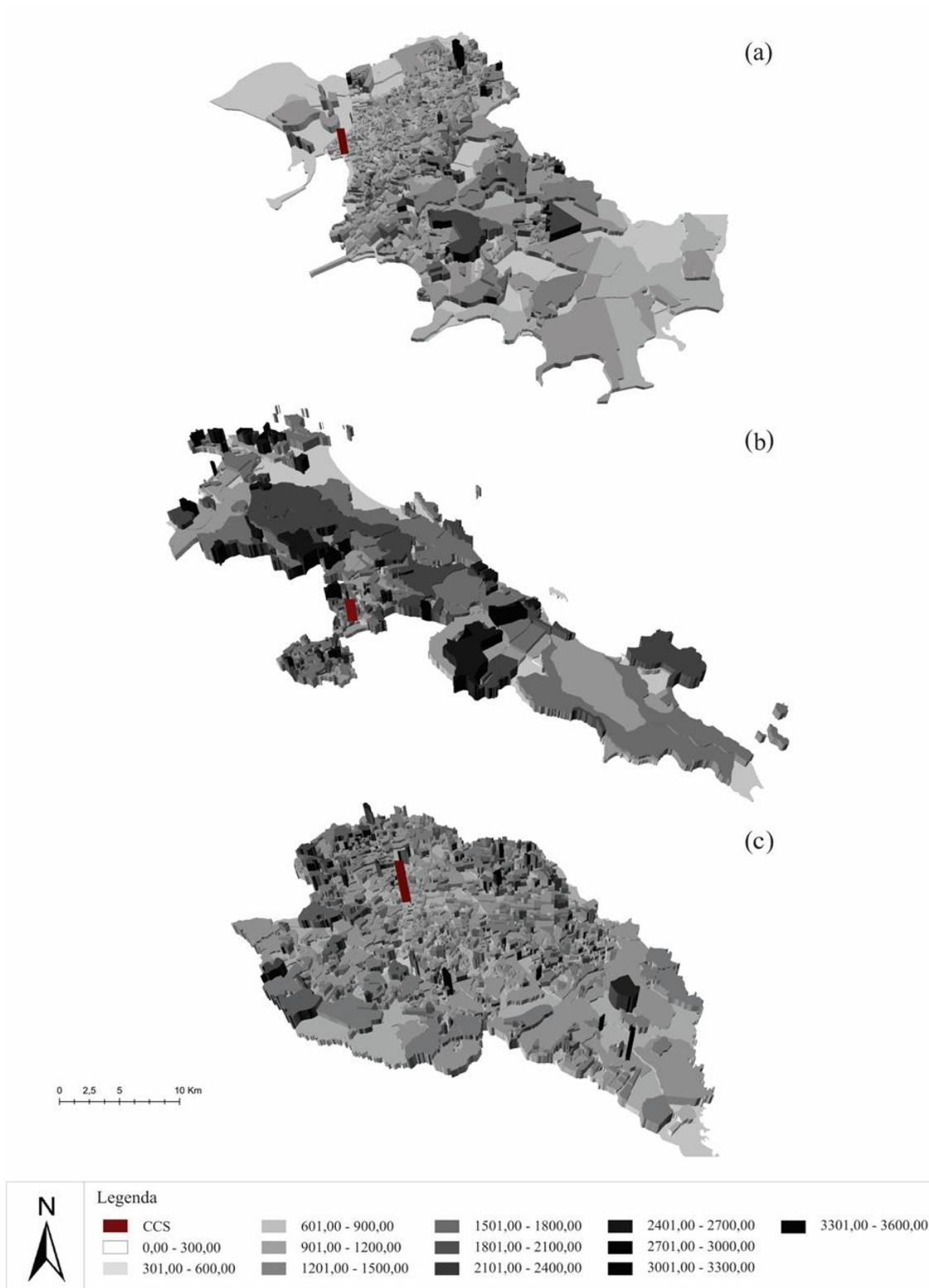


Figura 3 – Representación espacial de la dispersión poblacional para las tres capitales. Fuente: Adaptado de la base de datos del IBGE (2018).

Florianópolis tiene una vasta área territorial (675.4 km²) con una población estimada en esta investigación para el 2017 de 485,838 habitantes, y presenta un Índice de Dispersión Normalizado

igual a -0.01, siendo considerada la más dispersa entre las capitales analizadas. Por otro lado, la capital Curitiba, con la menor área territorial entre las tres (435,035 km²) y la mayor población estimada para el 2017 de 1,908,359 habitantes, alcanzó el mejor Índice de Dispersión Normalizado, de 0.39, lo que le confiere la condición de más compacta entre las tres capitales. La capital Porto Alegre, con un área territorial de 496,682 km² y con una población estimada de 1,484,941 habitantes, alcanzó el Índice de Dispersión Normalizado de 0.29, pudiendo así ser considerada de intermedia a compacta.

Los resultados de integración después de la transposición de los ejes axiales de la ciudad de Porto Alegre, confirmó la integración máxima del sistema vial alrededor del CCS (determinado en el Centro Histórico en la Cidade Baixa) y también la distancia promedio proyectada en esta investigación de 10,6 km, como la máxima integración del sistema vial. Nótese que la agrupación de los datos, debido a la normalización, resalta la concentración en la clase entre 0.01 a 0.25, en un radio de cobertura superior a los 10.6 km de distancia promedio al CCS en la dirección este. Esta cifra representa la disponibilidad de un sistema vial en este cuadrante.

En cuanto a la distancia al CCS normalizado de Porto Alegre, teniendo en cuenta que en este cálculo, se ponderó la población de cada sector censal en razón de la distancia al CCS, la normalización muestra una concentración positiva, formando un arco hacia el Este y hacia el Sur, lo que puede explicarse debido a la estructuración de la ciudad, pues se percibe que los resultados de Dispersión por Sector Censal Normalizado de Porto Alegre están concentrados en los sectores representantes de barrios ya consolidados y densamente ocupados, entre ellos, Menino Deus Partenon y Altos da Petrópolis. Se percibe también la reducción de los valores normalizados en las proximidades al CCS, porque ocurre cierta disminución en la densidad poblacional en este lugar, reduciendo la clasificación de estos resultados. Sin embargo, esta reducción no altera significativamente el hallazgo previamente observado, en el que más del 77% de los resultados se concentran positivamente.

A partir del resultado de la transposición de los ejes axiales a los sectores censales de la capital Florianópolis, se percibe que las áreas más accesibles al sistema vial revelaron las distancias inscritas dentro del radio de 7.6 Km. Mediante esto, es posible verificar la mayor integración del sistema vial dentro de este radio de cobertura de la distancia promedio calculada para esta investigación.

Los resultados de la Integración Máxima Normalizada de la capital Florianópolis muestran la gran concentración negativa en los extremos de la Isla, en la escala de -0.50 a -1.00. En las proximidades al CCS y el Noroeste se tiene una integración positiva de 0.25 a 0.75, lo que indica un sistema vial integrado con la centralidad, aunque con baja Densidad Vial (Figura 47). Este hecho probablemente se deba a la interconexión formada por la autopista SC 401, que conduce el flujo desde la BR 101 hacia la región Norte de la Isla. Otro análisis que al mismo tiempo contribuye a la comprensión de dicho comportamiento es el resultado de la dispersión, pues en estos sectores, los datos disminuyen negativamente, lo que confirma la baja ocupación poblacional.

Con respecto a la Distancia al CCS Normalizado, se verifica cierta agrupación de datos a una distancia inferior a la distancia promedio de 7,6 km. Esto se debe a la concentración de datos positivos en esta región, donde estos resultados se concentran en la clase de 0,50 a 1,00. Este hecho está relacionado con el hecho de que los valores de baja dispersión, es decir, son varios sectores con alta concentración poblacional, que se encuentran cercanos al CCS.

El resultado de la transposición de los ejes axiales a los sectores censales de la capital Curitiba y las áreas más accesibles del sistema vial, al comparar la distancia promedio al CCS calculada en 8.9 km, se percibe que la Integración Máxima Normalizada excede el límite de este radio, de manera diferente a lo ocurrido en Porto Alegre y Florianópolis. Mediante esto, se puede percibir en Curitiba una mayor integración del sistema vial, entre 11 y 15 km de alejamiento al CCS.

La Integración Máxima de Curitiba, cuando se normaliza, organiza los resultados en clases con intervalos de 0.25, mostrando cierta reducción en la integración del sistema vial en los extremos oeste y sur, revelando al mismo tiempo la importancia de varios ejes viales, que conecten el CCS inicialmente en las inmediaciones, con total integración, fluyendo en prácticamente todas las direcciones. Sin embargo, con un peso mayor de ejes viales en la región central, donde los barrios Centro, Batel, Rebouças y Água Verde presentan resultados con valores de +1, evidenciando la representación de la mayor integración del sistema vial.

La normalización apunta a un resultado para Curitiba muy positivo, donde el 40.71% de los sectores se encuentran entre 0.5 y 1.0, constituyendo la mayor eficiencia en cuanto a la integración del sistema vial entre las tres ciudades.

En Florianópolis, se tiene el 51.77% de los sectores concentrados en la escala de -1.0 a -0.5, confirmando la menor integración del sistema vial en esta capital. Porto Alegre, a su vez, tiene el 84.46% de los sectores censales en el rango entre 0.0 y 0.5. Este resultado representa una integración en una escala positiva. Sin embargo, de acuerdo con el resultado de la Integración Máxima Normalizada para Porto Alegre, se percibe que la concentración positiva es más evidente entre 0.0 y 0.25.

Con respecto a la clasificación de distancia al CCS, la ciudad de Curitiba tiene la mayor concentración de resultados positivos (entre 0.5 y 1.0), lo que representa que el 44.01% de los sectores censales se encuentran dentro de la distancia promedio de 8,9 km al CCS. Sin embargo, cuando se cruza con el resultado para el Índice de Dispersión Normalizado, se observa el comportamiento de estas zonas urbanas, en las que cuanto más cerca al CCS hay una reducción poblacional. Esto se debe probablemente al hecho de que esa centralidad es predominantemente comercial.

Florianópolis tiene la mayor concentración de sectores con resultados negativos, con un 39.32% (entre -0.5 a 0.0). Tal resultado es esperado, debido a la fuerte dispersión ocurrida en esta capital, donde se observan varias aglomeraciones de población en puntos extremos de la isla y distantes de esta centralidad.

Porto Alegre tiene un comportamiento similar a Curitiba en esta evaluación, pues el 40% de los sectores se encuentran entre 0.5 y 1.0. Asimismo, ocurre una reducción poblacional en las proximidades al CCS.

Al correlacionar la Integración Máxima y la distancia al CCS de las tres capitales, Porto Alegre presentó un resultado de -0.431, Florianópolis -0.598 y Curitiba -0.548, ya que los valores de correlación expresan dirección, cuánta intensidad entre las variables. Este resultado representa una correlación negativa de moderada a fuerte (MEDRI, 2011).

El análisis de los resultados muestra que existe una correlación inversa entre las variables. La Figura 4 representa esta situación en la que, a medida que aumenta la distancia al CCS, se reduce la Integración Máxima del sistema vial.

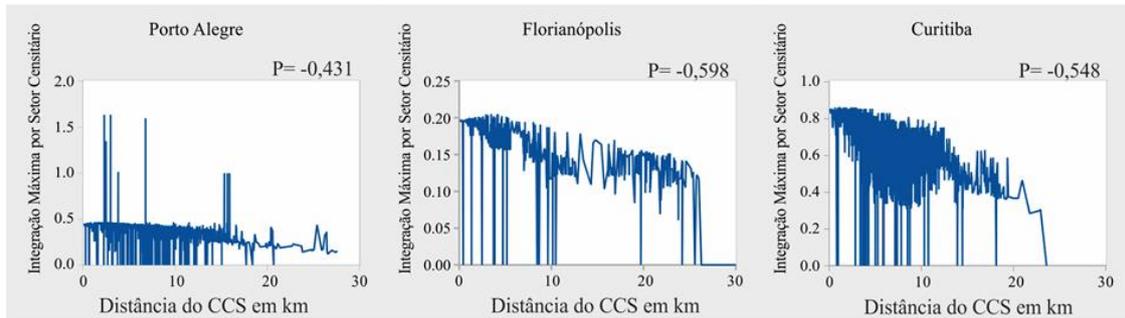


Figura 4 – Relación entre la Integración Máxima y la distancia al CCS de Florianópolis. Fuente: Autor (2019).

Esta investigación actualiza apreciaciones que han sido levantadas por innumerables estudios relacionados a la configuración urbana y sus transformaciones. Sin embargo, deben tenerse en cuenta, para una mayor eficiencia de la movilidad, de manera que se garantice un desempeño satisfactorio, con una mayor integración de la red vial y menores distancias de desplazamientos de la población (Zegras, 2010; Ewing, Cervero, 2010; Larranaga, 2012).

Siendo así, la variable distancia se muestra relevante en las elecciones del modo de transporte hechas por la población. Sin embargo, cuando se asocia con la variable distribución poblacional, tiene un peso importante en las decisiones de implementación de infraestructura para los medios de transporte.

Con el objetivo de verificar la accesibilidad de la población a la infraestructura vial, se realizó el cálculo del índice promedio de uso de la infraestructura (Densidad Vial) y el índice de Ociosidad vial en las tres capitales.

De los 2.433 sectores censales de la capital Porto Alegre, 1.587 tienen resultados negativos de normalización, es decir, por debajo del punto promedio que divide los resultados en dos grupos, y resultados de -1.0 a 0.0 son considerados negativos y son representados por la existencia de vías para pocos habitantes. Resultados de 0.0 a +1.0 son considerados positivos, donde hay más habitantes por metro lineal disponible, es decir, mayor intensidad de uso. Por lo tanto, se puede constatar que el 65% de los sectores de esta capital tiene vías disponibles con baja ocupación poblacional, indicando la sub-utilización de la infraestructura.

En este caso, considerando la longitud total de vías (ejes viales), esta investigación levantó 2,78 metros de vía por habitante. Dado que el 3% del total de vías no son utilizadas, representando alrededor de 116 km sin usar, esta sub-utilización de la infraestructura genera costos de instalación y mantenimiento que podrían evitarse.

4. Conclusión

Considerando el conjunto estudiado, el cual proporciona un número significativo de datos para analizar patrones espaciales de urbanización. La investigación asoció patrones de distribución poblacional, enfocando sus impactos en la movilidad urbana.

Para alcanzar cada etapa de este estudio, fueron necesarios varios procesos de estandarización de las informaciones espaciales, procesos matemáticos para posterior transposición para los sectores censales en las bases espaciales y generación de los mapas con los resultados. Es importante resaltar que los sectores censales son bases de datos recopilados a cada 10 años, permitiendo la actualización de los índices y favorece su uso para estudios urbanos.

Con base en el marco teórico y la revisión de la literatura, registrados en el Capítulo I de esta investigación, fue identificada la estructura metodológica y su jerarquía relacionada con la movilidad urbana. Los análisis permitieron evaluar varios factores que involucran los índices, sin embargo, la verificación de dicha estructura, por un solo investigador, representa solo un punto de vista. De ahí la necesidad de un análisis amplio por parte de otros investigadores, con el objetivo de expandir el alcance sobre la temática.

La actualización del Índice de Dispersión urbana atribuye a éste una reducción en las tres capitales estudiadas, indicando más alejamiento de la población en relación al CCS. Este resultado está representado por dos factores, los cuales son, la precisión de los cálculos de distancia promedio al CCS y el uso de datos censales más actualizados.

El nuevo índice reveló aspectos de la configuración urbana coincidentes para Porto Alegre y Curitiba, atribuyendo la mayor dispersión en las regiones más periféricas a partir de los bordes representativos de la distancia promedio al CCS, así como lo contrario, cuando se encuentra cerca de estos. En cuanto a Florianópolis, la actualización expone las evidencias de una realidad territorial, bastante compleja, al mismo tiempo en que las bellezas naturales mantienen la matriz económica de la región, también inducen la alta dispersión, que distancia a la población del principal Centro de Comercio y Servicios de la región.

En relación al grado de compacidad, los resultados indican que Porto Alegre y Curitiba tienen un formato de ciudad intermedia a compacta y Florianópolis de dispersa a intermedia. Se verificó la influencia ejercida por el área territorial en el desempeño del Índice de Dispersión, en el cual las extensiones territoriales más pequeñas denotan un mejor desempeño del índice, y extensiones más grandes reducen este desempeño. También se constató que las ciudades más compactas tienen mayor ingreso per cápita, y la ciudad más dispersa tiene el menor ingreso per cápita, siendo así, en estos tres casos, el mayor ingreso per cápita no aumenta la dispersión. Sin embargo, debido al hecho de que la muestra es pequeña, lo ideal sería ampliar este análisis a un número más expresivo de ciudades, para que se pueda observar el comportamiento de los datos de manera más integral.

En cuanto a la medida de Integración del sistema vial, la ciudad de Curitiba presentó el mejor desempeño, con casi la mitad de las áreas urbanas teniendo una fuerte correlación positiva. Porto Alegre presentó un rendimiento moderado, mientras que Florianópolis tiene la mitad de sus áreas urbanas con bajo rendimiento, representando una correlación negativa de moderada a fuerte. Estos datos reflejan la alta eficiencia en términos de integración máxima del sistema vial de Curitiba, integración promedio en Porto Alegre y baja integración observada en Florianópolis.

La correlación de los datos de integración Máxima y Distancia al CCS presentó un resultado estadístico negativo en los tres casos analizados, en los que se constató que, a medida que aumenta la distancia al CCS, se reduce la Integración Máxima del sistema vial, estableciendo relaciones asociativas entre las variables, en las cuales, cuanto más distante de esta centralidad, menor es la integración del sistema. En este sentido, esta investigación demuestra la relevancia de la variable distancia al Centro de Comercio y Servicios, en la opción de modo de transporte realizada por la población. De la misma forma, cuando se relaciona con la dispersión, tiene una influencia importante sobre la implementación de infraestructura para los medios de transporte. Considerando que los cálculos de densidad vial expresan las relaciones ejercidas entre la distribución poblacional y los sistemas de infraestructura, es medida la accesibilidad de la población a esta infraestructura urbana en las tres capitales estudiadas.

Para esta medida, la capital Curitiba presenta buena accesibilidad a la infraestructura con 0,31 habitante por metro lineal de vía, mientras que Porto Alegre, incluso con 0,36 habitantes por metro lineal de vía, tiene menor accesibilidad a la infraestructura urbana que Curitiba, debido a una mayor concentración de sectores con menores valores de Densidad Vial y mayor ociosidad del sistema vial que Curitiba.

Mientras tanto, en Florianópolis, el resultado de 0.21 habitantes por metro lineal de vía revela que hay disponibilidad de infraestructura, aunque poco utilizada, en este caso debido a la mayor concentración de resultados negativos y a la fuerte ocupación dispersa, ya que la ciudad tiene amplia área territorial, que requiere largos ejes de conexión que atiendan los desplazamientos a todos los sitios turísticos de la isla.

Otra medida importante planteada en esta investigación es la ociosidad per cápita, son las vías que pasan por sectores que no tienen población. En Florianópolis, son el 7% del número total de ejes viales que no son aprovechados por la población. Porto Alegre tiene un 3%ías de vías ociosas, aunque con un mayor número de habitantes por metro de vía (0,36), en comparación con Curitiba, aun así obtuvo mayor ociosidad per cápita. En Curitiba, hay apenas un 0.02% de ociosidad, demostrando así mayor equilibrio entre infraestructura disponible y dispersión poblacional.

La caracterización de las centralidades de cada ciudad comprobó el mantenimiento de fuertes centralidades, originarias de la constitución de cada municipio. La delimitación del CCS trajo a la luz la referencia histórica que se mantiene incluso mediante la propagación y la disminución de la densidad urbana de los grandes centros, como el caso de las tres capitales estudiadas.

La actualización de los índices de la configuración urbana de las ciudades, Índice de Dispersión, Índice de Integración, las medidas de Densidad vial y la caracterización de Centralidades traen la discusión sus causas y consecuencias. Los motivos que llevan a la dispersión de la población hacia las áreas periféricas ejercen presión sobre la implantación de más infraestructuras que satisfagan estas demandas que surgen con este crecimiento. Los costos inherentes a la atención de las demandas, los valores y el tiempo gastado por la población debido a esas distancias y el principal, que es la calidad de vida urbana, tan deseada por innumerables estudios en esta área son apremiantes.

Todos esos factores llevan a la gran pregunta, e investigaciones de esta naturaleza necesitan ser hechas de manera sistémica y con el uso de análisis combinados de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sintaxis Espacial, de forma que permita producir conocimiento de estas organizaciones espaciales de los centros urbanos, para que puedan ser compatibilizadas con las estrategias legislativas, enfocándose en el desarrollo de la movilidad urbana sostenible. En este

sentido, esta investigação busca contribuir com a verificação de los índices orientados a monitorar los asuntos que envuelven la movilidad urbana.

Nuevos formatos de centralización deben ser propuestos como alternativa a la dispersión urbana, que tengan en cuenta, además del conteo poblacional medido en los sectores censales, también la población que no hace parte de este levantamiento, pero que igualmente habita en las ciudades. Todavía, se deben desarrollar formatos que induzcan a una ciudad más transitable, obedeciendo a una jerarquía en la que la prioridad sea el peatón, seguido del ciclista, el transporte público, el transporte de carga, incluso el transporte individual, priorizando las calles, las cuadras, los barrios, reduciendo así la necesidad de grandes desplazamientos.

Se recomienda que se tenga como base un modelo nucleado y descentralizado, con una diversidad de comercios y servicios que atiendan tanto el empleo, ahorrando tiempo en desplazamientos, asegurando la accesibilidad de la población a sus necesidades urbanas, con un enfoque en la sostenibilidad y en la calidad de vida de las personas.

Bibliografía

Alves, P.; Raia Junior, A. A. 2015. Mobilidade e acessibilidade urbanas sustentáveis: a gestão da mobilidade no Brasil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana - PPGEU. Universidade Federal de São Carlos-UFSC, São Carlos, p. 1-15.

Azhdari, A.; Sasani, M. A.; Soltani, A. 2018. Exploring the relationship between spatial driving forces of urban expansion and socioeconomic segregation: The case of Shiraz. *Habitat International*, v. 81, p. 33-44.

Bertaud, A.; Malpezzi S. 2002. *The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition*. 2002.

Brasil. Lei n.º13.089, de 12 de janeiro de 2015. *Estatuto da Metrópole*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13089.htm. Acesso em: 13 nov. 2017.

Brasil MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2015. *Sustentabilidade urbana: impacto do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização em países emergentes: textos para as discussões da Rio + 20*. Volume 1- Mobilidade urbana. Brasília: MMA.

Deus, L. R. de. 2008. *A influência da forma urbana no comportamento de viagem das pessoas: estudo de caso em Uberlândia, MG*. São Carlos: UFSCar.

Ewing, R.; Cervero, R. 2010. Travel and the Built Environment. *Journal of the American Planning Association*. p. 265-294.

FUGA, T. M. 2016. *Análise das Centralidades Urbanas na cidade de Passo Fundo/RS -Brasil*. 5º Seminário Internacional de Construções Sustentáveis. Imed. p. 1- 6.

Hillier, B. 2007. *Space is the machine. A configurational theory of architecture*. Space Syntax 4 Huguenot Place, Heneage Street London E1 5LN United Kingdom.

Holanda, F. de. 2002. *Ponte para Urbanidade*. Estudos Urbanos e Regionais. nº 5/maio.

Holanda, F. de; Medeiros, V.; Ribeiro, R.; Moura, A. 2015. *A configuração da área metropolitana de Brasília*. In: Ribeiro, R.; Tenorio, G.; Holanda, F. de. 2015. *Brasília: transformações na ordem urbana*. Rio de Janeiro: Letra Capital, p. 64-97.

IBGE. 2017. *Estimativas de população para os municípios brasileiros*. Disponível em: https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm. Acesso em: 27 fev. 2018.

IBGE. 2018. *Cidades*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

Kunz, M.; Neckel, A.; Kujawa, H. A. et al. 2017. The influence of public policies on urban mobility: a comparative study between Porto Alegre (Brazil) and Washington D.C (United States). *Journal of Civil Engineering and Architecture*, v. 8, n. 1, p, 295-304.

Larranaga, A. M. 2012. *Estrutura Urbana e Viagens a pé*. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/55454/000850505.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

Levin, J.; Fox, J. A. 2004. *Estatística para Ciências Humanas*. São Paulo, SP, 9 ed. Prentice Hall.

ONU. 2015. *Organização das nações Unidas. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods11/>>. Acesso em: 19 fev.2018.

Ribeiro, R. J. da C. 2008. *Índice composto de qualidade de vida urbana: aspectos de configuração espacial, socioeconômicos e ambientais urbanos*. 2008. 238 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasília.

Sen, A.; Kliksberg, B. 2010. *As pessoas em primeiro lugar: a ética do desenvolvimento e os problemas do mundo globalizado*. São Paulo: Companhia das Letras.

Zegras, C. 2010. O Ambiente Construído e a Propriedade e Uso de Veículos Motorizados: Evidências de Santiago do Chile. *Estudos Urbanos*. v. 47, n. 8, p. 1793-1817.