



## LA DENSIDAD URBANA Y SU INFLUENCIA EN LOS VIAJES A PIE

Alex Rojas Alvarado\*

[alex.rojas@unb.br](mailto:alex.rojas@unb.br)

Vilma Rojas Alvarado\*\*

[luz-elisa@hotmail.com](mailto:luz-elisa@hotmail.com)

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Alex Rojas Alvarado y Vilma Rojas Alvarado (2017): "La densidad urbana y su influencia en los viajes a pie", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (agosto 2017). En línea: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2017/08/densidad-urbana.html>

### Resumen

Esta investigación presenta un estudio desarrollado en la ciudad de Brasilia, con el objetivo de identificar como la densidad urbana de una ciudad planificada puede acabar influenciado las decisiones de las personas por realizar viajes a pie. Para alcanzar este objetivo fue utilizado un modelo tradicional de elección discreta denominado Logit Binomial que es un caso del modelo logit multinomial. Fueron utilizadas dos variables de utilidad en relación a la elección de viajes; i) los viajes a pie y ii) los demás medios de transporte (incluyen en esta: vehículos particulares, motos, bicicletas, buses, metro, etc.). El modelo identificó una cierta utilidad dada por la densidad urbana sobre los individuos a la hora de tomar una decisión. Las conclusiones generales de este estudio permiten apoyar la hipótesis de la relación existente entre la densidad urbana - transporte y la influencia sobre los viajes a pie.

**Palabras claves:** Brasilia, logit, densidad urbana.

### Abstract

This research presents a study developed in Brasilia; the focus of this paper was to identify how the urban density of a planned city can end up influencing the decisions of the people to make walk trips. To achieve this goal a traditional discrete choice model -Binomial Logit was used. Two variables were used in relation to the choice of trips; (I) walk travels and (ii) other transports (including private vehicles, motorcycles, bicycles, buses, subways, etc.). The model shown a certain utility given by the urban density over individuals when making a decision. The general conclusions of this paper support the hypothesis of the relationship between density-transport and influence on walk journeys.

**Key Words:** Brasilia, logit, urban density.

\*Bachelor en Ciencias Náuticas, Magister en Ingeniería de Transporte, desempeño funciones técnicas y Directivas en varios órganos públicos entre los cuales se destacan: Empresa Pública de Transporte- Santo Domingo, Municipio de Guamate. Fue profesor del Instituto Superior Tecnológico Aeronáutico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Actualmente desarrolla sus estudios de posgrado en Transporte en la Universidad de Brasilia perteneciendo a los grupos de investigación de comportamiento de transportes, nuevas tecnologías y modelación multiagentes. Su campo de investigación se encuentra orientado al uso de modelos híbridos de elección discreta para el cálculo de demanda.

\*\*Licenciada en Ciencias de la Educación, Magister en Proyectos Socio-Productivos. Trabajo como profesora en varias instituciones educativas de nivel primario y superior de la ciudad de Riobamba-Ecuador, entre las cuales se destaca: Escuela 11 de noviembre, Instituto Carlos Garvey, Instituto Tecnológico Superior Riobamba y Universidad Nacional de Chimborazo. Su campo de investigación se ha desarrollado en el área multidisciplinar enfocando sus investigaciones al

comportamiento de las personas y sus decisiones ante determinados eventos o características que pueden influenciar una determinada elección.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Las últimas décadas han generado una serie de acciones a favor del medio ambiente. Los llamados países mas desarrollados han intensificado medidas para promover el uso de medios de transporte más sustentables. Esos medios son denominados como activos (caminar, bicicleta) y han requerido de la formulación de una gama amplia y diversa de políticas que trabajan de forma rápida y organizada en favor de las constantes necesidades de desplazamiento de la población. Estas necesidades han expuesto una diversidad de problemas relacionados con la falta de planificación y regulación de los asentamientos humanos para el desarrollo de diversas infraestructuras que pueden ayudar a la promoción de estos medios activos.

Recientemente investigadores de varios países han visto necesario el entendimiento de ciertos fenómenos relacionados con la estructura urbana y el ambiente construido, que pueden generar un tipo de influencia positiva para la elección de cualquier medio de transporte. Estos estudios en su gran mayoría se han concebido en los llamados países más desarrollados. Así por ejemplo se pueden citar estudios como los realizados por Cervero y Duncan (2003) en los Estados Unidos; Ewing y Cervero (2010) en los Estados Unidos, entre los principales. Entre los principales resultados que estos estudios han arrojado, se puede observar que existe un tipo de relación o influencia entre las variables de densidad urbana, diversidad de uso del suelo, disponibilidad de transporte público, diseño urbano y los medios de transporte.

En América Latina también se han desarrollado estudios en esta misma línea de investigación como los que realizados por Cervero *et al.*, (2009) en Bogotá-Colombia, Zegras (2004;2010) en la ciudad de Santiago-Chile, quienes demostraron la alta influencia entre los viajes a pie y las variables como densidad, diversidad y diseño. Brasil también realizó una serie de estudios entre los que podemos destacar los conducidos por Amâncio (2005), quien investigo la relación entre la forma urbana de la ciudad de São Carlos-São Paulo y la elección del modo a pie, sus resultados verificaron la influencia de las variables diversidad, densidad, disponibilidad de transporte público, diseño y accesibilidad sobre los viajes a pie. Posteriormente Deus (2008) evaluó la relación existente entre las variables de densidad, diversidad, diseño urbano y la elección modal en la ciudad de Uberlândia-Minas Gerais. El autor concluyo la existencia de algún tipo de relación que acaba influenciando la elección de los individuos por un medio de transporte. Finalmente Larrañaga (2008; 2012), realizo varios estudios en la ciudad de Porto Alegre-Rio Grande do Sul, con la finalidad de evaluar el impacto de las características del uso del suelo sobre la preferencia de las personas por caminar. Sus conclusiones apoyan lo descrito por los autores ya mencionados.

En este contexto, el presente trabajo pretende demostrar la relación existente entre la densidad urbana y la elección por viajar a pie, considerando como objeto de estudio una de las pocas ciudades que nacieron planificadas en América Latina como lo es la ciudad de Brasilia.

## **2. METODOLOGÍA**

Esta sección tiene por objeto, la descripción de las variables y la técnica utilizada para la caracterización del presente estudio.

La densidad urbana, ha sido estudiada y tratada de distinta manera por los investigadores ya citados anteriormente. Una variedad de técnicas y modelos han sido creados y adoptados de otras áreas como la microeconomía y la geografía con el objetivo de comprobar la existencia de algún tipo de relación causal o de influencia de determinadas variables presentes en la estructura urbana y los individuos. La literatura reporta modelos clásicos como los que fueron desarrollados por Cervero y Kockelman (1997), que hoy en día es conocido como el modelo de las "3Ds (densidad, diversidad y diseño). Con este modelo los autores demostraron la existencia de una relación intrínseca entre estas variables y su influencia sobre el individuo. También se demostró que dependiendo de la zona analizada la densidad urbana puede tener un efecto marginal sobre la

probabilidad de viajar, en este caso el andar a pie o utilizar el transporte público. Con el pasar de los años este modelo fue repensado y repotenciado agregándosele dos nuevas dimensiones formando lo que hoy es tradicionalmente conocido como el modelo de las “5Ds” (densidad, diversidad, diseño, distancia al medio de transporte y accesibilidad al punto de destino).

Como fue mencionado, este estudio se limita únicamente a analizar la variable densidad urbana y su relación o influencia sobre los viajes a pie de los individuos. Para ellos se recurrió a diversas fuentes de información que fueron seleccionadas en función de la accesibilidad. La literatura reportó dos fuentes de información secundarias. La primera de ellas es el estudio realizado por Takano (2010) , en donde la autora analizo los encadenamientos de los viajes y su relación con la forma urbana .La segunda corresponde al Instituto de Geografía y Estadística-IBGE(2010) y a su información disponible del último censo .Además se complementó la información con los Planes de Desarrollo Territorial y Plan de Transporte Urbano, disponibles en la página web de la Secretaria de Estado de Gestión del Territorio y Habitación (SEGETH) del Distrito Federal de la ciudad de Brasilia y en el Geoportal de Infraestructura de Datos Espaciales del Distrito Federal.

Bajo esta consideración Larrañaga *et al.*, (2014) consideran que la densidad urbana puede ser definida como la intensidad producida en el uso del suelo por la presencia de habitación, empleo y comercio presentes en una determinada área (Los tipos de densidad más analizados en este estudio son: i) la densidad liquida de hogares y ii) la densidad bruta poblacional.

Para la obtención final de estas variables de densidad se utilizaron las herramientas disponibles por el software libre QGis y la metodología expuesta por Larrañaga *et al.*, (2014) y Takano (2010). La tabla 1, muestra las diversas fuentes de información utilizadas en este estudio:

**Tabla 1. Variables de uso de suelo**

<b>Dimensión</b>	<b>Variables</b>	<b>Formulación</b>
Densidad	Densidad de liquida de hogares Densidad bruta poblacional	DH=total de hogares /total de área DP=número de habitantes/total de área

*Fuente: Elaboración Propia*

Como el modelo de elección discreta solicita el uso de variables explicativas, se ha incluido en este estudio el uso de variables socioeconómicas que serán obtenidas de la base de estudios censitario del IBGE (2010) y del Plan de Transporte Urbano (2009) para el distrito federal.

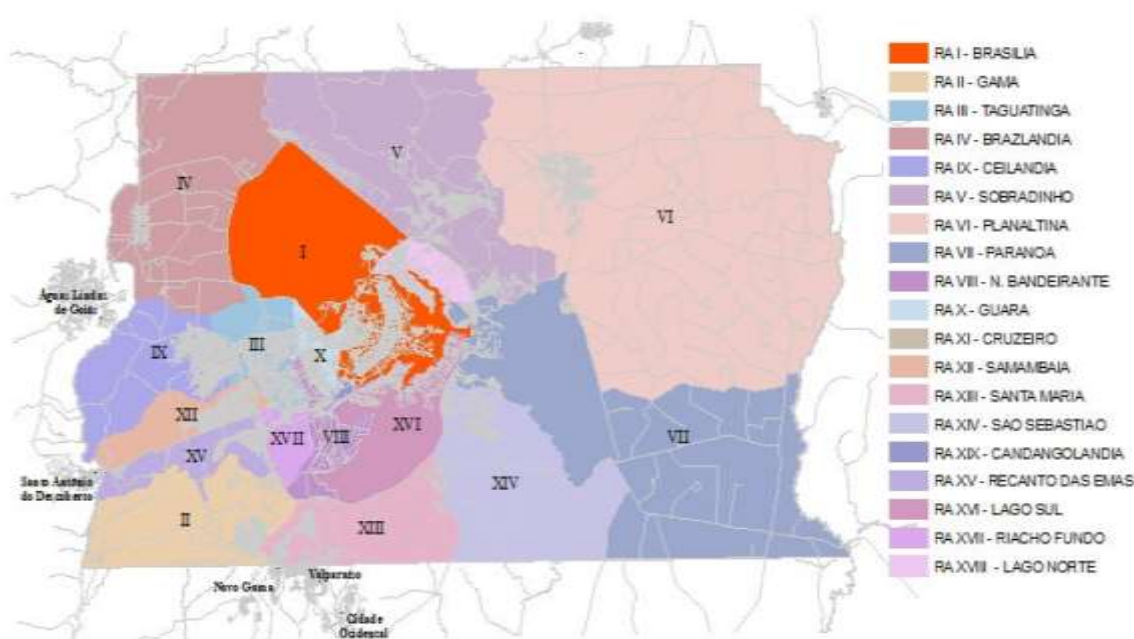
El modelo de análisis a utilizar corresponde al modelo de elección discreta, este modelo es utilizado para modelar de la demanda de transportes según la teoría de la utilidad aleatoria de la microeconomía (McFadden, 1974). Este modelo se basa principalmente en la maximización de la utilidad de cada individuo, considerando que este hará su respectiva elección observando la maximización de sus beneficios.

Bajo este contexto existen varios tipos de modelos de elección discreta, entre los cuales se resaltan los modelos *Logit* (Binomial, Multinomial, Anidado, Mixtos, Híbridos, GEV) (Ortúzar y Willumsen, 2011). Para este estudio se utilizara el *Logit* del tipo binomial que es un caso particular de *Logit* multinomial cuando únicamente existen dos alternativas. Este es uno de los más simples y se basa en la hipótesis que el término aleatorio  $\varepsilon_{iq}$  de la función utilidad es idéntica e independiente, siguiendo una distribución del tipo Gumbel (Larrañaga *et al.*, 2014). Las estimaciones se las realizo por el software Biogeme (Bierlaire, 2009) que se encuentra disponible de forma gratuita.

### 3. CASO DE ESTUDIO

Para seleccionar el caso de estudio se tomó en consideración la disponibilidad de datos y aspectos relacionados con la forma urbana y su concentración territorial. Bajo estas premisas se seleccionó a la ciudad de Brasilia capital de Brasil como objeto de nuestro estudio. La ciudad es una de las pocas capitales mundiales que fue concebida de forma atípica a los procesos de planificación tradicionales. Esta ciudad presenta una estructura de planificación poli-nucleada, dividida en varios asentamientos urbanos periféricos, denominadas como ciudades satélites o regiones administrativas. El crecimiento de estas regiones surgió en torno a la ciudad de forma rápida y significativa, según el último censo de población realizado por el Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística-IBGE (2010), la población de la capital brasileña es de aproximadamente 2.570.160 habitantes, divididos en 31 regiones administrativas con una tasa de crecimiento poblacional medio de 2,1% (IBGE, 2010) .Las regiones administrativas son presentadas en la figura 1.

Figura 1. División administrativa de Brasilia



Fuente: Takano (2010)

Aunque la ciudad de Brasilia nació como una ciudad planificada en función de las necesidades de los vehículos motorizados, en los últimos años ha existido una preocupación del gobierno local por reorientar esa planificación tradicional orientando sus políticas hacia medios de transporte más sustentables y eficientes. Por esta razón en el año 2012, Brasil promulgo la Ley de Movilidad Urbana, la misma que busca la priorización de estos medios de transporte. Así el mejoramiento de los proyectos enfocados al peatón se hicieron prioritarios para el Gobierno local de la ciudad de Brasilia.

#### 3.1. Construcción de la Muestra

Para el tratamiento estadístico se seleccionó una de las vías principales de la ciudad denominada W3 Sul localizada en la parte sur de la ciudad , esta vía tiene su localización estratégica por la alta concentración de actividades, gran oferta de transporte público masivo, es considerada como una área de revitalización y desarrollo urbano .La muestra total fue obtenida a través de la encuesta origen del Distrito Federal correspondiente al año 2009 y la aplicación conjunta de una encuesta electrónico a 360 individuos, moradores de este sector . La figura 2 muestra la zona de estudio analizada:

**Figura 2. Zona de estudio**



Fuente: Takano(2010)

### 3.2. Estadística Descriptiva

La tabla 2, presenta la estadística descriptiva de las variables dependientes e independientes utilizadas en este trabajo:

**Tabla 2. Estadísticas descriptivas de las variables analizadas**

<b>Variables</b>	<b>Tipo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>
Viajes por hogar efectuados a pie	Variable dependiente	2,63	1,94
Número de personas en el hogar	Variable independiente	3,41	0,81
	Variable independiente	1,84	0,59

Número de autos en el hogar			
Nivel socioeconómico (bajo menos de 2 salarios básicos )	Variable independiente	0,2	0,31
Nivel socioeconómico (medio de 3 hasta 8 salarios básicos )	Variable independiente	0,56	0,52
Nivel socioeconómico (alto más de 9 salarios básicos )	Variable independiente	0,20	0,407
Edad	Variable independiente	39	18,33
Género (masculino 1; femenino 0)	Variable independiente	0,381	0,493
Grado de Instrucción(Escuela)	Variable independiente	0,04	0,11
Grado de Instrucción(Colegio)	Variable independiente	0,3	0,5
Grado de Instrucción (Universidad )	Variable independiente	0,61	0,5
<b>Características de uso de suelo</b>			
Densidad poblacional	Variable independiente	210,4	48
Densidad residencial	Variable independiente	50,3	28,2

Fuente: Elaboración Propia

La validación y calibración de los resultados del modelo propuesto *logit* binomial dependerá de que se verifique la elección modal de la población. Si se intenta representar la influencia densidad urbana conjuntamente con las variables socioeconómicas descritas en la tabla anterior. La alternativa de viajar a pie, podrá ser estimada a través de un algoritmo interactivo de máxima verosimilitud, que será realizado mediante la aplicación del software Biogeme (Bierlaire, 2009).

### 3.3. Estimación del Modelo

La estimación del modelo es presentada a continuación en la tabla 3:

**Tabla 3. Estimación del modelo**

Logit binomial		
Variable	Coeficiente	Valor-p
Nivel socioeconómico (bajo menos de 2 salarios básicos )	-0,103	0,01
Nivel socioeconómico (medio de 3 hasta 8 salarios básicos )	-0.504	0,014
Nivel socioeconómico (alto más de 9 salarios básicos )	-0,182	0,00
Edad	-0,0201	0,00
Grado de Instrucción (Universidad )	-0,030	0,00
Densidad poblacional	0,0098	0,024

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos que fueron mostrados en la tabla anterior denotan una aparente mayor propensión de realizar viajes a pie de los individuos de clase media, los otros niveles no mostraron una significancia estadística considerable, esto puede responder a la realidad socioeconómica de la población analizada o la disponibilidad de vehículo propio en este lugar. La variable edad se muestra consistente de forma estadística respondiendo desde un punto de vista a la premisa que las personas con edades inferiores son más propensas a realizar actividad física por diferentes motivos (salud, estética, etc). A medida que se ve un incremento de edad se ve una disminución notable de los viajes a pie en la zona de estudio, sin embargo los viajes por motivos relacionados a compras por la presencia de diversos centros comerciales aumenta.

El grado de instrucción exhibe valores negativos para la propensión de caminar, esto puede ser explicado porque en la localidad no existen centros de educación superior o del tipo técnico, por lo que los estudiantes se ven obligados al uso de medios motorizados. Es necesario colocar como información para el lector que el centro de Educación público más cercano se encuentra a una distancia considerable que no puede ser realizado a pie normalmente.

En relación a la variable densidad se observa un comportamiento algo condicionante para la realización de viajes a pie, tanto la densidad residencial como la poblacional muestran una cierta tendencia a generar caminatas de corta duración o en el barrio. Por la tipología que presenta la ciudad de Brasilia y su configuración de ciudad planificada, estos viajes son fácilmente explicados por las distintas cuadras de servicio, así se identifica otra posible variable que puede influenciar los viajes a pie. Esta variable se denomina diversidad de uso del suelo la misma que no fue considerada en este estudio, sin embargo parece impulsar las caminatas en la zona de estudio.

El ajuste general realizado por el Pseudo-R<sup>2</sup>, que varía entre 0-1, acaba siendo aceptable, y muy similar al que se encontró en la literatura de otros estudios (Larrañaga *et al.*, 2014). Bajo esta lógica los lugares con más altas concentraciones de población y densidad de comercios permiten más oportunidades para caminar desde los lugares de residencia.

Para verificar el impacto de las variables analizadas se realizó el cálculo de elasticidad. La tabla 4 presenta un resumen de las elasticidades de las probabilidades calculadas:

**Tabla 4: Elasticidad**

Variable	Frecuencia	Decisión
Nivel socioeconómico (bajo menos de 2 salarios básicos )	-0,03	-0,03
Nivel socioeconómico (medio de 3 hasta 8 salarios básicos )	-0.045	-0,05
Nivel socioeconómico (alto más de 9 salarios básicos )	-0,02	-0,035
Edad	-0,002	-0,032
Grado de Instrucción (Universidad )	-0,00212	-0,038
Densidad poblacional	0,0691	0,229

Fuente: Elaboración propia

Los valores calculados de elasticidad correspondientes a la densidad muestran resultados importantes en relación a la decisión final de un individuo. Así se obtuvo un valor de 0,229 que resulta ser superior al valor obtenido como frecuencia. Según Ewing y Cervero (2010) el valor medio calculado para la densidad poblacional es de 0,07 siendo igual casi similar al calculado para la ciudad de Brasilia.

El efecto de la densidad residencial sobre la decisión final de una persona es significativo. Aunque el valor mencionado sugiere una probabilidad de influencia hacia los individuos, existen estudios que mostraron que esta variable puede tener un impacto muy superior como lo menciona Larrañaga *et al.*, (2014).

Las demás variables analizadas y sus cálculos de elasticidad muestran un impacto en la decisión de viajar de las personas, sin embargo no demuestran tener la misma capacidad de influencia que mostró la variable densidad.

#### 4. CONSIDERACIONES FINALES

El estudio presentado relaciona las variables de densidad con la finalidad de verificar su influencia sobre los viajes a pie. El modelo que se formuló con este objetivo resultó ser representativo ya que, en los casos específicos densidad se mostró como una variable influyente. Los resultados demuestran la eficiencia de estas variables para explicar la elección de las personas por este modo de transporte.

En la zona de análisis se observó que existe una mayor propensión a realizar viajes a pie cuando existe una densidad de población relativamente alta en el origen del viaje acompañado de zonas con un uso diverso de suelo, ayudan a que las personas caminen para realizar sus actividades.

No obstante muchas de las variables explicativas que en otros estudios internacionales resultaron tener un comportamiento más convincente, para este caso resultaron tener un comportamiento por debajo del esperado. Una de las observaciones más representativas de este estudio es la presencia de ciertas características de la personalidad que no fueron analizadas y que podrían explicar mejor la decisión de los individuos. Para esto es necesario el uso de variables latentes combinadas con técnicas más robustas que permitan relacionar de forma significativa el constructo comportamental con la decisión de viajar.

Las elasticidades calculadas estuvieron dentro de los parámetros normales relatados en la literatura tradicional, de esta forma se evidencia la influencia que estas variables tienen sobre el comportamiento de las personas en la hora de elegir por la caminata como un medio de transporte. Los valores calculados en este estudio pueden ser utilizados para estimar la influencia de estas variables sobre determinadas zonas de la ciudad de Brasilia, en este caso específico los datos pueden ayudar a demostrar la influencia de estas variables sobre la vía W3-Norte que posee características similares o idénticas de planificación.

Finalmente una de las debilidades en el desarrollo de este trabajo fue la disponibilidad de información y la falta de investigaciones actualizadas dentro del área geográfica de estudio que no permitió profundizar esta temática. Los futuros trabajos que se desarrollen en esta área deben concentrarse en locales más reducidos de análisis, con la finalidad de evaluar como el diseño de un barrio puede afectar las decisiones de las personas. De igual manera se hace necesaria la inclusión de otras variables como las de disponibilidad de transporte público, el estilo de vida combinada con técnicas que expliquen el comportamiento en el momento de la elección

## REFERENCIAS

Amâncio, M.A. (2005). **“Relacionamento entre a forma urbana e as viagens a pé”**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

Bierlaire, M. (2009) “Estimation of discrete choice models with BIOGEME 1.8. Manual”. Lausanne. Ecole Polytechnique federale de Lausanne, 11p.

Cervero, R. y Duncan, M. (2003) “Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from San Francisco Bay Area”. **American Journal of Public Health** 93:(9), 1478–1483.

Cervero, R. y Kochelman, K. (1997). “Travel demand and 3D’s: density, diversity and design”. **Transportation Research, Part D**, N° 3, p. 199-219.

Cervero, R.; Sarmiento, O. L.; Jacoby, E.; Gomez, L. F.; Neiman, A. (2009). “Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá”. **International Journal of Sustainable Transportation**, Volume 3, issue 4, p. 203-226.

Deus, L. R. (2008) **“A influência da forma urbana no comportamento de viagem das pessoas: Estudo de caso em Uberlândia, MG”**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

Ewing, R y Cervero, R. (2010). “Travel and the Built Environment”. **Journal of the American Planning Association**, 76:3, 265-294.

Geoportal (2017). **“Información georreferenciada de Brasilia”**. Disponible en: [www.geoportal.segeth.df.gov.br](http://www.geoportal.segeth.df.gov.br). Consultado en 12/02/2017 a las 12:14.



IBGE(2010). **Instituto Brasileiro de geografia e Estatística**. Informação de dados censitários.

Larrañaga, A.M.(2008) “**Análise do padrão comportamental de pedestres**”. Dissertação de Mestrado. Departamento de Produção e transportes. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

Larrañaga, A. M. L. (2012) “**Estrutura urbana e viagens a pé** “. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Larrañaga, A.M.L.;L.I,Rizzi;J. Arellana; O.Strambi E H. Cybis (2014). “The influence of built environment and travel attitudes on walking: a case study of Porto Alegre, Brazil.” **International Journal of Sustainable Transportation**.

Mcfadden, D. (1974) “Conditional logit analysis of qualitative choice behavior.” In: P Zarembka (ed.) **Frontiers in Econometrics**. Academic Press, Nueva York.

Ortúzar, J. D. y L. G. Willumsen. (2011) “**Modelling Transport**.” 3 th ed. Wiley, Chichester.

PDMU (2009). “**Plano Diretor de Mobilidade Urbana**.” Disponível em: [http://editais.st.df.gov.br/pdtu/tecnico/relatorio\\_tecnico\\_7.pdf](http://editais.st.df.gov.br/pdtu/tecnico/relatorio_tecnico_7.pdf) . Consultado em : 20 de Abril de 2017.

Takano, M.S.M. (2010). “ **Análise da Influência da Forma Urbana no Comportamento de Viagens Encadeadas com Base em Padrões de Atividades**”. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM-015A/2010, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 219p.

Zegras, C. (2004). “Influence of land use on travel behavior in Santiago, Chile”. Transportation Research Record: **Journal of the Transportation Research Board**, (1898), 175-182.

Zegras, C. (2010) “The Built Environment and Motor Vehicle Ownership and Use - Evidence from Santiago de Chile”. **Urban Studies**, v. 47, n. 8.