

editorial
editorial

entrevista
interview

artigos submetidos
submitted papers

tapete
carpet

artigo nomads
nomads paper

projeto
project

expediente
credits

próxima v!rus
next v!rus

V 14

issn 2175-974x | ano 2017 year

semestre 01 semester



Ana Carolina Fernandes Pires é arquiteta e urbanista, pesquisadora do Programa de Pós-Graduação Projeto e Cidade da Universidade Federal de Goiás e voluntária da equipe de formulação do Plano de Desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Goiânia, na área de mobilidade. Estuda trânsito, transportes, mobilidade urbana e planejamento urbano.

Érika Cristine Kneib é arquiteta e urbanista, Doutora em Transportes, professora e pesquisadora em Arquitetura e Urbanismo do Programa de Pós-Graduação Projeto e Cidade, da Universidade Federal de Goiás. Estuda mobilidade urbana, acessibilidade urbana, relação transporte e uso do solo, planejamento urbano e de transportes, centralidades urbanas e transporte público coletivo.

Loyde Vieira de Abreu-Harbach é Doutora em Arquitetura e Urbanismo, professora e pesquisadora colaboradora da Escola de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Goiás, e da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas. Estuda eficiência energética, planejamento urbano, silvicultura urbana e paisagismo.

Como citar esse texto: PIRES, A. C. F.; KNEIB, E. C.; ABREU-HARBICH, L. V. Impactos do espraiamento urbano na emissão de CO₂: a Região Metropolitana de Goiânia. V!RUS, São Carlos, n. 14, 2017. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/_virus14/?sec=4&item=9&lang=pt>. Acesso em: 04 Jul. 2017.

Resumo

O crescimento das Regiões Metropolitanas brasileiras não tem acontecido de forma sustentável. Essas regiões são caracterizadas pela dicotomia centro-periferia em que a intensa conurbação e dependência entre seus municípios aumentam a quantidade de deslocamentos pendulares intermunicipais. Tais deslocamentos, que são realizados principalmente por veículos motorizados individuais, contribuem para a manutenção da expansão urbana e da emissão da emissão de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. A pesquisa na qual se baseia este artigo tem o objetivo de identificar a emissão de CO₂ proveniente dos deslocamentos pendulares provocados pelo espraiamento urbano entre Goiânia e Senador Canedo. A partir de um procedimento que envolve análise quantitativa e cenários, compara-se a situação atual com dois cenários mais favoráveis em relação à emissão de CO₂, nos quais há transferência de deslocamentos entre modos de transporte e aumento do fator de ocupação nos veículos. Os resultados constataram elevada emissão de CO₂ na Situação Atual e significativa redução dessa emissão para os Cenários Propostos. A metodologia mostrou-se adequada para registro e

identificação do processo investigado, e pode contribuir para uma melhor compreensão das transformações no espaço urbano relacionadas às ações dos diversos atores que continuamente tecem a cidade.

Palavras-Chave: Deslocamentos pendulares; espraiamento urbano; emissão de poluentes.

1 Introdução

O mundo está passando por um período de rápida urbanização. De acordo com a United Nations (2011), a previsão é de que a população humana passe de 80% rural para 80% urbana entre 1950 e 2050. Tal crescimento tem ocorrido principalmente nos países em desenvolvimento, nos quais haverá cerca de 2,2 bilhões de novos habitantes urbanos entre 2015 e 2050. A forma como as cidades vão acomodar esses novos habitantes tem consequências ambientais, econômicas e sociais. Por isso, é preciso que as políticas de desenvolvimento urbano maximizem os benefícios e minimizem os custos desse crescimento (LITMAN, 2016).

De maneira geral, a ocupação dispersa no território gera diversos impactos negativos para o desenvolvimento urbano. Segundo Litman (2016), o aumento de terras urbanizadas reduz as terras agrícolas e naturais, o que reduz a produção agrícola e ecológica; a localização dispersa das atividades gera altos custos para provisão de infraestruturas e serviços públicos, reduz a acessibilidade e aumenta as distâncias de viagens, o que aumenta a utilização do automóvel, congestionamentos, necessidade de mais terras destinadas às estradas, estacionamentos e a quantidade de poluentes globais emitidos.

No Brasil, a intensa urbanização gerou situações de extrema interdependência entre as cidades, nas quais os limites municipais não correspondem aos limites das relações econômicas, sociais e culturais (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015). Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2010), este processo, denominado metropolização, foi fortemente marcado pela relação centro-periferia de expansão das cidades, em que a cidade-núcleo concentra pessoas, investimentos, atividades e poder, enquanto a maior parte da população mora em áreas periféricas distantes, em espaços completamente desprovidos de urbanidade, oportunidades e possibilidades. O descompasso entre os locais de trabalho/estudo e os locais de moradia gera o deslocamento pendular (CUNHA, 2006), que ocorre em todos os modos de transporte e exige a provisão de infraestrutura e serviços que extrapola a capacidade das prefeituras locais (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015).

Este espaço segregado que conforma as metrópoles brasileiras foi tecido por ações de diversos agentes, principalmente segundo a lógica da especulação imobiliária, que se exprime por uma variedade de formas, desde a retenção de terrenos pela ação do setor imobiliário, às ações do Estado, que ao fornecer infraestrutura e serviços para as áreas centrais, encarece o preço do solo e o valoriza (GUIMARÃES, 2016). Neste contexto, de acordo com o Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB, 2012), os segmentos populacionais de baixa renda ocupam as áreas periféricas da cidade, onde há terrenos mais acessíveis, viáveis sob o ponto de vista do processo de uso e ocupação do solo e ainda facilitados por políticas públicas de habitação popular, mas desprovidos de infraestrutura e serviços básicos.

No entanto, não se pode desconsiderar a crescente parcela da população com altos rendimentos que procura residir na periferia em busca de níveis de vida mais elevados, ocupando os condomínios horizontais (IMB, 2012). A viabilização de novos empreendimentos habitacionais é resultado da sinergia entre proprietários de glebas e empresas imobiliárias, e acontece desassociada das indicações dos Planos Diretores Municipais. Posteriormente, os governos municipais redefinem o arcabouço legislativo para que as ações do setor privado sejam legitimadas (SOUZA; BITOUN, 2015).

Tal situação também caracteriza a Região Metropolitana de Goiânia (RMG), composta por 20 municípios, localizada no estado de Goiás. De acordo com o Observatório das Metrópoles (2011), o crescimento da população na região tem acontecido, principalmente, por meio dos municípios do entorno, cujas taxas de crescimento populacional tem sido maiores que a taxa do município polo (Goiânia). No entanto, as migrações para RMG acontecem a partir da atração exercida por Goiânia, de forma que as pessoas se instalam nos municípios do entorno, mas buscam trabalho, educação e saúde na capital.

As distâncias entre os municípios constituintes da RMG e os deslocamentos pendulares gerados por tal situação de interdependência tem contribuído para o aumento significativo de emissão de dióxido de carbono (CO₂) na região por parte dos veículos motorizados, principalmente os motorizados individuais. Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2015), a emissão de gases do efeito estufa no Estado de Goiás no setor de energia subiu para 17% do total de emissões do estado e, desse total, 68,1% é emitido pelo setor de transporte, o que inclui a emissão de gases por causa do aumento de deslocamentos na região.

Diante disso, torna-se necessário repensar as estratégias de ocupação do território na RMG e desenvolver mecanismos para alterar a necessidade de tantos deslocamentos pendulares realizados entre municípios, principalmente motorizados, e, dentre estes, os motorizados individuais. Neste contexto, e levando em consideração a significativa ocupação de áreas em Senador Canedo (Município da RMG) por habitações que geram deslocamentos pendulares para a capital, a pesquisa na qual se baseia este artigo tem o objetivo de identificar e quantificar os impactos que a dispersão urbana entre o Município de Senador Canedo e Goiânia provoca na emissão de CO₂ na região atualmente e comparar esse cenário a dois cenários mais favoráveis, em que parte dos deslocamentos motorizados individuais é transferida para o modo motorizado coletivo e parte das viagens por automóveis é eliminada em função do aumento de passageiros por veículos.

Para isso, são utilizados dados das linhas de ônibus da Companhia de Transportes Coletivos de Goiânia (CMCT, 2016), estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2011) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016a) que fornecem subsídios para o cálculo de emissões de CO₂ na situação atual (2016) e nos cenários favoráveis. O resultado possibilita identificar as emissões de CO₂, referentes à utilização de modos de transporte motorizados; os impactos que a expansão urbana de Senador Canedo, em um contexto de espraiamento urbano e deslocamentos pendulares entre a capital e o

referido município, provoca na região e contribui para que este estudo possa se expandir para a Região Metropolitana de Goiânia.

2 Referencial teórico

2.1.0 espraiamento urbano, modos de deslocamentos e emissão de poluentes

O espraiamento urbano pode ser definido como uma forma de ocupação urbana de baixa densidade, em que o desenvolvimento urbano é orientado para o automóvel, em contrapartida à ideia de *Smart growth* ou crescimento inteligente, em português, termo utilizado para designar políticas que resultam em desenvolvimento de comunidades compactas, mistas e multimodais (LITMAN, 2016).

Os impactos causados pela ocupação dispersa no território são diversos e alcançam as dimensões econômica, social e ambiental, como ilustrado na figura 1:

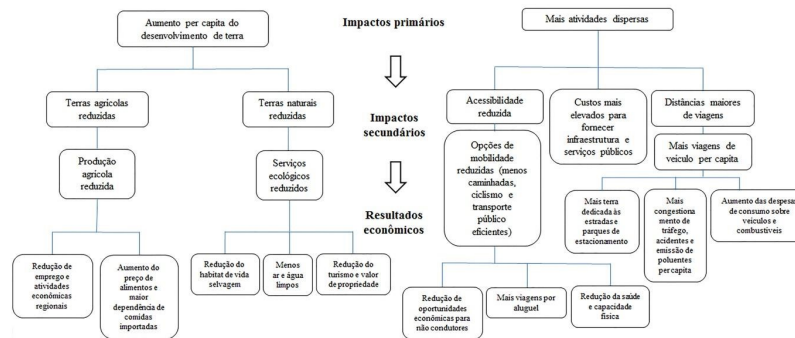


Fig. 1: Impactos do espraiamento urbano. Fonte: Adaptado de Litman (2016).

A necessidade de ocupação compacta do território aliada a densidades adequadas é destacada pela Conferência Habitat III, Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável que aconteceu em Quito, Equador, em 2016. A partir da promoção da compactidade, policentrismo, densidade, conectividade e usos mistos, as entidades responsáveis almejam evitar a expansão urbana, diminuir os desafios da mobilidade e diminuir a necessidade e custos de prestação de serviços *per capita* (UNITED NATIONS, 2016).

A ocupação dispersa do território, o tempo de viagem e a falta de infraestrutura, como prioridade nas vias, contribuem para a falta de qualidade do transporte coletivo e induz à migração de usuários para o transporte motorizado individual (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015). A diminuição das distâncias entre as atividades, como proposto na conferência Habitat III, reduz a necessidade de viagens motorizadas individuais e a consequente poluição do ar, já que o aumento das emissões de gases do efeito estufa no setor de transporte deriva, em grande parte, do crescente e contínuo aumento de veículos particulares (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2008), os quais emitem mais CO_2 *per capita* que os modos coletivos: 0,1268 kg de CO_2 /km por pessoa em automóveis contra 0,0160 kg de CO_2 /km por pessoa em ônibus, segundo o IPEA (2011).

Segundo o Ministério das Cidades (2008), um esforço completo para redução das emissões envolve cada uma das variáveis mostradas na figura 2: comportamento, projeto e tecnologia. O componente divisão modal da variável comportamento, que pode ser expressa pelo número de veículos, está relacionado a todos os fatores que envolvem a satisfação do usuário (preço, conforto, conveniência, segurança e proteção). A melhora na qualidade do transporte coletivo atrai usuários do carro para o transporte coletivo. O planejamento urbano do uso do solo e das redes de transportes influenciam o número de viagens e a distância percorrida, assim como a tecnologia influencia na qualidade e eficiência dos combustíveis.

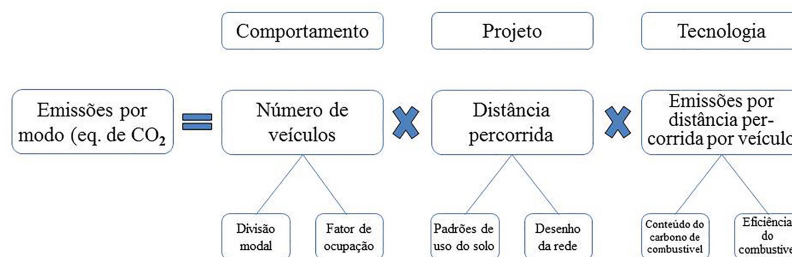


Fig. 2: Equação generalizada de emissões que registra os componentes constituintes das fontes de emissão. Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (2008).

2.2 Região Metropolitana de Goiânia e os deslocamentos pendulares

A Região Metropolitana de Goiânia foi instituída pela Lei Complementar Estadual nº 27 de 1999. Em 2004 e 2005, essa lei foi alterada e, atualmente, apresenta a constituição estabelecida e alterada pela Lei Complementar 78, de 2010, a qual estabelece que a RMG é constituída por 20 municípios (SECRETARIA, 2016). A figura 3 mostra estes municípios e a evolução da constituição da RMG de 1999 a 2010.

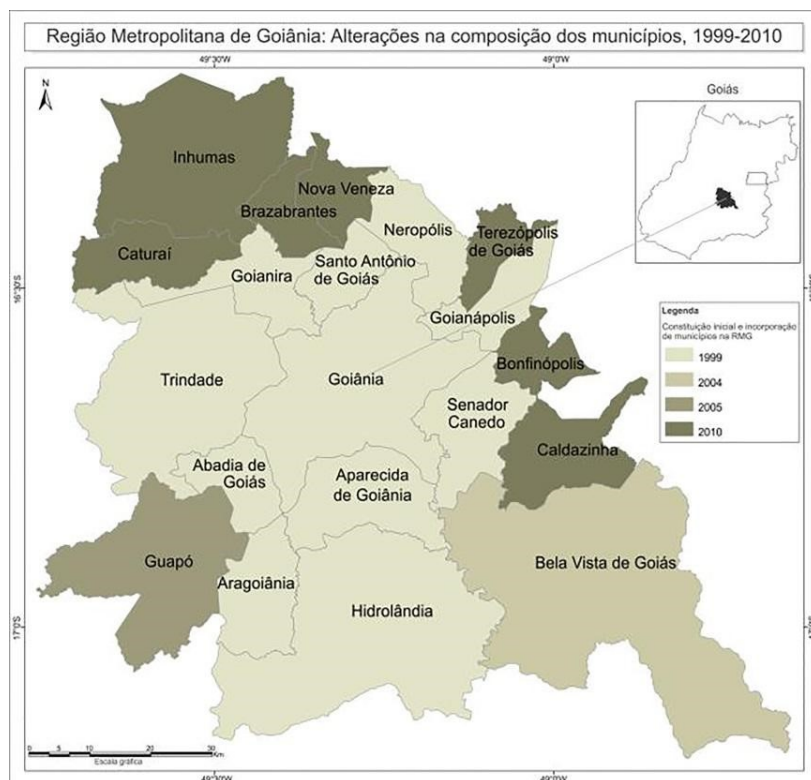


Fig. 3: Região Metropolitana de Goiânia: Alterações na composição dos municípios, 1999-2010. Fonte: Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (2016).

Segundo o Observatório das Metrôpoles (2011), a taxa média de crescimento da população na RMG vem se mantendo em 3% desde 1980 e a maioria dos outros municípios apresenta taxas elevadas de crescimento superiores às taxas do município polo (Goiânia). Enquanto o peso populacional do núcleo metropolitano tem diminuído (de 62,7% para 59,9% da população metropolitana), o peso populacional da periferia tem aumentado (de 37,3% para 40,1% da população da metrópole). As maiores taxas de crescimento foram observadas em Goianira (6,17%); Senador Canedo (4,74%) e Santo Antônio de Goiás (4,21%).

Dessa forma, Goiânia se configura como cidade metropolitana que atrai o fluxo imigratório, no entanto, fatores sociais e econômicos determinam que grande parte desse fluxo se instale nos municípios de seu entorno. A partir destes municípios, o fluxo busca trabalho, equipamentos de saúde e educação em Goiânia (OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES, 2011). O fluxo de pessoas em direção à capital caracteriza os deslocamentos pendulares que comprometem os deslocamentos de toda a região. A tabela 1 mostra o número de deslocamentos pendulares na RMG.

Município	Estimativa da população total	Estuda em município diferente	Trabalha em município diferente	Estuda e trabalha em município diferente	Total da população pendular	População pendular (%)
Senador Canedo	84.443	3.118	20.836	1.147	25.101	29,7
Goianira	34.060	1.108	7.527	365	9.000	26,4
Aparecida de Goiânia	455.657	20.163	88.718	6.824	115.705	25,4
Abadia de Goiás	6.876	238	1.284	81	1.603	23,3
Bonfinópolis	7.536	224	1.385	64	1.673	22,2
Santo Antônio de Goiás	4.703	115	768	34	917	19,5
Trindade	104.488	3.057	16.227	780	20.064	19,2
Brazabrantas	3.232	217	361	42	620	19,2
Caldazinha	3.325	116	417	18	551	16,6

Tab. 1: Municípios da RM de Goiânia: estimativa da população e movimentação pendular acima de 15% do total de habitantes. Fonte: Adaptado do IPEA (2015). Dados retirados do IBGE (2010) e IMB (2012).

A divisão modal para a RMG (figura 4) mostra que, dentre as pessoas que se deslocam pelo motivo trabalho, a grande maioria utiliza os modos motorizados individuais (carros e motos - 54,5%), (INSTITUTO VERUS E FÓRUM DE MOBILIDADE, 2013).

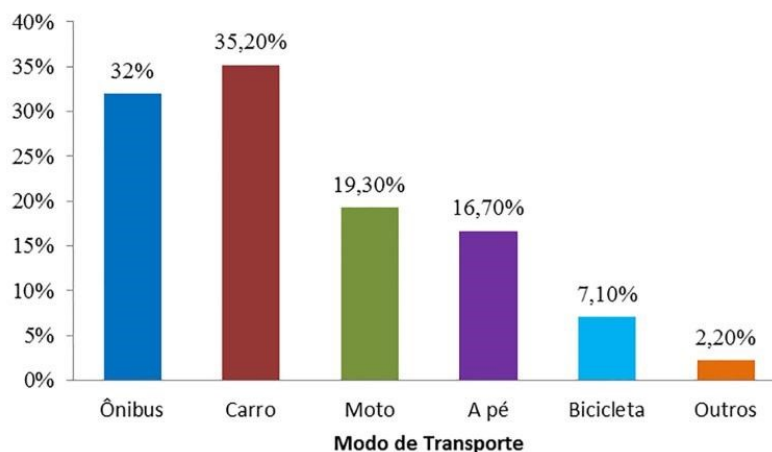


Fig. 4: Divisão modal motivo trabalho para a RMG. Fonte: Adaptado de Instituto Verus e Fórum de Mobilidade (2013).

3 Procedimento de análise

Para alcançar os objetivos propostos, as seguintes etapas são necessárias:

Identificação da área de estudo: a área de estudo foi escolhida a partir da análise dos dados retirados do IPEA (2015) e IBGE (2016a). A delimitação da área de estudo e a evolução da mancha urbana na região para o espaço temporal 2000-2016 são mostradas por meio de mapa, para demonstrar o crescimento da população residente no município.

Análise quantitativa e comparativa: a identificação dos impactos que o espraiamento urbano e os deslocamentos pendulares provocam nas emissões de dióxido de carbono (CO_2) é realizada a partir da análise da quantidade de emissões diárias atuais desse poluente na atmosfera. A mesma análise é feita em relação aos cenários mais favoráveis. Assim, para efeito dessa etapa, é necessário:

a) identificar o número de viagens pendulares diárias entre Goiânia e Senador Canedo por meio dos dados do IBGE (2016a), os quais mostram o número de pessoas que se deslocavam entre Senador Canedo e Goiânia, diariamente, em 2016. Esses dados são utilizados para identificar a Situação Atual, pois são os dados mais recentes sobre o fluxo de pessoas entre Goiânia e Senador Canedo. São contabilizadas somente as viagens para o motivo trabalho, já que só existe a divisão modal recente para este motivo, como explicado no próximo item;

b) caracterizar as viagens segundo o modo de transporte utilizado (divisão modal). Como a RMG não apresenta uma recente pesquisa de origem e destino, são utilizados os dados do Instituto Verus e do Fórum de Mobilidade (2013), como ilustrado na figura 4;

c) encontrar a distância entre os dois municípios. Nesse caso, a distância foi escolhida em função do percurso realizado por ônibus, pois é necessário utilizar a mesma distância para os três modos avaliados neste estudo e o modo de viagem por ônibus é o modo menos flexível;

d) calcular as emissões de CO_2 para os 3 modos motorizados utilizados na RMG para o deslocamento de passageiros: automóvel, motocicleta e ônibus. Tal cálculo é realizado com base nos estudos do IPEA (2011). Neste estudo, para o cálculo das emissões dos automóveis, considerou-se um mix de uso de 47% de álcool e 53% de gasolina C, obtido no anuário da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Para motocicletas, foi considerado o mix de 22% de álcool x 78% de gasolina no combustível utilizado. Foram consideradas as emissões totais de 0,28 kg de CO_2 /km (gasolina) e 0,056 kg de CO_2 /Km (álcool). Para o cálculo do fator de emissão de CO_2 de cada veículo, utilizou-se a fórmula:

$$Fvei = \sum fri_comb(i) \times emissões(i) \quad (1)$$

Sendo, $Fvei$ = fator de emissão final do veículo considerado

$fri_comb(i)$ = percentual de mistura do combustível i

$emissões(i)$ = emissões quilométricas do combustível i

Para os veículos movidos a diesel, considerou-se a taxa de emissão em torno de 3,2 kg de CO_2 /l de diesel. A tabela 2 traz o resumo dos cálculos feitos para descobrir as emissões de CO_2 por quilômetro por modo. Os resultados, na coluna "Emissões quilométricas kg de CO_2 /km (B/A)", são utilizados para o cálculo das emissões nesse artigo.

Modalidade	Rendimento energético km/l ou km/kWh (A)	Emissões por fonte energética kg de CO ₂ /l ou kWh (B)	Emissões quilométricas kg de CO ₂ /km (B/A)
Ônibus	2,5	3,200	1,28
Automóvel ¹	8,5	1,747	0,19
Motocicleta ²	30	2,307	0,07

¹ Emissão média ponderada pelo consumo total de álcool e gasolina.
² Considerando mistura de 25% de álcool na gasolina.

Tab. 2: Rendimento quilométrico e emissões de CO₂. Fonte: Adaptado do IPEA (2011).

e) identificar o número de emissões de CO₂ que compõem o Cenário Favorável 1. Para isso, o procedimento realizado nas etapas de a à d é repetido, com alteração apenas na etapa b, em que a divisão modal para motivo trabalho na RMG é alterada, transferindo-se parte das viagens motorizadas individuais para o modo coletivo.

f) identificar o número de emissões de CO₂ que compõem o Cenário Favorável 2. Para isso, além das alterações realizadas para o Cenário Favorável 1, parte das viagens realizadas por automóvel é eliminada por meio do aumento de passageiros por veículo.

g) comparar a Situação Atual com os Cenários Favoráveis.

4 Aplicação do procedimento

4.1 Área de estudo

A população residente no município de Senador Canedo é de 102.947 pessoas, segundo o IBGE (2016b). Com 248,291km² (IBGE, 2015), Senador Canedo situa-se na RMG, abriga o maior polo Petroquímico do Centro-Oeste brasileiro e possui acesso aos principais centros de distribuição de passageiros, cargas e comercialização (PREFEITURA, 2016).

De acordo com o IBGE (2016a), 21.014 pessoas se deslocavam entre Senador Canedo e Goiânia apenas para o motivo trabalho no ano de 2016. Desse total, 19.702 pessoas saíam de Senador Canedo para Goiânia e 1.312 pessoas saíam de Goiânia para Senador Canedo. Tais fatos, aliados à quantidade de loteamentos aprovados na região (46 parcelamentos aprovados entre 2008 e 2015 e mais 5 posteriores a essa data) contribuem para o aumento da conurbação entre Goiânia e Senador Canedo (IPEA, 2015).

Em 2000, a população total do município era de 53.105 habitantes, dos quais 50.442 eram habitantes da região urbana. A densidade demográfica para o ano 2000 era de 216,88 hab./km². Em 2010, a densidade demográfica era de 344,27 habitantes por km². Neste ano, a população do município era de 84.443 habitantes, dos quais 84.111 residiam na área urbana. Já em 2016, a densidade demográfica (atual) é de 414,62 hab./km² (IMB, 2016). A figura 5 mostra a evolução da mancha urbana nos anos 2000, 2010 e 2016.

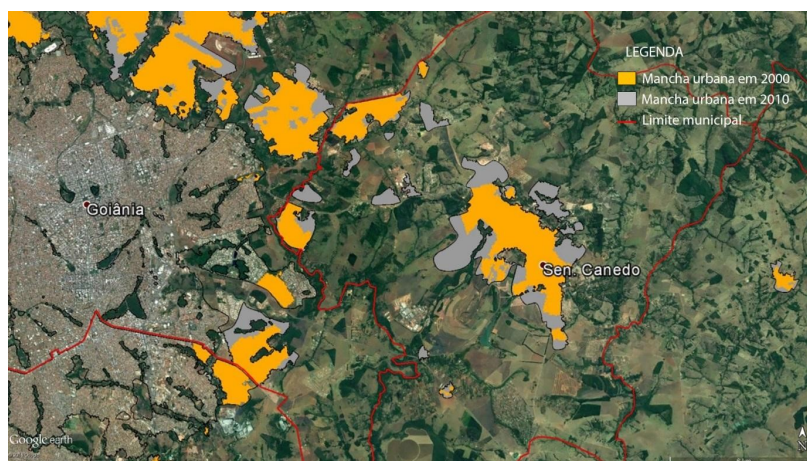


Fig. 5: Evolução da mancha urbana de Senador Canedo. Fonte: Elaborado com dados do SIEG (2016a; 2016b), sobre imagem Google Earth (2016).

4.2 Análise quantitativa e comparativa

Ao considerar a divisão modal motivo trabalho para RMG (figura 4) na Situação Atual, e considerando-se o valor total de pessoas que realizam deslocamentos pendulares entre Goiânia e Senador Canedo para o motivo trabalho (21.014, em 2016), apresenta-se a Figura 6, na qual é possível analisar os números de pessoas que se deslocam e os modos, relacionados à Situação Atual. Nesta pesquisa, somente os modos motorizados são considerados devido à escala metropolitana, que exige deslocamentos de grande extensão, dificilmente percorridos por modos não motorizados, os quais são importantes em maiores escalas, mas não constituem o foco deste trabalho. É por esta razão que, na figura 6, 2.837 deslocamentos não são considerados, já que eles são referentes a deslocamentos realizados por outros modais.

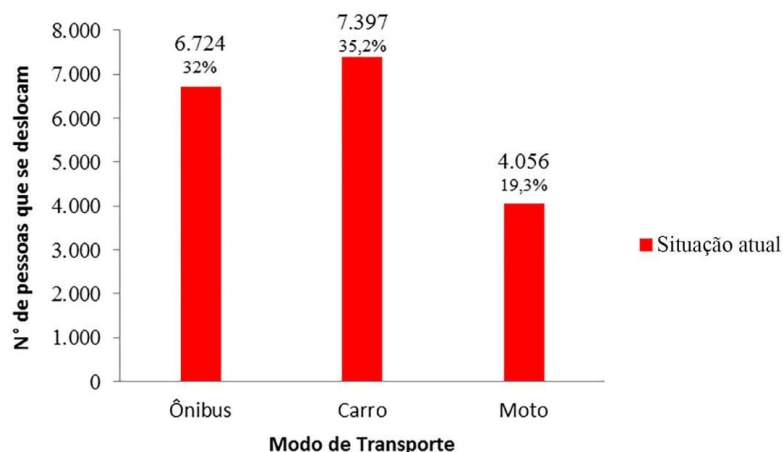


Fig. 6: Número de pessoas que se deslocam por determinado modo e respectivo percentual (divisão modal) na Situação Atual. Fonte: As autoras.

Para este estudo, considera-se que uma pessoa realiza um deslocamento pendular, correspondente a duas viagens (viagem gerada = viagem produzida mais viagem atraída), ou seja, cada viagem gerada corresponde à somatória da ida e volta, assumindo-se que a pessoa utiliza o mesmo modo de transporte para seu deslocamento de ida e de retorno.

A distância entre Senador Canedo e Goiânia é calculada a partir do percurso realizado pela linha de ônibus 283, que sai do Terminal Senador Canedo com destino ao Terminal da Bíblia, em Goiânia, e vice-versa, percorrendo 53,75 km ao todo, considerando ida e volta. Essa linha foi escolhida porque realiza o percurso por meio de ônibus convencional, que é o tipo de ônibus utilizado para o cálculo das emissões de CO₂ pelo IPEA (2011). Dessa forma, os valores referentes à emissão de CO₂ por modo de transporte na Situação Atual estão resumidos na tabela 3, segundo o estudo do IPEA (2011):

Modalidade	Emissões quilométricas kg de CO ₂ /km	Ocupação média de veículos de passageiros	Emissões/Kg de CO ₂ /pass./Km ³	Número de pass. totais por dia	Emissões/Kg de CO ₂ /pass. por Viagem ³	Emissões/Kg de CO ₂ /Viagem ³	Emissões/Kg de CO ₂ /dia
Ônibus	1,28	97 ¹	0,013	6724,48	0,71	68,8	4.769,53
Automóvel	0,19	2 ²	0,095	7396,93	5,11	10,21	37.770,57
Motocicleta	0,07	1	0,07	4055,70	3,76	3,76	15.259,57
						Total	57.799,67

¹ Quantidade de passageiros por ônibus convencional segundo CMTC (2016).
² Ocupação média de automóveis segundo pesquisa de campo da autora.
³ Emissões considerando a extensão das viagens iguais para todos os modais (53,75km).

Tab. 3: Emissões relativas de CO₂ por modo de transporte para viagem entre Senador Canedo e Goiânia – Situação Atual. Fonte: Elaboração própria com dados do IPEA (2011), IBGE (2016a) e CMTC (2016).

A análise da tabela 3 demonstra a elevada quantidade de CO₂ (57.799,67 kg) emitida pelos deslocamentos realizados para o motivo trabalho, diariamente, entre Senador Canedo e Goiânia. A maior parte das emissões é realizada pelos automóveis (37.770,57 kg), valor quase 8 vezes maior que o total de CO₂ produzido pelas viagens realizadas por ônibus (4.769,53 kg). Essa diferença fica ainda mais perceptível quando são analisados os valores de emissões de CO₂ por passageiro em uma viagem.

Um cenário mais favorável, em que a quantidade de emissões de CO₂ entre Goiânia e Senador Canedo por dia é menor, pode ser alcançado por meio da diminuição das viagens realizadas por automóveis e motos (maiores emissores de CO₂) e aumento das viagens realizadas por transporte público (menor emissor de CO₂). Na prática, segundo a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 2016), não há cidade em que um modo de deslocamento seja responsável por todas as viagens e nem há casos em que um modo não seja usado: a participação de um modo qualquer nunca é inferior a 5% e nunca é superior a 50% do total de deslocamentos.

Para o Cenário Favorável 1, propõe-se a alteração da porcentagem de viagens realizadas por ônibus, motocicletas e automóveis, da seguinte forma:

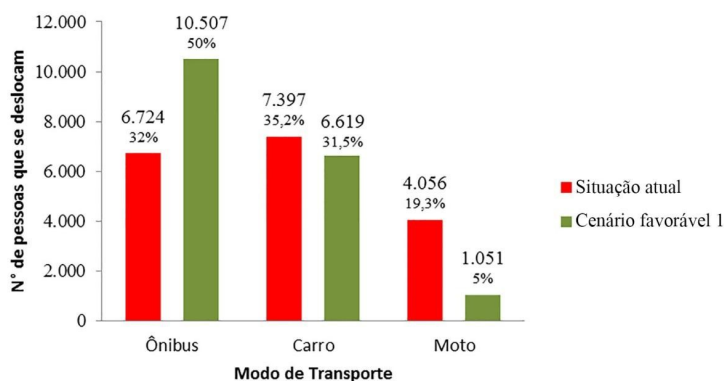


Fig. 7: Número de pessoas que se deslocam por determinado modo e respectivo percentual (divisão modal) na Situação Atual e Cenário Favorável 1. Fonte: As autoras.

A porcentagem de deslocamentos realizados por motos, nesta simulação, foi reduzida ao máximo porque o usuário da motocicleta é, em sua grande maioria, aquele que deixou de usar o transporte coletivo, seja pela economia do tempo de viagem, seja pelo custo desta viagem, mesmo diante dos elevados riscos e elevados índices de emissão de poluentes (VASCONCELLOS, 2008). Dessa forma, esta simulação tenta devolver ao transporte coletivo o seu usuário, o que também é um fator positivo para redução de acidentes, já que grande parte deles acontece com motocicletas. A tabela 4 mostra o resumo dos resultados obtidos referentes à emissão de CO₂ por modo de transporte:

Modalidade	Emissões quilométricas kg de CO ₂ /km	Ocupação média de veículos de passageiros	Emissões/Kg de CO ₂ /pass. Km ³	Número de pass. totais por dia	Emissões/Kg de CO ₂ /pass. por Viagem ³	Emissões/Kg de CO ₂ /Viagem ³	Emissões/Kg de CO ₂ /dia
Ônibus	1,28	97 ¹	0,013	10.507	0,71	68,8	7452,39
Automóvel	0,19	2 ²	0,095	6.619,41	5,11	10,21	33.800,36
Motocicleta	0,07	1	0,07	1050,7	3,76	3,76	3953,26
						Total	45.206,01

¹ Quantidade de passageiros por ônibus convencional segundo CMTC (2016).
² Ocupação média de automóveis segundo pesquisa de campo da autora.
³ Emissões considerando a extensão das viagens iguais para todos os modais (53,75km).

Tab. 4: Emissões relativas de CO₂ por modo de transporte para viagem entre Senador Canedo e Goiânia – Cenário Favorável 1. Fonte: Elaboração própria com dados do IPEA (2011), IBGE (2016a) e CMTC (2016).

A análise da tabela 4 demonstra que a redução no número de viagens diárias pelo modo motocicleta diminui significativamente a quantidade de emissões de CO₂ para este modo. A redução da porcentagem de deslocamentos de motos e automóveis é mais significativa que o respectivo aumento dessa porcentagem no modo transporte coletivo, de forma que as emissões diárias totais de CO₂ diminuíram de 57.799,67 kg para 45.206,01 kg.

Tal redução de emissões pode ser ainda mais significativa com a diminuição do número de viagens por automóvel, por meio do aumento de passageiros dentro de cada veículo (de 2 para 5), o que conforma o Cenário Favorável 2 deste estudo. A tabela 5 mostra o resumo dos resultados obtidos para este cenário:

Modalidade	Emissões quilométricas kg de CO ₂ /km	Ocupação média de veículos de passageiros	Emissões/Kg de CO ₂ /pass. Km ³	Número de pass. totais por dia	Emissões/Kg de CO ₂ /pass. por Viagem ³	Emissões/Kg de CO ₂ /Viagem ³	Emissões/Kg de CO ₂ /dia
Ônibus	1,28	97 ¹	0,013	10.507	0,71	68,8	7452,39
Automóvel	0,19	5 ²	0,095	6.619,41	2,04	10,21	13.520,14
Motocicleta	0,07	1	0,07	1050,7	3,76	3,76	3953,26
						Total	24.925,79

¹ Quantidade de passageiros por ônibus convencional segundo CMTC (2016).
² Ocupação média de automóveis proposta para o cenário favorável 2.
³ Emissões considerando a extensão das viagens iguais para todos os modais (53,75km).

Tab. 5: Emissões relativas de CO₂ por modo de transporte para viagem entre Senador Canedo e Goiânia – Cenário Favorável 2. Fonte: Elaboração própria com dados do IPEA (2011), IBGE (2016a) e CMTC (2016).

A análise da tabela 5 demonstra que o aumento na quantidade de passageiros por automóvel, diminuindo o número de viagens para esse modo e mantendo a quantidade de viagens e passageiros para os outros modos conforme o cenário anterior, permite a redução de 20.280,22 kg nas emissões de CO₂. A redução de emissões totais também é significativa, como pode ser observado na tabela 6:

Modalidade	Número de pass. totais por dia cenário atual	Número de pass. totais por dia cenário favorável 1 e 2	Emissões/Kg de CO ₂ /dia cenário atual	Emissões/Kg de CO ₂ /dia cenário favorável 1	Emissões/Kg de CO ₂ /dia cenário favorável 2	Diferença entre cenários para Emissões/Kg de CO ₂ /dia
Ônibus	6724,48	10.507	4.769,53	7452,39	7452,39	+2.682,86
Automóvel	7396,93	6.619,41	37.770,57	33.800,36	13.520,14	-24.250,43
Motocicleta	4055,70	1050,7	15.259,57	3953,26	3953,26	-11.306,31
Total			57.799,67	45.206,01	24.925,79	-32873,88

Tab. 6: Comparação entre a Situação Atual e os Cenários Favoráveis 1 e 2 para emissões relativas de CO₂ por modo de transporte em viagem entre Senador Canedo e Goiânia. Fonte: As autoras.

Como pode ser observada na tabela 6, a transferência de 18% dos deslocamentos da RMG que eram realizados por automóveis e motos para o transporte coletivo, somada à alteração do número de passageiros por automóvel por viagem, reduz a emissão de CO₂ por dia de 57.799,67 kg para 24.925,79 kg, ou seja, 32.873,88 kg de CO₂ deixam de ser emitidos diariamente, o que corresponde a uma diminuição de 56,88% em relação ao cenário atual.

Dessa forma, conclui-se que a transferência de viagens de modais motorizados particulares para modais menos poluentes e públicos e o aumento do número de passageiros por automóvel pode diminuir de maneira significativa a emissão de CO₂.

5 Discussão e considerações finais

Por meio do procedimento desenvolvido e aplicado, foi possível explorar o impacto que a expansão urbana em Senador Canedo e os deslocamentos pendulares para Goiânia provocam na emissão de CO₂ da região. A partir da análise da situação atual, é possível afirmar que a grande distância e o número de deslocamentos motorizados entre os dois municípios provocam um alto valor de emissão de CO₂ na atmosfera. A identificação da emissão de dióxido de carbono por modo de transporte demonstrou que os valores mais altos de emissão do referido poluente são advindos dos modos automóvel e motocicleta. Esse resultado é corroborado pelo IPEA (2011), que afirma a predominância da emissão de poluentes globais pelos modos motorizados individuais.

A identificação dos cenários favoráveis demonstrou a possibilidade de diminuição das emissões de dióxido de carbono por meio da alteração no comportamento das viagens, alterando o modo pelo qual as pessoas se deslocam e o fator de ocupação, como demonstrado na figura 2, pelo Ministério das Cidades (2008). Para isso, o Ministério das Cidades (2015) propõe políticas de restrição aos deslocamentos motorizados individuais e, ao mesmo tempo, políticas de atração para os modos coletivos. As políticas de restrição para automóveis e motocicletas se baseiam na diminuição de estacionamentos ou aumento de taxas para estacionar, aumento de tarifas e impostos sobre os veículos, limitação de áreas para circulação, pedágios, etc. As políticas de atração para o transporte público coletivo envolvem incentivos por parte do governo, transferências de recursos financeiros advindos de veículos motorizados individuais, como impostos e taxas, aumento da frota e qualidade do serviço.

Outra possibilidade, como demonstra a figura 2, é diminuir a distância a ser vencida pelos deslocamentos. Nesse caso, é importante que as políticas públicas não reforcem o modelo centro-periferia de expansão das cidades, não aprovando loteamentos em áreas periféricas distantes dos locais de trabalho/estudo e tornando áreas centrais mais acessíveis à população de baixa renda. Para isso acontecer de forma efetiva, o planejamento urbano deve acontecer em escala metropolitana, como prevê o Estatuto da Metrópole (BRASIL, 2015) e em conjunto com os planos de mobilidade da região. Dessa forma, é possível limitar a expansão urbana e delimitar os locais em que o crescimento urbano não causa impactos ambientais, econômicos e sociais. Paralelamente, o fortalecimento da economia local dos municípios geradores de deslocamentos pendulares pode diminuir a quantidade de viagens intermunicipais necessárias e utilizar o ganho econômico para fortalecer o transporte coletivo e uso de modais não motorizados dentro dos próprios municípios.

As análises apresentadas por este trabalho ficaram limitadas às informações existentes sobre a mobilidade urbana na RMG. A última pesquisa origem e destino realizada para a RMG é referente ao ano 2000 e não corresponde mais à realidade atual. Por isso, a pesquisa ficou limitada aos deslocamentos para o motivo trabalho, uma vez que só existe a divisão modal para o ano de 2013 especificamente para as viagens realizadas para este motivo. No entanto, levando em consideração a predominância dos deslocamentos pendulares para o motivo trabalho na RMG, como pôde ser observado na tabela 1, a validade deste estudo pode ser considerada relevante.

Assim, mesmo com as limitações e dificuldades encontradas, a análise quantitativa e comparativa adotada neste trabalho para o cálculo de emissões de CO₂ em regiões de ocupação urbana dispersa pode ser ampliada e aplicada para a toda RMG, assim como para outras regiões metropolitanas do país, de forma que seja possível elaborar outros Cenários e contribuir com diagnósticos, prognósticos e propostas para os Planos Diretores, Planos de Mobilidade Metropolitanos, Planos de Energia e Redução de Emissão de Poluentes.

Referências

ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos. **Simulador de impactos ambientais**. [s.l.]: ANT, 2016. Disponível em: <<http://www.antp.org.br/simulador-de-impactos-ambientais/finalidade-e-metodologia.html>>. Acesso em: dez. 2016.

BRASIL. Lei nº 13.089, de 12 de Janeiro de 2015. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 jan. 2015. Seção 1, p. 2.

CMTC - Companhia METropolitana de Transportes Coletivos. **Relatório e Banco de dados do sistema de transporte coletivo da Rede Metropolitana de Transporte Coletivo – RMTC 2016**. Goiânia: CMTC, 2016.

CUNHA, J. M. P. Introdução. In: CUNHA, J. M. P. (Org.). **Novas Metrôpoles Paulistas: População, vulnerabilidade e segregação**. [s.l.]: Vulnerabilidade, 2006. p.11-20.

GUIMARÃES, L. S. O modelo de urbanização brasileiro: notas gerais. **GeoTextos**, v. 12, ano 12, n. 1, jul. 2016. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/14084>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Síntese do município de Senador Canedo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: dez. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/geografia_urbana/arranjos_populacionais/default.shtm?c=9>. Acesso em: mar. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_dou.shtm>. Acesso em: dez. 2016.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Infraestrutura Social e Urbana no Brasil**: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Livro 6, v. 2. Brasília: IPEA, 2010.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros**. Brasília: IPEA, 2011.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Relatório de Pesquisa**: Caracterização e Quadros de Análise Comparativa da Governança Metropolitana no Brasil: análise comparativa das funções públicas de interesse comum. Rio de Janeiro: IPEA, 2015. (Componente 2)

IMB - Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. **Mobilidade Pendular da População em Goiás**. Goiânia: IMB, 2012.

IMB - Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. **Perfil Socioeconômico de Senador Canedo**. [s.l.]: IMB, 2016. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/>>. Acesso em: dez. 2016.

INSTITUTO VERUS E FÓRUM DE MOBILIDADE. **Pesquisa quantitativa sobre a Região Metropolitana de Goiânia**. Relatório Técnico. Goiânia: Instituto Versus e Fórum de Mobilidade, 2013.

LITMAN, T. Determining Optimal Urban Expansion, Population and Vehicle Density, and Housing Types for Rapidly Growing Cities. In: WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH- WCTR, Shanghai, 10-15 jul. 2016. **Proceedings...** Victoria: Victoria Transport Policy Institute, 2016. Disponível em: <http://www.vtpi.org/WCTR_OC.pdf>. Acesso em: ago. 2016.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Manual de BRT**: Bus Rapid Transit – Guia de Planejamento. Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PlanMob**: construindo a cidade sustentável – Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana. Brasília: Ministério das Cidades, 2015.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. **Censo 2010**: RM de Goiânia cresce acima da média do estado e do país. Goiânia: Observatório das Metrôpoles, 2011. Disponível em: <http://www.observatoriodasmetrolopes.net/index.php?option=com_content&view=article&id=1738%3#>. Acesso em: dez. 2016.

PREFEITURA de Senador Canedo. **História da cidade**. Canedo: Prefeitura, 2016. Disponível em: <<http://www.senadorcanedo.go.gov.br/v6/historia.php>>. Acesso em: dez. 2016.

SECRETARIA de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos. **O que é a Região Metropolitana de Goiânia**. Goiânia: SECIMA, 2016. Disponível em: <<http://www.secima.go.gov.br/post/ver/212374/o-que-e-a-regiao-metropolitana-de-goiania>>. Acesso em: dez. 2016.

SISTEMA de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. **Emissões por estado**. [s.l.]: SEEG, 2015. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/>>. Acesso em: dez. 2016.

SIEG - Sistema Estadual de Geoinformação. **Mapeamento das manchas urbanas do ano de 2000 dos 20 municípios da Região Metropolitana de Goiânia**. [s.l.]: SIEG, 2016a. Arquivos em formato Shapefile (.SHP). Escala 1:100.000. 4,10 Mb. Landsat 5 TM. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/produtosIMB.asp?cod=4513>>. Acesso em: mai. 2017.

SIEG - Sistema Estadual de Geoinformação. **Mapeamento das manchas urbanas do ano de 2010 dos 20 municípios da Região Metropolitana de Goiânia**. [s.l.]: SIEG, 2016b. Arquivos em formato Shapefile (.SHP). Escala 1:100.000. 3,72 Mb. Landsat 5 TM. Disponível em: <<http://www2.sieg.go.gov.br/post/ver/209735/manchas-urbanas-da-rmg>>. Acesso em: mai. 2017.

SOUZA, M. A. A.; BITOUN, J. Introdução. In: SOUZA, M. A. A.; BITOUN, J. **Recife**: transformações na ordem urbana. 1ª edição. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015. p. 17-42.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. **World Urbanization Prospects**. [s.l.]: United Nations, 2011. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>>. Acesso em: dez. 2016.

UNITED NATIONS. **Draft outcome document of the United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat III)**. Quito: United Nations, 2016.

VASCONCELLOS, E. A. O custo social da motocicleta no Brasil. **Revista dos Transportes Públicos**, ANTP, n. 119/20, ano 30/31, 2008. [online] Disponível em: <<http://www.antp.org.br/biblioteca-vitrine/revista-dos-transportes-publicos.html>>. Acesso em: 18 mar. 2017.