

Índice de desenvolvimento intrametropolitano por luzes noturnas aplicado à Região Metropolitana de Campinas

The Night Light Intrametropolitan Development Index applied to the Metropolitan Region of Campinas

Manoel Lemes da Silva Neto ^[a] , Danilo Mangaba de Camargo ^[b] 
Cimar Alejandro Prieto Aparicio ^[c] 

[a] Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Campinas, SP, Brasil.

[b] Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Campinas, SP, Brasil

[c] Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Laboratório de Desenho de Estratégias Urbano-Regionais (LADEUR), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, Brasil

Como citar: Silva Neto, M. L., Camargo, D. M., & Aparicio, C. A. P. (2023). Índice de desenvolvimento intrametropolitano por luzes noturnas aplicado à Região Metropolitana de Campinas. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 15, e20210329. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20210329>

Resumo

As regiões metropolitanas constituem uma forma institucionalizada da organização regional do Estado. Ao mesmo tempo, tais territórios formam um sistema complexo urbano de uso e ocupação do solo. Este trabalho pretende articular os conhecimentos da geografia urbana, do planejamento urbano e regional e do sensoriamento remoto a fim de aperfeiçoar um índice de desenvolvimento urbano direcionado para a gestão metropolitana. Tal índice considera uma metodologia que emprega como fontes de dados o Censo Demográfico de 2010 e as imagens de luz noturna do sistema imageador DMSP/OLS. A população por setor censitário e as imagens foram calculadas para os municípios da Região Metropolitana de Campinas (RMC) conforme a metodologia do índice de desenvolvimento por luzes noturnas (IDLN). O trabalho busca aprimorar o IDLN ao adotar as áreas de ponderação como unidade de análise territorial. Para cada área foi calculado o novo “índice de desenvolvimento intrametropolitano por luzes noturnas” a fim de aprofundar o estudo empírico das características do espaço intraurbano em termos das imagens de uso e ocupação do solo. Os resultados apontam que o índice proposto contribui para avaliação e monitoramento da

MLSN é Professor Titular e Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Doutor em Arquitetura e Urbanismo, e-mail: manoel.lemes@puc-campinas.edu.br

DMC é técnico do Laboratório de Geoprocessamento, Mestre em Geociências e Meio Ambiente, e-mail: danilo.mangaba@gmail.com

CAPA é Pesquisador (PNPD-CAPES) do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Doutor em Demografia, e-mail: cimar.aparicio@gmail.com



infraestrutura urbana do espaço metropolitano e para uma regionalização intrametropolitana relacionada com densidade técnica.

Palavras-chave: Política Territorial Metropolitana. Sensoriamento Remoto. Regionalização.

Abstract

The metropolitan regions are an institutionalized form of regional organization by the State. They are also territories that form a complex urban system of land use and occupation. This paper intends to articulate the knowledge of urban geography, urban and regional planning, as well as remote sensing to improve an urban development index to the metropolitan policy. This index considers a methodology that uses the data of the demographic census of 2010 and satellite image grid of night light from the DMSP/OLS nighttime light data. The population of the census sectors and the satellite image grid were calculated for the cities of the Metropolitan Region of Campinas (RMC), according to the methodology of Night Light Development Index (NLDI). This work seeks to improve the NLDI methodology by adopting the weighting areas as a unit of territorial analysis. For each area, the new "Night Light Intrametropolitan Development Index" was calculated to deepen the empirical study of intra-urban space characteristics regarding the images of land use and occupation. The results show that the proposed index contributes to the evaluation and monitoring of the urban infrastructure of the metropolitan space and for an intrametropolitan regionalisation related to technical density.

Keywords: Metropolitan Territorial Policy. Remote Sensing. Regionalization.

Introdução

O processo de urbanização no Brasil foi marcado pela formação de uma complexa sociedade urbano-industrial, pobre, de consumo, heterogênea e desigual, conforme Vilmar Faria (Faria, 1991). Por conseguinte, sobretudo em áreas metropolitanas, a diferenciação contemporânea entre os lugares é dada pela concentração de sistemas de infraestrutura urbana, que permitem, entre outras coisas, uma maior fluidez e acesso a mercadorias, pessoas, informações e capital. Nisso reside um verdadeiro desafio para o planejamento e a gestão territorial no país. Com efeito, o conhecimento dessas diferenciações socioespaciais da distribuição da infraestrutura urbana é imperativo para os gestores públicos atentos à busca da diminuição das lacunas a que são expostas parcelas significativas da população residente nessas áreas. Em tal contexto, a regionalização do território é um instrumento técnico-analítico que propicia esse conhecimento, justamente por basear-se na diferenciação de áreas (Corrêa, 1986). Regionalizar aqui significa fracionar o território, em agrupamentos espaciais, mais ou menos homogêneos, tendo em consideração, entre outros fatores, seus elos, nexos e similaridades culturais, históricos, econômicos, ambientais. O Brasil e, em particular, o estado de São Paulo, possui uma longa trajetória na regionalização de seu território. Todavia cabe dizer que em cada período histórico essa partição do território foi engendrada com peso maior para uma variável-chave, no mosaico socioespacial.

Do ponto de vista das áreas urbanas, poder-se-ia afirmar que nas últimas duas décadas do século passado muitos foram os avanços no entendimento teórico-metodológico sobre as configurações espaciais metropolitanas, sobretudo, a partir da discussão proposta por Milton Santos a respeito dos conceitos de espaços opacos e espaços luminosos (Santos, 1999). Tais conceitos partem de um pressuposto de que existe uma interdependência entre os diversos sistemas técnicos, isto é, as áreas com maior densidade de objetos técnicos-informacionais (espaços luminosos) tendem a receber novos investimentos, reafirmando e ampliando a desigualdade entre os lugares. Por sua vez os espaços opacos são aqueles, que em comparação, são rarefeitos no que tange aos sistemas citados. Considerando a

expansão do meio técnico-científico-informacional, sob a égide da globalização (Santos, 2000), torna-se imperativo que uma variável tecnológica venha tornar-se chave para a regionalização nesse período.

Não obstante, as novas técnicas de pesquisa em sensoriamento remoto, geografia, estatística, demografia e urbanismo podem qualificar de modo mais preciso as diferenciações socioespaciais no Brasil urbano. De fato, diversas iniciativas têm sido realizadas no intuito de mensurar o desenvolvimento urbano a partir da associação entre instrumentos de georreferenciamento, distribuições populacionais e sistemas de infraestrutura urbana. Nesse contexto, destaca-se o chamado Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas (IDLN), conforme a metodologia de Elvidge et al. (2012). Este índice surge dos estudos de imagens noturnas que comparam a luminosidade com características urbanas como população, produto interno bruto, área artificializada e consumo de energia elétrica (Mejía, 2020). No contexto brasileiro, Santos et al. (2018) apresentam um estudo do índice aplicado à Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte. O presente artigo apresenta uma adaptação do IDLN com a premissa de que tal índice possa ser utilizado como um indicador da variável tecnológica para uma regionalização do espaço metropolitano que ofereça subsídios para a formulação de políticas públicas de caráter territorial.

Por um lado, o atual estágio de desenvolvimento técnico-científico propicia novas abordagens para o entendimento dos padrões de urbanização, em que os estudos urbanos apontam para o avanço dos processos de urbanização dispersa no Brasil (Faria, 1991; Reis, 2006). Por outro, percebe-se no país uma conjuntura política marcada pelo desmantelamento progressivo de órgãos públicos de planejamento metropolitano que atuavam na elaboração de políticas territoriais (Silva Neto, 2010), com a consequente falta de um adequado arcabouço de fontes espaciais de informação para a gestão das regiões metropolitanas. Esta situação justifica a busca por novos métodos, técnicas e instrumentos que auxiliem a gestão metropolitana, sobretudo utilizando-se de fontes de dados abertos, sem onerar as despesas públicas em uma conjuntura de cortes sistemáticos de orçamento.

Considerações sobre o esvaziamento dos organismos de gestão metropolitana no território paulista

A criação das regiões metropolitanas se deveu ao reconhecimento por parte dos entes públicos da existência de funções públicas de interesse comum em territórios que extrapolam os limites municipais. Assim surgiram as primeiras regiões metropolitanas no Brasil na década de 1970, durante o regime militar. A criação das regiões metropolitanas era uma competência do governo federal, de acordo com a CF 1967/1969. A Lei Complementar n. 14/1973, criou oito regiões metropolitanas: São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza (Brasil, 1973). Posteriormente, também foi instituída a região metropolitana do Rio de Janeiro pela Lei Complementar n. 20/1974 (Brasil, 1974).

O movimento democrático de descentralização política da Constituição Federal de 1988 promoveu uma maior autonomia para estados e municípios, após um longo período de centralização autoritária. Nesse contexto, cada estado pode definir as suas estratégias de política territorial metropolitana, de acordo com os arcabouços normativos e territoriais da constituição estadual.

Silva Neto (2010) analisou os aspectos normativos e históricos da política territorial metropolitana no Estado de São Paulo. Criada em 1974 (São Paulo, 1974), originariamente a EMPLASA denominava-se Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A. Entre as décadas de 1970 e 2000, a EMPLASA se destacou como órgão de gestão metropolitana no estado de São Paulo. Juntamente com a EMPLASA, na década de 1970 também foi criada a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – Seade (São Paulo, 1978). A Fundação Seade recebeu as atribuições do antigo departamento de estatística do estado de São Paulo. É vinculada à Secretaria de Economia e Planejamento como um órgão que realiza estudos e pesquisas sobre os diferentes aspectos socioeconômicos do estado, das regiões metropolitanas

e administrativas e dos municípios, bem como a sua evolução histórica. Entre outras finalidades indicadas no seu estatuto, podem ser destacadas a de identificar a situação do desenvolvimento econômico e social do Estado, através do levantamento e análise de dados, e a de realizar estudos e pesquisas, tendo em vista a preparação de indicadores que subsidiem o planejamento regional (Fundação Seade, 2020). No entanto, apesar da questão metropolitana ser reconhecida como um problema urbano e social, o histórico da política territorial metropolitana mostra que não houve uma adequada articulação institucional dos órgãos de planejamento regional no estado de São Paulo (Silva Neto, 2010).

Vinculada à Secretaria de Economia e Planejamento em sua criação, a EMPLASA foi transferida para a Secretaria dos Transportes Metropolitanos em 1995. Transferiram-se também os demais elementos que compunham a gestão metropolitana existente nessa época: o Conselho Consultivo Metropolitano de Desenvolvimento Integrado da Grande São Paulo (CONSULTI), o Conselho Deliberativo da Grande São Paulo (CODEGRAN) e o Fundo Metropolitano de Financiamento e Investimento (FUMEFI). Tal transferência fez com que uma estrutura administrativa voltada para o planejamento territorial do estado passasse a ser um órgão vinculado setorialmente à política de transporte (Silva Neto, 2010).

Houve uma nova revisão normativa da política territorial metropolitana na década de 2000. Primeiramente, o decreto de 1995 foi revogado e toda a estrutura de gestão metropolitana do estado retornou à Secretaria de Economia e Planejamento (São Paulo, 2003). O nome da empresa pública passou a ser Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA). O Projeto de Lei Complementar 6/2005 foi encaminhado à assembleia legislativa. Na mensagem nº 54, de 2005, apresentou-se o projeto de reorganização da Região Metropolitana da Grande São Paulo, autorizando o Poder Executivo a criar o respectivo Conselho de Desenvolvimento, a instituir entidade autárquica e a constituir o Fundo de Desenvolvimento Metropolitano de São Paulo (Silva Neto, 2010). O processo de reorganização da Região Metropolitana de São Paulo foi encerrado somente em 2011 pela Lei Complementar Estadual n. 1.139 (São Paulo, 2011a). Como suporte institucional à política territorial estadual, foi criada a Secretaria de Desenvolvimento Metropolitano pelo Decreto Estadual nº 56.639/2011 (São Paulo, 2011b), responsável pela condução do Sistema Estadual de Desenvolvimento Metropolitano e pela Câmara de Desenvolvimento Metropolitano, diretamente ligados ao poder executivo estadual. Contudo, poucos anos depois esta secretaria foi incorporada à nova Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional (São Paulo, 2013).

Embora a criação de regiões metropolitanas tenha sido descentralizada pela Carta Magna em 1988, somente em 1994 a Lei Complementar Estadual n. 760 estabeleceu as diretrizes para a organização regional do estado de São Paulo, o que permitiu a criação de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas ou microrregiões (São Paulo, 1994). A mesma lei também propôs o conceito de “campos funcionais” de interesse comum das entidades regionais: planejamento e uso do solo, transporte e sistema viário regional, habitação, saneamento básico, meio ambiente, desenvolvimento econômico e atendimento social. Nesse contexto político foi criada a Região Metropolitana de Campinas em 2000 (Silva Neto, 2010). Em 2003 ocorreu a criação da Agência Metropolitana de Campinas - AGEMCAMP. Esta agência surgiu com a finalidade de integrar a organização, o planejamento e a execução das funções públicas de interesse comum da Região Metropolitana de Campinas.

O Estatuto da MetrÓpole aprovado em 2015 definiu uma nova regulamentação para o equacionamento da questão metropolitana, estabelecendo novos instrumentos para o planejamento, a gestão e a execução das funções públicas de interesse comum (Castro & Santos Junior, 2017). Assim, nesse ano a EMPLASA tornou-se a empresa pública responsável pela elaboração dos Planos de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI) das regiões metropolitanas do Estado de São Paulo, em articulação com as Agências de Desenvolvimento Regional das regiões metropolitanas e com os municípios integrantes dessas regiões.

Esta configuração institucional em tese poderia contribuir para o conhecimento mais detalhado das dinâmicas intraurbanas e dar subsídios à execução das funções públicas de interesse comum dos territórios metropolitanos no Estado de São Paulo. No entanto, a política territorial metropolitana foi desmantelada pelo governo estadual paulista no final da década de 2010. A Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional foi incorporada à Secretaria de Economia e Planejamento. A existência da EMPLASA foi questionada pela política fiscal restritiva do poder público estadual e as suas atividades foram extintas em 2019 por meio da Lei Estadual n. 17.056 (São Paulo, 2019).

A configuração metropolitana não pode ser compreendida como decorrência da totalidade de relações sociais que se dão em todos os escalões da rede urbano-regional sem uma adequada gestão territorial (Silva Neto, 2010). Com efeito, do ponto de vista da regionalização do território, percebe-se, na atualidade, a existência simultânea de duas modalidades: uma intrínseca, orgânica, engendrada pelos agentes locais, resultado da própria regionalização do modo de vida urbano; em contrapartida, há também àquela que atende aos interesses exógenos, organizada por agentes alheios ao território em questão, propiciada pelo atual estágio da globalização e validada pelo Estado. Diante do desmantelamento das agências de gestão, produtoras e disseminadoras de fontes de dados e estatísticas públicas, a sociedade civil conseguirá contra-argumentar diante da imposição ou reformulação de limites territoriais por parte desses agentes alheios ao território e de seus impactos sociais? Nesse contexto de desmantelamento de órgãos de desenvolvimento regional, coloca-se a proposta de se empregar os estudos empíricos da geografia urbana e do planejamento urbano e regional e as técnicas de sensoriamento remoto como instrumentos alternativos para compreender a expansão urbana do espaço metropolitano e subsidiar a política territorial metropolitana, contribuindo para o debate público de novas regionalizações.

O índice aqui proposto pode ser empregado como um instrumento da gestão metropolitana, auxiliando na tomada de decisão quanto a regionalização do território. Vale, portanto, salientar nas seções a seguir, a fonte dos dados obtidos, a estruturação metodológica do índice e os resultados obtidos de sua aplicação.

Fontes de dados

Duas fontes de dados são utilizadas para a elaboração de um novo Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas (IDLN) aplicado ao espaço metropolitano. A primeira diz respeito às séries de dados de luzes noturnas estáveis captadas pelo sensor Operational Linescan System (OLS) que operam a partir do Defense Meteorological Satellite Program (DMSP). As séries de imagens DMSP/OLS são disponibilizadas de modo gratuito a partir do repositório da National Oceanic and Atmospheric Administration's National Geoscience Data Center (NOAA/NGDC). A resolução espacial das imagens fornecidas de 1 km², com pré-processamento de modo a serem distribuídas sem a interferência de nuvens e tendo sido suprimidos efeitos indesejáveis como incêndios e queimadas, permitem que sejam apresentadas somente as chamadas luzes estáveis.

A segunda fonte de dados é o Censo Demográfico Brasileiro (IBGE, 2011), em que foram obtidas as malhas territoriais referentes aos limites municipais, áreas de ponderação e setores censitários. Também da mesma fonte foram captados dados alfanuméricos relativos à população total residente por setor censitário.

Para garantir a equiparação entre as diferentes fontes de dados, o ano de referência tanto dos dados populacionais do Censo Demográfico Brasileiro como das imagens utilizadas na construção do índice (NOAA, 2020) é 2010.

Metodologia do IDLN-M

Elaboração do IDLN-M

Neste trabalho o novo índice será denominado como o “índice de desenvolvimento intrametropolitano por luzes noturnas” (IDLN-M). As etapas para a construção do IDLN-M baseiam-se na abordagem do Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas (IDLN) elaborado por Elvidge et al. (2012) e aplicado ao território paulista por Santos et al. (2018). O IDLN mede o grau de desigualdade na distribuição das luzes noturnas, aqui entendida como um indicador do nível de desenvolvimento técnico e de infraestrutura local em um território. O cálculo do índice é realizado por meio de uma adaptação do Índice de Gini, indicador amplamente adotado para o estudo das mudanças na desigualdade e na distribuição de renda de uma população. Com efeito, o pressuposto fundamental do índice é de que as áreas com maior intensidade de luzes noturnas e melhor distribuição possibilitam um maior nível de acesso a bens e serviços à população residente do que outras áreas em que as luzes noturnas são mais rarefeitas (Salvati et al. 2017). A densidade técnica e informacional de um território causa uma seletividade espacial que, por sua vez, constitui um processo contínuo em que as áreas mais iluminadas possuem mais recursos e tendem a concentrá-los ainda mais, dado que os sistemas técnicos-informacionais são propensos a aproveitar a infraestrutura pré-estabelecida para se instalarem em um território sob a forma de investimentos (Santos, 1999).

Com efeito, o cálculo do índice presume que os dados sejam coletados em unidades de área com o maior nível de desagregação possível e posteriormente agregados em unidades hierarquicamente maiores. No trabalho realizado por Santos et al. (2018), os dados foram coletados por setor censitário (menor unidade de coleta dos dados do censo brasileiro) e agrupados por município. Em nosso estudo os dados também foram coletados por setor censitário, mas optou-se pela agregação deles em áreas de ponderação, em vez de se agrupar pelos limites municipais. As áreas de ponderação são unidades geográficas engendradas pelo agrupamento de setores censitários contíguos a fim de possibilitar a realização da calibração das amostras do Censo Demográfico (IBGE, 2011). A utilização das áreas de ponderação possibilita a análise de diferenciações intraurbanas no território metropolitano, onde é frequente que exista mais de uma área adensada por município. A Figura 1 exemplifica essa questão ao retratar a relação entre os limites territoriais do município de Americana, suas áreas de ponderação e seus setores censitários.

A desagregação dos dados aqui proposta conduz a uma análise em nível intraurbano, o que é preponderante para a compreensão mais adequada dos lugares urbanos, pois, como apontado por Ramos et al. (2007), existem faixas de terra incógnita no interior das cidades que podem ser objeto de ações efetivas de planejamento e gestão territorial nas regiões metropolitanas brasileiras (Camargo et al., 2017).

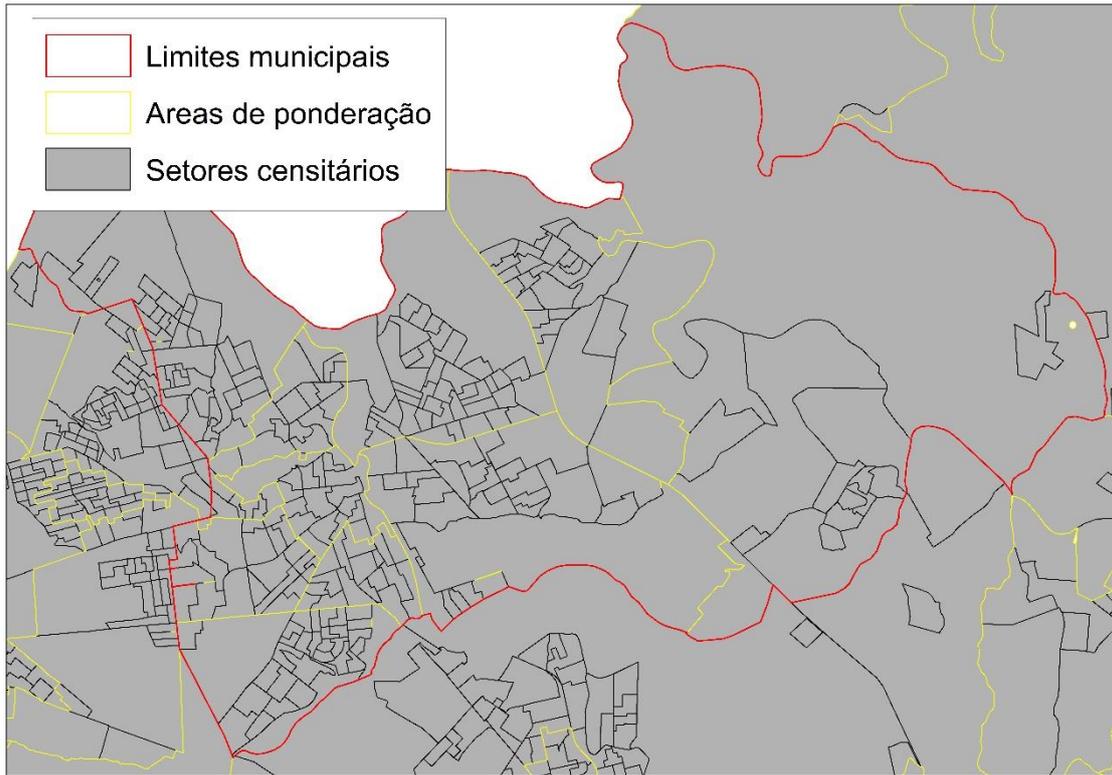


Figura 1 – Relação entre os limites territoriais do município de Americana (SP). Fonte: IBGE, 2011. Elaborado pelos autores.

As etapas da elaboração do cálculo do indicador são apresentadas na Figura 2. Para obtenção do IDLN-M, a primeira etapa desenvolvida foi a intercalibração das séries de imagens OLS/DMSP pelo método apresentado inicialmente por Elvidge et al. (2009) conforme a aplicação elaborada por Santos et al. (2018). Na segunda etapa foram extraídos os valores (Número Digital – ND) da soma da intensidade de luzes para cada setor censitário da RMC. E por fim também foi tabulada a população residente por setor censitário.

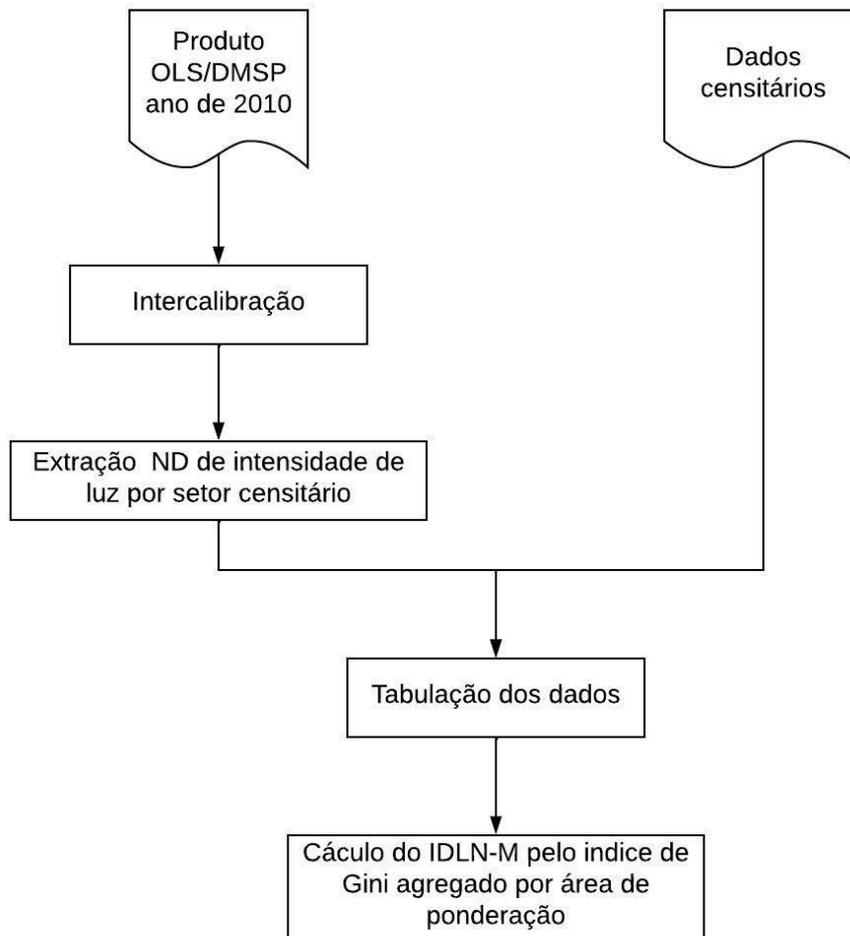


Figura 2 - Fluxograma das etapas desenvolvidas na elaboração do IDLN-M. Fonte: Elaborado pelos autores.

Esta organização das fontes de dados de imagens e de população permitiu a aplicação do índice de Gini aos indicadores componentes acumulados. Diferentemente do estudo de Santos et al. (2018), todos os setores censitários da área de estudo contêm valores detectados das séries de dados de luzes noturnas e população, excluindo assim a necessidade de reclassificação dos dados para esses setores. O cálculo do Índice de Gini é baseado na curva de Lorenz e foi realizado considerando a Equação 1 em que: α é área do gráfico compreendida entre a linha de equidade perfeita e a curva de população acumulada; β é a área do gráfico abaixo da curva de população acumulada. Na Figura 3 é apresentado um exemplo da curva de Lorenz aplicado para uma área de ponderação do Município de Americana em 2010. A tabulação final do IDLN-M consistiu na agregação dos dados calculados pelas áreas de ponderação.

$$G = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (1)$$

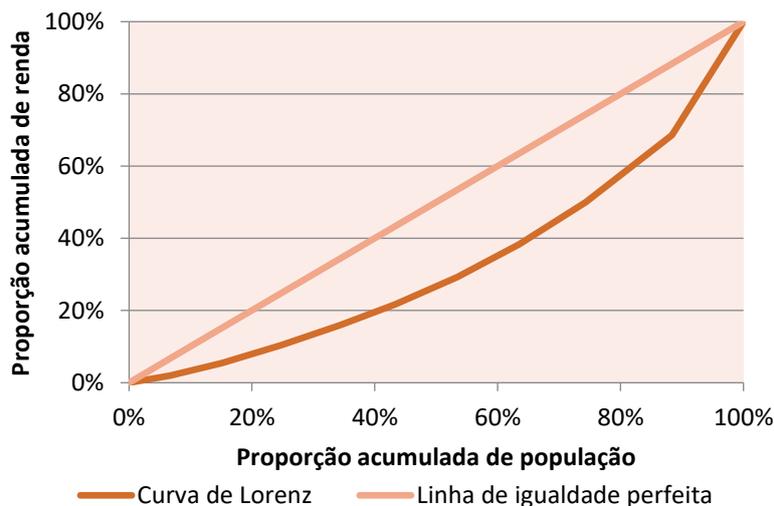


Figura 3 - Gráfico de cálculo do índice de Gini adaptado para uma área de ponderação selecionada do município de Americana (SP). Fonte: Elaborado pelos autores.

Caracterização da área de estudo

A região metropolitana selecionada para este trabalho é a Região Metropolitana de Campinas (RMC), indicada na Figura 4A. A RMC é uma parte da chamada macrometrópole paulista, que possui o maior parque industrial do país e responde pela maior parte da população e do Produto Interno Bruto (PIB) do estado de São Paulo (Castro & Santos Junior, 2017). De acordo com estimativas da Fundação Seade, a RMC é a segunda maior região metropolitana em população no território estadual. Em 2018, a população regional era de 3,2 milhões de habitantes e a sua participação no PIB do estado foi de 18,3% (Fundação Seade, 2021). A densidade demográfica, medida pela relação entre população e território, é de 823,66 habitantes por km², o que indica um elevado grau de adensamento urbano em relação ao estado (177,23 habitantes por km²). Além disso, Dota & Camargo (2015) destacam a dinamicidade da produção do espaço urbano na RMC, evidenciada pela infraestrutura urbana, pela destacada presença da indústria de transformação e pela concentração de empregos formais técnico-científicos, agropecuários, industriais e de serviços, tornando-a extremamente atrativa em termos de processos migratórios. Do ponto de vista da gestão estadual, vale ressaltar que a RMC está inserida na Região Administrativa de Campinas (RAC), composta por 90 municípios e que representa 10,9% do território estadual (Figura 4B).

A caracterização da RMC representa bem a dimensão espacial dos processos que engendraram a urbanização brasileira e a distribuição das áreas industriais no Estado de São Paulo a partir da década de 1980, associados à chamada involução metropolitana observada na Região Metropolitana de São Paulo (Santos, 1992). De fato, desde essa década tem-se assistido a um processo de desconcentração não somente populacional, mas também dos próprios sistemas técnicos-informacionais, atendendo a demanda pelo aumento da velocidade dos fluxos de informações, pessoas e mercadorias, marca notória da globalização no período atual. Esse processo pode ser ilustrado a partir de um relatório técnico da configuração regional da indústria paulista no período 2003-2016 (Fundação Seade, 2019). Enquanto a participação da Região Metropolitana de São Paulo no valor da transformação industrial diminuiu de 40,6% em 2003 para 30,9% em 2016, nesse mesmo período a participação da RAC avançou de 25,5% para 30,2%. O mesmo estudo aponta o aumento dos investimentos de empresas japonesas, coreanas e chinesas nas regiões administrativas de Campinas e Sorocaba, em especial nos segmentos industriais automotivos, de produtos químicos, de máquinas e equipamentos de informática e material eletrônico e equipamentos de comunicação, constituindo um “corredor asiático” entre os municípios-sede dessas

regiões. Nesse sentido, a análise da Figura 4B permite também verificar empiricamente essa desconcentração, ocorrendo seja de maneira contígua, sobretudo no entorno do município de São Paulo e na sua região metropolitana, bem como nas regiões de Campinas e Sorocaba, seja de modo mais disperso nas áreas mais periféricas dessas regiões, formando pequenas ilhas de densidade técnica e urbana (Silva Neto, 2011).

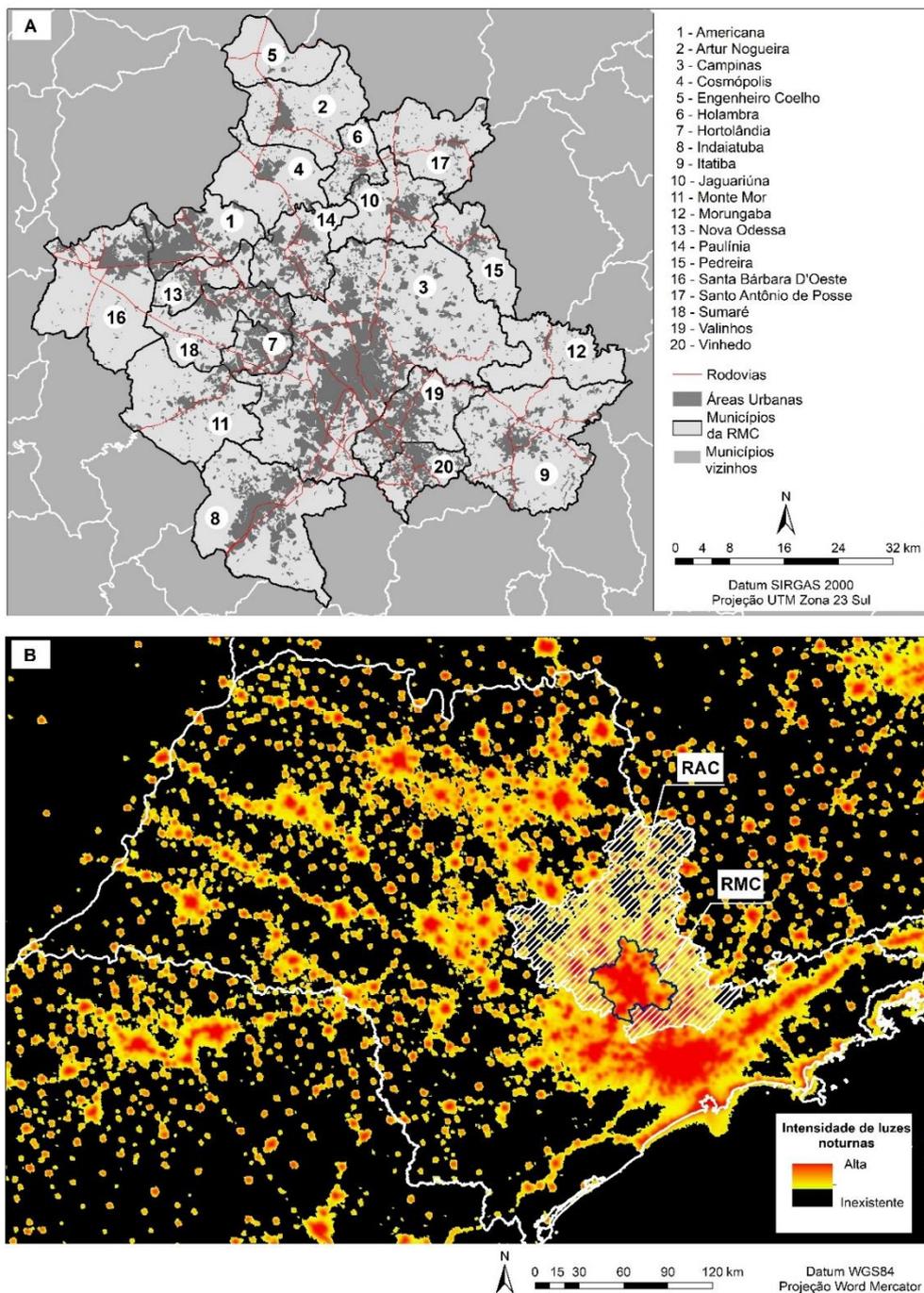


Figura 4 - Contextualização espacial da área de estudo. A – Municípios que compõem a RMC destacando-se as áreas urbanas / B – Luzes noturnas estáveis, produto DMSP/OLS para o ano de 2010. Fonte: Elaborado pelos autores com dados de SMA, 2013, IBGE, 2011 e NOAA, 2010.

Resultados

A análise dos resultados do IDLN-M para as áreas de ponderação dos municípios da RMC aponta para a presença de especificidades no nível de desenvolvimento urbano em termos intrametropolitanos e intramunicipais, bem como permite a identificação de vetores de expansão urbana. A Figura 5 apresenta a distribuição espacial do IDLN-M no território em análise em duas representações cartográficas: a Figura 5A mostra a representação dasimétrica com a intersecção do IDLN-M com as áreas de uso do solo urbano; a Figura 5B emprega a representação coroplética, em que toda a área de ponderação é preenchida com o valor correspondente do índice. Ao se considerar a Figura 5, verifica-se a presença de níveis diferenciados de desenvolvimento urbano, que podem ser identificados a partir do índice baseado em sensoriamento remoto conforme a metodologia de cálculo do índice de Gini. Neste indicador, as áreas de ponderação mais avermelhadas possuem um IDLN-M mais elevado, o que indica um grau maior de concentração de luzes noturnas nessa área. Em outras palavras, tais áreas possuiriam uma infraestrutura urbana mais concentrada em certos locais do território analisado, que podem ser núcleos urbanos rodeados de áreas com produção agrícola. É o que tende a ocorrer em áreas de ponderação com presença de atividade agrícola. Diferentemente, quanto menor o índice, melhor a distribuição das luzes noturnas na área de ponderação, o que aponta para uma infraestrutura urbana distribuída adequadamente em um determinado território.

De modo particular o município de Campinas apresenta forte heterogeneidade quanto ao nível de desenvolvimento urbano, o que decorre dos níveis diferenciados de concentração dos assentamentos humanos em seu território. Tais diferenciações reforçam a percepção da existência de uma urbanização mais fragmentada no município sede da região e no entorno, assim como se observa em outros processos históricos de urbanização no Brasil (Santos, 1989). As áreas a norte, nordeste e noroeste do município apresentam valores medianos do IDLN-M. Isso pode ser explicado pelo fato de serem áreas com especificidades territoriais, por exemplo a leste tem-se os distritos de Joaquim Egídio e Sousas, que estão inseridos na Área de Proteção Ambiental de Campinas, com uso do solo marcado pela existência de diversos condomínios de alto padrão e menor densidade populacional em relação ao restante do município. A região noroeste tem como característica uma variedade de formas de uso e cobertura da terra, tais como uso agrícola, moradia, shopping center, universidades e segmentos periurbanos. Autores como Cecagno et al. (2020) apontam para o fato de que essa região tende a ser o principal vetor de expansão urbana de Campinas nas próximas décadas, com um volume expressivo de população em situação de vulnerabilidade social, necessitando de uma maior atenção por parte dos gestores públicos. Em contrapartida, as regiões sul e sudoeste apresentam uma predominância de valores altos do IDLN-M, o que pode ser compreendido ao se considerar que são regiões com limitada infraestrutura urbana. Ademais, nota-se que a área limítrofe do município de Campinas com os municípios de Sumaré, Hortolândia e Monte Mor constitui um espalhamento urbano das desigualdades socioespaciais ou, em outras palavras, tem características de um processo de hiperperiferização (Torres et al. 2003). Hortolândia é um município marcadamente industrial e urbano que, no entanto, não apresenta valores altos do IDLN-M, o que pode indicar uma limitação do índice nessa parte do território em análise. Conforme Salvati et al. (2017), em certas áreas com altíssimas taxas de iluminação urbana e similaridade entre os valores de intensidade de luzes, pode ocorrer uma diferenciação nos níveis de desenvolvimento urbano que não seria captável pelo IDLN, o que pode ocorrer também com o indicador aqui proposto.

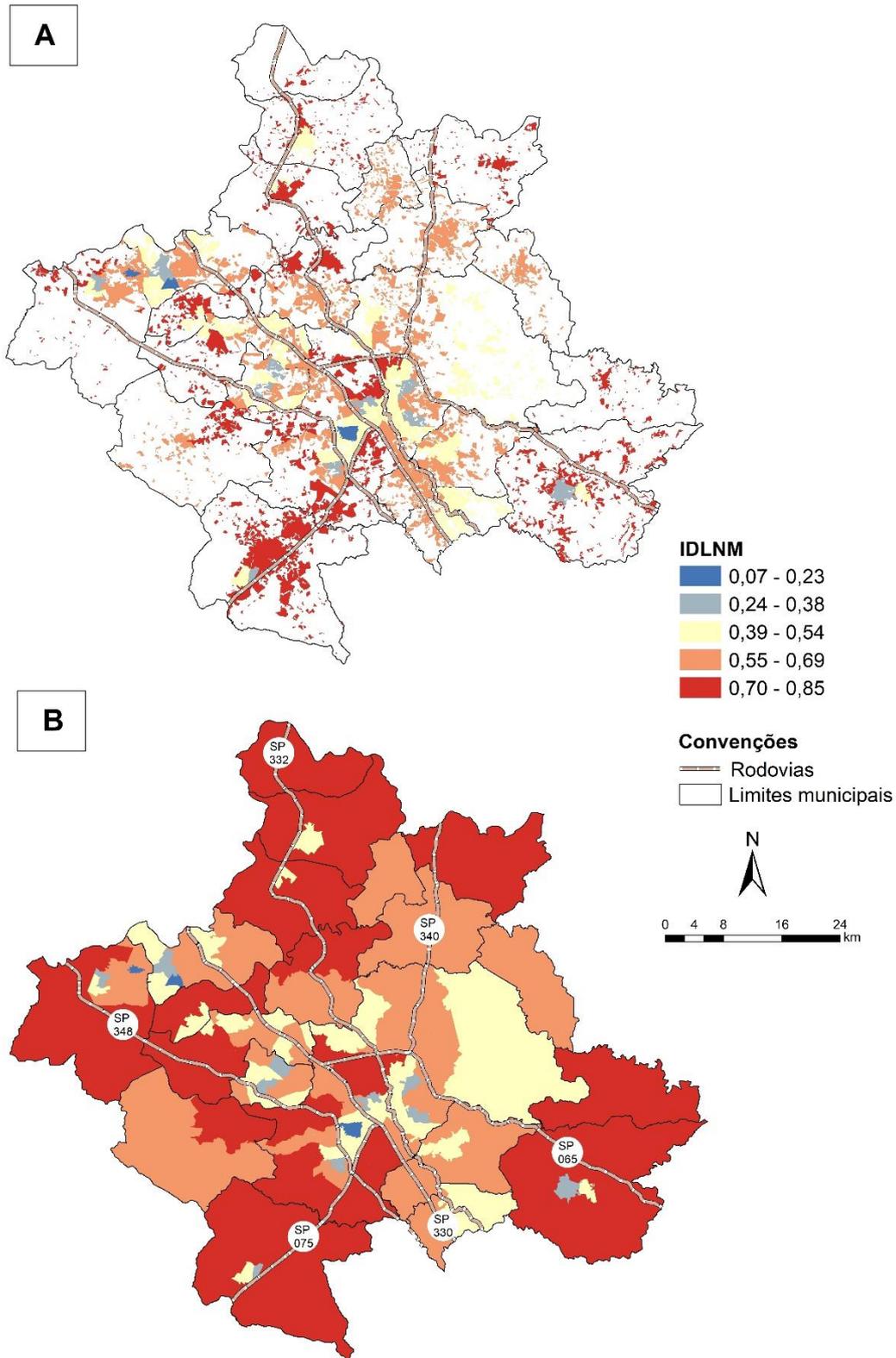


Figura 5 - Índice de desenvolvimento intrametropolitano por luzes noturnas (IDLN-M) da Região Metropolitana de Campinas. Legenda: A) representação dasimétrica (intersecção entre o uso do solo urbano e as áreas de ponderação); B) representação coroplética da informação por área de ponderação. Fonte: Elaborada pelos autores.

Pode-se ainda verificar pela análise do índice a existência de eixos territoriais com níveis similares de desenvolvimento intrametropolitano ao longo das principais rodovias que cortam a RMC. Essa morfologia tem suas raízes no processo de formação socioespacial do território regional, em que a “expansão físico-territorial, desdobrada a partir de Campinas, assenta-se na dinâmica da expansão horizontal, que produz espaços descontínuos, com ocupação rarefeita” (Cunha et al., 2006, p. 341). Assim no município sede em direção ao noroeste vê-se um eixo com nível elevado de IDLN-M, seguindo o traçado da rodovia Professor Zeferino Vaz (SP-332), o que compreende os municípios de Artur Nogueira, Engenheiro Coelho e Cosmópolis. Vale lembrar que alguns municípios da RMC somente possuem uma área de ponderação, como é o caso de Engenheiro Coelho. Tais municípios têm como característica predominante o uso do solo com atividade agrícola. A norte, estruturado pela rodovia Mogi-Campinas (SP-340), verifica-se a similaridade de valores de áreas contíguas de Campinas, Jaguariúna e Holambra. Outro eixo ocorre de Campinas em direção sul ligando a sede metropolitana a Indaiatuba pela rodovia Santos Dumont (SP-075) e em direção oeste pela rodovia dos Bandeirantes (SP-348) na continuidade espacial entre Campinas, Sumaré e Monte Mor.

Tais constatações reforçam a heterogeneidade da RMC, abrindo caminho para a reflexão sobre a elaboração e implementação de políticas públicas de caráter territorial no âmbito regional. Para além da mera contiguidade espacial, o período atual impõe que os estudos urbanos levem em consideração variáveis como a densidade técnica-informacional em um território, que pode ser operacionalizada e avaliada por indicadores tais como o IDLN-M. Nesse sentido, poder-se-ia vislumbrar políticas de redistribuição de incentivos e investimentos, no caso específico da RMC contemplando áreas do município de Indaiatuba (extremo sul) e Engenheiro Coelho (extremo norte), que possuem similaridades quanto aos valores obtidos nessa análise.

Considerações finais

A aplicação do índice de desenvolvimento urbano por luzes noturnas para regiões metropolitanas (IDLN-M), considerando a área de ponderação como unidade de análise territorial, possibilita uma análise da dinâmica intraurbana da RMC. Tal análise poderia ser aplicada a outras regiões metropolitanas brasileiras, contribuindo especialmente para o estudo da expansão da infraestrutura urbana e dos níveis de compactação, fragmentação e dispersão do processo de urbanização nos territórios metropolitanos.

O índice permite caracterizar os espaços urbanos que marcam a RMC em termos da infraestrutura urbana. Em especial, as imagens de áreas de ponderação do município de Campinas e de algumas localidades próximas na rota das principais rodovias confirmam a constituição de um importante meio técnico-científico-informacional nessa região associado a um processo de urbanização mais fragmentado.

Cabe indicar que a limitação do trabalho relacionada ao ano de referência dos dados utilizados é um problema relacionado à fonte de dados demográficos, uma vez que o último Censo demográfico do país foi realizado em 2010. Torna-se necessário a realização de trabalhos futuros, em particular atualizar o índice empregando os dados do Censo 2022 e compará-los com a situação observada em 2010.

Por fim, este indicador pode ser proveitoso tanto para a avaliação e monitoramento da evolução da infraestrutura urbana metropolitana como para as ações de planejamento voltadas ao território metropolitano, sobretudo para uma regionalização que pondere a densidade técnica e as diferenciações socioespaciais da distribuição da infraestrutura urbana, diminuindo o grau de generalização de políticas públicas metropolitanas que se apoiam em indicadores que consideram o município como unidade preponderante de análise territorial.

Declaração de disponibilidade de dados

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste artigo está disponível no SciELO DATA e pode ser acessado em <https://doi.org/10.48331/scielodata.0P0QUN>

Referências

Brasil (1973, 8 de junho). Lei complementar n. 14, de 8 de junho de 1973. *Diário Oficial da União*, seção 1 - 11/6/1973, página 5585, Brasília, DF.

Brasil (1974, 1 de julho). Lei complementar n. 20, de 1 de julho de 1974. *Diário Oficial da União*, seção 1 - 1/7/1974, página 7253, Brasília, DF.

Camargo, D. M., Souza, N. M., Pacheco, T. C. K. F., Alcântara, G. C., & Dota, E. M. (2017). Modelagem geoespacial para identificação de áreas vulneráveis ao contágio por doenças relacionadas a falta de saneamento: o caso da Região Metropolitana de Campinas. *Revista Brasileira de Cartografia*, 69 (3), 561-573. <https://doi.org/10.14393/rbcv69n3-44349>

Castro, H. R. & Santos Junior, W. R. (2017). A expansão da macrometrópole e a criação de novas RMs: um novo rumo para a metropolização institucional no estado de São Paulo? *Cadernos Metrôpole (PUC-SP)*, 19(40), 703-720. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2017-4001>

Cecagno, C. F., Pessôa, V. M. M., Camargo, D. M., & Marques, M. L. (2020). Sustentabilidade do desenvolvimento urbano de Campinas-SP: uma abordagem multicritério. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 12, e20190178. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190178>

Corrêa, R. L. (1986). *Região e organização espacial*. São Paulo: Ática.

Cunha, J. M. P., Jakob, A. A. E., Jiménez, M. A., & Trad, I. L. (2006). Expansão Metropolitana, mobilidade espacial e segregação nos anos 90: o caso da RM de Campinas. Em CUNHA, J. M. P. (Organizadores). *Novas Metrôpoles Paulistas: população, vulnerabilidade e segregação* (p. 337-363). Campinas: Núcleo de Estudos de População/UNICAMP.

Dota, E. & Camargo, D. M. (2015). Regionalização, mobilidade pendular e os desafios metropolitanos na RM de Campinas. *Revista Política e Planejamento Regional* (Rio de Janeiro), 2(1), 127-148.

Elvidge, C. D., Ziskin D., Baugh K. E., Tuttle B. T., Ghosh T., Pack D.W., Erwin E.H., Zhizhin M. A Fifteen Year Record of Global Natural Gas Flaring Derived from Satellite Data. *Energies*, 2(3), 595-622. <https://doi.org/10.3390/en20300595>

Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Anderson, S. J., Sutton, P. C., & Ghosh, T. (2012). The Night Light Development Index (NLDI): a spatially explicit measure of human development from satellite data. *Social Geography*, 7(1), 23-35, doi: 10.5194/sg-7-23-2012.

Faria, V. (1991). Cinquenta anos de urbanização no Brasil. *Estudos CEBRAP*, S. Paulo, CEBRAP.

Fundação Seade (2019). *Mapa da Indústria Paulista 2003-2016*. Recuperado em 30 de junho de 2021 de https://www.seade.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/MapaIndustria_abril2019.pdf

Fundação Seade (2020). *Estatutos*. Recuperado em 30 de junho de 2021 de <https://www.seade.gov.br/institucional/quem-somos/legislacao-e-estatutos/#estatutos>

Fundação Seade (2021). *PIB Regional 1º trimestre de 2021*. Plataforma SEADE PAINEL, 2021. Recuperado em 30 de junho de 2021 de <https://pib.seade.gov.br>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2011). Censo Demográfico 2010. *Resultados do universo por setores censitários*. Recuperado em 07 de fevereiro de 2021 de <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2020). *Version 4 DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series*. 2010. Recuperado em 27 de janeiro de 2021 de <https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>

- Mejía, V. (2020). Morfología urbana y proceso de urbanización en Ecuador a través de la imagen satelital nocturna de la Tierra, 1992-2012. *EURE* (Santiago), 46(138), 191-214.
- Ramos, F. R., Câmara, G., & Monteiro, A. M. V. (2007). Territórios Digitais Urbanos. Em Almeida, M. C. (Organizadores). *Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual* (pp. 34-53). São Paulo: Oficina de Textos.
- Reis, N. G. (2006). *Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano*. São Paulo: Via das Artes.
- Salvati, L., Guandalini, A., Carlucci, M., Chelli, F. M. (2017). An empirical assessment of human development through remote sensing: Evidences from Italy. *Ecological Indicators*, 78, 167-172.
- Santos, A. C. F., Amaral, S., & Monteiro, A. M. V. (2018). Índice de desenvolvimento por luzes noturnas (IDLN) para caracterização da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) de São Paulo. Em *XXI Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Poços de Caldas*. Anais. (pp. 1-16). Recuperado em 18 de setembro <http://www.abep.org.br/~abeporgb/publicacoes/index.php/anais/article/view/3003/2867>
- Santos, M. (1989). São Paulo, metrópole corporativa. *Revista De Administração Pública*, 23(1), 103- 111.
- Santos, M. (1992). *A involução metropolitana: a região cresce mais que a metrópole*. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, Associação dos Geógrafos Brasileiros, 14, 168-195.
- Santos, M. (1999). *A natureza do espaço: espaço e tempo: razão e emoção*. (3. ed.). São Paulo: Hucitec.
- Santos, M. (2000). *Por uma outra globalização*. Do pensamento único à consciência universal. São Paulo/Rio de Janeiro: Record.
- São Paulo (1974, 29 de maio). *Lei Complementar n. 94, de 29 de maio de 1974*. Dispõe sobre a Região Metropolitana da Grande São Paulo. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF.
- São Paulo (1978, 4 de dezembro). *Lei n. 1.866, de 4 de dezembro de 1978*. Autoriza o Poder Executivo a instituir a "Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE". *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF.
- São Paulo (1994, 1º de agosto). *Lei Complementar n. 760, de 1º de agosto de 1994*. Estabelece diretrizes para a Organização Regional do Estado de São Paulo. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF.
- São Paulo (2003, 1º de janeiro). *Decreto n. 47.564, de 1º de janeiro de 2003*. Cria, na Secretaria de Economia e Planejamento, a Coordenação de Planejamento Metropolitano, transfere os Conselhos que especifica, altera a vinculação da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. – EMPLASA. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF.
- São Paulo (2011a, 16 de junho). *Lei Complementar n. 1.139, de 16 de junho de 2011*. Reorganiza a Região Metropolitana da Grande São Paulo, cria o respectivo Conselho de Desenvolvimento e dá providências correlatas. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF.
- São Paulo (2011b, 1º de janeiro). *Decreto n. 56.639, de 1º de janeiro de 2011*. Organiza a Secretaria de Desenvolvimento Metropolitano e dá providências correlatas. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF.
- São Paulo (2013, 2 de dezembro). *Decreto nº 59.866, de 2 de dezembro de 2013*. Dispõe sobre a desativação da Secretaria de Desenvolvimento Metropolitano e dá providências correlatas. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, 3 de dez. de 2013.
- São Paulo (2019, 5 de junho). *Lei n. 17.056, de 5 de junho de 2019*. Autoriza o Poder Executivo a adotar providências relacionadas à extinção e incorporação das empresas que especifica e dá providências correlatas. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF.
- Silva Neto, M. L. (2010). Evolução e tendências da gestão metropolitana em São Paulo. Aspectos normativos (parte 1). *Arquitextos*. São Paulo: *Vitruvius*, ano 11, n. 124.02. Recuperado em 30 de junho de <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.124/3584>
- Silva Neto, M. L. (2011). Configuração espacial e urbanização contemporânea no Brasil: parâmetros teóricos para estudo da forma urbana. Em *5º Colóquio da Pesquisa QUAPA-SEL*, 2011. São Paulo. Anais. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/USP.

Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA (2013). *Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo da UGRHI 5 (PCJ)*. Coordenadoria de Planejamento Ambiental, Instituto Geológico, Escala 1:25.000.

Torres, H. D. G., Marques, E., Ferreira, M. P., & Bitar, S. (2003). Pobreza e espaço: padrões de segregação em São Paulo. *Estudos Avançados*, 17(47), 97-128.

Editor responsável: Paulo Nascimento Neto

Recebido: 29 set. 2021

Aprovado: 22 out 2022