

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO POR LUZES NOTURNAS: UM ESTUDO DE APLICAÇÃO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE, SÃO PAULO, BRASIL

Ana Carolina de Faria Santos ¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
ana.faria@inpe.br

Abstract. Through the co-distribution of population and night-time data, Elvidge et al. (2012) developed a Night Light Development Index, aiming to construct a more cost-effective and near-annual social indicator. Due to the nature of the method of constructing the indicator, It's demonstrates the inequality in the spatial distribution of lights in the population, so that the lower the value, the higher the level of development. This study aimed to elaborate a Nightlight Development Index for the year 2010 of the cities of the Metropolitan Region of Vale do Paraíba and North Coast, São Paulo, Brazil, using the method described by Elvidge et al. (2012). Using the population data from the 2010 Demographic Census and night light data, both aggregated by census tracts, the Nightlight Development Index was generated by city using the same Gini Coefficient formula, by ordering the accumulated values, in percent, of lights and population, in order to generate the Lorenz Curve. It is conclude that this social indicator can reflect the development of a region from a boundary concepts in which development is considered economic growth, available to the community, transformed to meet the diverse needs of the human being so that they have opportunities and access to a better quality of life. It was verified with this index that the RMVPLN has some developmental disparity between its cities that is not evidenced by the Municipal HDI prepared by IBGE.

Palavras-chave: Luzes Noturnas; DMSP/OLS; Desenvolvimento; Indicador Social.

1. INTRODUÇÃO

O *U.S. Air Force Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP), que possui o sensor *Operational Linescan System* (OLS), atua desde a década de 1970 com uma constelação de satélites meteorológicos militares originalmente designados para detectar nuvens a noite. O OLS possui duas bandas espectrais, sendo uma delas a *Visible Near-Infrared* (VNIR), que registra dados na faixa espectral de 0,47 a 0,95 μm , tendo seu sinal intensificado durante a noite por um Tubo Fotomultiplicador, aumentando sua sensibilidade em captar fontes de emissão advindas da superfície (ELVIDGE et al., 1997; BENNET; SMITH, 2017). Uma das consequências desta capacidade intensificada é a detecção de luzes de origem antropogênica, ou seja, de cidades, incêndios, combustão de gases, entre outros, gerando dados de luzes noturnas que podem ser correlacionadas com variáveis demográficas e econômicas, subsidiando estudos de dinâmicas socioeconômicas e até mesmo ambientais (ELVIDGE et al., 1997).

Durante sua pesquisa, Elvidge et al. (2012) notaram um padrão nos gráficos de dispersão da população contra os dados de luzes noturnas que poderia demonstrar o nível de desenvolvimento do país. Através da co-distribuição dos dados de população e de luzes noturnas, os autores desenvolveram um Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas (Night Light Development Index - NLDI), visando construir um indicador com melhor custo-benefício e de produção quase anual (Elvidge et al., 2012).

Considerando que os dados de luzes noturnas demonstram, principalmente, o acesso a bens e serviços públicos, infraestruturas de iluminação externa nas cidades e atividades econômicas, como indústrias, assume-se que as pessoas que vivem em áreas mais iluminadas têm acesso melhor a estes bens e serviços do que pessoas que vivem em áreas "escuras", de modo que possuem melhores condições de vida (Salvati et al, 2017). Conjectura-se também que, devido à natureza do método de construção do indicador, que é o mesmo do Coeficiente de Gini, o NLDI demonstrará a desigualdade na distribuição espacial de luzes na população,

de forma que quanto menor for o seu valor, maior é o nível de desenvolvimento (Elvidge et al, 2012; Salvati et al, 2017).

A partir destes pressupostos, parte-se para um conceito de desenvolvimento de vertente marxista que, segundo Oliveira (2002), diferencia o desenvolvimento do crescimento econômico, não os dissociando, mas como processos conjuntos. Deste modo, determina-se que desenvolvimento, como conceito mediador deste indicador, é um crescimento econômico, à disposição da coletividade, transformado para atender as diversas necessidades do ser humano para que tenham oportunidades e acesso a uma melhor qualidade de vida.

Neste contexto, este estudo visa elaborar um Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas para o ano de 2010 dos municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, São Paulo, Brasil, utilizando o método descrito por Elvidge et al. (2012).

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A área de estudo é a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) do estado de São Paulo, criada em 2012 e composta por 39 municípios divididos em cinco (5) sub-regiões (Figura 1). Situada no eixo que liga duas das principais regiões metropolitanas do país, São Paulo e Rio de Janeiro, a RMVPLN possui uma área total de 16.178 km² e concentra 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB) paulista (EMPLASA, 2017).

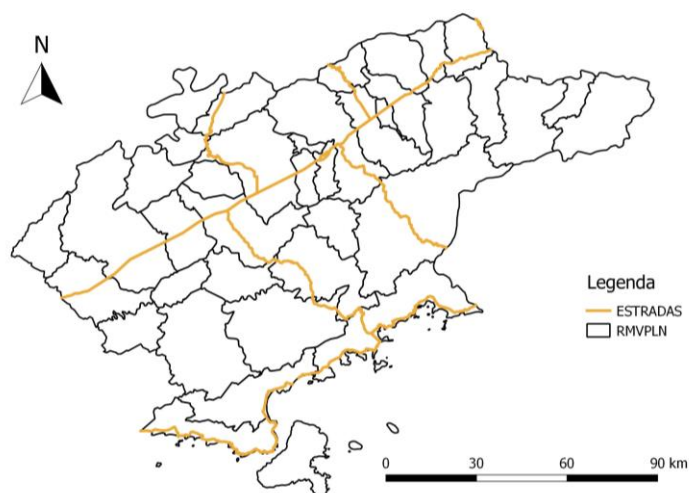


Figura 1. Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo.

2.1 Dados

Os dados de luzes noturnas advindos do DMSP/OLS pertencem a Versão 4 da composição anual de Luzes Estáveis (*Stable Lights*), disponibilizado pela *National Oceanic and Atmospheric Administration's National Geographic Data Center* (<https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>), que possui informações de cidades e outras fontes de luzes persistentes, como combustão de gases. Foi utilizada a composição do ano de 2010 do satélite F18 (F182010) que possui uma resolução espacial de 1 km, sem nuvens, e com a remoção de diversos efeitos efêmeros, como queimadas, de forma a garantir que reflitam apenas as emissões de luzes persistentes. Considerando que o DMSP-OLS não possui calibração a bordo e possui algumas inconsistências nos valores de Números Digitais (ND) dos pixels (Bennet e Smith, 2017), a imagem foi processada utilizando o método de intercalibração descrito por Elvidge et al (2009).

Os dados de população advêm dos Resultados do Universo do Censo Demográfico 2010 produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do qual se retirou a

variável que representava a população total por setor censitário. A malha dos setores censitários utilizada também foi adquirida do Censo 2010.

2.2 Cálculo do Índice de Desenvolvimento

O cálculo do NLDI é realizado utilizando o mesmo método do Coeficiente de Gini, que mensura a igualdade da distribuição de renda na população, que é calculado a partir da Curva de Lorenz (1905), no qual a renda acumulada é plotada num plano cartesiano em função da população para se determinar a área da curva.

Para isto, neste estudo a malha do setor censitário, foi agregado como atributos o valor da população total por setor e a soma dos números digitais dos pixels de luzes noturnas, as quais indicam o total de luzes presente em cada setor. Após o preenchimento por atributos dos setores, foi gerada uma tabela em que cada setor continha um valor de população e de luzes noturnas. Os setores censitários foram separados por município, ordenou-se os valores de luzes noturnas do menos iluminado ao mais iluminado, e obteve-se o valor acumulado, em porcentagem, de luzes e de população, de forma a gerar a Curva de Lorenz e realizar o cálculo do índice utilizando a mesma relação do Coeficiente de Gini (Figura 2).

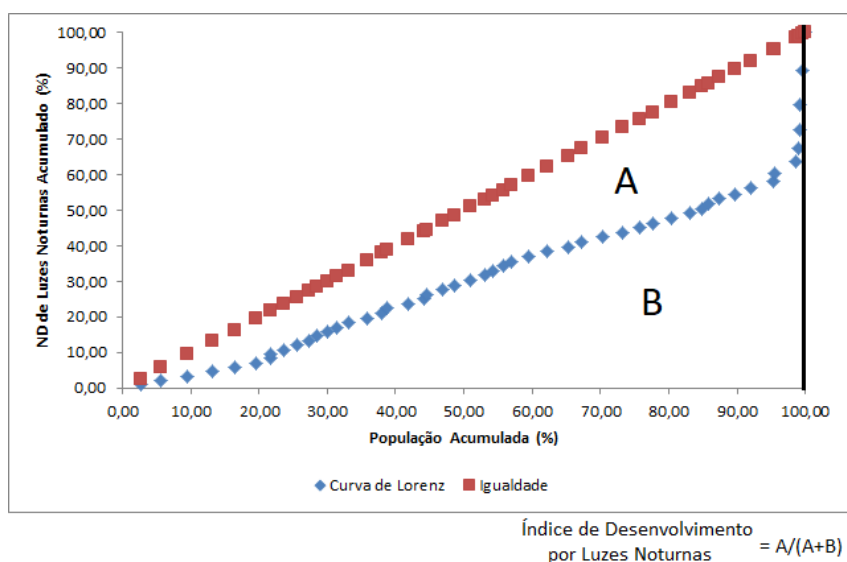


Figura 2. Curva de Lorenz gerada para o município de Aparecida do qual o índice foi calculado utilizando a mesma relação do Coeficiente de Gini.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 demonstra os índices gerados para todos os municípios da RMVPLN do Estado de São Paulo em ordem de desenvolvimento, ou seja, quanto menor o valor do índice, maior é o desenvolvimento do município. Nota-se que os quatro primeiros municípios encontram-se próximo ao eixo da Rodovia BR116 (Rodovia Presidente Dutra) e próximas à Região Metropolitana de São Paulo, indicando uma influência econômica da capital nos municípios do interior. A Figura 3 também explicita o NLDI para os municípios da RMVPLN hierarquizado dos mais desenvolvidos para os menos desenvolvidos. Neste gráfico é possível visualizar a diferença no índice, indicando que há municípios bem mais desenvolvidos do que outros na região.

Alguns municípios apresentam valores do NLDI iguais a outros, fato que pode indicar uma falha descrita por Salvati et al. (2017) o qual relataram que valores similares de Luzes Noturnas podem refletir diferentes desenvolvimentos, de modo que este pode ser um indicador não muito confiável do desenvolvimento humano em regiões com alta taxa de eletrificação.

Tabela 1. Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas dos municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo.

Município	Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas
Taubaté	0,20
São José dos Campos	0,21
Redenção da Serra	0,27
Santo Antônio do Pinhal	0,27
Queluz	0,29
Jacareí	0,30
Campos do Jordão	0,31
Ubatuba	0,31
Lorena	0,33
Caraguatatuba	0,38
Guaratinguetá	0,39
Cruzeiro	0,39
Aparecida	0,41
Bananal	0,43
Igaratá	0,45
São Luís do Paraitinga	0,46
Jambeiro	0,47
Caçapava	0,49
Pindamonhangaba	0,50
Monteiro Lobato	0,51
São Bento do Sapucaí	0,51
Tremembé	0,51
Ilhabela	0,53
Lagoinha	0,53
Natividade da Serra	0,55
Paraibuna	0,55
Santa Branca	0,56
Potim	0,56
São Sebastião	0,58
Cachoeira Paulista	0,58
Arapeí	0,59
Canas	0,62
Cunha	0,66
Silveiras	0,67
Piquete	0,70
São José do Barreiro	0,72
Lavrinhas	0,72
Areias	0,78
Roseira	0,79

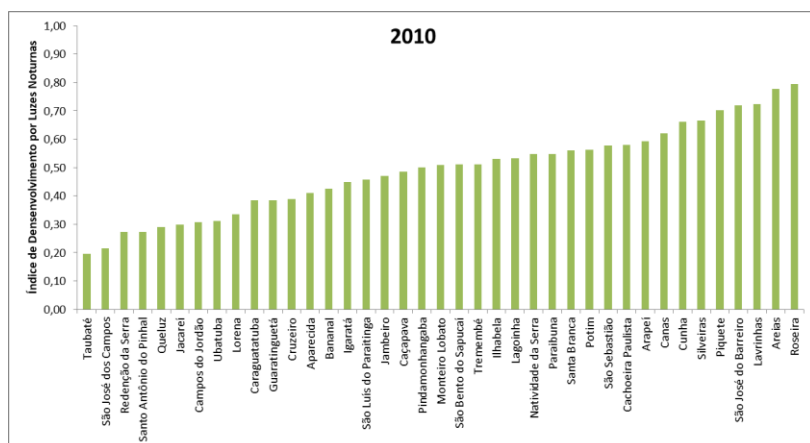


Figura 3. Gráfico do Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas para os municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte hierarquizado dos mais desenvolvidos (à esquerda) para os menos desenvolvidos (à direita).

A Figura 4 demonstra um comparativo visual do NLDI construído neste trabalho com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) Municipal elaborado pelo IBGE. O IDH, contrariamente ao índice por Luzes Noturnas, demonstra o desenvolvimento de um município quanto maior for o seu valor, e embora sejam índices com conceitos de desenvolvimento diferentes, pode dar uma percepção da significância do NLDI. Desta forma, o gráfico demonstra que, de acordo com o IDH, a RMVPLN é mais homogênea, não possuindo tanta desigualdade no desenvolvimento, fato este que é evidenciado pelo NLDI que apresenta um ranking diferente de municípios mais desenvolvidos, mantendo apenas Taubaté e São José dos Campos nas primeiras posições.

De forma parecida, a Figura 5 demonstra espacialmente o nível de desenvolvimento da região, onde os municípios de cores mais quentes (vermelho) demonstram um maior desenvolvimento, de acordo com o NLDI e com o IDH Municipal. Estes modelos evidenciam a diferença entre os indicadores, bem como a desigualdade no desenvolvimento da RMVPLN demonstrada pelo NLDI.

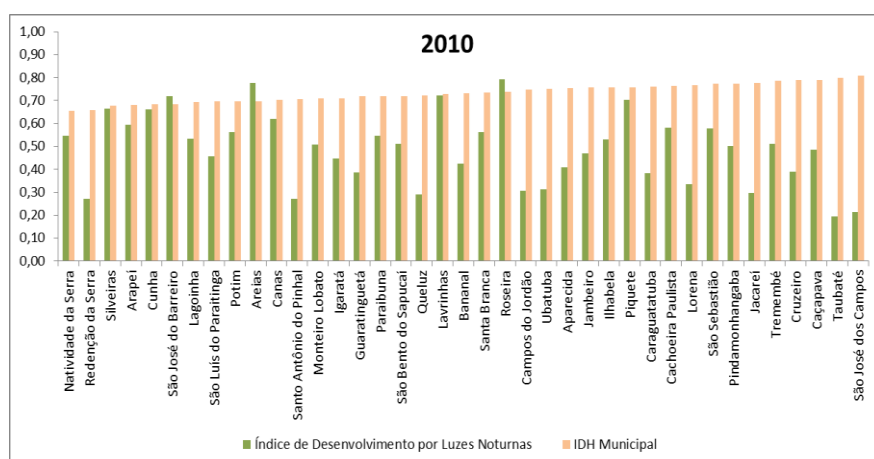


Figura 4. Gráfico comparativo do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) Municipal com o Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas para os municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

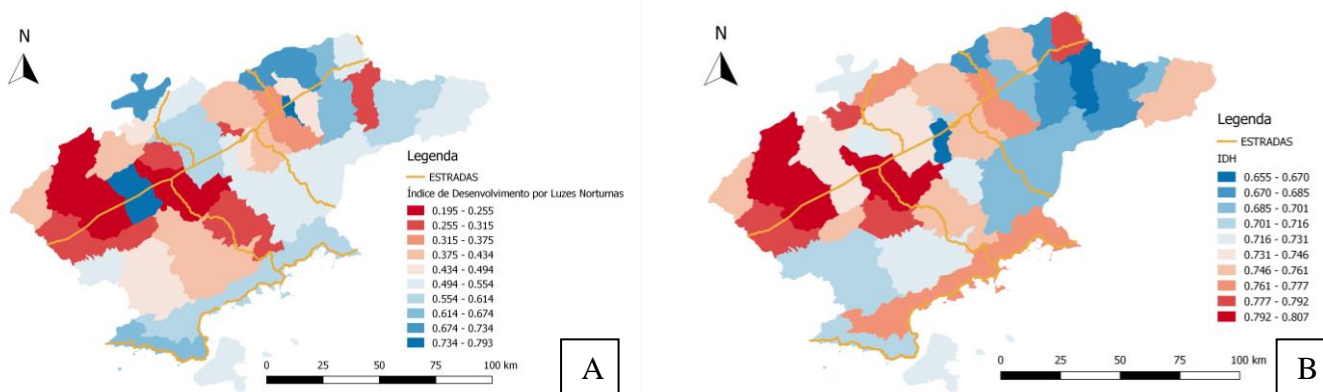


Figura 5. Modelos demonstrando o desenvolvimento dos municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte de acordo com o Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas (A) e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (B), onde as cores mais quentes representam os municípios mais desenvolvidos.

Mesmo com tais discrepâncias, o NLDI pode ser considerado um Indicador Social, ou seja, uma medida quantitativa dotada de significado social substantivo (Januzzi, 2001) que demonstra a distribuição de luzes em uma população e, conseqüentemente, seu acesso a bens e serviços comunitários que lhes dão oportunidade a uma qualidade de vida melhor.

4. CONCLUSÕES

Este estudo construiu um Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas para os 39 municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo a partir do método desenvolvido por Elvidge et al. (2012) de modo a avaliar sua aplicação a nível regional. Infere-se que este indicador social pode refletir o desenvolvimento de uma região a partir de um conceito mediador construído no qual o desenvolvimento é considerado um crescimento econômico, à disposição da coletividade, transformado para atender as diversas necessidades do ser humano para que tenham oportunidades e acesso a uma melhor qualidade de vida.

Constatou-se com este índice que a RMVPLN possui certa disparidade de desenvolvimento entre seus municípios que não é evidenciada pelo IDH Municipal elaborado pelo IBGE, embora se deva atentar que ambos os indicados possuem conceitos e construções diferentes, refletindo diferentes desenvolvimentos. Sugere-se que para demonstrar um desenvolvimento além da distribuição de luzes numa população, adicionar outras variáveis demográficas e/ou socioeconômicas de modo a ampliar o conceito de desenvolvimento expresso por este indicador e sanar as possíveis falhas advindas do método.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bennett, M.M.; Smith, L.C. Advances in using multitemporal night-time lights satellite imagery to detect, estimate, and monitor socioeconomic dynamics. **Remote Sensing of Environment**, n. 192, p. 176–197, 2017.

Elvidge et al. The Night Light Development Index (NLDI): a spatially explicit measure of human development from satellite data. **Social Geography**, v. 7, p. 23–35, 2012.

Elvidge, C. D., et al. A fifteen-year record of global natural gas flaring derived from satellite data. **Energies**, v. 2, p. 595–622. 2009.

ELVIDGE, C.D. et al. Mapping City Lights with Nighttime Data from the DMSP Operational Linescan System. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 63, n. 6, p. 727-734, 1997.

EMPLASA. Disponível em <https://www.emplasa.sp.gov.br/RMVPLN> Acesso em 12 set 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Censo Demográfico 2010**. Disponível em https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm Acesso em 12 set 2017.

Januzzi, P. M. **Indicadores Sociais no Brasil: Conceitos, Fontes de Dados e Aplicações**: Campinas, Editora Alínea, 2001. Cap. 1, p. 13-35.

Lorenz, M. O. Methods of measuring the concentration of wealth. **Publications of the American Statistical Association**, v. 9, n. 70, p. 209–219, 1905.

Oliveira, G.B. Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento. **Revista da FAE**, v. 5, n. 2, p. 37-48, 2002.

Salvati, L. et al. An empirical assessment of human development through remote sensing: Evidences from Italy. **Ecological Indicators**, v. 78, p. 167–172, 2017