

ANÁLISE DE FATORES CONTROLANDO LUZES NOTURNAS NA REGIÃO AMAZÔNICA

Gabriel da Rocha Bragion¹

¹Divisão de Processamento de Imagens, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil, gabriel.bragion@inpe.br;

RESUMO

As fontes de luzes noturnas podem ser associadas a diferentes eventos na superfície terrestre. Embora as luzes noturnas persistentes se relacionam com a infraestrutura de artefatos antropogênicos, a conversão desses dados de radiação em informações úteis sobre aspectos socioeconômicos e físicos de uma região não é trivial, principalmente em um contexto tão complexo quanto o amazônico. Neste trabalho, exploramos a relação de algumas variáveis recorrentes na literatura, citadas como fatores que influenciam a presença e intensidade de luzes noturnas, com a distribuição e intensidade dessas luzes no estado do Pará. Duas variáveis derivadas de luzes noturnas compuseram a base de análises deste trabalho: soma total dos valores de radiação e média dos valores de radiação, ambas na escala municipal. Nós investigamos a relação entre esses dados a partir do coeficiente de Spearman e de Pearson, e avaliamos diversos modelos de regressão multivariada para identificar variáveis que melhor se correlacionam com esses dados. A média de luzes noturnas apresentou uma correlação linear com a densidade da malha viária ($r^2 = 0,98$). Já a intensidade total de luzes noturnas não é traduzida por apenas uma variável. Ao final, identificamos que a análise da relação entre os dados de luzes noturnas e outras variáveis socioeconômicas e infraestruturais permite diferenciar alguns grupos de municípios com matrizes econômicas comuns.

Palavras-chave — Pará, VIIRS, Amazônia, mineração.

1. INTRODUÇÃO

As luzes noturnas são os vestígios antropogênicos mais evidentes na superfície terrestre. Durante o dia, a Terra vista do espaço é um complexo arranjo de características geográficas e atmosféricas, de tal magnitude que a presença humana pode passar despercebida. Entretanto, em face a escura paisagem, as criações humanas se destacam junto aos outros fenômenos transientes, como raios, auroras e queimadas (CROFT, 1978).

Em 1970, o sensor *Operational Linescan System* (OLS) foi integrado ao Programa de Satélite de Defesa e Meteorologia (*Defense Meteorological Satellite Program - DMSP*). Em sua concepção inicial, o sensor era utilizado para o monitoramento de nuvens em condições de baixa irradiância, para fins meteorológicos (WELCH e ZUPKO, 1980), no entanto, tão logo seus dados foram disponibilizados ao mercado, outras aplicações puderam ser exploradas.

A medida que estes dados de luzes noturnas eram investigados, mais evidentes eram os problemas a eles relacionados. A sua resolução grosseira e limitações radiométricas, aliadas a deterioração do sensor e ausência de calibradores internos eram traduzidas na superestimativa de áreas iluminadas e números digitais inconsistentes (TUTTLE, et al., 2014). Até a primeira década do século 21,

diversos trabalhos propuseram técnicas de correção para estes dados, principalmente no tocante à remoção de fontes de luzes efêmeras, até que o Grupo de Observação da Terra (NOAA/EOG – *Earth Observation Group*) passou a disponibilizar os dados já filtrados, apenas com números digitais médios anuais de luzes persistentes, o que atendia a maioria das aplicações da época. Em 2011 o sensor *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) é posto em órbita a bordo do satélite Suomi-NPP e passa a ser a mais importante ferramenta de imageamento noturno da atualidade, dado sua regularidade e melhorias em relação ao seu antecessor. Dentre suas 21 bandas, a *Day Night Band* (DNB) foi empregada justamente com o intuito de registrar de modo contínuo a atmosfera e superfície durante a noite. Tanto a resolução espacial quanto radiométrica são superiores ao seu antecessor, além de contar com um calibrador interno que garante a consistência dos dados ao longo do tempo. Com essas melhorias, novas aplicações passaram a ser empregadas e a fronteira desses dados ainda não pôde ser identificada.

No âmbito socioeconômico, trabalhos como o de Chen et al. (2015) e Bennet e Smith (2017) demonstram o potencial dos produtos VIIRS para estimar variáveis mais específicas, relativas a contextos locais, como a taxa de imóveis desocupados em áreas metropolitanas, crescimento e declínio econômico, urbanização e monitoramento de desastres e áreas de conflito. Neste contexto, Levin e Zhang (2017) trazem um estudo sobre as variáveis que apresentam algum grau de correlação com luzes noturnas em áreas metropolitanas ao redor do globo. As variáveis com potencial para influenciar os níveis de radiação podem ser distinguidas em três categorias: físicas, antropogênicas e socioeconômicas.

A primeira, refere-se a mudanças de condições físicas na paisagem na qual a fonte de luz noturna se insere. Ciclos fenológicos das plantas e regime de chuva ou neve podem alterar drasticamente o albedo de uma região, fator que exerce influência sobre os níveis de radiação registrados pelo sensor (LEVIN e ZHANG, 2017). A segunda refere-se aos objetos e artefatos de natureza antrópica que podem estar associados à presença de luzes noturnas, que se manifestam em diferentes arranjos e, portanto, podem refletir características infraestruturais do ambiente. A terceira diz respeito a forma com que os processos sociais e econômicos de uma região se dão, e como eles podem influenciar as características das luzes noturnas observadas.

Embora categorizadas, essas variáveis são independentes apenas de forma virtual. Na prática, o meio físico influencia e é influenciado pelo meio antropogênico e socioeconômico, de maneira que essas relações são permutadas em todos os

sentidos. No contexto amazônico, as relações entre essas categorias são ainda mais íntimas.

Segundo Souza (2000), o processo de urbanização nos estados da Amazônia Legal ocorreu em dois momentos distintos: o período anterior a 1960, mais lento e por meio de rios; e o período posterior a 1960, acelerado, decorrente da exploração mineral e grandes projetos agrários, por meio de rodovias. A configuração físico-espacial, a filosofia socioeconômica e as modificações ao meio, formam então diferentes cenários de ocupação, profundamente associados entre si. A partir da hipótese de que as fontes de luzes noturnas são um reflexo da associação dessas categorias, o objetivo desse trabalho foi investigar a correlação entre os níveis de radiância de luzes noturnas e variáveis socioeconômicas, físicas e antropogênicas, a fim de explorar a relação existente entre essas variáveis e identificar padrões que avancem a discussão sobre a utilidade dos dados de luzes noturnas em escalas regionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estado do Pará é uma das 27 unidades federativas brasileiras, sendo a segunda maior em extensão territorial e com uma população de aproximadamente 8.513.497 habitantes (IBGE, 2018b). Devido a sua abrangência, o estado tem uma variedade vegetativa muito grande, mas com predominância do bioma floresta amazônica. O estado se desenvolveu a partir de diversas bases econômicas centradas no extrativismo. Além de ser a maior economia da Região Norte, é o maior produtor de Bauxita, Caulim e Manganês do país, e o segundo maior produtor de minério de ferro. Pará também lidera a produção de pesca extrativa e ocupa a quinta posição na produção bovina. Embora seja o segundo maior saldo na balança comercial brasileira, a taxa de pobreza é de 32%, quarta maior do Brasil (FAPESPA, 2018).

2.2 Base de dados e procedimentos

Em resposta às considerações sobre os fatores com potencial de influenciar a distribuição e a intensidade das luzes noturnas, as seguintes variáveis foram elencadas: densidade de vias, número total de vias, número total de observações livres de nuvens, média de observações livres de nuvens, PIB *per capita*, NDVI médio, número de residências e número de estabelecimentos.

Foram calculadas duas variáveis derivadas de luzes noturnas: soma total dos valores de radiância e média dos valores de radiância; ambas associadas à escala municipal. Os dados de luzes noturnas são disponibilizados pelo Administração Oceânica e Atmosférica Nacional em uma composição produzida a partir da média aritmética de observações livres de nuvens durante o período de um mês, com resolução espacial de aproximadamente 450 metros e quantização de 14 *bits*. O produto mensal não é submetido ao

processo de remoção de *outliers* e luzes efêmeras e, portanto, é esperado que luzes efêmeras contribuam para o incremento de erros às análises de regressão. A composição mensal escolhida refere-se ao mês de julho de 2012, escolhida devida a maior disponibilidade de observações livres de nuvens, que também impacta a disponibilidade de dados de Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada (NDVI) para o estado do Pará.

Os dados de observações livres de nuvens são uma composição auxiliar dos valores de radiância da banda DNB do sensor VIIRS, onde cada pixel pode estar associado a um valor de zero a 30. Duas variáveis foram derivadas a partir desses dados: número total de observações livres de nuvens e média do número de observações livres de nuvens; ambas também associadas à escala municipal.

Os valores de NDVI foram obtidos através da plataforma Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), disponibilizados gratuitamente mediante requerimento. Os valores de radiância das bandas infravermelho próximo e vermelho que compõem o índice referem-se aos dados do sensor AQUA MODIS (Moderate Resolution Spectroradiometer), com resolução espacial nominal de 250 metros e quantização de 16 bits. De forma análoga às composições mensais dos dados da banda DNB do sensor VIIRS, os dados de NDVI provêm de composições que podem variar de semanais a decenais, de forma que picos de NDVI resultantes de valores muito baixos de radiância da banda do vermelho possam ser identificados e substituídos (USGS, 2015). Os dados de NDVI foram então associados à unidade de análise através da média aritmética dos seus valores de NDVI, neste caso, para o período entre 01 de junho de 2012 e 08 de junho de 2012.

Os dados de endereços referem-se ao Cadastro Nacional de Endereços para fins Estatísticos (CNEFE), disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), coletados de forma sistemática a cada censo demográfico, a partir do ano 2000. Para este trabalho, optou-se por distinguir os endereços entre domiciliares, isto é, endereços utilizados para fins habitacionais, e estabelecimentos, que abrangem diversas outras classes que não residenciais (IBGE, 2012a). Os dados são disponibilizados em formato vetorial, onde a menor geometria refere-se a face de um logradouro. O número de domicílios e estabelecimentos são então associados a cada uma destas unidades, que foram generalizadas para a escala municipal. Ao final, duas variáveis foram avaliadas, sendo elas: número de domicílios por município e número de estabelecimentos por município.

As informações sobre o PIB *per capita* são também disponibilizadas pelo IBGE, anualmente. O PIB *per capita* calculado baseia-se na amostragem exaustiva dos dados das Contas Nacionais e Contas Regionais do Brasil e são desagregados a nível municipal segundo o mesmo método para todas as Unidades da Federação do Brasil, de forma que possam ser comparados entre si (IBGE, 2018a).

O projeto OpenStreet Maps disponibiliza gratuitamente um acervo global das principais vias de tráfego, incluindo terrestre. A vetorização e atualização dos dados pode ser editada por qualquer usuário cadastrado, para o qual é disponibilizado instruções sobre os métodos de identificação, mapeamento e rotulagem das vias (HAKLAY e WEBER, 2008). Os vetores das vias foram então associados aos seus respectivos municípios e normalizados pela sua extensão territorial para gerar a variável densidades de vias.

A relação entre as variáveis e os dados de luzes noturnas foi avaliada a partir do coeficiente de determinação de Pearson, para a construção de um modelo multivariado linear, e a partir do coeficiente de Spearman para o modelo linear generalizado. A avaliação das variáveis que viriam a compor os modelos procedeu-se a partir do método *Stepwise* segundo critério de informação de Akaike. Dessa forma, é possível identificar quais variáveis contribuem significativamente para o modelo e também comparar os modelos entre si, já que o GLM não altera a dimensão original dos dados. As análises prosseguiram sobre as variáveis que demonstraram maior correlação com os dados de luzes noturnas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises estatísticas

Dentre as duas variáveis de luzes noturnas, a média de luzes na escala municipal é a que tem a maior correlação com a densidade de vias (spearman = 0,83; Tabela 1). Levin e Zhang (2017) também abordam a relação entre densidade de vias e a intensidade média de luzes noturnas a nível municipal para as principais metrópoles do mundo, mas não identificaram uma correlação tão significativa (spearman = 0,667). Mais além, o coeficiente de determinação identificado no presente trabalho ($r^2 = 0,98$, Figura 1) demonstra que, no estado do Pará, a intensidade média de luzes noturnas está intimamente relacionada com a densidade de vias.

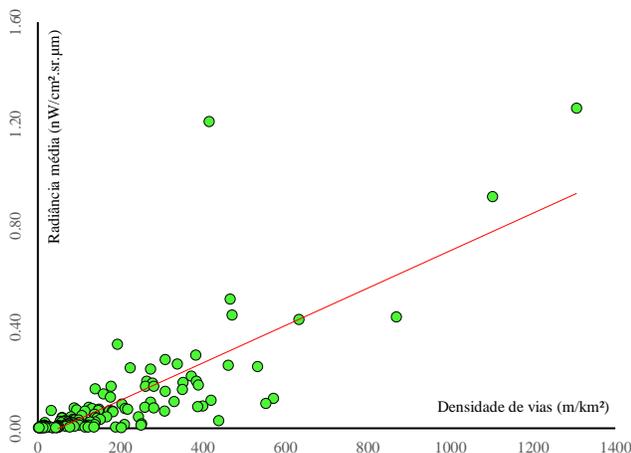


Figura 1 – Densidade de vias e radiancia média dos municípios paraenses (2012).

Tal discrepância pode estar associada com as características da área de estudo, que a nível regional compartilham configurações infraestruturais mais próximas do que as metrópoles estudadas pelos autores. No entanto, deve-se atentar ao fato de que os autores consideram a densidade de vértices por área, e não a extensão total de vias, o que também pode contribuir para a diferença observada entre os resultados.

Tabela 1 - Coeficientes de Pearson e coeficiente de Spearman para cada umas das variáveis analisadas, $\alpha = 0,05$.

	VIIRS médio		VIIRS total	
	Pearson	Spearman	Pearson	Spearman
PIB per capita	0,05	0,13	0,48	0,52
NDVI médio	-0,16	-0,36	-0,02	0,00
Total de observações livres de nuvens	-0,08	-0,67	0,11	0,10
Média de observações livres de nuvens	0,00	0,09	0,07	0,10
Total de residências	0,42	0,37	0,85	0,83
Total de estabelecimentos	0,31	0,32	0,81	0,80
Densidade de vias	0,98	0,83	0,45	0,38

Embora a variável de luzes médias tenha sido melhor representada por apenas um fator, optou-se por prosseguir as análises a partir da variável de soma total de luzes noturnas, pois tanto o GLM quanto o modelo linear obtiveram os menores valores de AIC para o mesmo conjunto de variáveis: PIB, densidade de vias e total de residências. Assim, a partir da pressuposição de que a presença e intensidade de luzes noturnas é um reflexo do contexto socioeconômico local, espera-se que esta abordagem permita explorar melhor estas características.

3.2 Produto interno bruto

A associação dos dados de radiancia total identificados em cada município permitiu identificar uma distribuição heterogênea dos valores de luzes para os municípios paraenses. O município com o maior valor de luzes totais foi a capital, Belém, seguido por Marabá, Ananindeua e Parauapebas. A região metropolitana de Belém (RMB) passa por um processo de conurbação proeminente, que até o momento abrange sete municípios: Ananindeua, Belém, Benevides, Castanhal, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará (PARÁ, 2011). Dentre estes, apenas Santa Bárbara do Pará e Santa Isabel do Pará não estão colocados entre os 20 municípios com maiores valores de radiancia total. Este dois são também os municípios com o menor PIB *per capita* e mais afastados da RMB.

Alguns municípios se destacam quanto a relação entre soma de luzes e PIB (Figura 2). A cidade de Canaã dos Carajás, com o maior PIB do estado para o ano de 2012, não

apresentou valor de radiância total tão sobressalente quanto o seu PIB. A cidade se destaca por sediar o projeto Sossego, um projeto de mineração de cobre que iniciou suas atividades na década de noventa, induzindo um aumento do PIB *per capita* do município de 8.632,45 para 110.230,81 entre os anos de 2002 e 2012 (SILVA e LIMA, 2017). Atualmente, também está em fase de implantação o projeto S11D, que prevê a extração de mais de 90 milhões de toneladas métricas de minério de ferro anualmente (CRUZ, 2017). O segundo colocado quanto ao PIB, o município de Parauapebas, vizinho de Canaã dos Carajás, é representado pelo mesmo contexto econômico, já que seu desenvolvimento se deu segundo aportes provenientes da mineração de ferro a partir da década de oitenta. O município também detém valor de radiância total pouco expressivo.

Partindo da hipótese de que as fontes de luzes noturnas estão associadas à uma complexidade de fatores socioeconômicos, infraestruturais e físicos, a dinâmica entre luzes noturnas observada e bens e produtos finais produzidos numa região reflete os problemas descritos por Borges e Borges (2011), quanto aos impactos da instalação de atividades mineradoras em um município. Para os autores, as cidades que circuncidam esses empreendimentos acabam por sofrer uma explosão populacional decorrente da oferta de trabalho, geralmente desordenada, e carecem de infraestrutura adequada ao contingente populacional, com consequências severas ao desenvolvimento local. Outro exemplo é o município Floresta do Araguaia, que apesar de deter o sétimo maior PIB do estado, ocupa a 65ª quanto aos seu valor de luzes noturnas. O município também se desenvolveu a partir de atividades mineradoras.

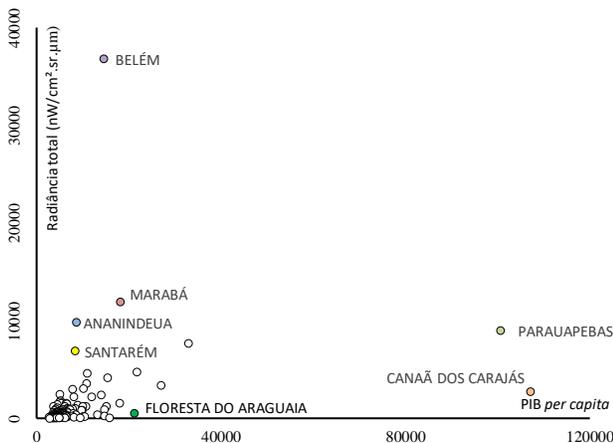


Figura 2 - PIB e radiância total dos municípios paraenses (2012).

Em contrapartida, municípios como Belém, Marabá, Santarém e Ananindeua, também apresentaram uma relação desigual entre PIB e luzes noturnas, porém com predominância das luzes noturnas. Esta relação parece ser comum, ou pelo menos explícita, em localidades com grandes núcleos populacionais. Ananindeua pertence a RMB, sendo a segunda cidade mais populosa do estado, atrás apenas da própria Belém. Santarém e Marabá ocupam a terceira e quarta

posição no ranking populacional do estado, respectivamente (IBGE, 2012b).

3.3 Malha viária

Ananindeua, Marituba e Benevides fazem parte da RMB, sendo que, junto à capital, são os quatro municípios com a malha viária mais densa do estado (Figura 3). Em ambos os casos, a densidade de vias se destaca quando comparada à intensidade radiante. Os municípios de Santarém, Parauapebas e Marabá, no entanto, têm baixos valores de densidade de vias, quando comparados com a intensidade de luzes noturnas. Esta relação torna ainda mais complexa a identificação de padrões lineares entre a infraestrutura viária e os dados de luzes noturnas.

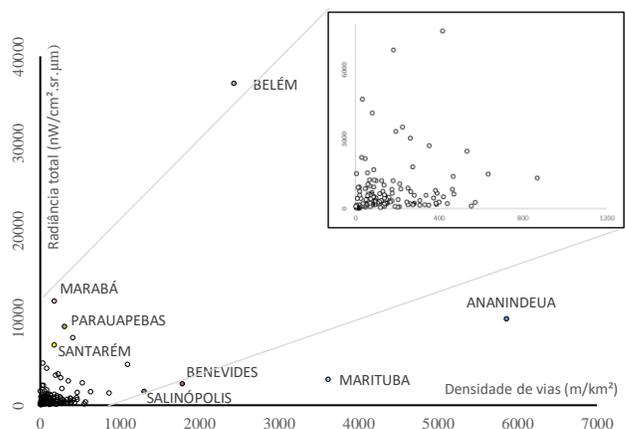


Figura 3 – Densidade de vias e radiância total dos municípios paraenses (2012).

A relação entre a variável densidade de vias e luzes noturnas não evidencia um aspecto linear ou monotônico. No Pará, muitos municípios contam com uma vasta extensão territorial, mas a população se concentra em pequenos polos isolados. O município de Altamira, por exemplo, é o maior município do Brasil, com extensão territorial 159.695.938 km² e população de 113.195 habitantes, aproximadamente 0,62 hab/km² (IBGE, 2018c). A grande amplitude da área total dos municípios, aliada aos vazios demográficos, pode contribuir para a ausência de correlação entre estas variáveis.

3.4 Endereços residenciais

Dentre as variáveis analisadas, a que melhor representa a intensidade total dos dados de luzes noturnas é o número de domicílios ao nível municipal (Figura 4).

Os municípios que se destacam estão inseridos em dois contextos diferentes: núcleos socioeconômicos (Ananindeua, Parauapebas, Benevides, Marituba, Marabá); e cidades associadas a atividades mineradoras (Ourilândia do Norte, Canaã dos Carajás, Barcarena, Marabá e Parauapebas). Marabá, no entanto, apresenta uma matriz econômica mais dinâmica, consequência dos diversos ciclos econômicos pelos quais a cidade se desenvolveu. Do extrativismo da

borracha e castanha-do-pará, até o ciclo do ouro e diamante, que culminariam na instalação massiva de indústrias metalúrgicas na região, Marabá hoje detém o pólo siderometalúrgico voltado para o beneficiamento dos minérios extraídos da região da Serra dos Carajás (ALMEIDA, 2009).

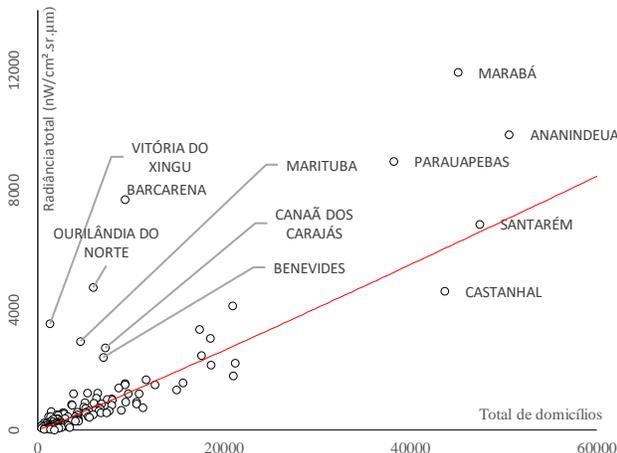


Figura 4 - Total de domicílios e radiação total dos municípios paraenses (2012).

No tocante à relação entre luzes noturnas e número de domicílios, os municípios que têm uma desproporção entre essas variáveis também foram acometidos por pressões socioeconômicas negativas ao longo de suas histórias. Vitória do Xingu é uma cidade portuária integrada ao polo de Altamira, que teve a sua colonização promovida pelo INCRA, a partir da década de setenta, mas que enfrentou um quadro social agravante a partir da década de noventa, devido ao abandono de políticas públicas de subsídio aos migrantes (SANTOS, 2013). A partir de sua emancipação, em 1991, Vitória do Xingu passa a ser uma cidade ímpar quanto a sua dinâmica populacional. Segundo o censo demográfico de 2010, 60,23% de sua população ainda residia em áreas rurais (IBGE, 2012b). A instalação da usina hidrelétrica Belo Monte também é indicada por Reis e Souza (2015) como um dos motores para a escalada da violência da região entre os anos de 2007 a 2013.

Barcarena, localizada a apenas 15 quilômetros da capital, é também uma cidade com empreendimentos minerários, porém que se desenvolve em um contexto diferente dos municípios da Serra dos Carajás. A produção de alumínio primário na região tem início na década de oitenta e se estende até os dias atuais (NAHUM, 2013). Os parques industriais construídos para a instalação desses empreendimentos são palcos de “lugares de ocupação espontânea, que não obedecem ao reordenamento territorial arquitetado pela lógica das empresas e expõem as desigualdades territorial” (NAHUM, 2013, p. 51). O resultado é um cenário comum nas regiões que hospedam grandes empreendimentos e absorvem mão de obra barata, mobilizando migrantes em busca de trabalho e culminando em crises tão logo quanto emergem cidades inteiras.

4. CONCLUSÕES

Embora o sensoriamento remoto de luzes noturnas ainda se situe em um estágio inicial, o número de trabalhos que abordam estes dados tem aumentado significativamente na última década. Tornou-se cada vez mais evidente que os agentes que controlam a distribuição e intensidade das luzes noturnas não são os mesmos ao redor do mundo e, por isso, torna-se primordial o estudo em escalas regionais que identifiquem as dinâmicas desses dados e suas relações com a infraestrutura local. O desenvolvimento deste trabalho mostra que, embora existam variáveis comuns que são intuitivamente associadas a presença de luzes noturnas, a dinâmica entre essas variáveis e as luzes revela padrões socioeconômicos com diferentes motores.

O produto interno bruto, a malha viária e o número de endereços residenciais mostraram que, quando associados aos dados de intensidade total de luzes noturnas de um município, possibilitaram a identificação de grupos de localidades que se inserem em contextos socioeconômicos muito parecidos. Os municípios que servem de núcleos socioeconômicos e aqueles que têm como principal matriz econômica a mineração, puderam ser destacados quanto a relação desproporcional entre o PIB, luzes noturnas totais e número total de domicílios.

Por fim, recomenda-se que trabalhos futuros inseridos neste contexto abordem técnicas de detecção de padrões que permitam identificar sistematicamente os motores socioeconômicos dominantes. Dessa forma, a análise integrada das relações locais dos dados de luzes noturnas e outras variáveis disponíveis poderão integrar bases de monitoramento de fenômenos socioeconômicos e naturais, ferramenta importantíssima no contexto amazônico e brasileiro.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. J. A Cidade de Marabá sob o impacto dos projetos governamentais (1970-2000). *Fronteiras*, v. 11, n. 20, p. 167-188, 2009.
- 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 the Environment*. V. 192, p. 176-187, 2017.
- BORGES, F. Q.; BORGES, F. Q. Royalties minerais e promoção do desenvolvimento socioeconômico: uma análise do projeto carajás no município de Parauapebas no Pará. *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 36, 2011.
- CHEN, Z., et al. Estimating House Vacancy Rate in Metropolitan Areas Using NPP-VIIRS Nighttime Light Composite Data. *IEEE Journal of Selected Topics (...)*. V. 8, n. 5, p. 2188 – 2197, 2015.
- CROFT, T. A. Nighttime Images of the Earth from Space. *Scientific America*, INC. p. 86 – 101, 1978.

- CRUZ, T. **A licença social de operação em Canaã dos Carajás como instrumento de sustentabilidade do projeto Ferro Carajás s11d**. 2017, 78 p. Dissertação (mestrado) - Instituto Tecnológico Vale, Belém, 2017.
- FAPESPA. Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental do Estado do Pará, 2018.
- HAKLAY, M.; WEBER, P. OpenStreetMap: User-Generated Street Maps. **IEEE Pervasive Computing**, v.7, n. 4, p. 12-18, 2008.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012a. Divulgação da Base de Faces de Logradouros do Censo 2010. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/malha_de_setores_censitarios/centro_2010/base_de_faces_de_logradouros/1_Leia_me/Base%20de%20Faces%20de%20Logradouros%20do%20CD%202010.pdf>. Acesso em: 31 Ago. 2018.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012b. Estatísticas Censo Demográfico 2010 – 2010. Disponível em: < https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 02. Set. 218.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018b. Panorama estado do Pará – 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>. Acesso em: 21. Ago. 2018.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018a. Produto Interno Bruto dos Municípios. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=conceitos-e-metodos>. Acesso em: 22. Ago. 2018.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018c. Projeção Populacional de Altamira / PA – 2018. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/altamira>. Acesso em: 22. Ago. 2018.
- LEVIN, M; ZHANG, Q. A global analysis of factors controlling VIIRS nighttime light levels from densely populated areas. **Remote Sensing of the Environment**, V. 190, p. 366-382, 2017.
- NAHUM, J. S. Usos do território e poder do atraso em Barcarena (Pará). **Cuadernos de Geografía**, v. 20, n. 1, p. 47-54, 2011.
- PARÁ. Lei complementar nº 076, de 28 de dezembro de 2011. Altera a lei complementar nº 027/95 e dá outras providências. **Assembléia Legislativa do Estado do Pará**. belém, 28 de dez. de 2011. Disponível em: < http://fnembrasil.org/regiao-metropolitana-de-belem-pa/>. Acesso em: 30. Ago. 2018.
- REIS, J. F. G.; SOUZA, J. L. C. Grandes projetos na Amazônia: A hidrelétrica de Belo Monte e seus efeitos na segurança pública. **Dilemas-Revista de Estudos de Conflito e Controle Social**, v. 9, n. 2, p. 215-230, 2016.
- SANTOS, R. I. Atores Sociais e Gestão Participativa em um Território em Movimento: O caso de Vitória do Xingu (PA). **Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, p. 23-43, 2013.
- SILVA, J. M. P.; LIMA, R. A. P. Economia mineral e os impactos nos territórios amazônicos do sudeste paraense. **Planeta Amazônia**, n. 9, p. 103-116, 2017.
- SOUZA, Carlos Augusto de Silva. *Urbanização na Amazônia*. Belém do Pará: Unama, 2000.
- TUTTLE, B. T., et al. Aladdin's magic lamp: Active target calibration of the DMSP OLS. **Remote Sensing**. V.6, p. 12708 – 12722, 2014.
- USGS – United States Geological Survey, 2015. eMODIS (EROS Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Disponível em: < https://lta.cr.usgs.gov/emodis>. Acesso em: 20. Ago. 2018.
- WELCH, R.; ZUPKO, S. Urbanized Area Energy Utilization Patterns from DMSP Data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. V. 44, n. 2, p. 201 – 207, 1980.