

# LUZES NOTURNAS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: ANÁLISE DOS REGIMES ESPACIAIS DE OCUPAÇÃO E LUZES NOTURNAS

Gabriel da Rocha Bragion<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Av. dos Astronautas, 1.758, CEP 12227-010, SJC- SP, Brazil, gabriel.bragion@inpe.br.

## ABSTRACT

Resumo

**Key words** — Night-time lights, VIIRS, human settlement, watershed-based partition.

## 1. INTRODUÇÃO

Introdução

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

### 2.1 Área de estudos

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 país (FAPESPA, 2018).

### 2.2 Base de dados

#### 2.2.1 Day Night Band

Comparado ao seu predecessor, o sensor *Operational Linescan System* (OLS), a banda DNB tem melhorias dramáticas quanto suas resoluções radiométrica, espacial e espectral. A banda DNB tem uma quantização radiométrica de 14-bits e largura de faixa de 3,000 km. Para alcançar consistência espacial, um programa a bordo do instrumento agrega as células de sub-pixel representadas pelos detectores em 32 modos diferentes, variando em relação às direções de voo e varredura. O resultado é uma distância de amostra de solo (em inglês, *Ground Sample Distance*, GSD) de aproximadamente  $743 \pm 43$  metros na direção de varredura e  $755 \pm 22$  metros na direção de voo [REF].

Os dados do sensor VIIRS utilizados neste estudo consistem nas composições mensais com menor defasagem temporal disponíveis, referentes ao ano de 2012 (abril – dezembro), disponibilizadas pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Cada composição mensal consiste em uma média dos níveis de radiância de observações livres de nuvens registradas pelo sensor diariamente, mas que ainda não foram submetidas a um processo de remoção de luzes efêmeras e valores anômalos não associados às luzes estáveis, como fogo, embarcações hídricas, radiação retroespalhada e iluminação lunar. Cada composição mensal está associada a uma composição que informa o número de observações livres de nuvens que resultaram no produto de radiância média mensal.

A NOAA também disponibiliza composições anuais que já foram submetidas ao processamento de remoção de luzes efêmeras, porém a composição anual com menor defasagem temporal em relação aos dados da malha viária e endereços residenciais refere-se ao ano de 2015. Foi adotado um método adaptado que adota as composições mensais de 2012 como base de dados e inclui a composição anual de 2015 como máscara de filtragem [REF]: o valor 1 é atribuído aos pixels da composição anual de 2015 com níveis de radiância maiores que 0; o valor 0 é atribuído aos pixels da composição anual de 2015 com níveis de radiância iguais ou menores que zero, resultando em uma máscara binária; são selecionadas as composições mensais do ano de 2012 que tenham ao menos 99% dos seu pixels com um número mínimo de observações livres de nuvens igual ou superior a três; é calculada a média entre as composições mensais do ano de 2012; o valor 0 é atribuído à pixels da composição média de 2012 com valores menores que  $1.5E+09 \eta W/cm^2.sr$ ; é calculado o produto entre a máscara binária referente aos valores de 2015 e o resultado da operação de média das composições mensais. O resultado é uma composição referente à média das composições mensais de 2012 que tenham 99% dos pixels com número de observações livres de nuvens maior que três (10% do máximo de observações livres de nuvens possíveis) e livres dos valores nulos da composição de 2015. Dessa forma atenuam-se os problemas de defasagem temporal, que se limitam à divergência entre os valores de radiância entre 2012 e 2010 e luzes efêmeras referentes às composições de 2012 registradas em pixels com localização concorrente aos pixels da composição de 2015 registrados como estáveis, cuja média totalize um valor superior ao limiar estabelecido (Figura X).

Densidade de vias

Densidade de endereços residenciais

### 2.2.2 Malhas territoriais e bases de cálculo

As referências espaciais de setores censitário e do limite político-administrativo do estado do Pará foram obtidas mediante acesso em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/downloads-geociencias.html>; grades celulares (3x3 km, 6x6 km, 12 x 12 km, 24 x 24 km, 48 x 48 km e 96 x 96 km). O censo demográfico de 2010 classifica cada setor censitário da seguinte forma: área urbanizada de cidade ou vila; área não-urbanizada de cidade ou vila; área urbana isolada; aglomerado rural de extensão urbana; aglomerado rural isolado (povoado); aglomerado rural isolado (núcleo); aglomerado rural isolado (outros aglomerados); zona rural, exclusive aglomerado rural

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise de regressão linear

Com o intuito de identificar o grau de associação entre as variáveis DV, DR e LN, foram calculados os coeficientes de determinação referentes a um modelo de regressão linear para cada uma das escalas de análise (Tabela 1). Os coeficientes mostram que o maior grau de associação entre as variáveis independentes DV e DR e a variável dependente LN são obtidos quando as variáveis são generalizadas à escala de 96x96 km ( $R^2 = 0.06898$  e  $R^2 = 0.8216$ , respectivamente), sendo que a variável DV apresentou um coeficiente significativo somente nesta escala. A variável DR apresentou valores elevados de  $R^2$  para todos os casos ( $R^2 > 0.70$ ), sendo que o menor coeficiente é obtido na escala 3x3 km ( $R^2 = 0.7167$ ).

**Tabela 1 – Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) entre a radiância total (LN) e densidade de vias (DV), e LN e densidade de endereços residenciais (DR), para tamanhos de células variados.  $\alpha=0.05$ , (-) não significativo.**

Célula (km x km)	$R^2$	
	DV	DR
96	0.06898	0.8216
48	-	0.7635
24	-	0.7677
12	-	0.7493
6	-	0.7944
3	-	0.7167

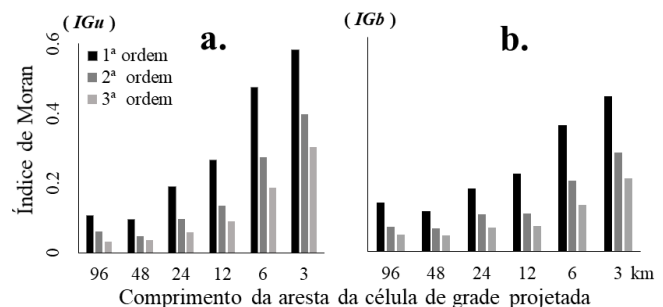
A variação dos valores dos coeficientes  $R^2$  explicita uma relação não monotônica entre a escala de análise e o grau de associação linear entre as variáveis DR e LN. Não é possível

identificar evidências da preponderância de dependência espacial entre as variáveis sobre ocorrência de processos particulares a cada uma das escalas de análise. A alternância dos coeficientes  $R^2$  associada as diferentes escalas de pode ocorrer devido a presença de modelos que não são generalizáveis, isto é, se restringem à escala e área de estudo sobre a qual foram estimados. Por outro lado, a natureza dos dados em questão pode também induzir a má especificação de um modelo, caso a dependência espacial não seja interpretada como parte do problema, seja ela associada à variável dependente ou às variáveis independentes, ou ambas [REF Anselin 1996].

### 3.2 Autocorrelação espacial global

A análise de autocorrelação espacial global univariada (IGu) refere-se apenas à variável LN. Optou-se por proceder a análise de correlação espacial global bivariada (IGb) apenas entre as variáveis LN e DR, sendo a primeira variável a referência e a segunda associada às células que configuram sua vizinhança.

A configuração de vizinhança que apresentou maior autocorrelação espacial global, tanto univariada quanto bivariada, foi a de células com vértices de 3 x 3 km e vizinhança contígua de primeira ordem segundo o método *Queen* (Figura x). Quando comparados as demais ordens associadas à mesma escala, todas as escalas de análise apresentaram valores de IGu (0.5834) e IGb (0.4346) maiores sob a matriz de vizinhança de primeira ordem. O tamanho de célula com menor IGu e IGb segundo a primeira ordem de contingência é a de 48 x 48 km (0.0951 e 0.1121, respectivamente), seguida da 96 x 96km (0.1072 e 0.1357, respectivamente).



**Figura 1- a. Índice de Moran Global univariado (IGu) da radiância total associada a cada célula (LN) e b. Índice de Moran global bivariado (IGb), sendo variável de referência LN e variável de vizinhança densidade de vias (DV). Nota: Eixos das abscissas representam o comprimento da aresta de cada célula. Os eixos das ordenadas representam as variáveis IGu e IGb. Colunas com diferentes tons representam a ordem de contingência da matriz de vizinhança baseada na regra *queen*, incluindo internos.**

Os valores de IGu associados a cada escala de análise são praticamente monotônicos, isto é, aumentam a medida que o tamanho da célula diminui, excetuando-se as células 96 x 96

km e 48 x 48 km, que têm valores similares, mas que não acompanham a mesma tendência. A alteração da escala de análise, quando comparada à alteração da ordem de contingência da matriz de vizinhança, exerce maior influência sobre a variação do IG<sub>u</sub>. Todas as observações supracitadas também se aplicam ao IG<sub>b</sub>. Dessa forma, segundo o delineamento experimental apresentado, a autocorrelação espacial global, tanto univariada quanto bivariada, é mais sensível à variação da escala de análise do que é sensível à variação da matriz de vizinhança.

## **7. REFERENCIAS**