

## MODELOS DASIMÉTRICOS PARA DESAGREGAR DADOS DO CENSO AGROPECUÁRIO

Anielli Rosane de Souza <sup>1</sup>, Silvana Amaral <sup>2</sup>, Ana Paula Dal'Asta <sup>3</sup>, Maria Isabel Sobral Escada <sup>4</sup> e Antônio Miguel Vieira Monteiro <sup>5</sup>.

<sup>1,2,3,4,5</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, Av. dos Astronautas, 1758 - Jardim da Granja, São José dos Campos/SP - CEP 12227-010, {anielli.souza; silvana.amaral, ana.dalasta, isabel.escada; miguel.monteiro}@inpe.br.

### RESUMO

Este estudo analisa o uso de métodos dasimétricos para a desagregação de variáveis do Censo agropecuário. O objetivo foi utilizar Modelos Dasimétricos Binário (MDB) e Inteligente (MDI) e dados de uso e cobertura da terra e *Áreas Potenciais de Ocorrência de Açaí* para a espacializar as variáveis derivadas do Censo Agropecuário de 2017 referentes às *Culturas Permanentes e Produção de Açaí*, no município de Cametá, estado do Pará. Os resultados mostraram que é possível desagregar as variáveis do Censo utilizando ambos os modelos. O MDI ofereceu maior detalhamento da distribuição espacial das variáveis, permitindo identificar áreas com menor e maior proporção e densidade de produção. A desagregação espacial de variáveis associadas à produção rural possibilita identificar a localização dos sistemas tecno-produtivos intra-municipal para a análise em escala local.

**Palavras-chave** — Censo agropecuário, desagregação espacial, dasimétrico, uso e cobertura da terra.

### ABSTRACT

*This study analyzes the use of dasimetric methods for the disaggregation of variables in the Agricultural Census. The objective was to spatialize the variables derived from the 2017 Agricultural Census regarding Permanent Crops and Açaí Production, in the municipality of Cametá, state of Pará, using Binary Dasimetric Models (BBM) and Intelligent Dasimetric Models (IMD) with auxiliary data as land use and land cover data, and Potential Areas of Açaí Occurrence. The results showed that it is possible to disaggregate the Census variables using both models. The MDI provided greater detail on the spatial distribution of variables, allowing the identification of areas with lower and higher production density and proportion. The spatial disaggregation of variables associated with rural production makes it possible to identify the location of intra-municipal techno-productive systems for analysis on a local scale.*

**Keywords** — Agricultural Census, spatial disaggregation, dasymetric, land use and cover.

### 1. INTRODUÇÃO

O uso de dados de uso da terra contribui para a compreensão da dinâmica da paisagem e de como se estrutura a produção econômica agropecuária e extrativista de uma região [1], [2]. Esses dados podem ser obtidos a partir de mapeamentos com imagens de satélite ou por meio de levantamentos declaratórios como os dos censos agropecuários do IBGE que reúnem um conjunto de informações sobre os estabelecimentos agropecuários, sobre as culturas produzidas, a extração vegetal, a atividade e produção pecuária, a mecanização, tipo de mão de obra utilizada etc.[3]. Esses dados estão disponíveis *on-line* para diferentes recortes político-administrativos, sendo o município o menor nível de desagregação espacial. Entretanto, esses recortes não coincidem com unidades de análise relacionadas com a paisagem ou com a produção econômica agrária local, implicando na generalização ou homogeneização dos usos da terra nos recortes territoriais disponíveis [4].

A desagregação espacial é comumente utilizada em estudos que adotam unidades de análises menores do que aquelas em que os dados são divulgados, como nos estudos populacionais [4], [5]. Vários métodos têm sido propostos para estimar a população a partir da combinação de dados derivados de sensoriamento remoto e técnicas de desagregação espacial baseados em Modelos Dasimétricos [5], [6].

O Modelo Dasimétrico é um tipo de interpolação zonal que se baseia em dados auxiliares como os provenientes do sensoriamento remoto: uso e cobertura da terra, luzes noturnas, modelos digitais de superfície e etc. [4], [5], [7]. O Modelo Dasimétrico Binário (MDB) e o Modelo Inteligente (MDI) são os principais tipos de modelo dasimétrico [8]. Variáveis derivadas do Censo Demográfico têm sido desagregadas em diferentes unidades espaciais com métodos dasimétricos [4]–[7], [9], [10]. Contudo, estes modelos ainda não tem sido usualmente aplicados para as variáveis do Censo Agropecuário.

Diante disso, esse trabalho tem por objetivo testar os modelos de desagregação espacial derivado dos estudos populacionais, os Modelos Dasimétrico Binário (MDB) e o Inteligente (MDI), para duas variáveis distintas do Censo Agropecuário do ano de 2017, *Área total de produção de lavoura permanente* e *Produtos da Extração vegetal*, para a escala intramunicipal. Para isso foram utilizados dados de uso e cobertura da terra do ano de 2014 do TerraClass2014-

refinado [11], mapa de *Áreas Potenciais de ocorrência de açaí* [12] e o Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) para avaliação dos resultados. O recorte espacial corresponde à área administrativa do município de Cametá, na região do Baixo Tocantins, estado do Pará.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O município de Cametá está localizado na região do Baixo Tocantins, porção nordeste do estado do Pará. O município inclui projetos de Assentamentos Agroextrativistas (PAE) e áreas Quilombolas (Figura 1). Essa região é reconhecida pelas atividades econômicas associadas principalmente à produção de açaí (extrativista ou agrícola), pimenta-do-reino e mandioca [3].

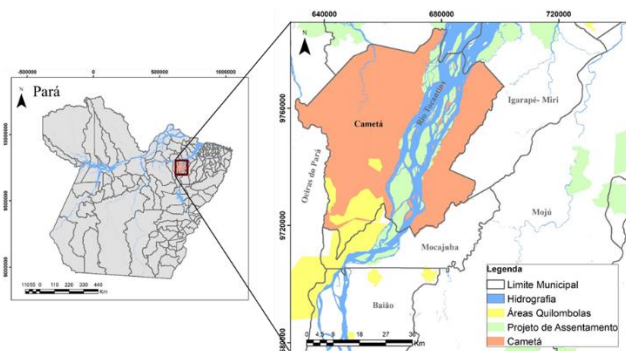


Figura 1. Área de estudo

### 2.2 Materiais

A Tabela 1 apresenta os dados utilizados. Os dados socioeconômicos, provenientes do Censo Agropecuário de 2017 [3] são desagregados com o uso de dados auxiliares.

| Dados   | Ano  | Fonte               |
|---|------|---------------------|
| Socioeconômicos   |      |                     |
| Área total de produção de lavoura permanente                    | 2017 | IBGE (2019)         |
| Produtos da Extração vegetal - Produção de açaí                 | 2017 | IBGE (2019)         |
| Auxiliares  |      |                     |
| Uso e cobertura da terra – TerraClass2014-refinado <sup>1</sup> | 2014 | Souza et al. (2019) |
| Áreas potenciais de ocorrência de açaí <sup>2</sup>             | 2014 | Souza et al. (2019) |
| Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos – CNEFE   | 2017 | IBGE (2019)         |

Tabela 1. Dados utilizados no desenvolvimento do trabalho.

### 2.2 Métodos

A variável *Área total de produção de lavoura permanente* foi renomeada para *Lavoura permanente* e a variável *Produtos da Extração vegetal* para *Produção de açaí*. Dos *Produtos da*

*Extração vegetal* foi extraída apenas as informações do açaí extrativistas (ilhas e várzeas). Os valores dessas variáveis são agregados por município e a unidade de coleta são os estabelecimentos agropecuários. Essas variáveis foram desagregadas utilizando os dois métodos MDB e MDI. O Modelo Dasimétrico realoca os dados oriundos da *zona fonte* para a *zona alvo* considerando as áreas destas *zonas alvos*, por meio de um operador ponderado pela área. No MDB a redistribuição do fenômeno é feita considerando apenas os locais onde o fenômeno pode ocorrer, definidos pelas variáveis auxiliares. Já o MDI considera que as áreas, a depender de suas características, possuem diferentes probabilidades de ocorrência do fenômeno. Assim, no MDI os pesos atribuídos aos dados auxiliares irão definir qual local é mais propenso para ocorrer o fenômeno analisado [8], [10].

Como dado auxiliar foi utilizado um conjunto de classes de usos e cobertura da terra para cada variável. Para desagregar a variável *Lavoura permanente* utilizou-se as quatro classes oriundas do *TerraClass2014-refinado*[11]: 1- *Agricultura anual de pequena escala*; 2- *Vegetação secundária inicial*; 3- *Vegetação secundária avançada* e; 4- *Regeneração com Pasto*. Para desagregar a *Produção de açaí*, utilizou-se as classes de *Áreas potenciais de ocorrência de açaí* [12]: 1- *Alto potencial de ocorrência de açaí*; 2- *Vegetação secundária avançada* e; 3- *Agricultura anual de pequena escala*. A escolha das classes foi baseada em estudos anteriores e expedições de campo [11], [13] que apontam para a importância destas classes em relação a ocorrência/ausência de cultura permanente e da produção de açaí (várzea e ilha).

Realizou-se a *Análise Hierárquica Ponderada* (AHP)[14] para definir os pesos das classes utilizadas na redistribuição espacial da *Lavoura permanente* na área do município, reduzindo-se a subjetividade na atribuição dos pesos para a construção do MDI. Os maiores pesos foram atribuídos às classes *Agricultura anual de pequena escala* (0,45) e *Vegetação secundária inicial* (0,34), por serem categorias onde ocorre com maior frequência os cultivos agrícolas, como a pimenta-do-reino e mandioca, produtos de grande importância para a economia regional [13]. À classe *Vegetação Secundária Avançada* foi atribuído um valor intermediário (0,18), uma vez que está associada à produção de açaí de terra firme e de cacau. Estes cultivos estão cada vez mais presente no cenário da produção camponesa da região [13]. O menor valor foi atribuído à classe *Regeneração com Pasto* (0,04), por representar áreas em processo de regeneração e que podem ser facilmente confundidas com áreas de produção de açaí (em terra firme) e de pimenta-do-reino em seu ciclo agrícola inicial. A *Razão de Consistência* desta AHP foi de 0,1 considerada satisfatória [14].

A ponderação das classes associadas à *Produção de açaí*, baseou-se no conhecimento adquirido em expedições de campo [13] e nos dados referentes aos *grupos de atividade econômica*, disponíveis no banco de dados do SIDRA[3]. Esses grupos consideram as formas de utilização da terra e a organização dos estabelecimentos rurais em relação às

<sup>1</sup> *TerraClass2014-refinado* é um dado de uso e cobertura da terra em que a classe *mosaico de ocupação e vegetação secundária* foram refinadas utilizando imagens da série Landsat e RapidEye[11].

<sup>2</sup> *Áreas Potenciais de ocorrência de açaí* é um dado elaborado a partir da combinação entre dados de uso e cobertura da terra e algoritmo descritor do terreno (*Height Above the Nearest Drainage*)[12].

atividades econômicas de uso da terra. Os estabelecimentos inseridos no grupo de atividade econômica: *Produção florestal - florestas nativas*, concentram a maior parte da produção em toneladas (t) de açaí, sendo responsáveis por 97% da produção total de 44.960 t de açaí, seguida pelo grupo de *Produção de lavouras temporárias* com 2% e, em menor proporção, os grupos de *Produção de lavouras permanentes*, *Pecuária e criação de outros animais*, *Aquicultura*, *Pesca*, *Horticultura e floricultura* que juntos totalizam 1% do total [3].

A classe *Alto potencial de ocorrência de açaí* obteve maior peso (0,80), pois são áreas que se relacionam diretamente com a *Produção florestal - florestas nativas*. A classe *Vegetação Secundária Avançada* recebeu o peso de 0,15, pois embora os remanescentes deixados pelos produtores inseridos no grupo *Produção de lavouras temporárias* sejam importantes para a manutenção do açaí, a ocorrência de açaí nessas áreas é baixa. Já a classe *Áreas de agricultura anual de pequena escala* recebeu o peso 0,05, pois são áreas voltadas à lavoura permanente e não à produção de açaí extrativista, embora alguns estabelecimentos camponeses mantenham remanescentes florestais ao longo dos rios para conservação do açaí nativo [13], [15].

Assim, as variáveis *Lavoura Permanente* e *Produção de Açaí*, referentes ao município foram desagregadas. Para *Lavoura Permanente* foi estimada a proporção (%) e a *Produção de Açaí* refere-se a densidade por área (t/ha). Como resultado, obteve-se mapas com distribuição espacial intramunicipal das classes de *Lavoura permanente* e de *Produção de açaí*, aplicando-se o MDB, que apenas considerou a existência dessas classes, e o MDI que ponderou a ocorrência das lavoura e do açaí em função das classes de uso e cobertura da terra.

### 2.2.1 Avaliação dos resultados

Para avaliar os resultados dos modelos foram utilizados os pontos de localização dos estabelecimentos agropecuários do CNEFE. Esses pontos foram sobrepostos a cada mapa de superfície de densidade (MDB - *Lavoura Permanente*, MDI - *Lavoura permanente*, MDB - *Produção de açaí* e MDI - *Produção de açaí*). Assim, foi avaliado o número de estabelecimentos nas áreas mapeadas em relação às faixas de proporção de *Lavoura Permanente* e os intervalos de densidades da *Produção de açaí*.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2017, o Censo Agropecuário computou 4.608ha de lavoura permanente plantada e 44.960t de açaí coletado no município de Cametá. Com base no MDB e MDI foi realizada a desagregação espacial das variáveis *Lavoura Permanente* (Figuras 2) e *Produção de açaí* (Figuras 3) do Censo Agropecuário de 2017.

No mapa MDB *Lavoura Permanente* (Figura 2a), a proporção de área plantada é a mesma para toda a área considerada, e corresponde a 5%. O modelo binário pressupõe comportamento uniforme nas áreas das classes indicativas de

ocorrência do fenômeno. Ou seja, o valor 0% (zero) representa a ausência, e são áreas onde não há indicação de ocorrência de lavoura ou de produção de açaí. Para o mapa MDI- *Lavoura Permanente* (Figura 2b), há diferentes proporções, que variam de 1% nas áreas classificadas como *regeneração com pasto*, até 11 % associado à classe *Agricultura anual de pequena escala*. Proporções intermediárias de 4% a 8% estão associadas às classes *Vegetação Secundária Avançada* e *Vegetação Secundária Inicial*, respectivamente. Observa-se também que as maiores proporções estão concentradas em regiões mais distantes das áreas ribeirinhas. A sazonalidade do rio impõe limitações ao desenvolvimento da agricultura, dificultando o cultivo ao longo do ano.

Pelo modelo MDB de *Produção de açaí* (Figura 3a), nas áreas onde há classes indicando a produção de açaí, obteve-se densidade homogênea de 0,29 t/ha. A partir do MDI (Figura 3b), a densidade de produção de açaí variou de 0,02 t/ha (menor densidade), correspondendo aos locais de *agricultura anual de pequena escala* em terra firme, próximas às comunidades da região, até 0,33 t/ha (maior densidade) associada às áreas de *Alto potencial de ocorrência de açaí*. Essas áreas com maiores densidades de produção concentram-se na região de ilhas do rio Tocantins e próximas aos rios, corroborando com observações feitas em campo [13]. A análise conjunta dos mapas (Figura 2 e 3) reforça a importância do dado auxiliar para a desagregação espacial, permitindo representar a heterogeneidade intrínseca dos territórios e obter uma leitura mais próxima da realidade.

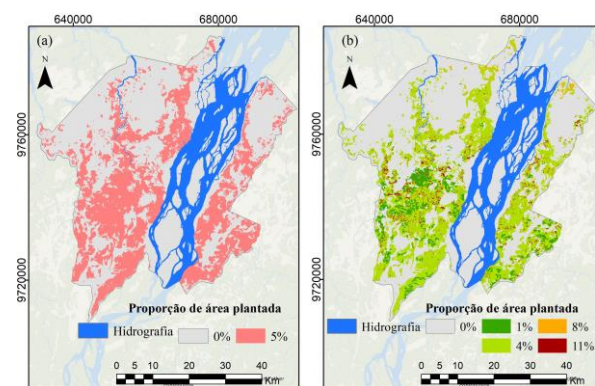


Figura 2. Distribuição espacial de Lavoura Permanente pelo Modelo Dasimétrico Binário -MDB (a) e Inteligente - MDI (b)

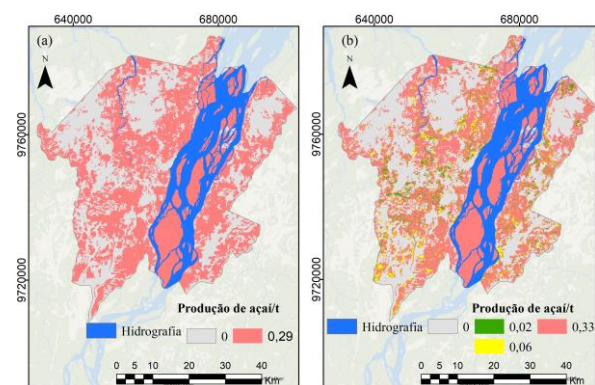


Figura 3. Distribuição espacial de Produção de açaí pelo Modelo Dasimétrico Binário -MDB (a) e Inteligente - MDI (b)



### 3.1 Avaliação

No geral, cerca de 24% dos 12.891 estabelecimentos agropecuários do CNEFE estão em áreas que a variável *Lavoura Permanente* foi desagregada com o modelo MDB. Para *Produção de açaí*, do total de estabelecimentos, 71% foram identificados nas áreas desagregadas como *Produção de açaí*.

A Tabela 2 apresenta a distribuição dos estabelecimentos agropecuários em relação às superfícies do MDI para a *Lavoura Permanente* e *Produção de açaí*. Para o MDI, em relação à *Lavoura Permanente* (Tabela 2), estimou-se 4% dos estabelecimentos agropecuários ocorrendo tanto nas áreas de maior proporção (11%) como de menor (1%) proporção de área plantada. O intervalo de 4% registrou o maior número de estabelecimentos (15%). No geral, o número de estabelecimentos são baixos em relação ao total, isso porque são destinados, em sua maioria para a produção de açaí [13]. A Tabela 2 corrobora com esta suposição, ao apresentar os resultados do MDI para a *Produção de açaí*: 64% dos estabelecimentos estão concentrados nas áreas com densidade de produção de açaí com valor 0,33 t/ha. Em áreas com menor densidade (0,06 e 0,02 t/ha) estão distribuídos respectivamente em apenas 2% e 5% dos estabelecimentos.

| Proporção de <i>Lavoura permanente</i>  | Nº de Estabelecimentos |
|---|------------------------|
| 0%                                      | 9823 (76%)             |
| 1%                                      | 461 (4%)               |
| 4%                                      | 1904 (15%)             |
| 8%                                      | 167 (1%)               |
| 11%                                     | 536 (4%)               |
| Densidade de <i>Produção de açaí</i> /t | Nº de Estabelecimentos |
| 0                                       | 3762 (29%)             |
| 0.33                                    | 8283 (64%)             |
| 0.06                                    | 241 (2%)               |
| 0.02                                    | 605 (5%)               |

**Tabela 2. Número de estabelecimentos rurais em relação ao MDI da Lavoura permanente e de Produção de açaí.**

### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho desagregou dados do censo agropecuário, disponíveis por municípios, das variáveis *Lavoura Permanente* e *Produção de açaí* a partir das metodologias MDB e MDI, usualmente utilizadas na construção de superfície de densidade populacional. O MDB gera uma distribuição espacial uniforme enquanto o MDI, ao possibilitar incorporar conhecimento, distribui espacialmente essas variáveis de forma heterogênea. Os modelos utilizados mostraram-se adequados para fazer a desagregação das variáveis derivadas do Censo Agropecuário. No entanto, esse processo depende da escolha adequada das variáveis auxiliares, que exigem conhecimento, seja ele teórico ou empírico de quais classes de uso e cobertura são indicadoras da produção de lavoura permanente e açaí. Variáveis diferentes exigem abordagens metodológicas e dados auxiliares diferentes.

A desagregação espacial de variáveis do Censo Agropecuário pode indicar, de forma indireta, a distribuição

espacial dos sistemas tecno-produtivos rurais dos municípios. Assim, a informação espacializada no município auxilia nos estudos sobre a economia local possibilitando indicar de forma mais precisa, o local de produção, bem como a distribuição espacial de variáveis que possibilitam caracterizar os diferentes modos de produzir.

### 5. REFERÊNCIAS

- [1] I. C. G. Vieira, R. A. O. Santos Júnior, and P. M. Toledo, "Dinâmicas produtivas, transformações no uso da terra e sustentabilidade na Amazônia," *Um Olhar Territ. para o Desenvol. Amaz.*, pp. 370–395, 2014.
- [2] F. de A. Costa, *Economia Camponesa nas Fronteiras do Capitalismo: Teoria e Prática nos EUA e na Amazônia Brasileira*. Belém-PA: NAEA, 2012.
- [3] I. B. de G. a e E. IBGE, *Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos*, 5th ed. Rio de Janeiro, 2019.
- [4] J. Baynes, A. Neale, and T. Hultgren, "Improving intelligent dasymetric mapping population density estimates at 30m resolution for the conterminous United States by excluding uninhabited areas," *Earth Syst. Sci. Data*, vol. 14, no. 6, pp. 2833–2849, 2022.
- [5] S. Amaral, "Geoinformação para estudos demográficos: representação espacial de dados de população na Amazônia Brasileira," *Tese Doutorado*, p. 166, 2003.
- [6] K. B. De Castro, H. L. Roig, and M. R. B. Neumann, "Comparação entre diferentes métodos de interpolação zonal para estimativa populacional: estudo de caso das áreas urbanas do Distrito Federal," *Rev. Bras. Cartogr.*, vol. 71, no. 1, pp. 207–232, 2019.
- [7] A. A. Gavlak, "Padrões de mudança de cobertura da terra e dinâmica populacional no Distrito Florestal Sustentável da BR-163: população, espaço e ambiente," 2011.
- [8] M. Langford and D. J. Unwin, "Generating and mapping population density surfaces within a geographical information system," *Cartogr. J.*, vol. 31, no. 1, pp. 21–26, 1994.
- [9] T. Fricker, J. B. Elsner, V. Mesev, and T. H. Jagger, "A dasymetric method to spatially apportion tornado casualty counts," *Geomatics, Nat. Hazards Risk*, vol. 8, no. 2, pp. 1768–1782, 2017.
- [10] J. B. Holt, C. P. Lo, and T. W. Hodler, "Dasymetric estimation of population density and areal interpolation of census data," *Cartogr. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 31, no. 2, pp. 103–121, 2004.
- [11] A. R. De Souza *et al.*, "Cartografia do Invisível: Revelando a Agricultura de Pequena Escala com Imagens Rapideye na Região do Baixo Tocantins, Pa.," *Rev. do Dep. Geogr.*, vol. 38, pp. 137–153, 2019.
- [12] A. R. De Souza *et al.*, "Cartografia do açaí: representação espacial de áreas potenciais de ocorrência de açaí no baixo Tocantins, nordeste do Pará.," in *In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 19., 2019, pp. 1954–1957.
- [13] A. R. De Souza *et al.*, "Paisagens e uso da terra em núcleos populacionais e estabelecimentos rurais da região do baixo Tocantins - Pará," *INPE. São José dos Campos*, p. 62, 2021.
- [14] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York, 1980.
- [15] F. de A. Costa, "O Açaí nos Padrões de Reprodução de Camponeses Agrícolas do Nordeste Paraense: os casos de Capitão Poço e Irituia," pp. 1–23, 1997.