



**TEMA:** Análise de estatística espacial dos mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais em 2016, no estado de Goiás

## Introdução

A agricultura irrigada favorece aumentos significativos na produtividade de diversas culturas agrícolas, principalmente nas épocas de estiagens, além de expandir o período anual de plantio, permitindo também a diversificação de culturas no local. Um dos sistemas de irrigação mais utilizado para o plantio de soja, milho, feijão, alho, batatas e outras culturas sob irrigação é representado pelo pivô central, que consiste em um sistema móvel, constituído por uma barra com aspersores que se movimenta em torno de um ponto fixo (LANDAU et. al, 2013).

Com a adoção desse equipamento e nas condições adequadas, a água torna-se disponível em abundância para irrigação de culturas, proporcionando maior qualidade e quantidade na produção agropecuária. Esses benefícios, incentivam os produtores rurais a construir em suas propriedades, barramentos ou açudes para o acúmulo de água proveniente de precipitação das chuvas ou interrupção/desvio de cursos d'águas. A construção de barragens e açudes, resultante do acúmulo das águas da chuva, é uma alternativa relativamente de baixo custo e de pouco dano ao ecossistema, ao contrário dos barramentos que interceptam os cursos dos córregos e rios, pois alteram e/ou diminuem o escoamento do fluxo de água original.

Não obstante os aspectos positivos com a adoção do pivô central em determinadas culturas, as águas constituem um fator primordial na questão socioambiental: elemento fundamental para existência da vida, principal recurso na produção agrícola, insumo nos processos produtivos, no transporte e importante no balanço climático. A Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Dentre suas bases encontram-se: a constituição como bem de domínio público, seu enquadramento como recurso natural limitado, dotado de valor econômico. A Lei também aborda que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos deve ser destinado ao consumo humano e a dessedentação de animais. Além disso, descreve que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo dos recursos hídricos.

De acordo com o informativo Agro em Dados de maio de 2020, divulgado mensalmente pela Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA) de Goiás, a estimativa do Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP), do Brasil para 2020, é de R\$ 689.972.794.452,32, e a participação de Goiás nesse montante é de R\$ 57.496.553.936,22, que representa 8,3% do VBP do país, e o 5º maior VBP entre os estados brasileiros. Considerando a participação no Valor Bruto de Produção de Goiás (%), a agricultura goiana destaca-se nas produções de soja (42,7%), milho (21,5%), cana-de-açúcar (18,7%), tomate (8,3%), feijão (3,1%), algodão herbáceo (2,8%) e outros (2,9%). Já na pecuária, a criação de bovinos é atividade dominante com 49,9%, seguidos pela produção de frangos (23,2%), leite (18,1%), suínos (4,5%) e ovos (4,3%).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise de estatística espacial com o intuito de identificar de padrões espaciais do uso racional dos recursos naturais com o auxílio nos dados georreferenciados de pivôs centrais e barramentos artificiais, contemplando o estado de Goiás e o Distrito Federal no ano 2016. Isso é virtude à preocupação de Goiás, com casos recentes de crise hídrica devido a redução da água disponível no estado. A fim de reverter esse quadro uma das principais ações governamentais é regulamentar o uso dos recursos hídricos, assegurando.

**TEMA:** Análise de estatística espacial dos mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais em 2016, no estado de Goiás

## Base de dados

As bases de dados utilizadas foram os mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais, produzidos por técnicas de geoprocessamento e processamento digital de imagens do estado (MIYASHITA, 2017a e 2017b). Os dados vetoriais dos mapeamentos e os informes técnicos estão disponíveis para download no site do SIEG (<http://www.sieg.go.gov.br/>) e no site do IMB (<https://www.imb.go.gov.br/>), respectivamente.

Para as análises envolvendo o mapeamento de barramentos artificiais foram desconsiderados os empreendimentos destinados à produção de energia elétrica (usinas hidrelétricas-UEH e pequenas centrais hidrelétricas-PCH), devido à grande extensão das lâminas d'águas, podendo superestimar as análises estatísticas. Portanto, para as análises a seguir serão consideradas apenas as barragens de uso comum, tais como as destinadas para a irrigação, abastecimento, dessedentação animal, lazer, entre outros.

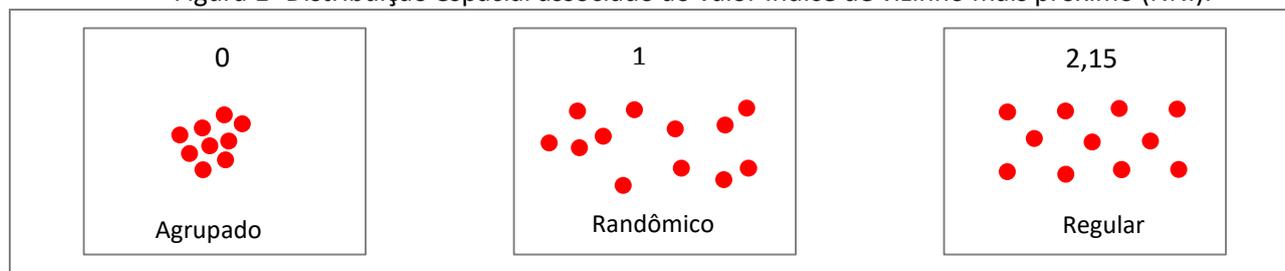
## Técnicas de Estatística Espacial aplicada aos dados

### Índice de Vizinho Mais Próximo – NNI

A primeira análise efetuada para os dados quantitativos de área ocupada por pivôs centrais e área inundada das barragens, foi a aplicação do Índice de vizinho mais próximo (NNI), que determina se o conjunto de dados possui uma distribuição espacial de padrão agrupado, randômico (aleatório) ou regular (disperso). Segundo Borges (2019), uma distribuição espacial é caracterizada como agrupada, quando o resultado do INN for inferior a 1, no entanto, se o resultado do índice for superior a 1, a tendência é de dispersão.

A Figura 1 ilustra o comportamento de uma distribuição espacial e o valor do NNI associado.

Figura 1- Distribuição espacial associado ao valor Índice de vizinho mais próximo (NNI).



Fonte: Adaptado de IB GEOGRAPHY (2020).

Elaboração: Instituto Mauro Borges\Secretaria Geral da Governadoria.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos pelo Índice de vizinho mais próximo.

Tabela 1 – Resultados das estatísticas do Índice de vizinho mais próximo (NNI).

	Mapeamento de Pivô central	Mapeamento de barragem
Distância média observada (m)	1618,54	2207,13
Distância média esperada (m)	5371,88	3768,81
Índice de vizinho mais próximo	0,30	0,58
z-score	-79,81	-74,48
p-valor	0,000000	0,000000
Método de distância	Euclidiana	Euclidiana
Padrão	Agrupado	Agrupado

Fonte dos dados: IMB.

Elaboração: Instituto Mauro Borges\Secretaria Geral da Governadoria.

**TEMA:** Análise de estatística espacial dos mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais em 2016, no estado de Goiás

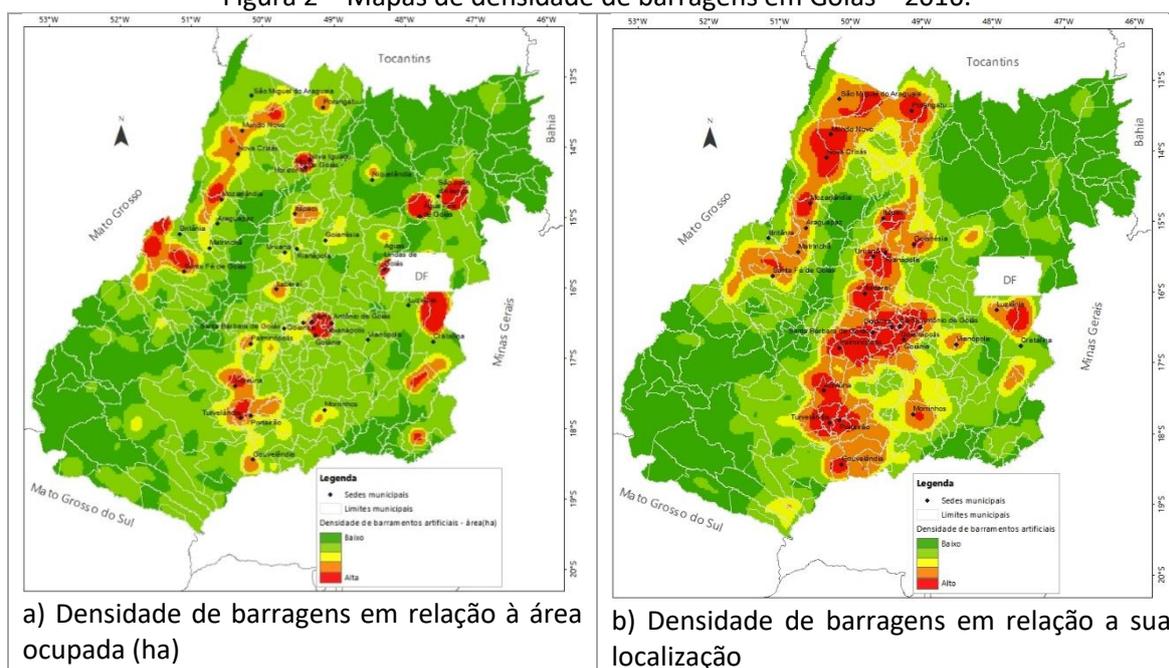
De acordo com os resultados exibidos na Tabela 1, observa-se que ambos os mapeamentos (pivôs centrais e barragens) apresentaram valor do índice NNI menor que 1, p-valor significativo ( $< 0,05$ ) e padrão de vizinhança (espaçamento) como “agrupado”. Demonstrando assim, que existe um padrão espacial de concentração de pivôs centrais e barramentos em determinadas regiões de Goiás.

### Mapas de Calor – Densidade de Kernel

Diante do resultado obtido através da aplicação do Índice de vizinho mais próximo (INN), foram elaborados mapas de calor utilizando o estimador de Kernel para facilitar a identificação visual desses agrupamentos, que de acordo com Silva (2004) é uma técnica estatística de inferência espacial, não paramétrica, em que uma distribuição de pontos ou eventos é convertida em uma “superfície contínua de risco”.

Para a análise e comparação dos dados dos mapeamentos, foram avaliados os seguintes aspectos: área ocupada e quantidade de empreendimentos, visto que, existem empreendimentos (pivôs centrais ou barragens) de diversos tamanhos no estado. A Figura 2 apresenta os mapas de densidade de barramentos artificiais, em relação à área ocupada e localização (quantidade), respectivamente.

Figura 2 – Mapas de densidade de barragens em Goiás – 2016.



Fonte dos dados: IMB.

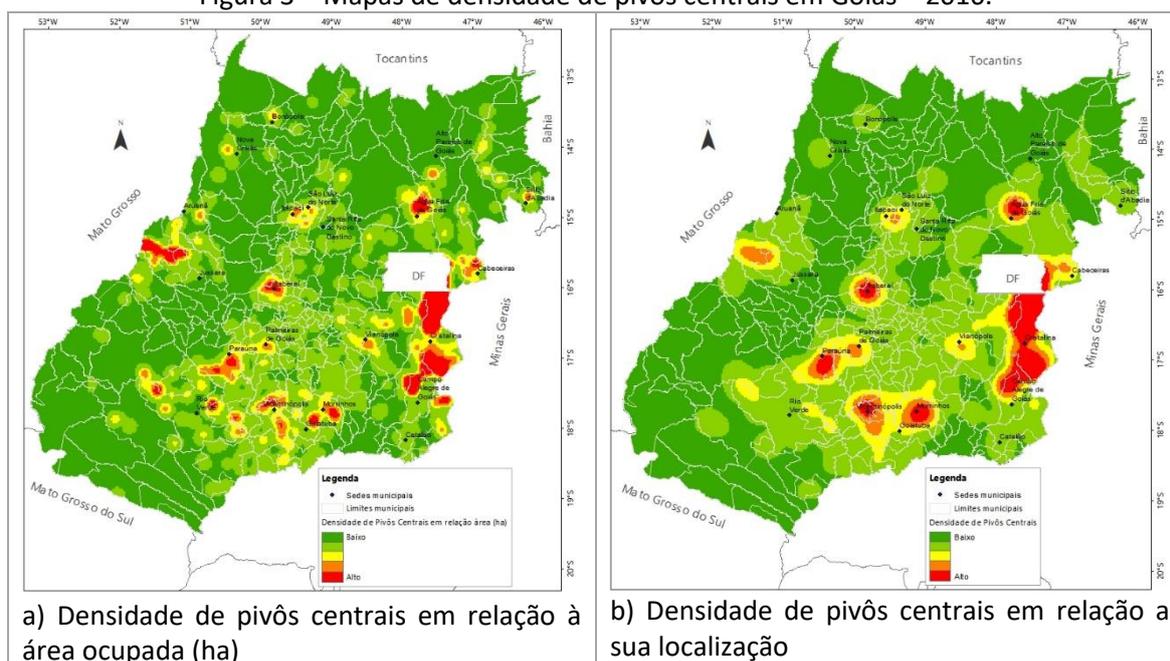
Elaboração: Instituto Mauro Borges \ Secretaria Geral da Governadoria.

**TEMA:** Análise de estatística espacial dos mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais em 2016, no estado de Goiás

Conforme a Figura 2b, no mapa de densidade em relação à localização dos barramentos, nota-se a existência de extensas aglomerações (em vermelho), principalmente na região central e noroeste do estado. Essa distribuição espacial pode ser explicada pela atividade econômica e peculiaridades dessas regiões. É na região noroeste que estão localizados importantes municípios produtores de rebanho bovino, tais como, Nova Crixas e São Miguel do Araguaia, que em 2018 possuíam um efetivo de 762.818 e 578.818 cabeças, respectivamente (BDE-GO, 2020). Enquanto, que na região central, a presença da capital goiana e região metropolitana representam a maior densidade demográfica do estado, e que demandam grande quantidade de água para atender ao abastecimento urbano, produção industrial, agrícola, lazer, entre outros.

Na Figura 2a, no mapa de densidade de barramentos por área (ha) inundada, é perceptível a presença de aglomerados menores e mais dispersos. Essa distribuição espacial dos aglomerados está relacionada com a influência dos empreendimentos que possuem extensas lâminas d'águas, evidenciando as regiões com maior quantidade de área. Tem-se como exemplo, as localidades próximas aos municípios de Alto Horizonte, Água Fria de Goiás, São João da Aliança e Goiânia. Além dessas regiões, nota-se aglomerados nas regiões noroeste e próximas aos municípios de Cristalina, Turvânia e Acreúna. A seguir a Figura 3 apresenta os mapas de densidade de pivôs centrais, que foram mapeados também no ano de 2016.

Figura 3 – Mapas de densidade de pivôs centrais em Goiás – 2016.



Fonte dos dados: IMB e ECONOMIA.

Elaboração: Instituto Mauro Borges \ Secretaria Geral da Governadoria.

Comparando os mapas da Figura 3, nota-se que a distribuição espacial dos aglomerados no mapa da Figura 3a, são menores e mais distribuídos sobre o território, com relação ao mapa da Figura 3b, que apresenta aglomerados maiores e localizados principalmente nas regiões próximas aos municípios de Cristalina, Água Fria de Goiás, Itaberaí, Paraúna, Vicentinópolis e Morrinhos. Sendo que, a concentração de pivôs centrais na região de Cristalina se destaca significativamente em ambos os mapas.

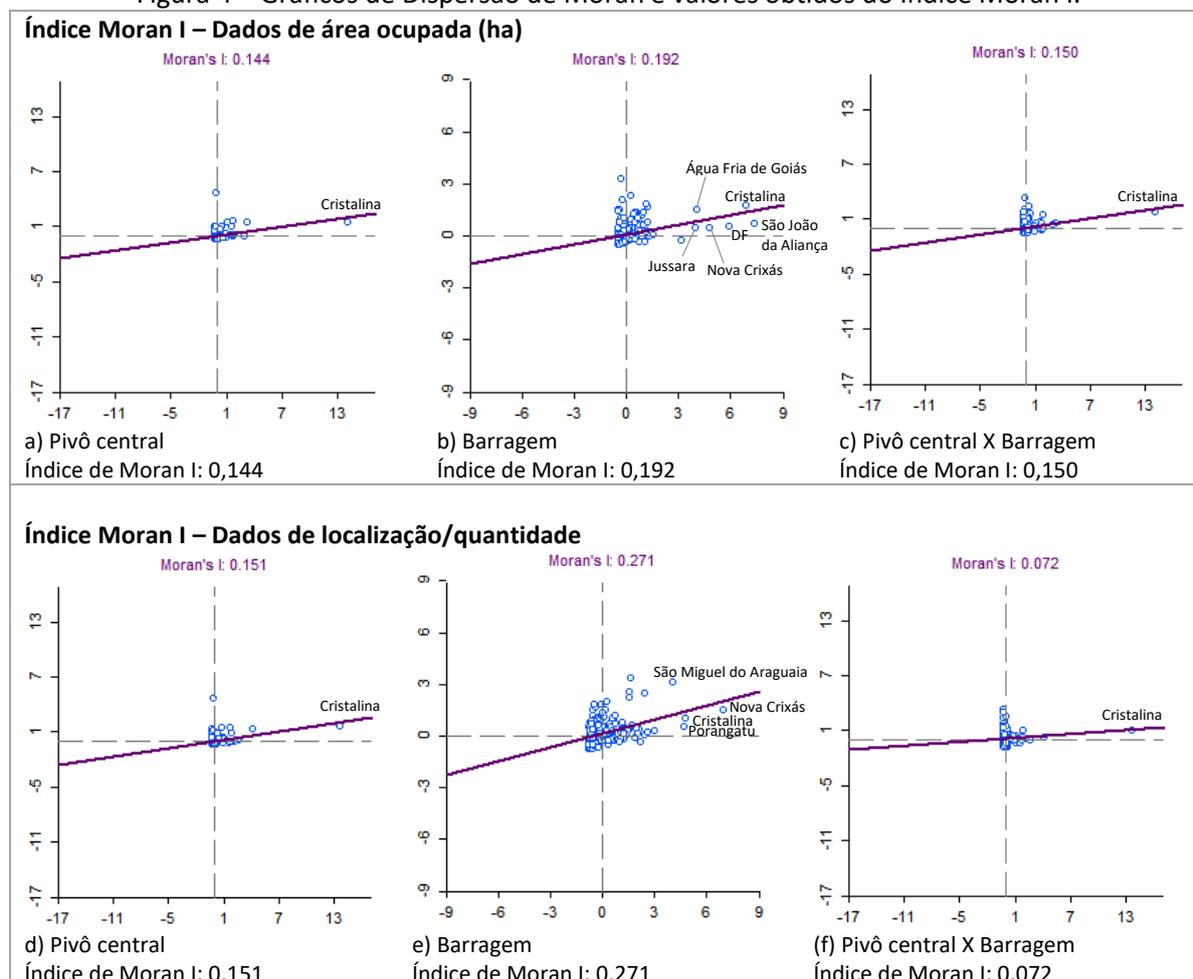
**TEMA:** Análise de estatística espacial dos mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais em 2016, no estado de Goiás

## Índice Global de Moran I e Moran Local (LISA)

Para verificar a autocorrelação espacial utilizou-se como ferramenta estatística o Índice de Moran Global (I) e Moran Local (LISA). A autocorrelação espacial mede a relação entre observações com proximidade espacial, considerando que observações espacialmente próximas possuam valores mais parecidos. O indicador global de autocorrelação espacial – Moran I fornece um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados (MELO; MATHIAS, 2010).

A Figura 4 apresenta os resultados do Índice Moran I (univariado e bivariado) e do diagrama de espalhamento ou gráfico de dispersão de Moran, para os dados de mapeamento de pivôs centrais e barragens, considerando a localização (quantidade) e a área ocupada. Por meio do gráfico de dispersão é possível interpretar o Índice de Moran que compara os valores observados *versus* a média dos valores de seus vizinhos (ANSELIN, 1996).

Figura 4 – Gráficos de Dispersão de Moran e valores obtidos do Índice Moran I.



Fonte dos dados: IMB e ECONOMIA

Elaboração: Instituto Mauro Borges \ Secretaria Geral da Governadoria.

**TEMA:** Análise de estatística espacial dos mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais em 2016, no estado de Goiás

Para interpretar o gráfico de dispersão, deve-se considerar que as medições localizadas nos quadrantes Q1 (valores positivos, médias positivas ou “alto-alto”) e Q2 (valores negativos, médias negativas ou “baixo-baixo”), indicam pontos de associação espacial positiva, isto é, o município com valor considerado está cercado por municípios com valores similares, e nos quadrantes Q3 (valores positivos, médias negativas ou “alto-baixo”) e Q4 (valores negativos, médias positivas ou “baixo-alto”), indicam pontos de associação espacial negativa, ou seja, o município em questão possui vizinhos com valores distintos (CAMPOS et. al., 2013).

Portanto, de acordo com a Figura 4, temos que o Índice de Moran I (univariado e bivariado) para os dados de mapeamento de pivôs centrais e barragens resultou para todos os casos, um padrão global de associação espacial positiva, porém de baixa magnitude, visto que nas figuras as observações encontram-se em sua maioria, concentradas no centro do diagrama, ou seja, próximas da coordenada (0,0), indicando assim, baixa correlação. Porém, observa-se que há municípios situados no quadrante “alto-alto” (Q1), e que apresentam comportamento distinto (mais distante da origem) em relação aos demais.

No caso dos diagramas de dispersão de pivôs centrais (Figura 4a e 4d), temos que o município de Cristalina apresenta correlação espacial positiva, com regime espacial “alto-alto”, evidenciando que o município possui elevada quantidade de pivôs centrais e vizinhos com o mesmo padrão similar de comportamento. Já nos diagramas de espalhamento Figura 4c e 4f, Cristalina apresenta uma grande quantidade e área ocupada de pivôs centrais e barragens, e vizinhos com padrão similar de comportamento.

Quanto aos dados de barramentos artificiais, os municípios goianos classificados como “alto-alto” em relação à área ocupada (Figura 4b) são: Cristalina, São João da Aliança, Nova Crixas, Água Fria de Goiás e Jussara, e segundo a localização/quantidade (Figura 4e) foram: Nova Crixas, Cristalina, Porangatu e São Miguel do Araguaia.

Outra técnica adotada neste trabalho para análise dos padrões de distribuição espacial foi o Moran Local (LISA), que permite a decomposição dos indicadores globais em contribuições individuais, ou seja, produz um valor específico para cada localização. Essa técnica permite identificar situações atípicas (*outliers*), descobrir padrões de associação espacial, e encontrar agrupamento de valores similares (clusters), através de mapas temáticos (ANSELIN, 1995). A Figura 5 mostra os resultados da análise da autocorrelação espacial local de Moran (LISA) por meio dos mapas, sendo o valor p menor que 0,05, ou seja, a hipótese de aleatoriedade espacial é nula.

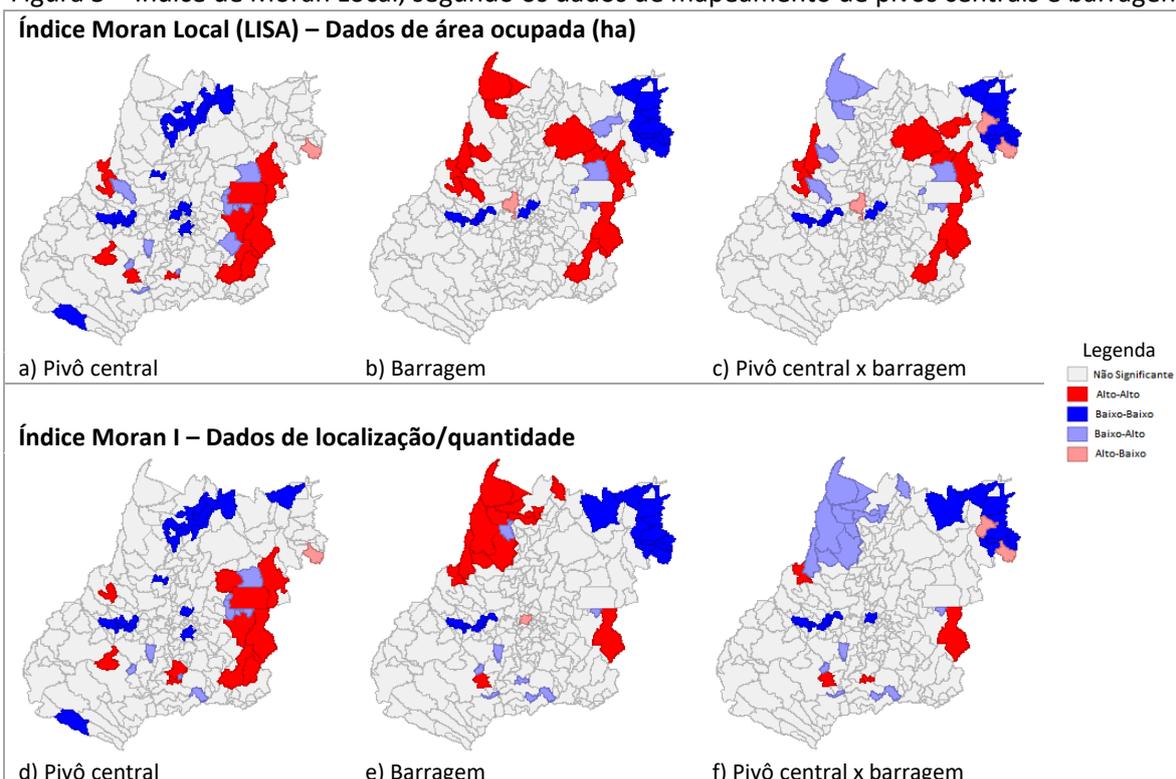
De acordo com a Figura 5, é possível identificar agrupamentos de municípios com valores similares, com correlações do tipo “alto-alto”, que são representadas nos mapas na cor vermelho intenso, e indicam alta quantidade ou área ocupada (pivôs centrais ou barragens), cercados de municípios com valores similares. Em relação aos dados de pivôs centrais representados nas Figuras 5a (em relação à área) e 5d (em relação à localização/quantidade), ambos os mapas tiveram classificação semelhante, com um aglomerado de municípios na região leste do estado, composto por Campo Alegre de Goiás, Cristalina, Ipameri e Luziânia. Além do Distrito Federal.

**TEMA:** Análise de estatística espacial dos mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais em 2016, no estado de Goiás

Comparando os mapas da Figura 5b (em relação à área ocupada) e 5e (em relação à quantidade/localização), é perceptível a diferença na distribuição espacial dos aglomerados, ocasionada pela presença de extensas barragens, e que influenciam no resultado. Enquanto que a Figura 5b exibe três aglomerados distintos de municípios, localizados na região noroeste e leste do estado, temos que a Figura 5e apresenta um significativo aglomerado formado por onze municípios na região noroeste, sendo seis municípios na microrregião de São Miguel do Araguaia (Crixás, Mozarlândia, Mundo Novo, Nova Crixás, Novo Planalto e São Miguel do Araguaia), dois municípios na microrregião do Rio Vermelho (Aruanã e Britânia), e três municípios na microrregião de Porangatu (Amaralina, Bonópolis e Mutunópolis).

Outro aspecto importante inferido a partir da Figura 5f, que relaciona a quantidade de pivôs centrais *versus* barramentos artificiais, são os municípios rotulados com o regime espacial “baixo-alto”, que significa que esses municípios apresentam baixa quantidade de pivôs centrais, porém alta quantidade de barramentos. Reforçando o entendimento que nessa região, o uso de barragens pode estar direcionado para atender outras atividades, como exemplo, a criação de animais (pecuária).

Figura 5 – Índice de Moran Local, segundo os dados de mapeamento de pivôs centrais e barragens



Fonte dos dados: IMB e ECONOMIA

Elaboração: Instituto Mauro Borges \ Secretaria Geral da Governadoria.

**TEMA:** Análise de estatística espacial dos mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais em 2016, no estado de Goiás

Em resumo, ao realizar a comparação dos resultados obtidos das análises de estatística espaciais realizadas para os mapeamentos de pivôs centrais e barragens, é perceptível reconhecer aglomerados distintos, evidenciando uma propensão maior de pivôs centrais para o leste do estado, enquanto, que a maior quantidade de barramentos tende para a região noroeste. Considerando os resultados do LISA mapas e dos diagramas de dispersão, é possível apontar que dentre os municípios goianos, Cristalina é o principal município que apresenta correlação forte entre o crescimento de pivôs centrais e o aumento de barramentos artificiais, ou seja, possui alta concentração de pivôs centrais e alta concentração de barragens de uso comum. A disponibilização de dados que apoiam a gestão hídrica é um importante fator para o direcionamento de políticas públicas destinadas a conservação e uso racional da água. A distribuição espacial demonstra um dos cenários de demanda hídrica, como o de fornecer insumos para a análise por território no gerenciamento dos Recursos Hídricos. Outro fator importante é o melhor direcionamento das ações de monitoramento e fiscalização ambiental com a identificação de possíveis áreas críticas.

#### **Responsáveis técnicos**

**Priscila Midori Miyashita** (Pesquisadora em geoprocessamento)

**Rejane Moreira da Silva** (Técnica em gestão pública)

#### **Colaboração**

**Bernard Silva de Oliveira** (Gerente de dados e estatística)

#### **Revisão do texto**

<sup>1</sup>**Deliane Rodrigues Reis** (Estagiária em Letras)

---

<sup>1</sup> Atividade exercida sob supervisão do Gerente de Dados e Estatística

**TEMA:** Análise de estatística espacial dos mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais em 2016, no estado de Goiás

## Referências

ANSELIN, Luc. **The Moran Scatterplot as an ESDA Tool to Assess Local Instability in Spatial Association**. In M. Fischer, H. Scholten, and D. Unwin (Eds.). *Spatial Analytical Perspectives on GIS*. London: Taylor and Francis, 1996: p.111–125.

BDE-GO. **Banco de Dados Estatísticos de Goiás**. Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/bde/>. Acesso em: 01 jun. de 2020.

BORGES, Alexandra Rocha Alves. **Modelo espacial integrado das percepções dos turistas no litoral Alentejano**. 2019. 275f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informações Geográficas e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento) – Universidade de Lisboa, Portugal. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/37881>. Acesso em: 10 de maio de 2020.

CAMPOS, A. C. P. **Deteção de padrões espaciais na distribuição dos pacientes portadores de doença genética com deficiência física da associação de assistência à criança deficiente (AACD) de Pernambuco**. 2013. 81f. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013. Disponível em: [http://www.ppgbea.ufrpe.br/sites/www.ppgbea.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao\\_final\\_ana\\_clara\\_paixao\\_campos.pdf](http://www.ppgbea.ufrpe.br/sites/www.ppgbea.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao_final_ana_clara_paixao_campos.pdf). Acesso em: 10 de maio de 2020.

IB GEOGRAPHY. **IB Geography**. Disponível em: <https://www.geoib.com/nearest-neighbor-index.html>. Acesso em: 20 jun. de 2020.

LANDAU, Elena Charlotte; GUIMARÃES; Daniel Pereira; REIS, Ruibran Januário. **Mapeamento das Áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal – Brasil**. Sete Lagoas - MG, 2013. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. N 77. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94389/1/bol-77.pdf>. Acesso em: 05 de jun. de 2020.

MELO, Emiliana Cristina; MATHIAS, Thais Aidar de Freitas. **Distribuição e autocorrelação espacial de indicadores da saúde da mulher e da criança, no Estado do Paraná, Brasil**. Revista Latino-Americana de Enfermagem. Ribeirão Preto. Vol. 18. 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/pdf/rlae/v18n6/pt\\_19.pdf](https://www.scielo.br/pdf/rlae/v18n6/pt_19.pdf). Acesso em: 01 de maio de 2020.

MIYASHITA, Priscila Midori. **Mapeamento de espelhos d'água do Estado de Goiás e Distrito Federal – Ano 2016**. Goiânia, 2017a. Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/informes-tecnicos/2017/14-mapeamento-de-espelhos-d-agua-do-estado-de-goias-e-distrito-federal-de-2016-201708.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2020.

MIYASHITA, Priscila Midori; BARBALHO, Maria Gonçalves da Silva. **Mapeamento de pivôs centrais dos Estados de Goiás e Distrito Federal em 2016**. Goiânia, 2017b. Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/informes-tecnicos/2017/24-mapeamento-dos-pivos-centrais-de-2016-201712.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2020.



**TEMA:** Análise de estatística espacial dos mapeamentos de pivôs centrais e barramentos artificiais em 2016, no estado de Goiás

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA). **Agro em Dados**. Goiânia, maio 2020. Disponível em: <https://www.agricultura.go.gov.br/files/Agro-em-Dados-2020/AGROEMDADOS-MAIO.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

SILVA, Simonne Almeida. **Utilização de técnicas de análise espacial como ferramenta para vigilância de pneumonias radiologicamente definidas na infância em Goiânia**. 2004. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Epidemiologia, Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2004. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/59/o/SimonneSilva-2004.pdf>. Acesso em: 20 de fev. de 2020.