

O RENDIMENTO MÉDIO AGRÍCOLA E O REGIME DE CHUVAS NO ESTADO DA PARAÍBA: UMA ANÁLISE DE DADOS ESPACIAIS PARA O ANO DE 2014

Otoniel Rodrigues dos Anjos Júnior¹
José Carlos Araújo Amarante²
Ivan Targino Moreira³
Patrícia Araújo Amarante⁴

RESUMO: A presente pesquisa analisou a relação entre o rendimento médio das lavouras permanentes e a pluviosidade nos municípios paraibanos para o ano de 2014, utilizando-se, para tal, dados oriundos do IBGE e da AESA. Dessa forma, espera-se contribuir para a literatura indicando como a pluviosidade afeta o desempenho econômico da agricultura, especificamente a sua produtividade. A partir da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), constatou-se indícios de concentração espacial no rendimento médio por hectare, indicando uma possível variação do rendimento em decorrência do efeito do contágio em seu processo de distribuição no espaço. Destaca-se que tanto na forma univariada quanto na multivariada os indicadores globais e locais apresentaram indícios de dados espacialmente correlacionados. Salienta-se que o desenvolvimento do trabalho sugeriu que o modelo *Spatial Error Models* (SEM), estimado por Métodos Generalizados dos Momentos (MGM), mostrou-se o mais adequado para modelar tal problema. Com exceção da *dummy* Agreste, todas as variáveis explicativas (pluviosidade, rendimento da lavoura temporária, rebanho por hectare, *dummy* Borborema e *dummy* Sertão) mostram-se significantes para explicar o rendimento médio da lavoura permanente por hectare no Estado da Paraíba.

Palavras-Chave: AEDE; Modelos SAR, SEM e SAC; I de Moran

ABSTRACT: This research analyzed the relationship between the average yield of permanent crops and rainfall in the municipalities of Paraíba for the year 2014, using data from IBGE and AESA. Thus, it is expected to contribute to the literature indicating how rainfall affects the economic performance of agriculture, specifically its productivity. From the Exploratory Analysis of Spatial Data (AEDE), evidence of spatial concentration in the average yield per hectare was found, indicating a possible variation in yield because of contagion on its space distribution process. It is noteworthy that both in the univariate and in the multivariate form, the global and local indicators showed evidence of spatially correlated data. It should be noted that the development of the work suggested that the Spatial Error Models (SEM) model, estimated by Generalized Methods of Moments (MGM), proved to be the most adequate to model such a problem. Except for the dummy Agreste, all the explanatory variables (rainfall, yield of temporary crops, herd per hectare, dummy Borborema and dummy Sertão) are significant to explain the average yield of permanent crops per hectare in the State of Paraíba.

Key words: AEDE; SAR, SEM e SAC Models; I de Moran.

Data da submissão: 10-10-2020

Data do aceite: 17-12-2020

INTRODUÇÃO

Na visão de Johnston e Mellor (1961), as funções desempenhadas pela agricultura estão relacionadas aos primeiros estágios de desenvolvimento econômico. Isso ocorre, em parte, devido à diminuição da participação da agricultura no produto e no emprego regional, sendo tal atividade, juntamente com a pecuária, durante um considerável período o centro dinâmico da economia do Estado da Paraíba. Sobre esse aspecto, Moreira e Araújo (2014) mostram

¹ Doutorando em Economia pela Universidade Federal da Paraíba (PPGE-UFPB).

² Doutorando em Economia pela Universidade Federal da Paraíba (PPGE-UFPB).

³ Professor do Departamento de Economia da UFPB.

⁴ Doutora em Economia da UFPB.

que até segunda metade do século XX, a economia paraibana era, fundamentalmente, uma economia primário exportadora.

Os dados das contas nacionais apontam que a agropecuária era responsável por 58,8% do valor adicionado no ano de 1960, absorvendo grande parte da força de trabalho no Estado (IBGE, 2021). No entanto, ao longo dos anos a agropecuária veio perdendo espaço em função do crescimento dos setores industrial e de serviços. Já em 1975, o principal setor econômico da Paraíba passou a ser o de serviços, chegando a representar 72,2%, do valor adicionado no ano de 2009 (IBGE, 2021). Apesar da redução participativa observada na produção agropecuária ocorrida ao longo dos anos, a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) e a Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que, no ano de 2014, o valor da produção agropecuária foi de R\$ 1.485.941 (em mil reais) (IBGE, 2014a; IBGE, 2014b). Neste caso, destaca-se a produção agrícola, a qual representa 75,95% deste valor. Por sua vez, a pecuária representou, no mesmo ano, 24,05% do valor da produção estadual. Diante do exposto, observa-se a relevância deste setor para economia paraibana⁵.

Embora a produção agrícola paraibana seja bastante importante para a geração de renda no Estado, tal produção é significativamente concentrada na Zona da Mata e no Agreste, pois de um total de R\$ 1.128.637 (em mil reais) essas mesorregiões paraibanas absorvem 93,1%, sendo 65,88% e 27,22%, respectivamente (IBGE, 2014a). Este evento acontece, sobretudo, pelo fato das mesorregiões da Borborema e do Sertão estarem situadas em áreas onde é característica a presença de clima semiárido. Em tempo, destaca-se que tais regiões apresentam forte insolação, temperaturas relativamente altas e um regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período (MOREIRA; TARGINO, 2007).

Moreira e Targino (2007) apresentam critérios para delimitar a região semiárida na Paraíba. Para tanto, consideram características de ordem natural (baixos índices pluviométricos, irregularidade e frequência da ocorrência de secas) e social (as características das relações de produção). Tal pesquisa possui como resultante a inserção, no semiárido, de municípios que compõem as mesorregiões da Borborema e do Sertão Paraibano. Além desses, tem-se as microrregiões do Curimataú Oriental e Ocidental. Toda essa área corresponde a uma superfície de 43.555km² ou o equivalente a 77,3% da área total do Estado (MOREIRA e TARGINO, 2007).

Além disso, a agricultura pode ser considerada um dos setores econômicos mais vulneráveis às mudanças climáticas. Isso porque, a dependência do tempo e clima pode afetar todas as etapas das atividades agrícolas, tais como o preparo do solo, armazenamento e transporte (FRANCISCO; SANTOS, 2018). Dessa forma, o entendimento de como a pluviosidade afeta o desempenho econômico da agricultura, especificamente a sua produtividade, é de suma importância no sentido de instituir estratégias e práticas agrícolas mais viáveis e sustentáveis, de acordo com as condições climáticas de cada região.

Assim, essas são algumas das questões que norteiam e problematizam o presente estudo, fornecendo insumos para a investigação a ser realizada nesta pesquisa. Diante disso, o artigo objetiva analisar a relação entre o rendimento médio das lavouras permanentes e a pluviosidade municipal na Paraíba, bem como os possíveis fatores que podem afetar tal rendimento, tendo como base dados do ano de 2014. Para tanto, a análise é dividida em duas etapas complementares. A primeira parte compreende uma Análise Exploratória de Dados Espaciais, enquanto a segunda parte é dedicada à estimação do modelo econométrico com dados em painel espacial.

O presente estudo se divide em cinco seções, incluindo esta introdução. A segunda apresenta o arcabouço teórico. Na terceira são expostos os procedimentos metodológicos para a análise espacial dos dados. A quarta seção exibe os resultados empíricos dos modelos propostos. Por fim, a última seção sintetiza as conclusões.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Dada a importância da agricultura para o desenvolvimento econômico, observa-se um amplo debate acerca das políticas públicas voltadas para este setor, sobretudo, direcionadas para questões relacionadas a diferenças regio-

⁵ Salienta-se que a produção agrícola pode ser dividida em lavouras temporárias e lavouras permanentes.

nais. Há uma série de autores que estudam a agricultura no Brasil. Destaca-se pesquisas que utilizaram como instrumento a econometria espacial (ALMEIDA *et al.*, 2008; BARRETO e ALMEIDA, 2009; FELEMA *et al.*, 2013 e CASTRO *et al.*, 2015). Tais trabalhos verificam desde convergência e crescimento da renda agropecuária até questões relacionadas com a produtividade no setor agrícola.

Almeida *et al.* (2008), investigando a convergência espacial da produtividade agrícola nas microrregiões brasileiras entre os anos de 1991 e 2003, constatam que a importância da agricultura para o crescimento econômico tende a ser desigual para as diferentes regiões do país. Por fim, concluem que existem evidências em favor da convergência da produtividade agrícola brasileira. No entanto, tal taxa aparenta ser relativamente lenta.

Nesta perspectiva, Barreto e Almeida (2009) analisaram a influência dos investimentos em pesquisa agropecuária para o crescimento econômico e a convergência de renda agropecuária no Brasil entre 1986 e 2004. Tais autores concluem que investimento em pesquisa agropecuária é relevante para o crescimento da renda agropecuária bem como para a convergência de renda no setor. Por sua vez, Castro *et al.* (2015) verificam que, no longo prazo, a disparidade regional existente na produtividade da soja tende a diminuir. Sendo assim, regiões consideradas com menor produtividade tendem a crescer mais rapidamente e podem alcançar outras de maior produtividade ao longo dos anos.

Entre os trabalhos que visam estudar a função de produção da agricultura, tem-se comprovado que o desempenho agrícola é afetado pela disponibilidade de terras, capital e trabalho. No entanto, a literatura internacional tem identificado e incluído outros fatores essenciais na determinação do rendimento agrícola. Analisando a efetividade de cooperativas de agricultura no Irã, Karami e Rezaei-Moghaddam (2005) encontram resultados de que a estrutura cooperativa e os fatores de apoio do governo são os mais importantes para explicar o desempenho da produção. Para Pardey, Alston e Chan-Kang (2013) investimento em pesquisa e desenvolvimento agrícola é um determinante crucial da produtividade e produção agrícolas e, portanto, dos preços dos alimentos e da pobreza.

Entretanto, em meio a mudanças climáticas adversas no mundo, a literatura internacional vem incluindo o fator clima como determinante da produção agrícola nos países (BARRIOS; OUATTARA; STROBL, 2008; KAHSAY; HANSEN, 2016; OCHIENG; KIRIMI; MATHENGE, 2016). Assim, a questão climática, bem como a sua interferência na produtividade agrícola tem se tornado tema cada vez mais relevante e frequente na problemática acadêmica.

Visando examinar o impacto de mudanças climáticas na produção agrícola total da África Subsaariana no período de 1961 a 1997, Barrios, Ouattara e Strobl (2008), por exemplo, mostram que o clima, medido como mudanças na precipitação e temperatura, tem sido um importante determinante da produção agrícola da África Subsaariana. Além disso, os autores ratificam a ideia de que a lacuna existente entre a produção agrícola de países da África Subsaariana e a produção de países do resto do mundo em desenvolvimento, pode, em partes, ser explicada pelas mudanças prejudiciais ocorridas no clima. Pequenas mudanças no clima podem gerar efeitos substanciais, especialmente em países que não tem tecnologias necessárias para absorver o impacto. Estes efeitos podem ser constatados nos modelos agrônômicos de sensibilidade climática de Rosenzweig *et al.* (1993), que sugerem que as mudanças climáticas na maioria dos países em desenvolvimento provavelmente são prejudiciais e podem tornar as áreas agrícolas menos produtivas (BARRIOS; OUATTARA; STROBL, 2008).

Já Kahsay e Hansen (2016) estimam a função de produção agrícola para os países da África ocidental para o período entre 1980 e 2006. Para tanto, os autores usam determinantes da produção semelhantes ao trabalho de Barrios, Ouattara e Strobl (2008) e avançam na literatura ao desagregar as variáveis climáticas em estações de crescimento e não crescimento. Esta desagregação permitiu aos autores estimar os efeitos climáticos em partes do ano em que o clima é crítico para o crescimento das culturas. Os resultados encontrados pelos autores sugerem que efeitos negativos de alterações climática na produção se devem ao aumento da temperatura da estação e a variabilidade da precipitação.

Na mesma linha, Ochieng, Kirimi e Mathenge (2016) estimam como a variabilidade climática afeta o desempenho da agricultura no Quênia, utilizando um estimador de efeitos fixos. Os resultados sugerem que a variabilidade climática afeta a produção agrícola, com efeitos diversos entre as diferentes culturas. Ademais, observou-se que o fator temperatura tem um impacto maior na produção agrícola em relação a precipitação.

Para o caso brasileiro, os trabalhos apontam como determinantes da produção agrícola, especialmente, terra, capital e trabalho (STRASSBURG et al., 2014). Por outro lado, seguindo a linha dos estudos encontrados em nível internacional, a questão climática é introduzida na análise com a introdução de componentes como a precipitação e a temperatura.

Da Silva, Praela-Pantano e Neto (2008) estudam o papel das variáveis climática, especialmente a pluviosidade, como fator regulador da produtividade agrícola em 12 municípios do Médio Vale do Rio Parapanema, região localizada no sudoeste paulista, entre os anos de 1983 a 2000. Verificou-se que as culturas tais como a cana-de-açúcar, praticadas pela agroindústria da região, se mostraram menos sujeita às variações pluviométricas em comparação as culturas mais tradicionais produzidas por pequenos e médios produtores, tais como milho e soja.

Santos et al. (2011) verificam, em cenários futuros, a influência da seca na produtividade do milho no Estado de Minas Gerais, no período de 2008 a 2020. Seus resultados sugerem que, mantidos constantes determinados fatores, tais como práticas de manejo e tecnologias, a mudança projetada do clima terá efeito negativo na produtividade do milho nas regiões analisadas.

Na mesma linha, Araújo et al. (2014) analisam os efeitos futuros das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola na região Nordeste do Brasil, avaliando, especificamente, o impacto dos níveis de temperatura e precipitação na produção das culturas do milho, cana-de-açúcar e mandioca. Para tanto, foram utilizados modelos tobit, assim como dados estruturados em painel, simulados para períodos compreendidos entre os anos de 2040 a 2070 e 2070 a 2100. Os seus resultados sugerem que os níveis de produtividade das três culturas estudadas poderão ser bastante superiores àqueles que poderiam vigorar caso não ocorresse variações no clima. Além disso, mudanças climáticas impactarão negativamente os níveis de produtividade.

Levando em consideração essas abordagens teóricas e empíricas, o presente estudo busca analisar a relação entre o rendimento médio das lavouras permanentes e a pluviosidade municipal na Paraíba, bem como os possíveis fatores que podem afetar tal rendimento. O trabalho contribui para a literatura empírica ao utilizar técnicas de análise de dados espaciais para obtenção dos resultados, Além de fornecer novas evidências para o estado da Paraíba.

3 METODOLOGIA

3.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS

Partindo da hipótese de que o desempenho do setor agrícola da Paraíba pode ser diferente entre os municípios do estado devido as características climáticas, sobretudo devido ao nível de chuvas, este trabalho busca analisar a relação entre o rendimento médio das lavouras permanentes e a pluviosidade municipal na Paraíba. Além dessa análise principal, verifica-se possíveis fatores que podem afetar tal rendimento. Devido ao caráter espacial dos dados, foi utilizada econometria espacial para obtenção dos resultados, técnica que captura as possíveis interações ou padrões espaciais entre as unidades estudadas.

Segundo Almeida (2012), a junção entre a heterogeneidade e dependência espacial pode tornar o processo de especificação de modelos espaciais muito tediosa e, sobretudo, conduzir a especificações incorretas. Neste contexto, nota-se que uma série de pesquisas (ANSELIN, 1999; FOTHERINGHAM *et al.*, 2002; ALMEIDA, 2012) orientam a realização da análise exploratória de dados espaciais (AEDE) antes de se fazer qualquer análise estatística mais sofisticada. Para Almeida (2012), tal procedimento estatístico é o mais indicado para investigar variáveis espacialmente densas ou intensivas. Portanto, variáveis extensivas tendem a estar correlacionadas espuriamente com a área ou população total da região e isso pode conduzir a resultados enganosos (ANSELIN, 2005).

Para Anselin (1999), a AEDE permite descrever e visualizar padrões espaciais, identificar localidades atípicas (*outliers* espaciais) e descobrir padrões de associação espacial (*clusters* espaciais). Destaca-se que a AEDE pode ser

eficientemente realizada a partir da estatística I de Moran. A estatística construída por Moran (1948) faz uso de certa medida de autocovariância na forma de produto cruzado e pode ser global ou local. A forma global pode ser representada matricialmente por:

$$I = \frac{Z'WZ}{Z'Z} \quad (1)$$

em que Z (rendimento médio agrícola) é um vetor de n (municípios) observações da variável de interesse, W é a matriz de pesos espaciais utilizada e WZ é a média dos valores da variável de interesse dos vizinhos. Destaca-se que tal estatística assume valores entre um (1) e menos um (-1) e possui valor esperado igual a:

$$E[I] = - \left[\frac{1}{n-1} \right] \quad (2)$$

Sendo assim, a equação (2) representa o valor obtido quando não há padrão espacial nos dados. Nota-se que tal estatística se aproxima bastante de zero quando o número de municípios aumenta muito ($n \rightarrow \infty$). Logo, valores positivos de I que excedem $E[I]$ indicam autocorrelação espacial positiva, enquanto valores I abaixo do $E[I]$ sinalizam autocorrelação espacial negativa.

Anselin (1994) argumenta que a utilização do teste de Moran global pode deixar de captar padrões espaciais (*clusters* e *outliers*) em algumas regiões. Para Anselin (1995), é possível encontrar a partir de fragmentos do teste de Moran global um teste de associação espacial local. Pode-se classificar tal teste de Indicador de Autocorrelação Espacial Local (*Local Indicator of Spatial Association - LISA*) e representá-lo por:

$$I_i = \frac{z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j}{\sum_{j=1}^n z_j^2} \quad (3)$$

Em que z_i e z_j são os desvios da média dos valores da variável em questão (rendimento médio agrícola) e w_{ij} denota os elementos da matriz de pesos espaciais. Destaca-se que a principal diferença entre o índice de Moran local e o global, consiste no fato do primeiro produzir um valor específico para cada objeto, permitindo assim, a identificação de agrupamentos de objetos com valores de atributos semelhantes enquanto o segundo fornece apenas valor único para o conjunto de dados em análise.

3.2 MODELO CLÁSSICO

De acordo com Anselin (1988), a econometria tradicional apresenta limitações quando é confrontada com problemas espaciais. Logo, as interações ocorridas entre regiões acabam ocasionando algum problema às estimativas dos parâmetros por meio do método de Mínimos Quadrados Ordinário (MQO). No Modelo Clássico de Regressão Linear (MCRL), pode-se encontrar valores para o regressando (Y) a partir de certo conjunto de regressores (X). Tais valores estão associados a certo termo de erro (ε) aleatório, sendo assim:

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (4)$$

Na presença de dependência espacial, seja na variável dependente, independente ou no termo de erro, os estimadores ($\hat{\beta}$) de MQO apresentarão problemas. Portanto, ao passo que a dependência espacial age sobre a variável dependente do modelo estimado, percebe-se que as estimativas serão viesadas e inconsistentes se estimadas por MQO. No entanto, se a dependência espacial ocorre nos erros, tem-se que as estimativas de MQO serão não viesadas e consistentes, porém ineficientes.

3.3 MODELANDO A DEPENDÊNCIA ESPACIAL

3.3.1 Modelo SAR

Dada a existência de dependência espacial nos dados, parte-se para o uso dos modelos espaciais. A partir destes, é possível modelar consistentemente os efeitos advindos da interação espacial. Pode-se modelar globalmente através do *Spatial Auto Regressive* (SAR). Para Almeida (2012), tal modelagem captura os efeitos advindos do processo de imitação inserido em determinado fenômeno. De acordo com LeSage e Pace (2009), em um modelo espacial do tipo SAR, mudanças na variável explicativa numa região afetarão a própria região pelo efeito direto. No entanto, poderá afetar as demais pelo efeito indireto de forma realimentadora e circular. Para Kelejian e Prucha (2010), tal modelo em sua forma mista exibe uma memória que é amortecida à medida que o grau de conectividade entre as regiões vai diminuindo. Sendo assim, tem-se:

$$y = \rho W_y + X\beta + \varepsilon \quad (5)$$

em que: $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$

Assim, tem-se que a variável dependente da região i está correlacionada espacialmente com o valor da variável dependente da região j . Tal processo possui seu transbordamento capturado em ρ mediante defasagem espacial da variável dependente W_y . A restrição que se admite sobre o modelo é que o coeficiente espacial autorregressivo $|\rho| < 1$. LeSage e Pace (2009) acreditam que o modelo espacial do tipo SAR representa um equilíbrio de longo prazo de um processo dinâmico. Assim, decisões tomadas por agentes econômicos em períodos passados influenciam as decisões dos agentes no presente.

3.3.2 Modelo SEM

Darmofal (2006) argumenta que o modelo global *Spatial Error Models* (SEM) está associado à incapacidade de se modelar toda fonte da dependência espacial. Sendo assim, determinada parte da dependência não modelada pode se manifestar no padrão do erro aleatório entre regiões vizinhas. Dessa forma, tem-se que:

$$y = X\beta + \lambda W\xi + \varepsilon \quad (6)$$

em que

$$\xi = \lambda W\xi + \varepsilon \text{ e } \varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

Dado o multiplicador espacial, tem-se que o alcance de determinado choque é global. Assim, faz com que haja uma propagação do efeito ao longo do sistema atingindo todas as regiões. No entanto, tal intensidade é decrescente à medida que se afasta do epicentro $|\lambda| < 1$. Tal coeficiente espacial (λ) autorregressivo mede o grau de dependência espacial no termo de erro. Logo, choques na região i afeta os vizinhos e os vizinhos dos vizinhos por intermédio das potências de W , e, algumas vezes, volta a afetar a região i novamente, porém, agora, com efeito amortecido (ALMEIDA, 2012).

3.3.3 Modelo SAC

Há possibilidades de avaliar o fenômeno da dependência a partir do uso de outro importante modelo espacial global denominado *Spatial Mixed Regressive Auto-Regressive Complete* (SAC). Para Almeida (2012), este modelo

possui características que possibilitam identificar o efeito contágio agindo sobre o processo de transbordamento de determinado fenômeno espacial. Assim, tem-se:

$$y = \rho W_1 y + X\beta + \lambda W_2 \xi + \varepsilon \quad (7)$$

em que

$$u = \lambda W_2 \xi + \varepsilon \text{ e } \varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$$

Nesse modelo, os parâmetros $|\rho| < 1$ e $|\lambda| < 1$ evitam comportamento instável. Considerando determinada matriz W , tem-se que $|\lambda| < 1$ permite que a intensidade do processo de determinada variável seja decrescente ao longo de certa região atingida por determinado choque.

3.4 BASE DE DADOS E MODELO ESTIMADO

Os dados utilizados na presente pesquisa são oriundos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). Devido a disponibilidade dos dados acerca da densidade pluviométrica, à análise será realizada para o ano de 2014 (ano mais recente disponível). Com base nesses dados, serão construídas as seguintes variáveis:

- **Rendimento Médio da Lavoura Permanente (Rmlp)**: é utilizada como variável dependente e é uma medida de quanto cada hectare plantado com lavoura permanente rende (R\$) em determinado ano. Destaca-se que tais lavouras podem ser medidas em quilogramas por hectare. A única exceção é o coco-da-baía que é medido em frutos por hectare.
- **Densidade Pluviométrica (D_pluv)**: definida como sendo a quantidade de chuvas por metro quadrado em determinado local e período. Com tal variável, busca-se encontrar a influência das chuvas sobre o rendimento médio da lavoura permanente no ano de 2014. Espera-se efeito positivo dessa variável sobre o Rmlp.
- **Rendimento Médio da Lavoura Temporária (Rmlt)**: é uma medida de quanto cada hectare plantado com lavoura temporária rende (R\$) em determinado ano. Acredita-se na diversificação da plantação na Paraíba. Sendo assim, o produtor planta a lavoura permanente e em alguns períodos do ano produz lavoura temporária como forma de aumentar seus rendimentos. Ao passo que contrata mais pessoas para produzir a lavoura temporária acaba aumentando a quantidade de mão de obra para cuidar das duas lavouras e tal fato deve favorecer a produção e rendimento da lavoura permanente. Portanto, espera-se uma relação positiva com o Rmlp.
- **Densidade do Rebanho (Dens_Rb)**: considera-se o efetivo dos rebanhos de bovinos e caprinos em 31/12/2014 (em número de cabeças) dividido pela área de cada município analisado. Espera-se que tal indicador afete positivamente o Rmlp pelos motivos destacados anteriormente.
- **Dummies Mesorregionais (DumAg, DumBorb e DumSert)**: pretende-se captar possíveis diferenças no rendimento médio advindo do fato de produzir em determinada mesorregião em detrimento de outras. Para tanto, considera-se a mesorregião da Mata Paraibana como referência e as demais mesorregiões como comparativo (Agreste Paraibano (DumAg), Borborema (DumBorb) e Sertão Paraibano (DumSert)). Visto que a Zona da Mata Paraibana apresenta melhores condições de produção e venda, espera-se que as demais *dummies* apresentem sinais negativos.

A equação (8) expressa a seguir, representa o modelo econométrico estimado:

$$Rmlp = \beta_0 + \beta_1(D_{pluv}) + \beta_2(Rmlt) + \beta_3(Dens_Rb) + \beta_4(DumBorb) + \beta_5(DumSert) + \beta_7(DumAg) + \varepsilon \quad (8)$$

Como visto, elencam-se possíveis causadores do diferencial de rendimento médio das lavouras permanentes nos municípios da Paraíba. Além dos fatores naturais (solo e clima), e regionais (mesorregião em que o município está inserido), destacam-se outros: fator humano (mão de obra e especialização) e fator econômico (valor da terra e o nível de tecnologias aplicadas na produção). No entanto, tais variáveis são de difícil acesso a não ser a partir da elaboração e construção de pesquisas de campo.

4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

4.1 DEPENDÊNCIA ESPACIAL UNIVARIADA: GLOBAL E LOCAL

Na presente seção, foi testada a incidência de autocorrelação espacial agindo sobre os dados da pesquisa. Tal hipótese pode ser testada por meio da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e utilizando as estatísticas de Moran Global e Local. Nestas circunstâncias, considera-se uma matriz de contiguidade espacial do tipo *Queen* de primeira ordem normalizada na linha⁶ e com as seguintes características: matriz binária de pesos espaciais (W) que atribui valor 1 (um) para o caso em que dois municípios são vizinhos e valor 0 (zero) no caso contrário.

Baumont (2004) sugere determinado teste de diagnóstico que possibilita encontrar a melhor matriz de pesos espaciais e captar o máximo de dependência. Para tanto, necessita-se a realização do seguinte procedimento: a) Estima-se o modelo clássico de regressão linear; b) Testam-se os resíduos desse modelo para autocorrelação espacial, usando o I de Moran para um conjunto de matrizes W ; c) Seleciona-se a matriz de pesos espaciais que tenha gerado o mais alto valor de Moran e que seja significativo estatisticamente.

Na Figura 1, demonstra-se o diagrama de dispersão de Moran Global Univariado do Rendimento Médio por Hectares da Lavoura Permanente paraibana no ano de 2014. Nota-se, por meio do valor de tal estatística ($I = 0,529$), que os dados apresentam relativa similaridade entre si. Sendo assim, pode-se confirmar indícios de dados relativamente concentrados no espaço em que municípios de alto rendimento médio por hectare estão rodeados por outros que também apresentam alto rendimento médio por hectare (AA), enquanto municípios de baixo rendimento médio se encontram rodeados por outros de baixo rendimento médio (BB) por hectare no ano de 2014.

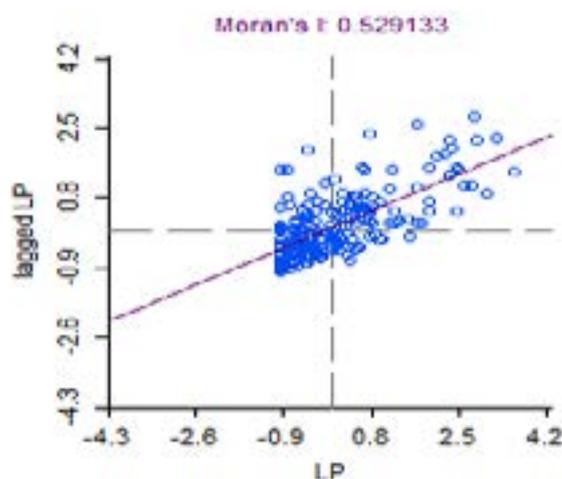


Figura 1. I Moran Global do Rendimento Médio por Hectares da Lavoura Permanente no ano de 2014 na Paraíba

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2014).

⁶ Foram testadas as matrizes do tipo *Queen* e *Rook*: primeira, segunda, ..., décima ordem. As estatísticas de Moran local e global assim como os modelos estimados utilizaram a mesma matriz de vizinhança.

Destaca-se que o indicador de associação espacial Global de Moran pode ocultar ou mesmo ser insatisfatório na identificação de padrões locais espaciais (ANSELIN, 1995; PEIXOTO, 2004; ALMEIDA, 2012). Neste caso, tem-se que os *clusters* e os *outliers* espaciais significantes podem ser camuflados, pois os indicadores de *Moran* globais são incapazes de identificar a ocorrência de autocorrelação local. Assim, necessita-se estimar o *I* de *Moran* Local (LISA). Para Anselin (1995), tal indicador é capaz de capturar possíveis padrões de autocorrelação espacial em determinado banco de dados. Salienta-se que os resultados dos indicadores de Moran foram obtidos considerando 999 permutações aleatórias e tal fato pôde aumentar a rigorosidade e a robustez dos resultados.

O indicador de Moran local possui como resultado um mapa composto por cinco cores distintas entre si: o vermelho representa os municípios que apresentam relação do tipo Alto-Alto (AA) (localidades com altas taxas de rendimento médio por hectare cercadas por outras de alto rendimento médio por hectare); azul representa municípios com uma relação do tipo Baixo-Baixo (BB), ou seja, localidades com baixo rendimento médio por hectare cercadas por outras com baixo rendimento médio por hectare; amarelo indica a existência de uma relação do tipo Baixo-Alto (BA), onde tais localidades possuem baixo rendimento médio por hectare e são cercadas por outras com alto rendimento médio por hectare; rosa indica uma relação do tipo Alto-Baixo (AB), a qual mostra as localidades com alto rendimento médio por hectare e que são cercadas por outras com baixo rendimento médio por hectare; por fim, o branca indica aquelas regiões que ao nível de significância considerado não apresentam associação espacial alguma entre si.

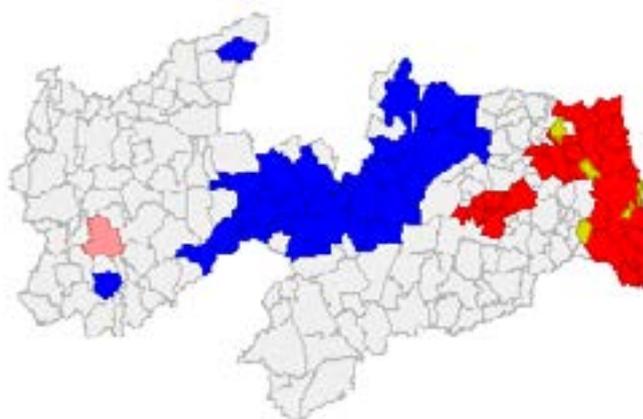


Figura 2. *I Moran* Local do Rendimento Médio por Hectares da Lavoura Permanente no ano de 2014 na Paraíba

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2014).

*Nota: Vermelho (AA), Azul (BB), Amarelo (BA) e Rosa (AB).

O resultado do LISA, disponível na Figura 2, confirma a incidência de autocorrelação espacial local nos dados. Sendo assim, tanto os aspectos globais quanto locais apontam que o rendimento médio por hectare de lavoura permanente no Estado da Paraíba pode apresentar não aleatoriedade espacial.

Apesar da maior parte dos dados não apresentar significância estatística (68,61%) tem-se parte relevante dos dados que foram significantes a 5% (31,39%). Entre os significantes, a maioria (50%) são do tipo Baixo-Baixo. Nota-se a ocorrência de três focos, somando 35 municípios ao longo do território paraibano. Considerando a direção de Leste para o Oeste do Estado, tem-se um grande *cluster*, o qual se estende desde a Mesorregião do Agreste até o Sertão da Paraíba. Tal ponto de incidência é formado por 33 municípios (Livramento, Mãe D'água, Matureia, Oivedos, Passagem, Patos, Pedra Lavrada, Picuí, Quixabá, Areia de Baraúnas, Salgadinho, Santa Luzia, Santo André, Assunção, São José do Bonfim, São Mamede, Seridó, Soledade, Sossego, Taperoá, Teixeira, Tenório, Barra de Santa Rosa, Cacimba de Areia, Cacimbas, Casserengue, Cubatí, Damião, Gurjão, Imaculada, Juazeirinho, Junco do Seridó). Há outro *cluster* na parte inferior do Sertão paraibano, representado pelo município de Curral Velho e outro na parte superior sertaneja, representado pelo município de São José do Brejo do Cruz.

Em seguida, têm-se os municípios com relação do tipo Alto-Alto (41,43%). Tais incidências correspondem a 29 municípios localizados tanto na Zona da Mata quanto no Agreste da Paraíba. Inicialmente, nota-se um grande aglomerado formado por 23 municípios (Lucena, Mamanguape, Marcação, Mataraca, Araçagi, Pedras de Fogo, Pirpirituba, Pitimbu, Puxinanã, Rio Tinto, Santa Rita, Baía da Traição, Caaporã, Conde, Cuité de Mamanguape, Curral de Cima, Duas Estradas, Alhandra, Guarabira, Itapororoca, Jacaraú, João Pessoa e Cruz do Espírito Santo) entre a Mata paraibana e o Agreste. Por sua vez, tem-se outro *cluster* inserido totalmente no Agreste e formado por 6 municípios (Lagoa Seca, Maçaranduba, Matinhas, São Sebastião de Lagoa de Roça, Alagoa Grande e Alagoa Nova).

Destaca-se que tanto a relação Baixo-Alto (7,14%) quanto Alto-Baixo (1,43%) possuem menor representatividade. Ao passo que se tem 5 municípios (Lagoa de Dentro, São Miguel de Taipu, Bayeux, Cabedelo e Capim) do tipo Baixo-Alto e apenas o município de Itaporanga com relação do tipo Alto-Baixo.

4.2 DEPENDÊNCIA ESPACIAL MULTIVARIADA GLOBAL E LOCAL ENTRE O RENDIMENTO MÉDIO POR HECTARE E A DENSIDADE PLUVIOMÉTRICA MUNICIPAL

Para Anselin (2003), os indicadores multivariados fornecem uma indicação do grau de associação linear entre o valor de certa variável na locação i e a média de outra variável nas locações vizinhas. Assim, averigua-se a ocorrência de associação entre o rendimento médio de lavouras permanente e a pluviosidade no ano de 2014. Destaca-se que tanto os aspectos globais (Figura 3) quanto os locais (Figura 4) deverão ser devidamente tratados na presente análise.

Nota-se, a partir do Figura 3, que existe indicação de dependência espacial do rendimento médio por hectare da lavoura permanente e a respectiva pluviosidade vigente na vizinhança. Tal fato pode ser constatado por meio do valor apresentado pela estatística global de Moran Multivariada ($I = 0,472$), o qual fornece indícios de autocorrelação positiva atuando sobre os dados da presente pesquisa. Neste contexto, sugere-se que municípios com alto rendimento médio por hectare estão associados à alta pluviosidade observada na região. Esta indicação além de intuitiva é aceitável, pois o aumento das chuvas, *ceteris paribus*, aumenta a produção agrícola e tais fatos desencadeiam os ganhos observados no rendimento médio no ano de 2014.

Destaca-se que as chuvas podem ocasionar efeito contrário ao expresso anteriormente, pois a incidência de chuvas pode ser tão grande que ao invés de auxiliar a produção ocasionem perdas com enchentes notadamente nas lavouras plantadas nas margens de rios e açudes.

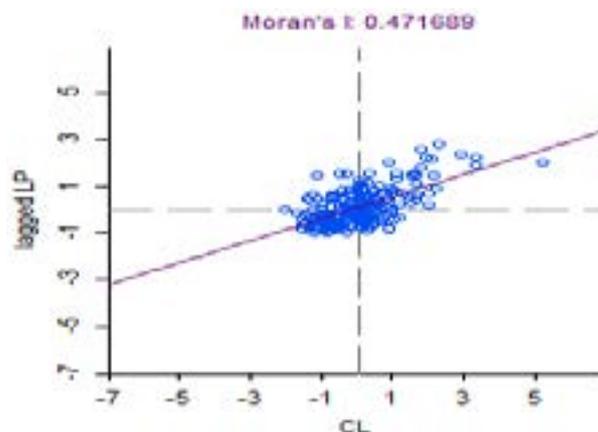


Figura 3. I Moran Global Multivariado entre o Rendimento Médio por Hectares da Lavoura Permanente e Pluviosidade em 2014 na Paraíba

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2014)

Ao passo que os indicadores globais são limitados e podem ocultar ou mesmo serem incapazes de capturar determinados padrões locais (clusters e outliers) estatisticamente significantes, parte-se para construção do indica-

dor local de associação espacial denominado LISA. Destaca-se que tal procedimento estatístico é capaz de identificar agrupamentos de dados espacialmente concentrados. Assim, a partir da Figura 4, percebe-se diversas formações de aglomerados ao longo do território paraibano. Portanto, os indícios de autocorrelação espacial multivariada do rendimento médio por hectare da lavoura permanente paraibana no ano de 2014 pôde ser constatada tanto pelo indicador global quanto pelo local.

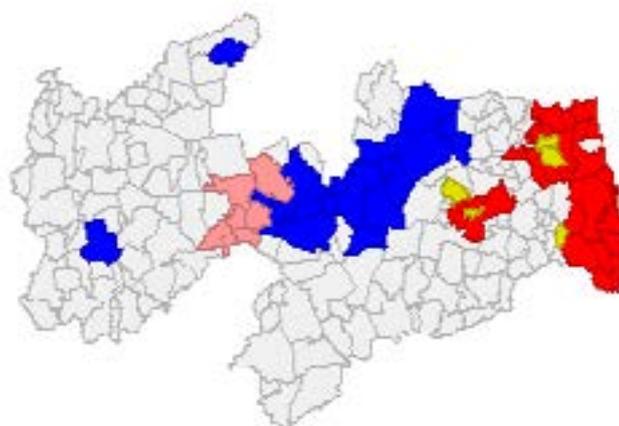


Figura 4. Moran Local Multivariado entre o Rendimento Médio por Hectares da Lavoura Permanente e Pluviosidade em 2014 na Paraíba

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2014).

*Nota: Vermelho (AA), Azul (BB), Amarelo (BA) e Rosa (AB).

A partir do indicador local, é possível constatar que o rendimento médio agrícola apresenta determinada concentração no espaço paraibano. Apesar da maior parte (71,30%) dos municípios apresentarem comportamento não aleatorizado, existem outros (28,70%) que formam relevante *cluster* e aglomerados ao longo do espaço em análise.

Nota-se que, entre os municípios que apresentaram significância estatística a 5%, a maioria (43,75%) é do tipo Alto-Alto. Tais municípios representam localidades que apresentam alto rendimento médio agrícola associados a alta densidade pluviométrica no período. Contata-se a formação de dois *clusters*, somando 28 municípios. Inicialmente, tem-se um primeiro foco de incidência formado por 23 municípios (Lucena, Mamanguape, Mataraca, Guarabira, Araçagi, Pedras de Fogo, Pípirituba, Pitimbu, Pedro Regis, Rio Tinto, Santa Rita, São Sebastião de Lagoa de Roça, Baía da Traição, Bayeux, Caaporã, Cabedelo, Capim, Cruz do Espírito Santo, Cuité de Mamanguape, Duas Estradas, Alhandra, Jacaraú, João Pessoa)⁷ distribuídos entre a mesorregião da Zona da Mata e o Agreste. Em outro foco de incidência, nas proximidades do município de Campina Grande, é possível verificar mais cinco municípios (Lagoa de Dentro, Lagoa Seca, Alagoa Grande, Alagoa Nova, Maçanduba) formando um aglomerado na região Agreste do Estado.

Nas relações do tipo Baixo-Baixo (37,50%), ou seja, municípios com baixo rendimento médio na produção de lavouras permanentes associados a ambientes de baixa pluviosidade, tem-se 24 municípios em três *clusters* distintos. Sendo dois situados no Sertão, representados pelos municípios de Itaporanga na parte inferior do Sertão paraibano e o outro pelo município de São José do Brejo do Cruz situado na parte superior sertaneja. Por fim, encontram-se 22 municípios (Olivedos, Passagem, Pedra Lavrada, Quixaba, Areia de Baraúnas, Salgadinho, Santa Luzia, Assunção, Seridó, Soledade, Sossego, Taperoá, Tenório, Barra de Santa Rosa, Cacimbas, Casserengue, Cubati, Cuité, Damião, Gurjão, Juazeirinho e Junco do Seridó) formando relevante aglomerado, o qual se estende desde a mesorregião da Borborema até o Sertão do Estado da Paraíba.

As relações mais dissimilares entre si, são representadas pelos municípios Alto-Baixo (10,94%) e Baixo-Alto (7,81%), os quais apresentam menor quantidade de municípios. No primeiro caso (AB) são sete municípios (Mãe

⁷ Há na região da Mata paraibana, o município de Marcação que apesar de estar cercado por municípios do tipo Alto-Alto não apresentou significância estatística a 5%.

D'Água, Maturéia, Patos, São José do Bonfim, São Mamede, Teixeira e Cacimba de Areia) formando um *cluster* na mesorregião do Sertão da Paraíba. Tais municípios representam localidades com alta rendimento médio por hectare de lavoura permanente associados a baixa pluviosidade. Destaca-se que estas localidades podem apresentar baixa incidência de chuvas e, no entanto, aumentar relevantemente sua produção por meio de formas alternativas de produção e utilizando as potencialidades locais. No caso do município de Teixeira, o alto rendimento médio está associado as lavouras de castanha de caju e sisal. Por sua vez, o município de Patos apresenta importante produção de manga e goiaba em pleno sertão paraibano. Os municípios de Mãe D'Água e Maturéia têm como principais lavouras permanentes a castanha de caju, enquanto São José do Bonfim investe na produção de coco. Por fim, tem-se o município de São Mamede produzindo relevantes quantidades de manga no período analisado.

No segundo caso, têm-se os municípios do tipo Baixo-Alto. Encontram-se quatro focos de ocorrência distribuídos entre as mesorregiões da Mata paraibana e Agreste (São Miguel de Taipu, Curral de Cima, Itapororoca, Matinhas e Esperança). São municípios que apresentam baixo rendimento médio por hectare de lavoura permanente associados a alta pluviosidade no período. Tais municípios são marcados por apresentar produção bastante diversificada. Em tais municípios podem-se encontrar abacate, castanha de caju, coco, goiaba, laranja, limão, mamão, manga, maracujá, tangerina entre outros produtos importantes para agricultura local e regional. Portanto, produzem uma série vasta de produtos agrícolas, assim, qualquer adversidade climática pode influenciar negativamente a produção, seja pela fragilidade de algumas culturas seja pela rigorosidade das chuvas em determinados períodos.

4.3 RESULTADOS DOS MODELOS ESTIMADOS

O procedimento estatístico efetuado no processo de estimação dos modelos se inicia com a estimação do Modelo Clássico de Regressão Linear (MCRL) no intuito de identificar a ocorrência de padrão espacial não aleatorizado agindo sobre os dados. Neste contexto, destaca-se que o resultado encontrado (6, 298***) no teste de autocorrelação efetuado nos resíduos do MCRL (Tabela 1) aponta indícios de existência de aglomerados espaciais ao longo do território paraibano. Sendo assim, nota-se que o MCRL se torna incapaz de tratar eficientemente as questões relacionadas ao rendimento médio da lavoura permanente por hectare no ano de 2014 no Estado da Paraíba.

Em tais circunstâncias, estimaram-se modelos espaciais de alcance global: SAR, SEM e SAC. Segundo Almeida (2012), os testes difusos, como o *I* de Moran, possuem certa incapacidade de indicar como a dependência espacial toma forma. Sendo assim, o autor sugere que os resultados do teste do tipo focado como o do Multiplicador de Lagrange são suficientes para identificar se a dependência ocorre na defasagem ou nos erros do modelo estimado, assim, tais testes devem servir como guia no processo de escolha do modelo espacial mais adequado.

Para Anselin (2003), o processo de escolha do modelo espacial pode seguir o seguinte receituário: a) estima-se o MCRL por MQO; b) testa-se a incidência de autocorrelação, por meio das estatísticas ML e ML; c) Se os dois testes não forem significantes, o modelo não apresenta autocorrelação espacial (deve-se utilizar MCRL); d) Se os dois testes forem significantes, parte-se para as versões robustas (ML* e ML*). Neste caso, estima-se o modelo mais significativo; e) Nos casos em que apenas um dos testes é significativo, o modelo mais apropriado é o que for significativo.

Neste contexto, nota-se que o modelo mais adequado para estimar o comportamento espacial do rendimento médio por hectare de lavoura permanente no ano de 2014 no Estado da Paraíba é o SEM. Almeida (2012) destaca que neste modelo a dependência espacial é residual e caracterizada pela estrutura autorregressiva de primeira ordem no termo de erro. Intuitivamente, tem-se que o padrão espacial é manifestado no termo de erro e dado pelos efeitos não modelados.

Tabela 1- Estimativas dos Modelos Espaciais

	MCRL	SAR	SEM	SAC	SEM (MQGE) ⁸
	Coefficiente	Coefficiente	Coefficiente	Coefficiente	
Constante	-350, 199 (0, 951)	-3588, 213 (0, 439)	2663, 665 (0, 599)	-1218, 582 (0, 815)	2423, 828 (0, 643)
<i>r</i>	-	0, 411*** (0, 000)	-	0, 234*** (0, 0088)	-
<i>l</i>	-	-	0, 494*** (0, 000)	0, 329** (0, 029)	0, 489*** (0, 000)
Densidade Pluviométrica	20, 902*** (0, 000)	13, 383*** (0, 002)	17, 230*** (0, 000)	14, 410*** (0, 004)	17, 638*** (0, 003)
Rendimento Médio da Lavoura Temporária	0,343*** (0,000)	0,236*** (0,000)	0,310*** (0,000)	0,283*** (0,000)	0,314*** (0,000)
Rebanho Bovino e Caprino do Município	0, 382* (0, 100)	0,553*** (0,009)	0, 363* (0, 096)	0, 471** (0, 036)	0, 360* (0, 076)
<i>Dummy</i> - Mesorregião do Agreste	-3674,99 (0, 369)	-4740, 411 (0, 201)	-4438, 167 (0, 219)	-4690, 014 (0, 198)	-4400, 266 (0, 235)
<i>Dummy</i> - Mesorregião da Borborema	-5567, 507 (0, 211)	-6099, 305 (0, 129)	-6181, 319* (0, 105)	-5785, 300 (0, 136)	-6156, 702* (0, 104)
<i>Dummy</i> - Mesorregião do Sertão	-5910, 529 (0, 138)	-5119, 897 (0, 155)	-5162, 319 (0, 126)	-4883, 197 (0, 156)	-5233, 685* (0, 096)
Estatísticas					
Multicolinearidade	10, 075	-	-	-	-
Teste Jarque-Bera	16, 122*** (0, 000)	-	-	-	-
Teste Breusch-Pagan	47, 048*** (0, 000)	-	-	-	-
Testes para Autocorrelação Espacial					
Lagrange Multiplier	-	29, 148*** (0, 000)	34, 803*** (0, 000)	-	-
Robust LM (lag)	-	0, 823 (0, 364)	6, 478*** (0, 011)	-	-
Moran's I (error)	6, 298*** (0, 000)	-	-	-	-
Nº Observações	223	223	223	223	

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa

Notas: *** significante ao nível de 1%. ** significante ao nível de 5%. * significante ao nível de 10%.

Em tempo, destaca-se que os valores dos testes de Jarque-Bera (16, 122***) e Breusch-Pagan (47, 048***) sugerem que os resíduos são não normais e heterocedásticos, respectivamente. Sendo assim, Almeida (2012) sugere um estimador alternativo que se enquadra na classe dos estimadores de Métodos Generalizados dos Momentos (MGM) adaptado para contexto espacial. Portanto, a estimação do modelo espacial se baseará em Kelejian e Prucha (1999). Considerando o procedimento proposto por Kelejian e Prucha (2010), utiliza-se o estimador KP-HET para correção

⁸ Análise por Mínimos Quadrados Generalizados Exequíveis (MQGE). Dados não normais pode desencadear problemas nas estimações efetuadas por MV. Portanto, o melhor estimador deve ser encontrado por Método dos Momentos Generalizados (GMM) utilizando procedimento (MQGE) proposto por Kelejian e Prucha (1999).

de heterocedasticidade. Para Almeida (2012), esse método de estimação para o modelo de erro autorregressivo é relativamente mais simples que as efetuadas por Máxima Verossimilhança (MV) e Quase Máxima Verossimilhança (QMV), além de abstrair a forte hipótese de normalidade.

Para Almeida (2012), a interpretação dos coeficientes b do modelo SEM não é afetada. Assim, cada b pode ser interpretado como o efeito marginal.

Portanto, o valor apresentado pelo coeficiente ($l = 0,489$) do modelo SEM (MQGE) sugere que o rendimento médio da lavoura permanente por hectare pode estar sendo influenciado positivamente pelos valores encontrados em sua vizinhança. Salienta-se que valores de l maior que zero sugerem similaridades e homogeneidade entre os dados. Nestas circunstâncias, tem-se que ambientes com alto rendimento médio por hectare estão associados a outros de alto rendimento médio, por sua vez, locais de baixo rendimento médio se relacionam com ambientes de baixo rendimento médio por hectare no período analisado.

A respeito da pluviosidade, notam-se nos dados expressos pelo modelo SEM (MQGE), exposto na Tabela 1, que aumentos na quantidade de chuvas sobre a superfície da terra podem elevar o rendimento médio da lavoura permanente no Estado da Paraíba. Os resultados indicam que o aumento de 1 unidade na pluviosidade pode ocasionar um impulso de aproximadamente 17 reais no rendimento médio da lavoura permanente no Estado. Logo, o rendimento médio se mostra expressivamente correlacionado com a quantidade de chuvas. Tais indicativos já eram esperados, pois as chuvas podem aumentar tanto a quantidade produzida quanto a qualidade dos produtos. Além disso, este resultado está de acordo com os achados empíricos de outros trabalhos realizados para o Brasil e outros países do mundo (KARAMI; REZAEI-MOGHADDAM, 2005; BARRIOS; OUATTARA; STROBL, 2008; DA SILVA; PRELA-PANTANO; NETO, 2008; KAHSAY; HANSEN, 2016; OCHIENG; KIRIMI; MATHENGE, 2016).

Em relação ao Rendimento Médio da Lavoura Temporária, os resultados não surpreendem, pois, os dados expostos apontam que o aumento de 1 unidade na plantação de lavoura temporária pode impulsionar em cerca de 0,3 reais o rendimento da lavoura permanente. Nota-se pelo sinal positivo, que o agricultor paraibano não escolhe entre produzir lavoura permanente ou temporária. Tais produtores parecem diversificar a produção e tal fato acaba impulsionando o rendimento médio da lavoura permanente. Uma possível explicação para esse fato pode estar ligada a escala de produção encontrada no campo, ou seja, o fato de produzir as duas lavouras pode levar a novas contratações e essa mão de obra extra pode ocasionar maiores cuidados com a lavoura permanente e assim elevar a produção e, conseqüentemente, o rendimento médio por hectare.

Outra prova de que o agricultor paraibano é um sobrevivente e não é um grande empresário é a relação entre rebanho do município e a produção de lavoura permanente no Estado. Tal relação é positiva e significativa. O estimador indica que o aumento de 1 unidade no rebanho por hectare eleva em 0,36 reais o rendimento médio da lavoura permanente. As motivações podem ser exatamente as mesmas do caso anterior, em que o agricultor diversifica, contrata e tais contratações melhoram o rendimento médio de seus investimentos em lavoura permanente. Strassburg *et al.* (2014), usando uma função de produção para o estado do Paraná, encontram as mesmas relações. Somando a isto, o efeito positivo do rebanho na lavoura também é encontrado nos trabalhos internacionais de Barrios Ouattara e Strobl (2008) e Kahsay e Hansen (2016).

Com relação às *dummies* representando as mesorregiões paraibanas, nota-se que todas as mesorregiões apresentam o sinal esperado quando comparadas com a mesorregião da Mata paraibana. Destaca-se que a mesorregião da Zona da Mata comporta mais de um terço da população do Estado e possui características marcantes como vasto mercado consumidor de produtos agrícolas (restaurantes, hotéis, feiras livres entre outros), sobretudo, nas proximidades da região metropolitana de João Pessoa.

Acredita-se que a Mata paraibana apresenta boas características no que concerne à venda, escoamento e valorização do produto agrícola. Portanto, os resultados sugerem que os municípios que compõem tanto a mesorregião da Borborema quanto do Sertão apresentam características significativamente diferentes das constatadas nos municípios da Zona da Mata. Apesar dos municípios do Agreste apresentarem o sinal esperado, não se mostraram significantes.

Salienta-se que os sinais negativos de tais coeficientes indicam existência de diferenciais negativos em suas respectivas características, sendo assim, percebe-se que as características locais de cada mesorregião possuem poder de afetar o comportamento de seus respectivos rendimentos médios das lavouras permanentes. Logo, quando comparados com os municípios da Zona da Mata tanto os municípios da Borborema quanto do Sertão afetam negativamente o rendimento médio de suas respectivas lavouras permanentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa procurou analisar a relação entre o rendimento médio das lavouras permanentes e a pluviosidade municipal na Paraíba. Os resultados encontrados sugerem que além de expressivamente autocorrelacionado espacialmente, o rendimento médio por hectare pode sofrer efeitos do contágio em seu processo de espalhamento no espaço. Destaca-se que a autocorrelação foi constatada tanto na forma univariada quanto na forma multivariada. Assim, o rendimento médio por hectare mostra indícios de não aleatoriedade espacial. Tal fato é constatado por meio da AEDE fazendo uso do *I* de Moran global e local respectivamente.

Sendo assim, apesar da maior parte dos dados não apresentar significância estatística (68,61%), tem-se parte relevante que foram significantes a 5% (31,39%). Entre os significantes, a maioria (50%) é do tipo Baixo-Baixo, em seguida, têm-se os municípios com relação do tipo Alto-Alto (41,43%), Baixo-Alto (7,14%) e, por fim, Alto-Baixo (1,43%).

No caso multivariado, percebe-se que o rendimento médio possui estreita relação com a pluviosidade municipal formando *clusters* e aglomerados espaciais ao longo do território paraibano. Sendo que apenas 28,70% apresentaram comportamento não aleatório. Destaca-se que a maioria (43,75%) são do tipo Alto-Alto, seguidos pela relação Baixo-Baixo (37,50%), Alto-Baixo (10,94%) e Baixo-Alto (7,81%) respectivamente.

Estimaram-se os modelos MCRL. No entanto, o teste de Jarque Bera sugere não normalidade e o teste de Breusch-Pagan indica resíduos heterocedásticos. Além disso, nota-se a incidência de autocorrelação espacial. Neste contexto, estimaram-se os modelos espaciais para resolver o problema de autocorrelação: SAR, SEM e SAC. Salienta-se que o modelo mais adequado foi escolhido pelo teste do Multiplicador de Lagrange, o qual aponta o SEM como a modelagem mais robusta. No entanto, utiliza-se um estimador alternativo que se enquadra na classe dos estimadores de Métodos Generalizados dos Momentos (MGM) adaptado para contexto espacial para modelar a não normalidade observada.

Nota-se que entre as variáveis explicativas a pluviosidade é a que apresenta maior correlação positiva com o rendimento médio da lavoura permanente por hectare no Estado da Paraíba. Em seguida, encontra-se o rebanho por hectare e o rendimento médio da lavoura temporária. Destaca-se que estes resultados estão de acordo com outros achados empíricos de pesquisas realizadas para o Brasil e para outros países.

No tocante a localidade de produção, observou-se que as mesorregiões do Agreste, Borborema e Sertão apresentam menor rendimento médio se comparado com a mesorregião da Zona da Mara Paraibana.

Por fim, pode-se sugerir que o regime de chuvas é de extrema importância no rendimento dos agricultores paraibanos. No entanto, há diversos focos de alta produção agrícola associados à baixa pluviosidade. Tais constatações alimentam a ideia de a agricultura local adaptar, por meio de pesquisas, a produção agrícola ao clima e encontrar formas eficientes de garantir reservatórios que sejam capazes de fornecer água em períodos e locais de maior rigurosidade climática.

Visto que uma possível limitação do trabalho diz respeito à disponibilidade de dados mais recentes, um trabalho futuro poderá contribuir através de uma análise mais atual. Além disso, é possível aplicar as técnicas de análise utilizadas nesse trabalho para outros estados do Brasil. Por fim, sugere-se aplicar técnicas econométricas para dados em painel para verificar se os resultados se mantêm.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Editora Alínea, Campinas, São Paulo, 2012.

ALMEIDA, E. S.; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil? **RER**, Rio de Janeiro, vol. 46, nº 01, p. 031-052, impressa em abril 2008.

ANSELIN, L. Exploratory spatial data analysis and geographic information systems. In: PAINHO, M. (Ed.) **New tools for spatial analysis: proceedings of the workshop**. Luxemburgo: Euro Stat, p.45-54, 1994.

ANSELIN, L. (2005). Exploring Spatial Data with GeoDa: **A Workbook**. University of Illinois, Urbana-Champaign.

ANSELIN, L. Local indicator of spatial association – LISA. **Geographical Analysis**, v.27, n3, p.93-115, 1995.

ANSELIN, L. Spatial externalities, spacial multipliers and spacial econometrics. **International Regional Science Review**, v.26, n.3, 2003.

ANSELIN, L. Spatial Econometrics: Methods and Models. **Kluwer Academic Publishers**. Dordrecht, Netherlands, 1999.

ANSELIN, L. Spatial Econometrics: Methods and Models. **Kluwer Academic Publishers**. Dordrecht, Netherlands, 1999.

ANSELIN, Luc. Spatial Econometrics: Methods and Models. **Kluwer Academic Publishers**, 1988.

BARRETO, R. C. S.; ALMEIDA, E. S. **RESR**, Piracicaba, SP, vol. 47, nº 03, p. 719-737, outubro 2009.

BARRIOS, S.; OUATTARA, B.; STROBL, E. The impact of climatic change on agricultural production: Is it different for Africa? **Food Policy**, v.33, p. 287-298, 2008.

BAUMONT, C. Spatial effects in housing price models. Do housing prices capitalize urban development policies in the agglomeration of Dijon (1999). **Document de travail - Economie 2004-04**, LEG -Laboratoire d'Economie et de Gestion, CNRS UMR 5118, Université de Bourgogne, 2004.

CASTRO, L. S.; ALMEIDA E. S.; LIMA, J. E. A convergência espacial da produtividade de soja no Brasil: o caso das regiões Centro-Oeste e Sul. **Espacios**. v.36, nº 21, 2015.

DARMOFAL, D. Spatial econometrics and political science. In: **Annual Meeting of the Southern Political Science Association**, Atlanta, GA, 2006.

DA SILVA, D. F.; PRELA-PANTANO, A.; NETO, J. L. S. Variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do médio Paranapanema, SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, 2008.

FELEMA J.; RAIHER A. P.; FERREIRA, C. R. Agropecuária Brasileira: desempenho regional e determinantes de produtividade **RESR**, Piracicaba-SP, Vol. 51, Nº 3, p. 555-574, Jul/Set 2013 – Impressa em outubro de 2013.

FOTHERINGHAM, A. S.; BRUNSDON, C. e CHARLTON, M. E. Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships. **Chichester**, Wiley, 2002.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas**. Areia: UFPB, 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – **Contas Nacionais**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - **Produção Agrícola Municipal**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. 2014a.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - **Pesquisa Pecuária Municipal**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. 2014b.

JOHNSTON, B.F.; MELLOR, J.W. The role of agriculture in economic development. **American Economic Review**, vol. 51, n.4, p. 566-93, 1961.

KAHSAY, G. A.; HANSEN, L. G. The effect of climate change and adaptation policy on agricultural production in Eastern Africa. **Ecological Economics**, v. 121, p.54-64, 2016.

KARAMI, E.; REZAEI-MOGHADDAM, K. Modeling determinants of agricultural production cooperatives' performance in Iran. **Agricultural economics**, v. 33, p.305–314, 2005.

KELEJIAN, Harry H.; PRUCHA, Ingmar R. A generalized spatial two-stage least squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances. **J. Real State Finance Econ.**, Dordrecht, v.17, n.1, p.99-121, 1998.

KELEJIAN, Harry H.; PRUCHA, Ingmar R. forthcoming. Specification and Estimation of Spatial Autoregressive Models with Autoregressive and Heteroskedastic Disturbances. **Journal of Econometrics**, Amsterdam, v. 157, n.1, p. 53-67, 2010.

LESAGE, J.; PACE, R. K. **Introduction to Spatial Econometrics**, CRC Press, 2009.

MORAN, P. A. P. The interpretation of statistical maps. **Journal of the Royal Statistical Society B**, 10:243-251, 1948.

MOREIRA, I. T.; MOREIRA, E. R. F. De território de exploração a território de esperança: organização agrária e resistência camponesa no semi-árido paraibano. **Revista NERA (UNESP)**, v. Ano 10, p. 72-93, 2007.

MOREIRA, I. T.; MOREIRA, E. R. F.; ARAÚJO, N. M. Desempenho da agropecuária paraibana na década de 2000. **Okara: Geografia em Debate (UFPB)**, v. 8, p. 271-293, 2014.

OCHIENG, J.; KIRIMI, L.; MATHENGE, M. Effects of climate variability and change on agricultural production: The case of small scale farmers in Kenya. **NJAS-Wageningen. Journal of Life Sciences**, v. 77, p. 71-78, 2016.

PARDEY, P. G.; ALSTON, J. M.; CHAN-KANG, C. Public agricultural rd over the past half century: an emerging new world order. **Agricultural economics**, v. 44, p. 103–113, 2013.

PEIXOTO, B. T. Criminalidade na Região Metropolitana de Belo Horizonte: Uma Análise Espacial. **Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR)**, Belo Horizonte, 2004.

ROSENZWEIG, C.; PARRY, M. L.; FISCHER, G.; FROHBERG, K. 1993. Climate change and world food supply. **Research Report**, N. 3. Oxford: University of Oxford, Environmental Change Unit.

SANTOS, R. S. et al. Avaliação da relação seca/produktividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 313-321, 2011.

STRASSBURG, U.; OLIVEIRA, N. M.; PIACENTI, C. A.; PIFFER, M. Notas sobre a função de produção agropecuária agregada do Paraná. **Revista de política agrícola**, v.23, n. 3, p. 18-28, 2014.