

Desmatamento da Mata Atlântica paranaense: análise espacial para o período 2014 e 2019*

Deforestation of the atlantic forest of Parana:
spatial analysis for the period 2014 and 2019

Marieli Vieira**

Yasmine Candida da Mata Mendonça***

Resumo: O objetivo deste artigo é verificar a existência de autocorrelação espacial entre o remanescente de Mata Atlântica e as atividades agropecuárias, para os municípios do estado do Paraná, que ocupa a terceira posição no ranking de estados com maior nível de desmatamento. O recorte temporal utilizado nos dados foi de 2014 e 2019 e como metodologia, optou-se pela Análise Exploratória de Dados Espaciais. Por meio da estatística I de Moran, verifica-se a existência de autocorrelação espacial e a presença de *clusters* significativos em algumas regiões do estado para a variação do remanescente de Mata Atlântica e para as variações da atividade agropecuária, indicando que possivelmente o desmatamento em determinada localidade afeta o desmatamento em municípios vizinhos. Porém, não foram verificadas evidências de autocorrelação espacial entre a variação do remanescente e a variação das atividades agropecuárias.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável, Desmatamento, Agropecuária.

Abstract: The objective of this article is to verify the existence of spatial autocorrelation between the Atlantic Forest remnant and agricultural activities, for the municipalities of the state of Paraná, which occupies the third position in the ranking of states with the highest level of deforestation. The time frame used in the data was from 2014 and 2019 and as a methodology, the Exploratory Analysis of Spatial Data was chosen. Using Moran's I statistic, it is verified the existence of spatial autocorrelation and the presence of significant clusters in some regions of the state for the variation of the Atlantic Forest remnant and for the variations of agricultural activity, indicating that possibly deforestation in a given location affects deforestation in neighboring municipalities. However, there was no evidence of spatial autocorrelation between the variation of the remnant and the variation of agricultural activities.

Keywords: Sustainable development, Deforestation, Agricultural.

Classificação JEL: Q56; R11

*Submissão: 22/02/2022 | Aprovação: 12/04/2022 | Publicação: 03/06/2022 | DOI: [10.54805/RCE.2527-1180.v5.n1.106](https://doi.org/10.54805/RCE.2527-1180.v5.n1.106)

** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil | E-mail: marihvieira18@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0446-3235>

*** Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil | E-mail: yasmine.cmm@hotmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2252-1192>

1 Introdução

O conceito de desenvolvimento sustentável é relativamente novo e indica que a busca do desenvolvimento deve se comprometer, além das necessidades da sociedade do momento presente, também com as necessidades das gerações futuras.

Nesse contexto, os dados indicam que no Brasil ainda há muito que se avançar em relação à implementação do conceito de desenvolvimento sustentável na prática, já que, de acordo com o Relatório Anual do Desmatamento no Brasil, divulgado em junho de 2021, apenas em 2020 foi registrado um crescimento de 30% no número de alertas de desmatamento validados pelo MapBiomas em relação ao ano anterior e um aumento de 14% da área desmatada. O mesmo relatório destaca que mais de 76% do desmatamento registrado em 2020 se concentrou em seis estados brasileiros: Pará, Mato Grosso, Maranhão, Amazonas, Rondônia e Bahia. Por outro lado, ao se analisar os dados do mesmo relatório, tendo como referencial a perda da biodiversidade única de cada bioma brasileiro, em termos proporcionais, evidencia-se que os maiores aumentos de alertas de desmatamento em termos proporcionais ocorreram na Caatinga (405%), Mata Atlântica (125%) e Pampa (99%) (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2021).

Em relação à Mata Atlântica, especialmente, entre 2018 e 2019, os três estados que mais desmataram, segundo a SOS Mata Atlântica (2021) foram: Minas Gerais (4.852 hectares), Bahia (3.532 hectares) e Pará (2.767 hectares). Os três estados em destaque representam juntos mais de 49% do que compõem a área total da Mata Atlântica. Porém, dentre estes, é no estado do Paraná que esse bioma é mais representativo relativamente à área total do estado. Conforme dados apresentados pela Fundação SOS Mata Atlântica (2022b), o estado do Paraná é coberto em 99% pelo bioma Mata Atlântica, enquanto no estado de Minas Gerais esse percentual é de 47% e na Bahia é de 32%¹.

Tendo em vista esse panorama, este artigo foca sua análise no estado do Paraná, buscando verificar a existência de autocorrelação espacial do remanescente de Mata Atlântica e as atividades agropecuárias, a nível municipal, entre 2014 e 2019.

Este trabalho está, portanto, dividido em quatro seções além desta introdução. A segunda seção trata da Revisão Bibliográfica. Na terceira e quarta seções, são apresentados metodologia e os resultados discutidos, respectivamente. Finalizando este trabalho, se encontram as considerações finais acerca dos resultados desta pesquisa.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Desenvolvimento Sustentável

A questão ambiental tem tomado cada vez mais importância internacional e os governos têm se preocupado com os problemas ambientais. O conceito de desenvolvimento sustentável mais difundido foi criado na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) e apresentado no Relatório Brundtland, também conhecido como relatório “Nosso Futuro Comum”, segundo o qual, este “atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (BARBOSA, 2008).

No Relatório Brundtland, fala-se sobre a pobreza generalizada ser evitável e que o desenvolvimento deve também possibilitar a melhora da qualidade de vida das pessoas. Defendeu-se a equidade na participação da sociedade quanto à tomada de decisões para o desenvolvimento urbano. O relatório afirmou ainda a pobreza como um problema ambiental, devendo ser uma preocupação na busca da sustentabilidade. A partir deste relatório o mundo percebeu que seria necessária a busca de uma nova forma de desenvolvimento, buscando, além da melhoria econômica, também atender uma preocupação ambiental e a social.

Em 1986, a carta elaborada durante a Conferência de Ottawa já estabelecia alguns preceitos que possibilitariam o desenvolvimento sustentável, entre eles: manutenção da integração ecológica; satisfação das necessidades básicas humanas; alcance da equidade e justiça social; integração da conservação e do desenvolvimento; provisão de autodeterminação social e diversidade cultural (DE OTTAWA, 1986).

Para a Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento os objetivos que derivam desse conceito se relacionam com crescimento da cidade e objetivam o uso racional dos recursos naturais inseridos nas atividades produtivas, entre eles: crescimento renovável; mudança de qualidade do crescimento; satisfação das necessidades essenciais; conservação e proteção da base de recursos; reorientação da tecnologia e do gerenciamento de risco; reorientação das relações econômicas internacionais (CMMAD, 1991).

Ferreira (1998), afirma que o estilo de desenvolvimento atual se consolida nas cidades, que cada vez mais devem fazer parte das estratégias voltadas para o desenvolvimento, buscando justamente um alinhamento da qualidade de vida urbana.

Após essa mudança na forma de pensar o desenvolvimento, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92, se delinearão bases para compromissos ambientais de regulamentação. No ano de 2012, na Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, Rio +20, foram ajustados passos para enfrentamento

¹ Os resultados quantitativos referem-se ao mapeamento incompleto dos estados no período, o que pode causar divergência nos percentuais indicados.

dos desafios globais que envolvem o desenvolvimento e a preservação do meio ambiente, os quais o Brasil também enfrenta (GAETANI *et al.*, 2012).

Recentemente, na 26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP26), realizada em novembro de 2021, emergiu a discussão e houve movimentação dos participantes para que seja buscada uma meta de neutralidade quanto à emissão de gases de efeito estufa, em virtude da preocupação com as mudanças climáticas e em busca de limitar o aumento da temperatura global. O Brasil, especificamente, assumiu o compromisso com a redução em 50% das emissões até o ano de 2030. Para atingir esse objetivo há um grande desafio pela frente: a redução do desmatamento ilegal. A respeito desse desafio, o Brasil se comprometeu em agir no sentido de eliminar o desmatamento ilegal e gerar soluções que sejam associadas ao uso sustentável dos recursos naturais, o que impacta diretamente a agropecuária brasileira (LIMA; HARFUCH, 2021).

A ideia de que a inovação é essencial para a relação entre a agropecuária e as mudanças climáticas também ganhou espaço. O Brasil, por sua vez, apresentou como iniciativa a implantação de uma política que busca aprofundar tecnologias sustentáveis (LIMA; HARFUCH, 2021). Com o Plano ABC serão adotadas tecnologias que possibilitem a redução do impacto ambiental, tais como reflorestamento, recuperação de pastagens, plantio direto, manejo de dejetos animais, entre outras ações (GOVERNO DO BRASIL, 2021).

A questão ambiental é relevante para o país pela sua significância em biodiversidade global, estando entre os 17 países com maior diversidade do mundo, que juntos têm 70% das espécies animais e vegetais catalogadas. Acredita-se que o Brasil tenha de 15 a 20% da biodiversidade global. O que mais ameaça a biodiversidade brasileira são a fragmentação e perda de habitats naturais, assim como exploração excessiva de plantas e animais, os programas de reflorestamento, poluição, queimadas e mudança climática, sendo a mudança climática a mais temida nos últimos tempos (SOS MATA ATLÂNTICA, 2022a).

O estado do Paraná é composto basicamente por dois biomas, sendo que 98% do estado é originalmente Mata Atlântica e cerca de 2% são Cerrado. A Mata Atlântica é uma das florestas mais ricas em diversidade do planeta, tomando aproximadamente 15% do território do país em 17 estados e cuja vegetação original era de 1.315.000 km². O percentual do remanescente conservado é de apenas 12,4%, conforme dados de 2016-2017, coletados pela Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (SEMA, 2018).

Segundo a SOS Mata Atlântica (2022a), na área da Mata Atlântica vivem mais de 70% da população brasileira, cerca de 145 milhões de pessoas, e se localizam sete das nove maiores bacias hidrográficas do país. Entre 1985 e 2017 o bioma teve 1,9 milhão de hectares desmatados, o que corresponde à área do estado do Sergipe.

No ano de 2006 foi sancionada a Lei da Mata Atlântica (11.428/2006), para regulamentar a proteção e uso dos recursos dessa floresta, para que se possa explorá-la de forma consciente e sustentável, sem prejudicar o ecossistema. O principal instrumento de aplicação desta lei foi o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica, que deve ser elaborada com iniciativa dos municípios, fazendo o mapeamento dos remanescentes (SOS MATA ATLÂNTICA, 2022a).

Tabela 1 – Área de Mata Atlântica em 2020

UF	Área UF (ha)	Área Mata Atlântica (ha)	% UF com Mata Atlântica	Mata Atlântica (ha)	% Mata Atlântica
Alagoas	2.783.066	1.523.382	55%	142.746	9,4%
Bahia	56.476.046	17.988.591	32%	1.991.644	11,1%
Ceará	14.889.445	866.840	6%	63.489	7,3%
Espírito Santo	4.607.445	4.606.378	100%	482.260	10,5%
Goiás	34.024.282	1.190.894	4%	31.177	2,6%
Minas Gerais	58.651.394	27.621.839	47%	2.814.998	10,2%
Mato Grosso do Sul	35.714.708	6.386.440	18%	688.021	10,8%
Paraíba	5.646.724	599.370	11%	54.571	9,1%
Pernambuco	9.806.788	1.689.578	17%	192.309	11,4%
Piauí	25.175.549	2.661.852	11%	899.643	33,8%
Paraná	19.929.898	19.635.642	99%	2.314.954	11,8%
Rio de Janeiro	4.375.042	4.375.042	100%	819.868	18,7%
Rio Grande do Norte	5.280.960	350.839	7%	12.136	3,5%
Rio Grande do Sul	26.863.785	13.845.176	52%	1.083.234	7,8%
Santa Catarina	9.573.069	9.572.719	100%	2.183.862	22,8%
Sergipe	2.193.819	1.021.622	47%	69.100	6,8%
São Paulo	24.821.948	17.071.791	69%	2.341.618	13,7%
TOTAL	340.813.966	131.007.456	38%	16.185.632	12,4%

Fonte: adaptado de Fundação SOS Mata Atlântica (2022b).

Desde o início do monitoramento do desmatamento da Mata Atlântica, do SOS Mata Atlântica em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, no ano de 1985, o ano de 2019 revelou o menor desmatamento do bioma. Nove dos 17 estados ficaram com nível de desmatamento zero (os desmatamentos ficaram em torno de 1 km² ou 100 hectares

(ha)), sendo eles: Ceará, Alagoas, Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Paraíba, Pernambuco, São Paulo e Sergipe (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019). No biênio 2018-2019, os estados que mais desmataram foram: Minas Gerais (4.852 hectares), Bahia (3.532 hectares) e Paraná (2.767 hectares). No estado do Paraná esse bioma é mais representativo em relação à área total do estado - o estado é coberto em 99% pelo bioma Mata Atlântica, enquanto no estado de Minas Gerais esse percentual é de 47% e na Bahia é de 32% (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2022b).

Na Tabela 1 é possível visualizar a representatividade da área de Mata Atlântica em relação às áreas totais dos 17 estados cujo território faz parte do bioma. Três estados possuem 100% do território classificado no bioma da Mata Atlântica, são eles: Santa Catarina, Rio de Janeiro e Espírito Santo. O Paraná, que se encontra no topo da lista dos estados com maior área de desmatamento nos anos de 2018-2019, está na quarta posição, tendo 99%² da área mapeada composta por Mata Atlântica, no ano de 2020.

2.1 Literatura Empírica

Nesta seção serão apresentados alguns estudos empíricos que apresentam temática similar ao que se propõe o presente trabalho, que abordam a temática do desmatamento e sua relação com atividades agropecuárias.

Rivero *et al.* (2009) analisam a espacialidade dos dados de desmatamento na Amazônia e buscam verificar a evolução da causa do desmatamento desse bioma. Utilizando-se de modelos de regressão linear com dados em painel, os autores avaliam a contribuição dos principais usos da terra para o desmatamento, a nível municipal, e entre os resultados encontraram que o desmatamento tem relação com a pecuária bovina e com a cultura da soja, e esse resultado se intensifica quando aumenta a demanda por carne.

Também considerando a Amazônia legal, Rossoni e Moraes (2020) fazem uma análise espacial do desmatamento e das atividades agropecuárias para 754 municípios, entre 2007 e 2017. Buscam verificar a existência efeitos espaciais nos dados e seus resultados indicam a concentração espacial do desmatamento, sendo possível verificar que ele aconteceu de forma mais intensa em alguns estados.

Cecílio e Silva, Marcelino e Parré (2020), avaliam o impacto de fatores determinantes para o desmatamento em 761 municípios da Amazônia Legal, utilizando-se de econometria espacial. Em seu trabalho, os autores verificaram que o desmatamento é crítico em algumas regiões e que se eleva se relacionado a variáveis como a floresta preexistente, rebanho bovino, densidade demográfica, multas por infrações contra a flora e renda. Os resultados atestam que há transbordamento espacial do desmatamento para os municípios vizinhos.

Para a Mata Atlântica, Teixeira, Almeida e Bertella (2014), por meio da análise exploratória de dados espaciais, busca verificar se há convergência espacial do desmatamento para os municípios do estado do Mato Grosso. É verificada a dependência espacial entre as taxas de desmatamento dos municípios, o que permite concluir que este não segue um processo aleatório. Além disso, as disparidades regionais apresentaram crescimento a taxas decrescentes, sugerindo que há divergência no processo de desmatamento ao longo dos anos.

O trabalho de Sousa, Irfi e Asevedo (2021) analisa a relação do desmatamento e a atividade econômica, testando a hipótese da curva de Kuznets Ambiental para os municípios do estado do Ceará. O resultado, de forma divergente do esperado, indica que a densidade populacional e a bovinocultura suavizam a atividade de desmatamento.

De acordo com que já foi destacado, o desmatamento é temática recorrente no que se refere ao desenvolvimento e meio ambiente. A pouca disponibilidade de estudos da Mata Atlântica e a relevância do desmatamento no estado do Paraná para o bioma trazem a necessidade desse estudo, por contribuir para a ampliação da literatura já existente.

3 Metodologia

3.1 Econometria Espacial

A verificação de dependência espacial é recomendada quando se trabalha com dados espaciais, como é o caso de desmatamento, pois de acordo com Tobler (1970), tudo se relaciona com tudo, mas as coisas próximas se relacionam mais que as mais distantes. Para tanto, a estatística I de Moran é usada para testar a dependência espacial e pode ser aplicada diretamente a variável y_i .

Conforme especificam Cliff e Ord (1981), a estatística I de Moran pode ser expressa como:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} Z_i Z_j}{\sum_{i=1}^n Z_i^2} \quad (1)$$

Onde Z_i é o vetor de n observações para variável normalizada; W é a matriz de pesos espaciais, sua diagonal de elementos são iguais a zero e os elementos W_{ij} indicam a forma como um município está conectado com outro; e o termo S_0 é um escalar igual à soma de todos os elementos da matriz W .

Quando positiva, a estatística I de Moran indica que exista autocorrelação espacial positiva, havendo concentração dos dados através das regiões. Quando a estatística for negativa, indica que exista autocorrelação negativa, o que significa dispersão dos dados. Se próximo de 1, maior é a concentração, e quando próximo de -1, maior a dispersão.

O diagrama de dispersão de Moran é uma das formas de interpretar a estatística I de Moran. Através do diagrama pode-se visualizar a correlação linear de uma variável para cada uma das unidades nas abscissas e, nas ordenadas, a média do valor padronizado da variável para os municípios vizinhos. Desta forma, como o diagrama de Moran é dividido em quatro quadrantes, indicando valores Alto-Alto (AA), Baixo-Alto (BA), Baixo-Baixo (BB) e Alto-Baixo (AB) (MONASTERIO e ÁVILA, 2004; BETARELLI JUNIOR e ALMEIDA, 2009).

O Índice de Moran Local, por sua vez, proposto por Anselin (1995), testa a autocorrelação local a fim de identificar objetos espaciais com influência no indicador Moran Global. Essa metodologia considera a análise das covariâncias entre as diferentes unidades de área.

Portanto, enquanto o Índice Global de Moran avalia a interdependência espacial entre todos os polígonos em análise, o Índice Local de Moran analisa a covariância entre um determinado polígono e certa vizinhança definida em função de uma distância d . Anselin (1995) define o Índice Local de Moran como produto do resíduo no polígono de referência com a média local dos resíduos dos seus vizinhos adjacentes.

Assim:

$$I_i = Z_i \sum_j W_{ij} Z_j \quad (2)$$

Onde W_{ij} representa o valor na matriz de vizinhança para a região i com a região j em função da distância d , e z_i e z_j são os desvios em relação à média.

A matriz W_{ij} define os vizinhos de certo polígono. Este trabalho utiliza o critério de contiguidade, na qual duas regiões são consideradas vizinhas se elas fizerem fronteira física, pois dessa forma considera-se que seja maior a interação espacial. Quanto às fronteiras físicas em comum, conforme explica Almeida (2004), é possível levar em conta as fronteiras que tenham extensão diferente de zero e também aquelas que tenham apenas vértices em comum. Considerando essas proximidades, as matrizes de contiguidade podem ser do tipo 'rainha', 'torre' ou 'bispo'. A primeira leva em conta fronteiras de extensão diferentes de zero e os vértices, a segunda, apenas as fronteiras, enquanto a terceira leva em conta apenas os vértices.

Quando a estatística I de Moran Local fica mais próxima de +1, isso indica que existe autocorrelação espacial positiva, ou seja, os valores altos de desmatamento tendem a estar localizados perto de vizinhos que também tenham valores altos, assim como valores baixos de desmatamento tendem a estar localizados perto de vizinhos com valores baixos. Quando o I de Moran Local for próximo de -1 isso indica que existe autocorrelação negativa, o que significa que vizinhos com valores altos de desmatamento estarão próximos de vizinhos com baixos valores e vice-versa.

Após a estimativa do I de Moran Local, faz-se interessante gerar um mapa indicando quais regiões apresentam correlação local. Esse mapa é chamado por Anselin (1995) de LISA (*Local Indicators of Spatial Association*) e é indicado para verificar a autocorrelação espacial local juntamente com as características do espaço, ou seja, visa explicar áreas com dinâmica espacial própria que merecem análise.

Na intenção de descobrir se os valores de uma variável têm associação com os valores de outra variável nos municípios vizinhos, realiza-se a avaliação de autocorrelação espacial global bivariada. O coeficiente I de Moran bivariado verifica a existência de um padrão espacial entre duas variáveis diferentes (ALMEIDA, 2004). A estatística I de Moran para duas variáveis padronizadas, Z_1 e Z_2 , pode ser calculada da seguinte forma:

$$I^{Z_1 Z_2} = \frac{n}{S_0} \frac{Z_1' W Z_2}{Z_1' Z_1} \quad (3)$$

A análise exploratória dos dados espaciais é realizada por meio do *software* GeoDa e foi realizada com o número de 999 permutações. Após a verificação inicial dos dados, por meio da variação percentual, é realizada análise de dependência e transbordamento espacial com a estimativa do I de Moran Global univariado, *clusters* de I de Moran Local univariado e I de

Moran Global bivariado.

3.2 Dados

Os dados utilizados nessa pesquisa foram retirados da base de dados do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 2022), referentes aos municípios do estado do Paraná, para o ano de 2014 e 2019. Os dados referentes à Mata Atlântica estão disponíveis apenas como áreas remanescentes dessa floresta e as coletas costumam ser bienais ou trienais, o que justifica a escolha de períodos (como não há disponibilidade para um período de dez anos, optou-se por realizar a análise quinquenal). A área destinada à pecuária apresenta indisponibilidade de dados para os anos de análise, dessa forma apresenta-se a variação da atividade pecuária por meio do rebanho efetivo de bovinos. O Quadro 1 apresenta a forma de cálculo das variáveis escolhidas.

Quadro 1 – Variáveis utilizadas

Variável	Cálculo
Variação Percentual na Área de Remanescente	$\frac{\text{Área Remanescente}_{2019}}{\text{Área Remanescente}_{2014}} - 1$
Variação Percentual na Área de Lavoura	$\frac{\text{Área Lavoura}_{2019}}{\text{Área Lavoura}_{2014}} - 1$
Variação Percentual no Efetivo de Pecuária	$\frac{\text{Efetivo Pecuária}_{2019}}{\text{Efetivo Pecuária}_{2014}} - 1$

Fonte: elaboração própria

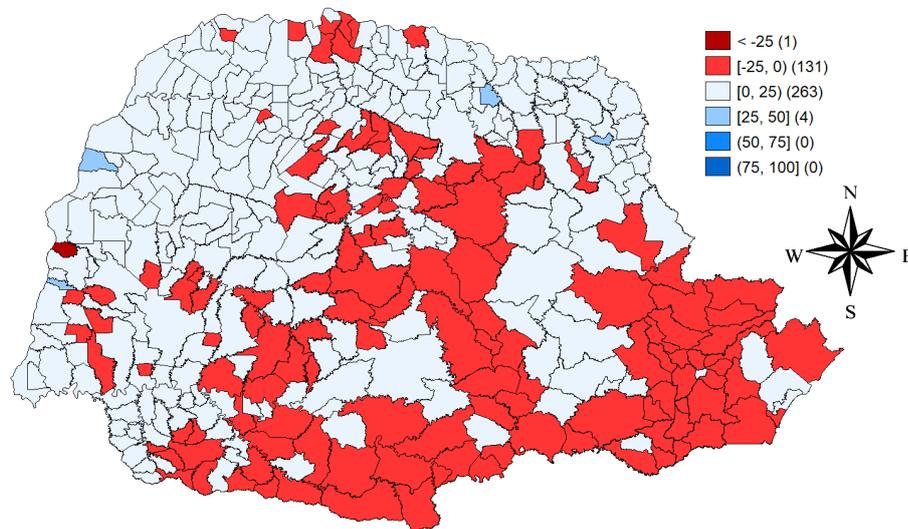
Todos os 399 municípios de estado do Paraná apresentaram informações para as variáveis selecionadas, de forma que foram consideradas 399 observações.

4 Resultados e Discussões

O estado do Paraná é composto predominantemente pelo bioma Mata Atlântica, sendo de apenas 2% a área correspondente ao bioma Cerrado.

No ano de 2019, o Paraná foi o terceiro estado com maior área desmatada de seu principal bioma. A área média desmatada entre 2014 e 2019 foi de cerca de 18 ha por município. Na Figura 1 é possível observar a variação percentual do remanescente de Mata Atlântica para os municípios paranaenses. A cidade onde ocorreu o maior desmatamento no período, com queda de mais de 29% na área remanescente foi o município de Mercedes. Entre zero e 25% de redução, ficaram classificadas 131 cidades, localizadas predominantemente nas mesorregiões Metropolitana de Curitiba, Sudeste e Centro-Sul. Na mesorregião Metropolitana de Curitiba, predomina a Mata Pluvial Atlântica. As mesorregiões Centro-Sul e Sudeste são as maiores detentoras dos remanescentes da Floresta Ombrifolia Mista, também conhecida como mata de araucária, o que possivelmente justifica os valores altos de desmatamento nas regiões.

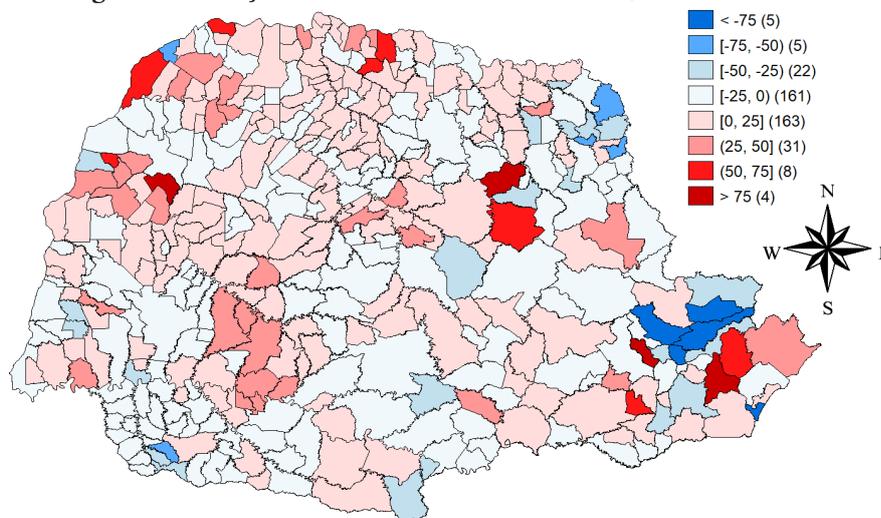
Figura 1 – Variação Percentual da Área Remanescente de Mata Atlântica, 2014-2019



Fonte: resultados da pesquisa, elaborado no *software* Geoda.

Mais de metade dos municípios do estado tiveram recuperação da área remanescente do bioma em análise, sendo que 263 municípios tiveram entre zero e 25% de recuperação. São Jorge do Patrocínio, Entre Rios do Oeste, Uraí e Quatiguá tiveram recuperação de 36,2%, 25,5%, 28,6% e 28,5% da área remanescente. A faixa em que predomina a recuperação da Mata Atlântica está nas mesorregiões Oeste e Noroeste Paranaense.

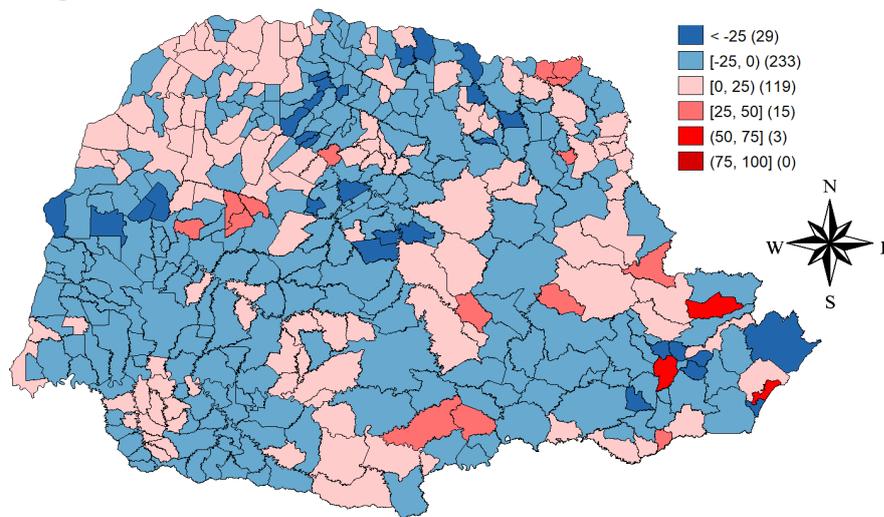
Figura 2 – Variação Percentual da Área de Lavoura, 2014-2019



Fonte: resultados da pesquisa, elaborado no *software* Geoda.

Na Figura 2 é possível constatar que a área de lavoura teve redução de mais de 75% em cinco cidades, sendo elas: Matinhos (-79,1%), Tunas do Paraná (-76,9%), Rio Branco do Sul (-76,5%), Bocaiúva do Sul (-75,8%) e Colombo (-75,1%). Já as cidades que têm destaque no aumento da área destinada à lavoura no período são quatro: Sapopema (123,2%), Morretes (94,5%), Campo Magro (82,8%) e Perobal (75,7%).

Figura 3 – Variação Percentual do Efetivo de Pecuária, 2014-2019



Fonte: resultados da pesquisa, elaborado no *software* Geoda.

O efetivo da pecuária nesse período sofreu redução de cerca de 2,3%. Três municípios da mesorregião Metropolitana de Curitiba merecem destaque pelo aumento no efetivo de rebanho bovino, representando a pecuária, são eles: Pontal do Paraná (72,5%), Curitiba (73,2%), e Tunas do Paraná (66,5%).

Tabela 2 – Estatística I de Moran Global

Variável	I de Moran Global	Pseudo P-valor	Permutações
Lavoura	0,208	0,001	999
Pecuária	0,131	0,001	999
Remanescente	0,314	0,001	999

Fonte: elaboração própria.

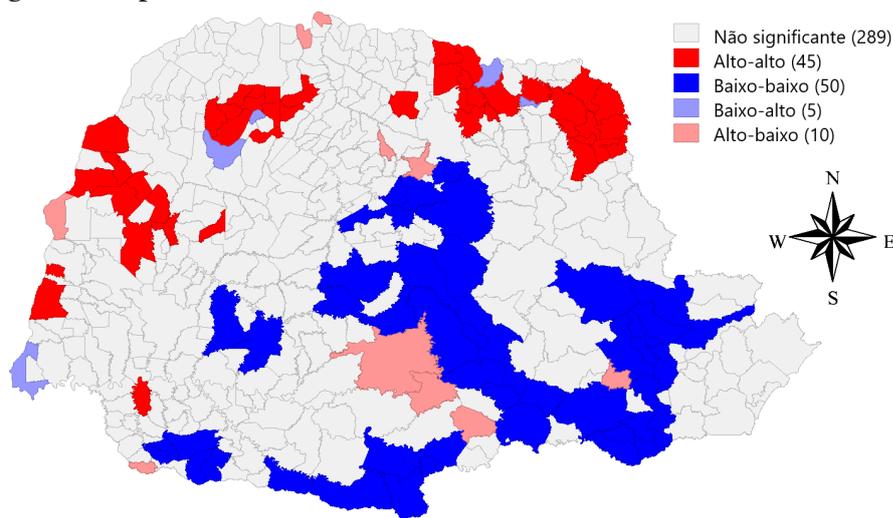
O I de Moran é o método mais adequado para constatar se há presença ou ausência de concentração espacial. Na Tabela 2 verifica-se a existência de correlação espacial positiva e estatisticamente significativa na variação do remanescente, com o I de

Moran global de 0,314, com significância estatística superior a 99%. Um I de Moran positivo esclarece o fato de que cidades com altos valores de desmatamento tendem a ser circundadas por outras cidades que também apresentem alto desmatamento, assim como as que têm baixo desmatamento, ou têm recuperação do remanescente, tendem a estar próximas.

Na variação da área de lavoura, verifica-se a existência de correlação espacial, com I de Moran de 0,208. Quanto à pecuária, o I de Moran de 0,131 também sugere existência de correlação espacial, com menor concentração espacial em relação à variação na área de lavoura e área de remanescente, esse indicador também apresentou significância estatística.

Após verificar que o I de Moran Global indica a presença de concentração espacial para o conjunto de dados, vamos verificar a formação de *clusters* espaciais de forma local a partir da estatística I de Moran Local, também conhecido como *LISA (Local Index of Spatial Association)*.

Figura 4 – Mapa de *cluster* de I de Moran Local Univariado Remanescente



Fonte: resultados da pesquisa, elaborado no *software* Geoda.

Na Figura 4 são representados os *clusters* identificados na variação da área remanescente. São identificados três *clusters* de padrão Alto-alto e quatro *clusters* de padrão Baixo-baixo. Dois dos *clusters* Alto-alto, onde municípios com alta variação do percentual remanescente estão rodeados por outros municípios com a mesma característica, se localizam nas mesorregiões Noroeste e Oeste. Nessas mesorregiões encontram-se as maiores áreas com remanescentes de mata de Floresta Estacional Semidecidual, ou Mata Atlântica de Interior. Espacialmente a mesorregião Oeste abriga o terceiro maior estoque de cobertura vegetal remanescente do estado. Essas mesorregiões são protegidas por Unidades de Conservação (UCs) municipais que recebem recursos referentes ao ICMS ecológico (mesorregião Noroeste – 27 UCs; mesorregião Oeste – 24 UCs) (IPARDES, 2017), e são onde se encontram áreas de recuperação do remanescente. No Quadro 2 se encontram descritos os municípios que fazem parte dos *clusters* identificados para o remanescente florestal. Entre aqueles que foram classificados como Alto-alto, podemos citar alguns que possuem Unidades de Conservação: Cafezal do sul, Assis Chateaubriand, Iporã e Alto Paraíso,

Os *clusters* padrão Baixo-baixo, onde os baixos valores de remanescente florestal se encontram rodeados por municípios que apresentam as mesmas características se localizam nas mesmas regiões em que se observam os maiores desmatamentos.

Quadro 2 – Quadro síntese de *cluster* I de Moran Local Univariado Remanescente

Cluster	Mesorregião	Município
1: Alto-alto	Oeste Paranaense	Assis Chateaubriand e Formosa do Oeste.
	Noroeste Paranaense	Alto Piquiri; Cafezal do Sul; Iporã; Altônia; Pérola; Esperança Nova; Alto Paraíso.
2: Alto-alto	Noroeste Paranaense	São Tomé; São Carlos do Ivaí; Tamboara; Paraíso do Norte; Nova Aliança do Ivaí; Mirador; Guaporema; Rondon; Cidade Gaúcha.
	Norte Central Paranaense	Floraí; Nova Esperança.
3: Alto-alto	Norte Central Paranaense	Primeiro de Maio; Sertanópolis.
	Norte Pioneiro Paranaense	Sertaneja; Rancho Alegre; Jataizinho; Uraí; Assaí; Nova América da Colina; Cornélio Procópio; Bandeirantes; Santo Antônio da Platina; Jacarezinho; Ribeirão Claro; Carlópolis; Salto do Itararé; Siqueira Campos; Tomazina; Quatiguá; Joaquim Távora; Guapirama.
1: Baixo-baixo	Sudoeste Paranaense	Salgado Filho; Manfrinópolis; Francisco Beltrão; Marmeleiro; Renascença.
2: Baixo-baixo	Oeste Paranaense	Guaraniaçu.
	Centro-Sul Paranaense	Nova Laranjeiras.
3: Baixo-baixo	Sudeste Paranaense	Bituruna; General Carneiro; Porto Vitória; União da Vitória.

Continua...

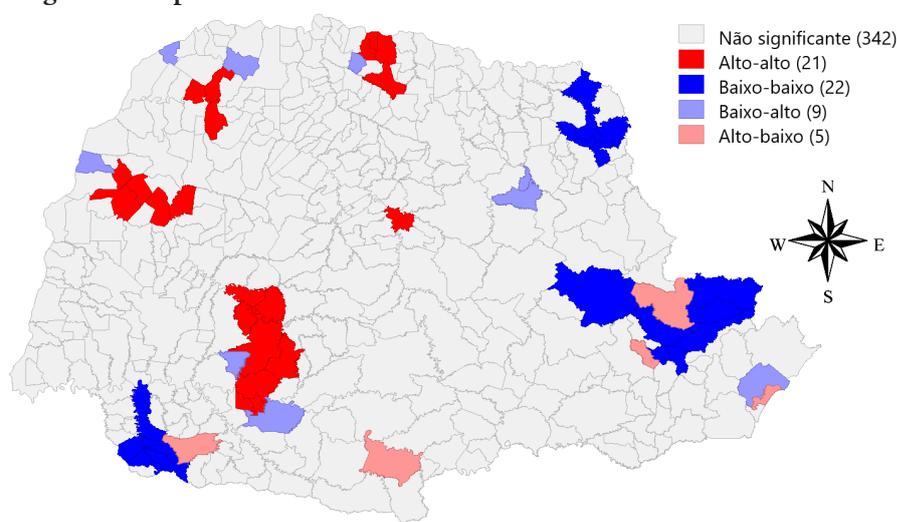
Continuação...

Cluster	Mesorregião	Município
	Sudoeste Paranaense	Clevelândia; Palmas.
4: Baixo-baixo	Metropolitana de Curitiba	Bocaiúva do Sul; Cerro Azul; Rio Branco do Sul; Itaperuçu; Campo Largo; Campo Magro; Almirante Tamandaré; Curitiba; Araucária; Mandirituba; Agudos do Sul; Quitandinha; Lapa; Rio Negro; Campo do Tenente; Piên.
	Sudeste Paranaense	São João do Triunfo; São Mateus do Sul; Rebouças; Fernandes Pinheiro; Irati; Imbituva; Prudentópolis; Guamiranga; Ivaí.
	Centro-Sul Paranaense	Turvo; Pitanga; Santa Maria do Oeste.
	Norte Central Paranaense	Cândido de Abreu; Tamarana; Faxinal; Cruzmaltina; Grandes Rios; Jardim Alegre.
	Centro Oriental Paranaense	Castro; Reserva; Ortigueira.

Fonte: dados da pesquisa.

No tocante à variação na área de lavoura, na Figura 5, são identificados quatro *clusters* do tipo Alto-alto e três *clusters* de I de Moran local Baixo-baixo. Dos *clusters* identificados como padrão Alto-alto, indicando que municípios com aumento da área destinada à lavoura estão próximos a outros com a mesma característica, três deles estão localizados fora da área de maior desmatamento.

Figura 5 – Mapa de *cluster* de I de Moran Local Univariado Lavoura



Fonte: resultados da pesquisa, elaborado no *software* Geoda.

No Quadro 3 são descritos os *clusters* encontrados com relação a variação da área destinada à lavoura, com os municípios que os compõem. Entre os *clusters* Alto-alto, alguns municípios se localizam na mesorregião Norte Central, que tem posição de destaque frente à agricultura do estado: no ano de 2019, segundo dados do Iparides (2022), o Valor Bruto da Produção da agricultura nessa localidade representava mais de 16% do Valor Bruto produzido pela agricultura do estado. As mesorregiões Noroeste e Centro-Sul, com a maior quantidade de municípios representando os *clusters* Alto-alto, representam 8,1% e 7,7% do Valor Bruto da Produção do estado, respectivamente.

Quadro 3 – Quadro síntese de *cluster* I de Moran Local Univariado Lavoura

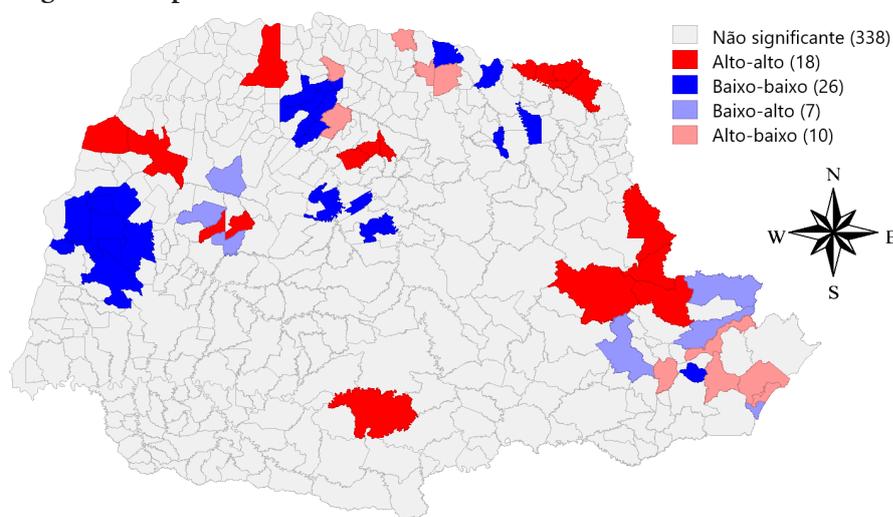
Cluster	Mesorregião	Município
1: Alto-alto	Noroeste Paranaense	Iporã; Pérola; Cafezal do Sul; Alto Piquiri; Mariluz.
2: Alto-alto	Noroeste Paranaense	Santa Mônica; Planaltina do Paraná; Cidade Gaúcha.
3: Alto-alto	Norte Central Paranaense	Lupionópolis; Centenário do Sul; Cafeara; Jaguapitã.
4: Alto-alto	Centro Ocidental Paranaense	Altamira do Paraná.
	Centro-Sul Paranaense	Laranjal; Nova Laranjeiras; Laranjeiras do Sul; Rio Bonito do Iguaçu.
	Oeste Paranaense	Diamante do Sul.
	Sudoeste Paranaense	Sulina; Saudade do Iguaçu.
1: Baixo-baixo	Sudoeste Paranaense	Realeza; Ampére; Pinhal de São Bento; Santo Antônio do Sudoeste; Bom Jesus do Sul; Salgado Filho; Flor da Serra do Sul; Manfrinópolis.
2: Baixo-baixo	Norte Pioneiro Paranaense	Jacarezinho; Joaquim Távora; Guapirama; Quatiguá; Siqueira Campos; Carlópolis.
3: Baixo-baixo	Centro Oriental Paranaense	Castro.
	Metropolitana de Curitiba	Rio Branco do Sul; Almirante Tamandaré; Colombo; Pinhais; Bocaiúva do Sul; Tunas do Paraná; Adrianópolis.

Fonte: dados da pesquisa.

Na Figura 6, quanto à pecuária, são identificados quatro *clusters* Alto-alto e dois *clusters* padrão Baixo-baixo.

Dentre os *clusters* que são do tipo Alto-alto, o que contém maior número de cidades concentradas está na mesorregião Norte Pioneiro: Jacarezinho, Cambará, Andirá, Itambaracá e Barra do Jacaré. São cidades as quais, juntamente com seus vizinhos, registraram aumento do efetivo pecuário.

Figura 6 – Mapa de *cluster* de I de Moran Local Univariado Pecuária



Fonte: resultados da pesquisa, elaborado no *software* Geoda.

O Quadro 4 corresponde à síntese dos municípios que representam os *clusters* para variação da área correspondente à pecuária, que foram visualizados no mapa da Figura 6.

Quadro 4 – Quadro síntese de *cluster* I de Moran Local Univariado Pecuária

<i>Cluster</i>	Mesorregião	Município
1: Alto-alto	Noroeste Paranaense	Alto Paraíso; Umuarama.
2: Alto-alto	Norte Central Paranaense	Bom Sucesso; Jandaia do Sul; Cambira.
3: Alto-alto	Centro Oriental Paranaense	Sengés; Castro.
	Metropolitana de Curitiba	Doutor Ulysses; Cerro Azul.
4: Alto-alto	Norte Pioneiro Paranaense	Itambaracá; Andirá; Cambará; Barra do Jacaré; Jacarezinho.
1: Baixo-baixo	Oeste Paranaense	Mercedes; Terra Roxa; Palotina; Nova Santa Rosa; Toledo; Assis Chateaubriand.
	Noroeste Paranaense	Iporã; Francisco Alves.
2: Baixo-baixo	Norte Central Paranaense	Floraí; Nova Esperança; Atalaia; Flórida; Mandaguaçu; Presidente Castelo Branco; Ourizona; Doutor Camargo; Paçandu.

Fonte: dados da pesquisa.

No que se refere à representatividade da atividade da pecuária frente à produção do estado, as mesorregiões Norte Central, Noroeste e Norte Pioneiro representam, no ano de 2019, 12,3%, 11,1% e 6,4% do Valor Bruto da Produção pecuária do estado do Paraná, respectivamente. Destaca-se ainda a mesorregião Oeste Paranaense, da qual vários municípios formaram um *cluster* Baixo-baixo, que representa a localidade que mais contribuiu para o Valor Bruto da produção estadual, com mais de 32%.

O I de Moran bivariado é utilizado para verificar se há ou não correlação espacial entre a variação percentual do remanescente de Mata Atlântica de determinado município e a variação percentual na área de lavoura e também a variação percentual no efetivo da pecuária dos municípios vizinhos. Essa estatística não pode ser interpretada como causa e efeito, o que requer outros métodos. Na Tabela 3 são apresentados os indicadores de I de Moran bivariado global do remanescente em relação à atividade da lavoura e pecuária.

Analisando o I de Moran bivariado global, percebe-se que os indicadores relatam a inexistência de correlação espacial entre a variação do remanescente e a área de lavoura. Porém, o índice apresenta significância estatística ao nível de 5%, o que permite rejeitar a hipótese nula de aleatoriedade espacial. Quanto ao I de Moran bivariado global entre a variação do remanescente e a pecuária, indica a inexistência de correlação entre as variáveis com significância estatística superior a 10%, de forma que não é possível rejeitar a hipótese nula de aleatoriedade espacial. Esse resultado indica que possivelmente haja uma associação, por meio do I de Moran bivariado negativo, entre a variação da área de remanescente e a variação do efetivo da pecuária.

Tabela 3 – Estatística I de Moran Bivariado Global

Variável	I de Moran Bivariado Global	Pseudo P-valor	Permutações
Remanescente e Lavoura	0,046	0,022	999
Remanescente e Pecuária	-0,020	0,186	999

Fonte: elaboração própria.

5 Considerações Finais

O presente estudo buscou verificar a existência de relação espacial entre o remanescente de mata atlântica e as atividades agropecuárias, nos municípios do estado do Paraná entre 2014 e 2019.

Os resultados indicam que a redução da área remanescente no período analisado, ou seja, de maior desmatamento, ocorreu com maior predominância nos municípios das mesorregiões Metropolitana de Curitiba, Sudeste e Centro Sul Paranaense. A mesorregião Metropolitana de Curitiba tem um grande estoque de Mata Pluvial Atlântica, que recobre a Serra do Mar e a planície litorânea, enquanto Centro-Sul e Sudeste apresentam ainda boa parte do remanescente da floresta Ombrifolia, também conhecida como mata de araucária. Dessa forma, a indicação do avanço do desmatamento nessas regiões acende um sinal de alerta.

A faixa do estado na qual a maior parte dos municípios apresentam recuperação da área remanescente da Mata Atlântica está nas mesorregiões Oeste e Noroeste, as quais têm remanescente representativo da Floresta Estacional Semidecidual, ou Mata Atlântica de Interior. Essas mesorregiões possuem, somadas, 51 Unidades de Conservação Municipais que recebem recursos provenientes do ICMS ecológico (IPARDES, 2017) – que se trata de uma política de incentivo econômico e cujos recursos têm sido de forte estímulo na criação de novas UCs e aumento da proteção da natureza. Esses municípios predominam também na mesorregião Norte Pioneiro, que apresenta um remanescente muito pequeno da floresta original (não chegam a 2% da área total), a Mata Pluvial, e que possivelmente esteja passando por recuperação da mata. Uma das ações promovidas pelo estado para a recuperação das áreas degradadas do bioma Mata Atlântica é organização de viveiros destinados à produção de espécies nativas para serem distribuídas e plantadas nessas áreas.

Os *clusters* de padrão Baixo-baixo, nos quais os municípios e seus vizinhos apresentam redução do remanescente, se localizam nas áreas onde ocorre o avanço do desmatamento. Já os *clusters* de padrão Alto-alto, representando os municípios que tiveram recuperação do remanescente têm vizinhos com a mesma característica, indicam a preservação ou recuperação parcial da floresta.

O indicador de correlação I de Moran global bivariado indicou inexistência de correlação entre a variação do remanescente e a variação na área de lavoura, ocorrendo o mesmo em relação ao efetivo da pecuária. Porém, no último caso, não houve significância estatística.

Para o desenvolvimento desse estudo, foram encontradas dificuldades quanto à disponibilidade dos dados, visto que a variável encontrada foi apenas referente à área remanescente de Mata Atlântica e não há disponibilidade dos dados anualmente. Para estudos futuros, dada a relevância que tem tomado o tema desmatamento no que se refere ao equilíbrio climático e qualidade de vida, sugere-se que sejam abordados também na análise espacial dados que representem fatores socioeconômicos. Sugere-se também a extensão da análise para mais estados cobertos pela Mata Atlântica.

Referências

- ALMEIDA, E.S. *Curso de econometria espacial aplicada*, ESALQ-USP, Piracicaba, 2004.
- ANSELIN, L. *Spatial econometrics: methods and models*. Kluwer Academic, Boston, 1988.
- BARBOSA, G. S. O desafio do desenvolvimento sustentável. *Revista Visões*, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2008.
- BETARELLI JUNIOR, A. A.; ALMEIDA, E. Os principais fatores internos e as exportações microrregionais brasileiras. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 13, n. 2, p. 201-227, 2009.
- CARVALHO, A. X. Y.; ALBUQUERQUE, P. H. M. *Tópicos em econometria espacial para dados cross-section*. Texto para Discussão IPEA, 2010.
- CECILIO E SILVA, I. A.; MARCELINO, G. C.; PARRÉ, J. L. Determinantes do desmatamento nos municípios da Amazônia Legal Brasileira: uma análise econométrica espacial. *In: Encontro de Economia da Região Sul, XXIII, 2020. Anais eletrônicos [...]*. Disponível em: https://www.anpec.org.br/sul/2020/submissao/files_I/i4-64f2c0a5712bd8ff7915571451c3dbc5.pdf. Acesso em: março de 2022.
- CLIFF, A. D.; ORD, J.K. *Spatial processes: models and applications*. Pion, London, 1981.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Nosso Futuro Comum*. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

- DE OTTAWA, A. CARTA. A Promoção da Saúde. In: **1ª Conferência Internacional, Canadá**. 1986. p. 17-21.
- FERREIRA, L. C. **A questão ambiental: sustentabilidade e políticas públicas no Brasil**. São Paulo: Boitempo Editorial, 1998.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Dados Gerais**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/conheca/mata-atlantica/>. Acesso em: fevereiro de 2022a.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Relatório Anual 2019**. Disponível em: <https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2020/11/Relat%C3%B3rio-Anual-2019-SOS-Mata-Atl%C3%A2ntica.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2022.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2019/2020**, relatório técnico. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2021. 73p
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da Mata Atlântica**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/iniciativas/atlas-da-mata-atlantica/>. Acesso em: março de 2022b.
- GAETANI, F. *et al.* (Org.) **O Brasil na agenda internacional para o desenvolvimento sustentável: um olhar externo sobre os desafios e oportunidades nas negociações de clima, biodiversidade e substâncias químicas**. Tradução de John Morris, 2012.
- GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. Economic Growth and the Environment. **Quarterly Journal of Economics**, v. 110, n. 2, p. 353-377, 1995.
- GOVERNO DO BRASIL. **Brasil vai demonstrar a sustentabilidade do agronegócio na COP26**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2021/10/brasil-vai-demonstrar-a-sustentabilidade-do-agronegocio-na-cop26>. Acesso em: março de 2022.
- IPARDES. **As espacialidades socioeconômicas-institucionais no período 2003-2015**. Curitiba: IPARDES, 2017.
- IPARDES. **Base de Dados do Estado – BDEweb**. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. Acesso em: fevereiro de 2022.
- LIMA, R. C. A.; HARFUCH, L. Aprendizados da COP26 para a agropecuária brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 140, 2021.
- MONASTERIO, L. M.; ÁVILA, R. P. Uma Análise Espacial do Crescimento do Rio Grande do Sul (1939-2001). **Revista Economia**, Brasília – DF, v.5, n.2, p.269-296, jul.-dez./2004.
- RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia** (UFMG. Impreso), Belo Horizonte, v. 19, p. 41-66, jan./abr. 2009.
- ROSSONI, R. A.; MORAES, M. L. Agropecuária e desmatamento na Amazônia Legal Brasileira: uma análise espacial entre 2007 e 2017. **Geografia em Questão**, v. 13, n. 3, 2020.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMA. Conhecendo o Bioma Mata Atlântica no Paraná. **Revista Atlântica**, v. 1, n. 1, p. 1-20, novembro de 2018.
- SOUSA, W. L.; IRFFI, G.; ASEVEDO, M. D. G.. Desmatamento da Mata Atlântica no estado do Ceará: análises da Curva de Kuznets Ambiental a partir de dados em painel, 2011 a 2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, 2021.
- TEIXEIRA, R. F. A. P.; ALMEIDA, L. T.; BERTELLA, M. A. Desmatamento no Estado de Mato Grosso: avaliação de convergência e interação espacial. **Análise Econômica**, p. 245-275, 2014.
- TOBLER, W. R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. **Economic Geography**, v.46: p. 234-240, 1970.