

PRODUTIVIDADE CAFEIEIRA NOS MUNICÍPIOS MINEIROS: MUDANÇAS ESPACIAIS E CLUSTERS DE 1990 A 2023

COFFEE PRODUCTIVITY IN THE MUNICIPALITIES OF MINAS GERAIS: SPATIAL CHANGES AND CLUSTERS FROM 1990 TO 2023

Autor(es): Alice Aloísia da Cruz

Filiação: Professora do Departamento de Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

E-mail: alicealcruz@hotmail.com

Grupo de Trabalho (3): Evolução, estrutura, competitividade e dinâmica das cadeias agroindustriais

Resumo

O café ocupa um papel central na história econômica do Brasil. Além de sua relevância econômica, o café possui um valor histórico e cultural significativo para o Brasil, consolidando-se como um importante produto do agronegócio brasileiro, dos símbolos nacionais e influenciando diversos aspectos sociais e econômicos ao longo dos séculos. Assim como a produção agrícola brasileira, a produção cafeeira do país apresenta elevada heterogeneidade espacial. Este estudo teve como objetivo a análise da distribuição espacial da produtividade de café nos municípios mineiros e, especificamente, buscou analisar a evolução da produção cafeeira em Minas Gerais e identificar *clusters* de produtividade nos municípios do estado. Foi realizada uma análise exploratória de dados espaciais para a produtividade municipal do café entre os anos de 1990 e 2023. A análise evidenciou a acentuada heterogeneidade na produtividade do café entre os municípios mineiros. Essa variação pode ser atribuída a múltiplos fatores, como condições edafoclimáticas, tecnologias empregadas, estrutura fundiária, acesso a políticas públicas e infraestrutura rural. Tais disparidades revelam a complexidade do setor cafeeiro e a importância de políticas territoriais diferenciadas para atender às realidades locais.

Palavras-chave: análise exploratória de dados espaciais, heterogeneidade, *cluster*, agricultura

Abstract

Coffee holds a central role in Brazil's economic history. In addition to its economic relevance, coffee has significant historical and cultural value for Brazil, establishing itself as a key product of the Brazilian agribusiness sector, one of the national symbols, and influencing various social and economic aspects over the centuries. Like Brazilian agriculture in general, the country's coffee production exhibits high spatial heterogeneity. This study aimed to analyze the spatial distribution of coffee productivity in municipalities of Minas Gerais, specifically focusing on the evolution of coffee production in the state and the identification of productivity clusters among its municipalities. An exploratory spatial data analysis was conducted for municipal coffee productivity from 1990 to 2023. The analysis highlighted the marked heterogeneity in coffee productivity across municipalities in Minas Gerais. This variation can be attributed to multiple factors, such as edaphoclimatic conditions, technologies used, landholding structure, access to public policies, and rural infrastructure. These disparities reveal the complexity of the coffee sector and emphasize the need for differentiated territorial policies to address local realities. **Key words:** exploratory spatial data analysis, heterogeneity, *cluster*, agriculture

1. Introdução

O café ocupa um papel central na história econômica do Brasil. Além de sua relevância econômica, o café possui um valor histórico e cultural significativo para o Brasil, consolidando-se como um dos símbolos nacionais e influenciando diversos aspectos sociais e econômicos ao longo dos séculos.

Conforme destacado por Furtado (2007), a economia cafeeira foi responsável por impulsionar a formação de um mercado interno, a modernização da infraestrutura e a acumulação de capital nas regiões sudeste e sul do país. Durante o século XIX e início do século XX, o café representou a principal fonte de divisas do Brasil, moldando profundamente sua inserção na economia mundial e contribuindo para a constituição de um modelo de desenvolvimento voltado à exportação.

Ao longo do tempo, a pauta produtiva brasileira foi diversificada, todavia, o café segue sendo um dos pilares do agronegócio nacional. Em 2024, o Valor Bruto da Produção (VBP) da cafeicultura nacional atingiu R\$ 80,474 bilhões, representando um aumento de 50,8% em relação aos R\$ 53,350 bilhões registrados em 2023. Esse montante posicionou o café como a quarta cultura agrícola de maior faturamento no país em 2024, correspondendo a aproximadamente 9,35% do VBP das lavouras brasileiras (MAPA, 2025).

De acordo com previsões do USDA (2025), a produção global de café em 2024-2025 atingirá 172,4 milhões de sacas e o Brasil se manterá como o maior produtor cafeeiro mundial, sendo responsável por cerca de 38% da produção global, seguido por Vietnã (17%), Colômbia (7%), Indonésia (6%), Etiópia (5%) (USDA, 2025). Essa liderança reforça não apenas a importância econômica do setor, mas também o papel estratégico do país no fornecimento global dessa *commodity*.

A produção de café está presente em diversos Estados brasileiros. Minas Gerais tradicionalmente se destaca como o maior produtor de café do país, sendo que em 2023 representou 50,96% da produção brasileira, seguido por Espírito Santo (23,83%), São Paulo (9,03%) Bahia (6,83%) e Rondônia (6,6%) (IBGE, 2025).

As desigualdades regionais sempre marcaram a dinâmica econômica brasileira, especialmente no setor agrícola, onde a distribuição desigual de recursos e infraestrutura limita o potencial produtivo de determinadas regiões (FURTADO, 2007). Assim como a produção agrícola brasileira, a produção cafeeira do país apresenta elevada heterogeneidade espacial. Enquanto Estados como Minas Gerais e São Paulo se destacam na produção de café Arábica, com elevado grau de tecnificação, outros como Espírito Santo, Bahia e Rondônia se concentram na produção de café Conilon, frequentemente com maior produtividade devido ao uso de cultivares mais adaptadas, irrigação e colheita mecanizada (CONAB, 2025). Esses contrastes são influenciados por fatores como clima, solo, acesso a crédito, assistência técnica, bem como pela bionalidade da cultura, que provoca oscilações entre anos de alta e baixa produção. Além disso, as mudanças climáticas têm acentuado as incertezas na produção de café (CAMARGO, 2010; BARBOSA *et al.*, 2012; VOLSI *et al.*, 2019; CONAB, 2025).

De acordo com o levantamento da safra da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produtividade média de café em Minas Gerais em 2024 foi de 25,5 sacas por hectare (sc/ha), sendo que as macrorregiões do Sul e Sudeste mineiro apresentaram produtividade média de 24,7 sc/ha, enquanto o Triângulo Mineiro, Alto Parnaíba e Noroeste atingiram 27,4 sc/ha; Zona da Mata, Rio Doce e Central tiveram produtividade média de 25,1 sc/ha; e Norte, Jequitinhonha e Mucuri apresentaram a maior produtividade média com 31,4 sc/ha (CONAB, 2025). Quando analisada a produtividade a nível de microrregiões e municípios mineiros, as discrepâncias aumentam e ressaltam a heterogeneidade produtiva no Estado.

Dessa forma, compreender a heterogeneidade espacial da produção e da produtividade do café é fundamental para subsidiar políticas públicas que promovam a eficiência produtiva e a equidade regional, além de orientar o uso racional dos recursos e a sustentabilidade da cafeicultura mineira. Nesse contexto, a análise espacial surge como uma ferramenta relevante para identificar áreas com baixo desempenho produtivo, bem como regiões que se destacam pela alta produtividade.

A análise espacial constitui uma abordagem essencial para a compreensão das transformações socioeconômicas e produtivas no território, especialmente quando aplicada à dinâmica agrícola. Essa ferramenta tem sido utilizada para detectar concentrações geográficas significativas (*clusters*) de alta ou baixa produtividade na agricultura, ver por exemplo: Almeida, Perobelli, Ferreira (2008); Felema *et al.* (2016); Raiher *et al.* (2016); Paschoalino (2017); Vidigal *et al.* (2018), Cardozo, Las Schaab e Parré (2019), Almeida, Feltrin e Souza (2024) entre outros.

No contexto da cafeicultura brasileira, a análise espacial permite identificar e interpretar os padrões de distribuição da produção e da produtividade, revelando heterogeneidades regionais e processos de deslocamento territorial da atividade agrícola ao longo do tempo. No caso da cafeicultura, essas transformações podem ser observadas no deslocamento da produção para novas fronteiras agrícolas, como o oeste baiano ou partes do cerrado capixaba, e no declínio de regiões tradicionais que enfrentam desafios climáticos ou perda de competitividade.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo a análise da distribuição espacial da produtividade de café nos municípios mineiros e, especificamente, buscou analisar a evolução da produção cafeeira em Minas Gerais e identificar *clusters* de produtividade nos municípios do estado.

2. Metodologia e fonte de dados

Na primeira seção desse capítulo são apresentados os aspectos gerais da análise exploratória de dados espaciais. Na seção seguinte são apresentados os dados utilizados na pesquisa.

2.1 Análise exploratória de dados espaciais

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) constitui um conjunto de técnicas estatísticas e cartográficas voltadas à visualização e descrição de distribuições espaciais e seus detalhes, identificar dados anormais, reconhecer padrões de associação espacial, sugerir regimes espaciais diferenciados e outras formas de instabilidade espacial (ANSELIN, 1999). A proposta da AEDE é identificar estruturas e padrões nos dados espaciais sem impor previamente modelos teóricos, permitindo que os dados revelem de forma autônoma. De modo que essa análise é uma etapa anterior à modelagem econométrico-espacial (ALMEIDA, 2012). A AEDE é uma abordagem essencial na investigação de fenômenos territoriais, como a produtividade agrícola, cujos resultados estão fortemente influenciados pela localização geográfica e pelas relações espaciais entre as unidades observadas.

Conforme estabelecido por Anselin (1995), precursor da AEDE, a autocorrelação espacial é uma característica inerente a muitos fenômenos socioeconômicos e ambientais. A presença dessa autocorrelação indica que valores similares tendem a se agrupar no espaço. Isso pode ser captado por estatísticas como o Índice de Moran Global, que avalia a correlação entre valores de uma variável e a média ponderada dos valores vizinhos.

Há indício de correlação espacial positiva quando regiões que possuem um alto (baixo) valor da variável observada tendem a estar espacialmente próximas de outras regiões com alto (baixo) valor da mesma variável. Há indícios de situação inversa, correlação espacial negativa, quando regiões que possuem um alto (baixo) valor da variável observada tendem a estar próximas de outras regiões com baixo (alto) valor da mesma variável (FOTHERINGHAM *et al.*, 2002).

O coeficiente de autocorrelação espacial global é utilizado para identificar a existência e o grau de associação entre valores de uma variável distribuída no espaço geográfico. Essa métrica permite avaliar se os valores observados em determinadas localidades apresentam alguma dependência ou padrão de semelhança em relação aos valores de seus vizinhos, revelando a existência de estruturas espaciais que não seriam captadas por análises tradicionais (ANSELIN, 1988). Esse coeficiente é calculado com base na razão de uma medida de autocovariância e uma medida de variação total dos dados (ALMEIDA, 2012). Este trabalho usa a Estatística I de Moran e o Diagrama de Dispersão de Moran.

De acordo com Almeida (2012), o I de Moran fornece três tipos de informação: se os dados estão distribuídos aleatoriamente ou não (através do nível de significância); se os dados estão concentrados (sinal de I de Moran positivo) ou se estão dispersos (sinal de I de Moran negativo) através das regiões; e a força da autocorrelação (através da magnitude da estatística, quanto mais próximo de um, maior a força da concentração, e quanto mais próximo de -1, mais fraca é a concentração dos dados).

Para mensuração da Estatística I de Moran é utilizada a autocovariância do tipo produto-cruzado. O I de Moran é obtido conforme a equação (1):

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z_t' W_{ij} z_t}{z_t' z_t} \quad (1)$$

Onde z_t é o vetor das n observações da variável em estudo para o ano t em desvio da média; W é a matriz de peso espacial, sendo w_{ii} os elementos da diagonal ajustados para zero, enquanto os elementos w_{ij} demonstram a ligação espacial da região i com a região j ; S_0 é um fator de escala igual ao somatório de todos os elementos de W .

A estatística I de Moran possibilita uma referência formal do grau de associação linear entre o vetor z_t dos valores observados e a matriz $W z_t$ de peso espacial das médias de valores vizinhos. Valores do I de Moran maior do que o valor esperado [$E(I) = -1/(n - 1)$] indicam a existência de uma autocorrelação espacial positiva (LE GALLO; ERTHUR, 2003).

O Diagrama de dispersão de Moran é um gráfico que mostra a variável analisada no eixo horizontal contra sua defasagem espacial no eixo vertical. A estatística I de Moran pode ser interpretada como sendo a inclinação angular da reta de regressão obtida a partir do Diagrama de dispersão de Moran. Esse diagrama possibilita a visualização da associação linear espacial dos dados, bem como a identificação de *outliers* (ALMEIDA, 2012).

Embora os coeficientes globais permitam identificar a presença de autocorrelação no conjunto como um todo (FOTHERINGHAM *et al.*, 2002), eles não indicam onde essa autocorrelação ocorre. Para esse fim, utiliza-se o coeficiente de autocorrelação local, conhecido como *Local Indicator of Spatial Association* (LISA), desenvolvido por Anselin (1995). Esse indicador quantifica a autocorrelação de cada unidade espacial individualmente, possibilitando a identificação de padrões locais de agrupamento e *outliers* espaciais.

O LISA possibilita a análise da contribuição de cada observação individual e é baseado na decomposição de indicadores globais. Um indicador LISA é uma estatística que atende duas condições: deve ser capaz de indicar *clusters* espaciais significativos estatisticamente, para cada observação; e a soma do LISA de todas as observações deve ser proporcional ao correspondente indicador global de associação espacial (ANSELIN, 1995). O LISA permite identificar *clusters* específicos e *outliers* espaciais, revelando, por exemplo, regiões com alta produtividade agrícola cercadas por áreas de baixa produtividade, ou vice-versa.

Conforme Anselin (1995), o I de Moran local possibilita a decomposição do indicador global de autocorrelação na participação local de cada observação, identificando quatro

categorias de associação espacial. Pode-se calcular o I de Moran local para uma variável y padronizada, observada na região i , z_i de acordo com equação (2):

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

sendo que o cálculo de I_i incorpora apenas os vizinhos da observação i , definidos de acordo com a matriz de pesos espaciais.

A matriz de pesos espaciais constitui o alicerce técnico e conceitual da análise de autocorrelação espacial. Ela representa a estrutura de relacionamento entre as unidades espaciais em estudo, codificando as noções de vizinhança e proximidade espacial que sustentam a análise estatística regional (ALMEIDA, 2012; ANSELIN, 1988).

A matriz de pesos espaciais é uma matriz quadrada com dimensão n por n . O grau de conexão entre as regiões, de acordo com algum critério de proximidade, é o peso espacial w_{ij} que representa o efeito da região j na região i . Dessa forma, a matriz W é utilizada para ponderar a influência que as regiões exercem entre si (ALMEIDA, 2012).

Entre os métodos mais utilizados na construção de W , destacam-se:

- contiguidade (rook e queen): em que se considera como vizinhas as unidades que compartilham fronteiras (rook) ou fronteiras e vértices (queen);
- distância geográfica: unidades são consideradas vizinhas se estiverem dentro de um raio específico. Nesse caso, é comum o uso de pesos inversamente proporcionais à distância;
- k-vizinhos mais próximos (k-nearest neighbors): assegura que cada unidade possua exatamente k vizinhos mais próximos, independentemente da distância física entre eles.

A escolha da matriz de pesos espaciais exerce influência direta nos resultados da análise. Segundo Anselin (1995), diferentes especificações de W podem levar a diferentes interpretações sobre a presença e a intensidade da autocorrelação espacial. Por isso, é essencial que essa escolha reflita uma lógica espacial coerente com o fenômeno estudado. Além disso, a matriz de pesos frequentemente é padronizada por linha, de modo que a soma dos pesos de cada linha seja igual a 1. Isso facilita a interpretação dos resultados e assegura comparabilidade entre unidades de análise (ALMEIDA, 2012).

O presente artigo testou as matrizes de contiguidade, denominadas rainha e torre e as matrizes de distância geográfica para 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 vizinhos mais próximos. Para a AEDE, a matriz do tipo 4 vizinhos resultou em maiores valores de I de Moran significativos, por isso ela foi utilizada na análise espacial.

A análise de *clusters* espaciais é uma ferramenta essencial no campo da análise de dados espaciais, pois permite identificar padrões de concentração geográfica de fenômenos, revelando regiões com características semelhantes ou discrepantes em relação às variáveis estudadas (ANSELIN, 1995). Em termos gerais, um *cluster* espacial é definido como um agrupamento de unidades geográficas vizinhas que compartilham valores estatísticos semelhantes, superiores ou inferiores à média geral do espaço analisado (MURRAY e ESTIVILL-CASTRO, 1998). A análise de *clusters* espaciais permite a identificação de padrões entre os indivíduos ou grupo de indivíduos semelhantes utilizando dados multidimensionais. Nesse tipo de análise o pesquisador não influencia diretamente sobre os indivíduos que estarão em cada *cluster* (KAUFMAN e ROUSSEEUW, 1990).

Na perspectiva exploratória, a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) utiliza métodos como os indicadores locais de associação espacial (LISA) para identificar *clusters* locais de alto ou baixo valor de uma variável, além de detectar *outliers* espaciais (ANSELIN, 1995).

O Mapa de *clusters* LISA une as informações do diagrama de dispersão de Moran com os resultados do mapa de significância das medidas de associação local I_i . O mapa apresenta

quatro categorias de associação espacial, estatisticamente significativas. Os grupos de associação são: Alto-Alto (AA) quando uma região com alto valor da variável analisada está rodeada por regiões que apresentam alto valor para a variável observada; Alto-Baixo (AB) quando uma região com alto valor da variável analisada está rodeada por regiões que apresentam baixo valor para a variável observada; Baixo-Alto (BA) quando uma região com baixo valor da variável analisada está rodeada por regiões que apresentam alto valor para a variável observada; Baixo-Baixo (BB) quando uma região com baixo valor da variável analisada está rodeada por regiões que apresentam baixo valor para a variável observada (ALMEIDA, 2012).

2.2 Fonte e tratamento dos dados

Este estudo utilizou dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para os 853 municípios do Estado de Minas Gerais. As variáveis usadas foram quantidade produzida de café em grãos, em toneladas(t); a área plantada de café em grão, em hectares (ha); a área colhida da produção de café em grão, (em hectares). A diferença entre área plantada e área colhida é considerada área perdida. A variável produtividade foi calculada pelo quociente da quantidade produzida de café pela área plantada. A análise é feita dos anos 1990 a 2023, pois os dados de área plantada e colhida só passaram a ser divulgados na PAM a partir de 1990 e o último ano com dados disponíveis é 2023. O estudo utilizou o software R na sua versão 4.4.1 para criar e testar as matrizes espaciais, calcular o I de Moran e elaborar os mapas de *cluster*.

3. Resultados e discussão

A produção e a área plantada ou destinada a colheita de café no Brasil são marcadas por oscilações em todo período de 1990 a 2023. As variáveis correspondentes para Minas Gerais seguem o mesmo comportamento, conforme pode ser observado na Figura 1.

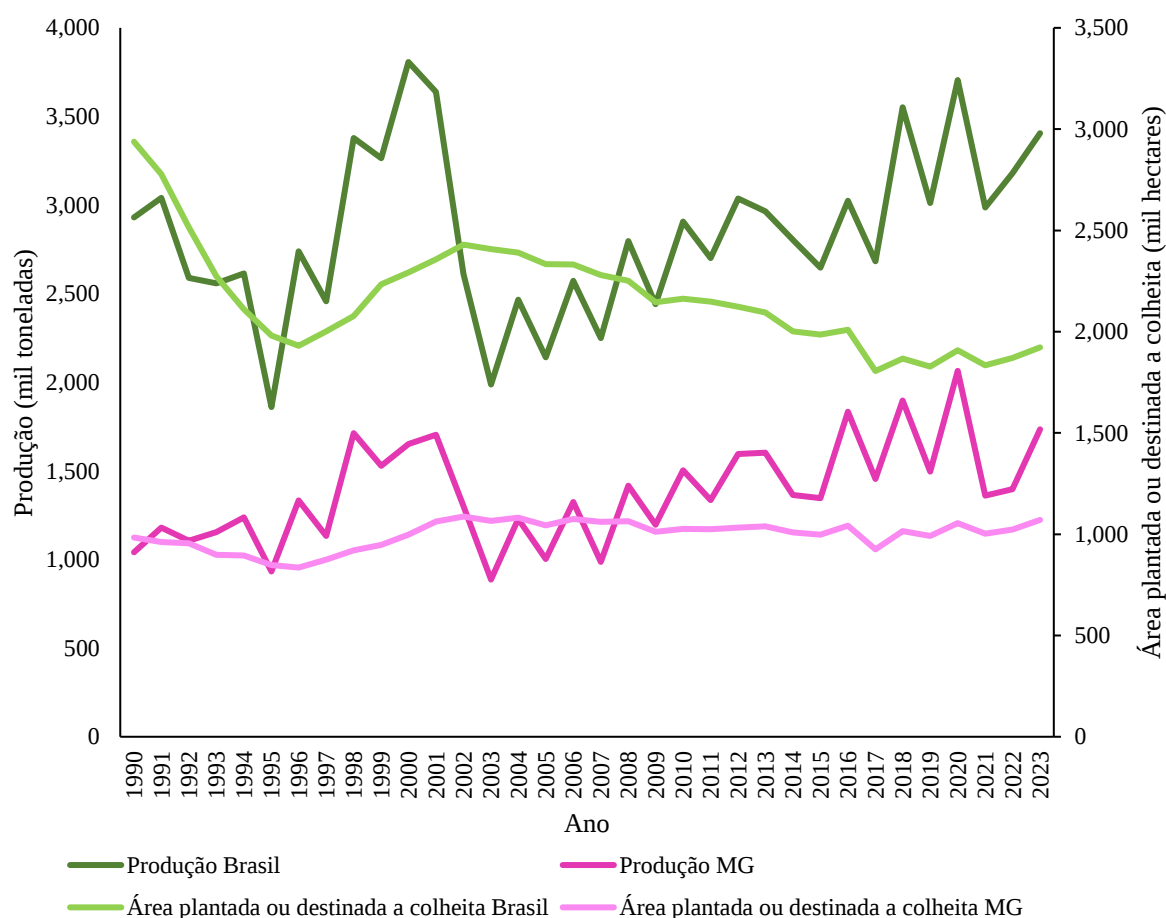


Figura 1 – Evolução da produção (em mil toneladas) e da área plantada ou destinada a colheita (em hectares) de café em grão no Brasil e Minas Gerais de 1990 a 2023

Fonte: Elaborado pela autora com base em IBGE (2025)

Apesar da estabilidade da área, os picos e vales observados na série da produção evidenciam o efeito da bienalidade, além das influências climáticas (como geadas, secas ou chuvas em períodos inadequados) que afetam diretamente a produtividade interanual. A alternância entre safras mais e menos produtivas segue sendo um dos principais desafios da cafeicultura, especialmente em regiões como o sul de Minas Gerais, altamente dependentes da cultura (CONAB, 2025; GUERRA *et al.*, 2021).

A partir dos anos 2000, tanto a produção nacional como a de Minas Gerais apresentam tendência de crescimento. Fatores que podem ter contribuído para esse crescimento são desenvolvimento de tecnologias para a produção cafeeira, como sequenciamento do genoma do café, cultivares mais produtivas; melhora nas técnicas produtivas como plantio do cafeeiro em sistema de produção em renque com maior população de plantas, melhor adequação da fertilidade e nutrição do cafeeiro, manejo de irrigação do cafeeiro, controle de estresse hídrico, uso de braquiária como planta de cobertura, melhorias nos sistemas de poda, manejo de pragas e doenças, protocolo de micropropagação, técnicas para redução do tempo de obtenção de estacas para produção de mudas (GUERRA *et al.*, 2021).

Minas Gerais, maior produtor nacional, acompanhou essas tendências, com aumento significativo na produção a partir dos anos 2000, mantendo a liderança nacional com aproximadamente 50% da produção brasileira (IBGE, 2025).

A área plantada com café no Brasil apresenta tendência de redução no período analisado, o que pode estar relacionado à racionalização do uso da terra e ao aumento da produtividade média por hectare, resultado da incorporação de tecnologias como o melhoramento genético, manejo adequado e mecanização (CONAB, 2023; EMBRAPA, 2020).

Além disso, a pressão por uso alternativo da terra, especialmente em regiões com expansão da agricultura de grãos e da pecuária, contribuiu para a retração da cafeicultura em determinadas áreas. Regiões onde a rentabilidade do café passou a ser inferior à de outras culturas observaram um redirecionamento do uso do solo, contribuindo para a redução da área plantada. Por fim, o aumento dos custos de produção de café e as oscilações de preço no mercado internacional também atuaram como desestímulo para pequenos produtores, que muitas vezes não possuem recursos para investir em tecnologias que aumentem a competitividade.

A Figura 2 mostra a evolução da área perdida (diferença entre a área plantada e área colhida para o Brasil e Minas Gerais no período estudado).

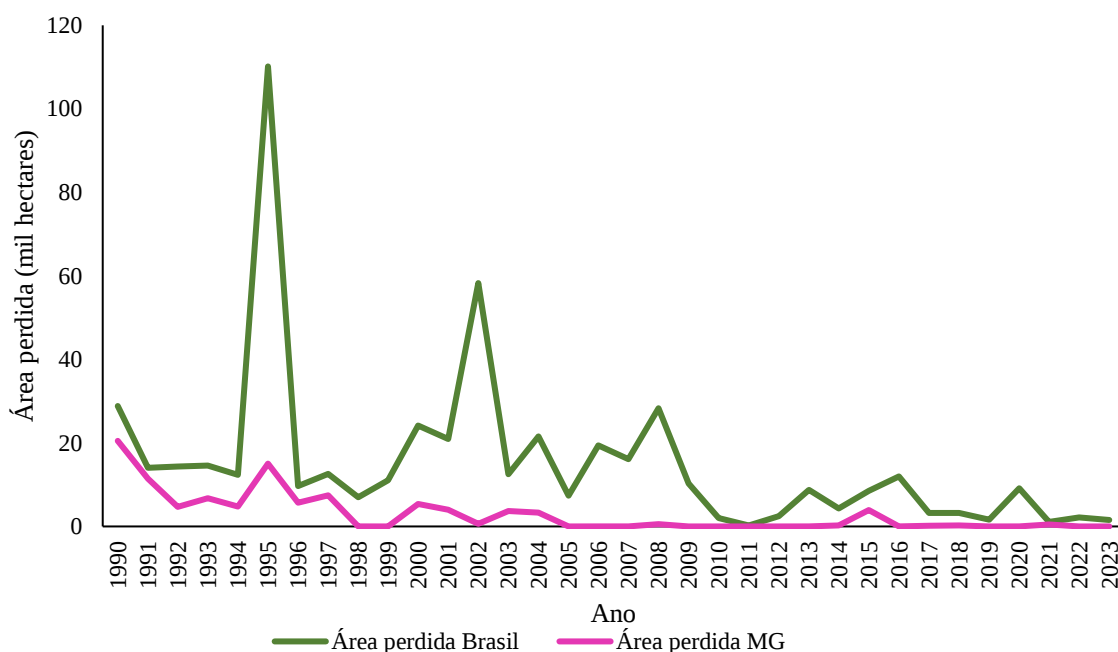


Figura 2 – Evolução da área perdida (em mil hectares) na plantação de café em grão no Brasil e Minas Gerais de 1990 a 2023

Fonte: Elaborado pela autora com base em IBGE (2025)

Nota-se uma tendência de queda significativa dessa área ao longo das décadas, tanto a nível nacional como no estado, especialmente após os anos 2000. A redução da área perdida pode ser interpretada como um indicador de aumento da eficiência produtiva na cafeicultura. Essa eficiência está relacionada à melhoria no planejamento agrícola, uso mais racional da terra, adoção de tecnologias que reduzem perdas e avanços no manejo agrônomo das lavouras. Como resultado, mais da área plantada é de fato colhida, o que implica melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

Essa maior eficiência no uso da terra tende a refletir em aumento da produtividade (medida em toneladas por hectare). Isso ocorre porque, ao reduzir-se a área improdutiva ou abandonada, a produção passa a estar concentrada em lavouras mais bem manejadas e com maior rendimento. Segundo Vieira Filho *et al.* (2021), a intensificação tecnológica na

agricultura brasileira tem contribuído decisivamente para ganhos de produtividade, mesmo em contextos de redução da área agrícola.

Além disso, o uso de tecnologias de precisão, controle fitossanitário e mecanização tem contribuído para a redução de perdas e, consequentemente, para a elevação da eficiência da produção agrícola, inclusive na cafeicultura.

Em Minas Gerais, observa-se uma área perdida consideravelmente menor ao longo de quase toda a série histórica, em comparação ao Brasil como um todo. Isso reforça o papel do Estado como referência em eficiência produtiva e gestão da cafeicultura, refletindo o avanço técnico e a importância da cultura para a economia regional.

A Figura 3 mostra a evolução da produtividade da cafeicultura no Brasil e em Minas Gerais, medida em toneladas por hectare (t/ha), entre os anos de 1990 e 2023. Nota-se um crescimento da produtividade ao longo do período, embora com oscilações em determinados anos devido a bialidade do café (MENDONÇA *et al.*, 2011).

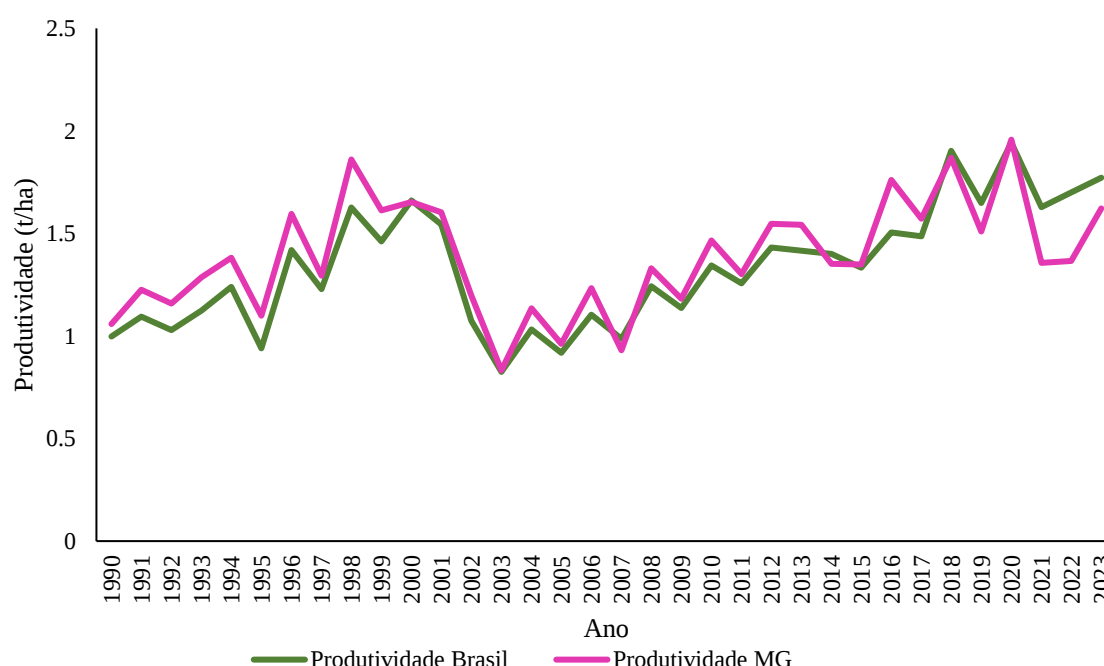


Figura 3 – Evolução da produtividade (em tonelada por hectares) de café em grão no Brasil e Minas Gerais de 1990 a 2023

Fonte: Elaborado pela autora com base em IBGE (2025)

O período é marcado por muitas mudanças que favoreceram o incremento da produção e produtividade. Por exemplo, a década de 1990 é marcada pelo fim da intervenção governamental em larga escala no mercado brasileiro de café, o setor foi forçado a se reinventar (VOLSI *et al.*, 2019). A modernização dos sistemas de produção de café possibilitou a adoção de técnicas de produção mais inovadoras na busca de aumentar a competitividade por meio da diferenciação na qualidade do produto (CARVALHO *et al.*, 2011), redução de custos e até mesmo a criação de mecanismos internos de gestão dentro das empresas, tudo com o intuito de alcançar a satisfação do cliente e a confiança (MORETTO, 2015). Adicionalmente, a mudança de produção para regiões edafoclimáticas mais favoráveis ao cultivo e a utilização de irrigação também contribuíram para a melhora de produtividade (PERDONÁ *et al.*, 2012). Além disso, os produtores buscaram se inserir em mercados consumidores específicos e aumentar o valor

agregado do seu produto produzindo cafés especiais com selos de qualidade e certificações geográficas, o que tem favorecido o aumento da qualidade do produto (NOGUEIRA, 2015).

Tabela 1 - Análise descritiva da produtividade do café (toneladas/ hectares) dos municípios mineiros

Ano	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variação*
1990	0,8249	0,6792	0	3,7559	0,8234
1991	0,8688	0,6775	0	3,6667	0,7799
1992	0,8365	0,6144	0	3,0000	0,7345
1993	0,8740	0,6582	0	3,0000	0,7531
1994	0,8820	0,6705	0	2,9845	0,7602
1995	0,7673	0,5916	0	3,0000	0,7711
1996	0,9580	0,8456	0	5,6000	0,8827
1997	0,9546	0,6694	0	4,8491	0,7012
1998	1,1207	0,8211	0	4,9000	0,7327
1999	1,0510	0,7627	0	4,2000	0,7257
2000	1,0752	0,7794	0	4,8000	0,7249
2001	1,0838	0,8009	0	4,8095	0,7390
2002	0,7623	0,5586	0	3,6000	0,7327
2003	0,6782	0,4964	0	3,5994	0,7320
2004	0,7832	0,6145	0	6,0000	0,7845
2005	0,7601	0,6136	0	6,0000	0,8072
2006	0,8284	0,6895	0	5,8333	0,8322
2007	0,7688	0,7614	0	9,0000	0,9904
2008	0,8447	0,7229	0	5,0000	0,8557
2009	0,8027	0,6796	0	4,5000	0,8466
2010	0,8741	0,7594	0	4,5000	0,8687
2011	0,8536	0,7526	0	4,5605	0,8818
2012	0,9398	0,8174	0	4,5605	0,8698
2013	0,9110	0,7891	0	4,5000	0,8661
2014	0,7831	0,7613	0	4,5000	0,9722
2015	0,7287	0,7577	0	6,0000	1,0398
2016	0,8479	0,8790	0	6,0000	1,0367
2017	0,8698	0,8978	0	4,7667	1,0321
2018	0,9706	0,9235	0	4,5000	0,9515
2019	0,8780	0,8193	0	3,6250	0,9332
2020	1,0591	0,9727	0	3,6000	0,9184
2021	0,8329	0,7930	0	3,5421	0,9521
2022	0,8857	0,8688	0	3,6588	0,9810
2023	0,9199	0,9040	0	3,7059	0,9827
TCGA**	0,32%	-	-	-	0,52%

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: *O Coeficiente de Variação (CV) é obtido pela razão entre o desvio padrão pela média.

** TGCA é a Taxa Geométrica de Crescimento Anual

Em 1990, a média era de 0,8249 t/ha, chegando a 1,9199 t/ha em 2023. Isso representa mais que o dobro da produtividade média, resultado consistente com o valor da TGCA de 2,42% ao ano, indicando um crescimento sustentado ao longo do período.

O desvio padrão varia ao longo dos anos, indicando certa volatilidade na produtividade entre municípios. A partir de meados da década de 2000, observa-se um aumento no desvio padrão, o que pode sugerir aumento da heterogeneidade regional, talvez em razão de diferenças no acesso à tecnologia, clima ou práticas de manejo.

Em todo período analisado existem municípios que não produziram café enquanto a produtividade máxima chegou em 9 t/ha em 2007, o que mostra que alguns municípios conseguiram ganhos muito expressivos ao longo do tempo. Isso reforça a disparidade entre os extremos da produção.

Apesar da elevação da média ao longo do tempo, o CV se mantém elevado, o que sugere que o crescimento da produtividade não foi homogêneo entre os municípios. Isso reflete uma característica estrutural da agricultura brasileira: heterogeneidade entre regiões e produtores

Em seguida, passou-se para a análise espacial. Todos os valores do I de Moran calculados usando a matriz de pesos do tipo 4-vizinhos foram positivos, indicando a existência de autocorrelação espacial global positiva. Ou seja, municípios com alto (baixo) valor na produtividade da produção de café tendem a ser vizinhos de municípios com alto (baixo) valor dessa mesma variável.

A identificação da autocorrelação espacial foi realizada através do Diagrama de dispersão de Moran. Em todos os anos, a maioria das observações se encontram no primeiro quadrante e no terceiro quadrante. Todos os Diagramas apresentam inclinação positiva.

Confirmada a autocorrelação espacial, foram elaborados os mapas de *clusters*. A Figura 4 apresenta a mudança nos *clusters* de produtividade (em toneladas/hectare) nos municípios mineiros no período de 1990 a 2023.

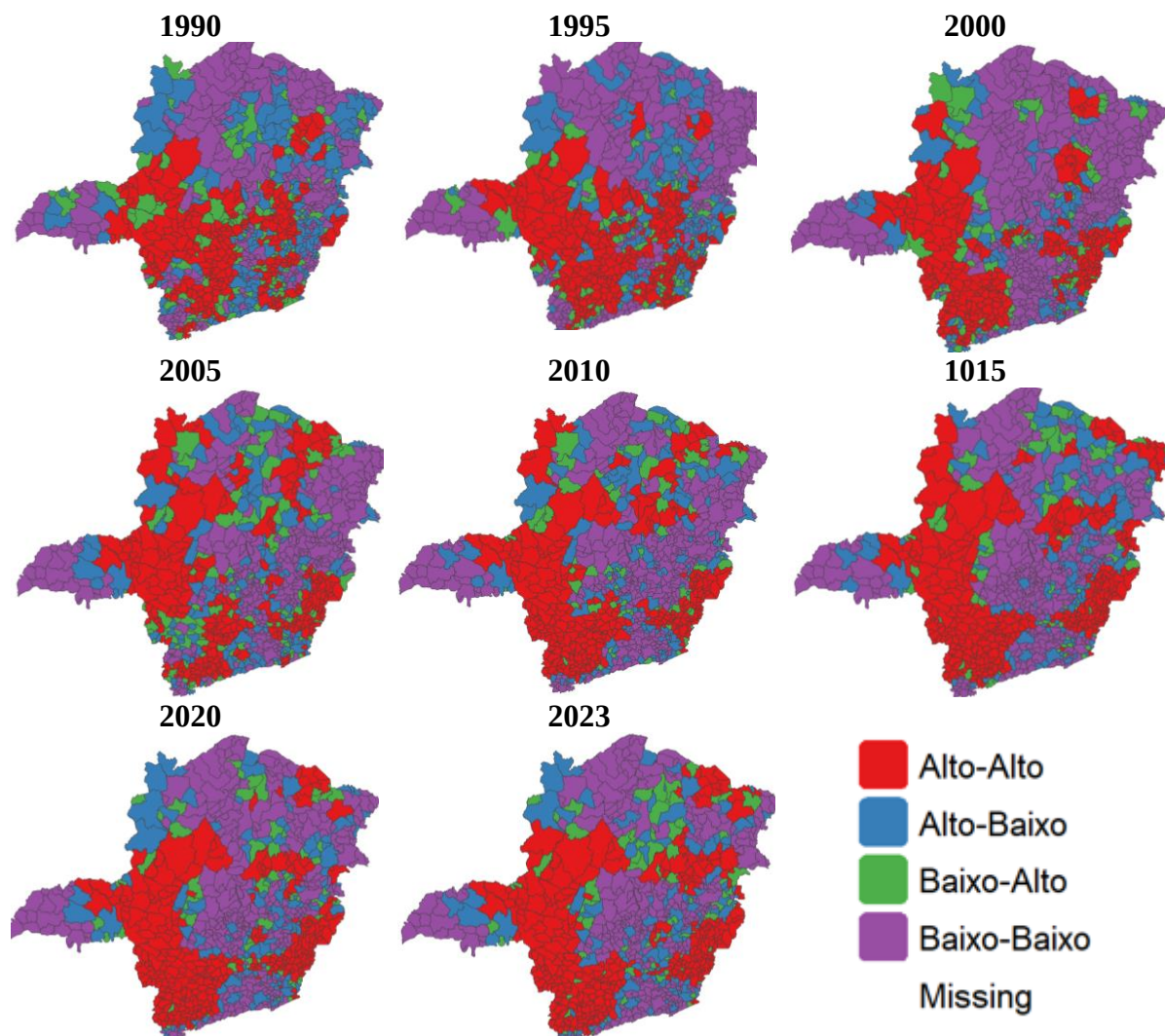


Figura 4 - Evolução dos *clusters* de produtividade do café nos municípios mineiros
Fonte: Resultados da pesquisa

Em 1990, os *clusters* alto-alto estavam concentrados principalmente nas macrorregiões Sul, Oeste, Triângulo Mineiro e Noroeste. enquanto os *clusters* baixo-baixo estavam presentes em todas as regiões. Nesse ano, a maior parte dos municípios se enquadrava no cluster baixo-baixo, ou seja, regiões com baixa produtividade cercadas por áreas igualmente pouco produtivas. Esse padrão estava relacionado a práticas agrícolas extensivas, baixo nível tecnológico, uso limitado de insumos modernos e pouca mecanização (VIEIRA FILHO; GASQUES, 2016). Além disso, muitas áreas ainda eram cultivadas de forma tradicional, com baixo uso de irrigação, manejo inadequado de solos e restrito acesso à assistência técnica

Ao longo dos anos, houve uma maior concentração dos *clusters* do tipo alto-alto Sul, Oeste, Triângulo Mineiro, Noroeste, Sudeste, Leste Sul, Nordeste e Jequitinhonha e um aumento e dispersão dos *clusters* baixo-baixo.

Observa-se mudanças significativas na geografia da produção cafeeira em Minas Gerais, com destaque para o deslocamento e concentração dos polos produtivos em algumas macrorregiões do Estado.

A partir dos anos 2000, ocorre uma expansão dos *clusters* alto-alto — indicando incrementos consistentes de produtividade em determinadas regiões, especialmente no Sul de Minas, Campo das Vertentes e Alto Paranaíba. Essa mudança pode ser atribuída à adoção de inovações tecnológicas, como novas cultivares adaptadas, manejo integrado de pragas e

expansão da irrigação e mecanização. O Sul de Minas, por exemplo, se destacou como polo produtivo por reunir condições edafoclimáticas favoráveis, além de uma base produtiva mais organizada, cooperativas atuantes e melhor infraestrutura.

No período mais recente (2015–2023), a tendência se intensifica: há uma consolidação das regiões com maior produtividade e uma retração da atividade cafeeira em áreas de baixa eficiência, como o Norte de Minas e o Vale do Jequitinhonha, regiões com maior restrição hídrica, solos de menor fertilidade e menor acesso a crédito e tecnologia.

Esse movimento evidencia a modernização diferenciada da agricultura brasileira, em que os ganhos de produtividade e tecnologia na agricultura brasileira não ocorrem de forma homogênea, mas sim concentrados em regiões com maior capacidade adaptativa e suporte institucional. A consequência é uma reconfiguração espacial da produção, que tende a se concentrar em áreas mais competitivas, enquanto outras perdem relevância econômica ou abandonam a cultura.

Essa mudança na configuração espacial da produtividade de café corrobora com os resultados encontrados por Souza e Perobelli (2003), Almeida *et al.* (2006), Teixeira e Bertella (2015); e Cardozo, Schaab e Parré (2019).

4. Considerações finais

A cafeicultura permanece como uma atividade de grande relevância econômica e social para o Brasil, contribuindo significativamente para o Produto Interno Bruto agropecuário e para a balança comercial do país. Ao longo das décadas, o café se consolidou como um dos principais produtos do agronegócio brasileiro, com destaque para Minas Gerais, Estado que lidera a produção nacional tanto em volume quanto em área cultivada.

A análise realizada evidenciou a acentuada heterogeneidade na produtividade do café entre os municípios mineiros. Essa variação pode ser atribuída a múltiplos fatores, como condições edafoclimáticas, tecnologias empregadas, estrutura fundiária, acesso a políticas públicas e infraestrutura rural. Tais disparidades revelam a complexidade do setor cafeeiro e a importância de políticas territoriais diferenciadas para atender às realidades locais.

Minas Gerais tem apresentado uma evolução positiva da produtividade do café, porém com diferenças marcantes entre municípios. A existência de municípios com produtividade nula ao lado de outros com produtividade acima de 5 t/ha indica que ainda há muito espaço para difusão de tecnologias e boas práticas.

Essa heterogeneidade, somada à evolução constante da média, sinaliza a necessidade de políticas públicas focadas na redução das desigualdades regionais, promovendo acesso equitativo a assistência técnica, crédito e inovação.

A aplicação da Análise Exploratória de Dados Espaciais permitiu identificar padrões espaciais relevantes, com destaque para a formação de *clusters* de alta e baixa produtividade. Observou-se uma dinâmica espacial significativa, com mudanças nas configurações dos aglomerados espaciais. Tais transformações sugerem processos de difusão tecnológica, variações climáticas e mudanças estruturais no setor, que impactam diretamente na produtividade regional.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, Eduardo Simões de. **Econometria espacial aplicada**. 2ª ed. Campinas: Alínea, 2012.

ALMEIDA, Eduardo Simoes de *et al.* Produtividade do café em Minas Gerais: Uma análise espacial. 2006.

ALMEIDA, Eduardo Simões de; PEROBELLI, Fernando Salgueiro; FERREIRA, Pedro Guilherme Costa. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil?. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, p. 31-52, 2008.

ALMEIDA, Helberte João França; FELTRIN, Rafael Jasper; DE SOUZA, João Lucas Batistela. PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NO SUL DO BRASIL DE 2006 A 2017. **Revista Estudo & Debate**, v. 31, n. 4, 2024.

ANSELIN, Luc. Local indicators of spatial association – LISA. **Geographical Analysis**. v. 27, n. 2. p. 93-115. 1995

ANSELIN, Luc. Interactive techniques nad exploratory spatial data analysis. In LONGLEI. P.A et al. (ed). **Geographic information system: principles, techniques, management and applications**. New York: John Wiley. 1999. p. 251-264.

ANSELIN, Luc. **Spatial econometrics: Methods and models**. Boston: Kluwer Academic. 1988. 284p.

BARBOSA, Juliana Neves; BORÉM, Flávio Meira; CIRILLO, Marcelo Ângelo; MALTA, Marcelo Ribeiro; ALVARENGA, Amauri, Alves; ALVES, Helena Maria Ramos. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais. **Brazil. Journal of agricultural science**, v. 4, n. 5, p. 181, 2012.

CAMARGO, Marcelo Bento Paes de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v. 69, p. 239-247, 2010.

CARDOZO, Daniela Peres; SCHAAB, Luana las; PARRÉ, José Luiz. Análise espacial da produtividade do café na região Sudeste do Brasil: 1990-2015. **Revista Economia Ensaios**, v. 34, n. 1, p. 176-198, 2019.

CARVALHO, Gladyston Rodrigues et al. Melhoramento genético do café visando à qualidade de bebida. **Informe Agropecuario-Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais (Brazil)**, v. 32, n. 261, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de café. 2025. Brasília: Conab, 2025. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 20 mar. 2025.

FELEMA, João; MEDEIROS, Edson Ramos de; FERREIRA, Carlos Roberto; CAMARA, Marcia Regina Gabardo da; NASCIMENTO, Sidnei Pereira do. Um estudo da produtividade do feijão, do milho e da soja na agricultura paranaense, nos anos de 2000 e 2010: uma análise espacial. **Ensaios Fee**, v. 36, n. 4, p. 817-842, 2016.

FOTHERINGHAM, A. S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. **Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships**. West Sussex: John Wiley and Sons, 2002.

FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil**. 34ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

GASQUES, José Garcia et al. Produtividade da agricultura brasileira. In: VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro Organizador; GASQUES, José Garcia Organizador. **Agropecuária brasileira: evolução, resiliência e oportunidades**. 2023.

GUERRA, Antonio Fernando; SANTOS, Jamilsen de Freitas; FERREIRA, Lucas Tadeu; ROCHA, Omar Cruz. Brasil: pesquisa, sustentabilidade e inovação. In: TELHADO, S. F. P. e; CAPDEVILLE, G. de (ed.). **Tecnologias poupa-terra 2021**. Embrapa: Brasília, 2021.

KAUFMAN, L.; ROUSSEEUW, P.J. **Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis**. Wiley: New York, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Agrícola Municipal (PAM). 2025. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 20 mar. 2025.

LE GALLO, J.; ERTHUR, C. Exploratory spatial data analysis of the distribution of regional per capita GDP in Europe. 1980-1995. **Papers in Regional Science**, v. 82. n. 2. p. 175-201. 2003.

MENDONÇA, R. F. de; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Abordagem sobre a bienalidade de produção em plantas de café. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 1-9, 2011

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO (MAPA). Valor Bruto da Produção Agropecuária: fevereiro/2025. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>>. Acesso em: 20 mar. 2025.

MOREIRA, Priscila Carvalho et al. Produtividade e economia de fatores de produção na cafeicultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 6, 2019.

MORETTO, Antonio Carlos et al. Trajetória tecnológica e evolução do segmento cafeeiro na economia brasileira. **Rev. Econom. Agric**, v. 62, n. 1, p. 5-23, 2015.

MURRAY, A. T.; ESTIVILL-CASTRO, V. Cluster discovery techniques for exploratory spatial data analysis. **International journal of geographical information science**, v. 12, n. 5, p. 431-443, 1998.

NOGUEIRA, V. Café cru especial com agregação de valor. **AgroANALYSIS**, v. 35, n. 12, p. 25-26, 2015.

PASCHOALINO, Pietro Andren Andre Telatin; MICHELLON, Ednaldo; BERNADELLI, Luan Vinicius; GOBI, José Rodrigo; SANTOS, Luiz Guilherme de Oliveira. Análise espacial da produtividade do feijão nos municípios paranaenses nos anos 2006, 2010 e 2014. **Economia & Região**, v. 5, n. 1, p. 107-123, 2017.

PERDONÁ, Marcos José et al. Irrigação e certificação da cafeicultura na Região Centro-Oeste de São Paulo. **Bragantia**, v. 71, p. 377-384, 2012.

RAIHER, Augusta Pelinski; OLIVEIRA, Renato Alves de; CARMO, Alex Sander Souza do; STEGE, Alysso Luiz. Convergência da Produtividade Agropecuária do Sul do Brasil: uma análise espacial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, p. 517-536, 2016.

SOUZA, Rafael Moraes de; PEROBELLI, Fernando Salgueiro. Diagnóstico espacial da concentração produtiva do café no Brasil, no período de 1991 a 2003. **Revista de Economia e Agronegócio/Brazilian Review of Economics and Agribusiness**, v. 5, n. 3, p. 353-377, 2007.

TEIXEIRA, R. F. A. P.; BERTELLA, M. A. Distribuição Espaço-temporal da Produtividade Média do Café em Minas Gerais: 1997-2006. **Análise Econômica**. v. 33, n. 63, 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). *Global production coffee*. 2025. Disponível em:
<<https://www.fas.usda.gov/data/production?commodity=almonds>>. Acesso em: 20 mar. 2025.

VIDIGAL, Vinicius Gonçalves; VIDIGAL, Cláudia Bueno Rocha; PARRÉ, José Luiz. Distribuição espacial da produtividade da soja no Rio Grande do Sul: um estudo exploratório. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 40, n. 2, p. 1-9, 2018.

VOLSI, Bruno; TELLES, Tiago Santos; CALDARELLI, Carlos Eduardo; CAMARA, Marcia Regina Gabardo da. The dynamics of coffee production in Brazil. **PloS one**, v. 14, n. 7, p. e0219742, 2019.