

**CAFÉS DO BRASIL NO MERCADO DE CARBONO – EFEITOS SOBRE AS  
DISPARIDADES REGIONAIS****BRAZILIAN COFFEES IN THE CARBON MARKET – EFFECTS ON REGIONAL  
DISPARITIES****CAFÉS DE BRASIL EN EL MERCADO DE CARBONO – EFECTOS SOBRE LAS  
DISPARIDADES REGIONALES**

10.56238/revgeov16n5-082

**Jamilsen de Freitas Santos**

Doutorando em Economia

Instituições: Universidade de Brasília (UnB), Embrapa Café

E-mail: jamilsen.santos@embrapa.br

**Jorge Madeira Nogueira**

Doutor em Desenvolvimento Agrário

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

E-mail: jmn0702@unb.br

**RESUMO**

Tendo em vista a implementação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), este artigo analisa como a inserção da cafeicultura no mercado de carbono regulado pode impactar as disparidades econômicas regionais, utilizando o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* municipal como indicador. Objetiva-se mensurar as diferenças de PIB *per capita* entre municípios cafeeiros e urbanos e, dentro do universo cafeeiro, entre municípios com diferentes estruturas fundiárias. Para tanto, procede-se à análise estatística comparativa (teste t de Welch, Mann-Whitney) e de regressão linear com dados do IBGE. Os resultados revelam que, embora o comércio de créditos de carbono possa reduzir a desigualdade entre regiões rurais e urbanas (diferença média de R\$ 15.127,  $p < 0,001$ ), ele corre o risco de acentuar disparidades internas, pois municípios com maior predominância de grandes propriedades (>100 ha) já apresentam um PIB *per capita* sistematicamente superior. O que permite concluir que a regulação do mercado, com foco na redução de custos de transação para incluir pequenos e médios produtores, é crucial para maximizar os efeitos positivos da política e promover um desenvolvimento regional mais equitativo.

**Palavras-chave:** Mercado de Carbono. Custo de Transação. Cafeicultura. Disparidades Regionais.

**ABSTRACT**

Considering the implementation of the Brazilian Emissions Trading System (SBCE), this article analyzes how the inclusion of coffee farming in the regulated carbon market could impact regional economic disparities, using municipal Gross Domestic Product (GDP) *per capita* as an indicator. The objective is to measure the differences in GDP *per capita* between coffee-producing and urban municipalities, and within the coffee sector, between municipalities with different land tenure structures. To this end, a comparative statistical analysis (Welch's t-test, Mann-Whitney) and linear



regression were performed using IBGE data. It is observed that while the carbon market may reduce inequality between rural and urban regions (average difference of R\$ 15,127,  $p < 0.001$ ), it risks accentuating internal disparities, as municipalities with a higher prevalence of large properties (>100 ha) already exhibit a systematically higher GDP *per capita*. This allows for the conclusion that market regulation focused on reducing transaction costs to include small and medium-sized producers is crucial for maximizing the policy's positive effects and promoting more equitable regional development.

**Keywords:** Carbon Market. Transaction Cost. Coffee Farming. Regional Disparities.

### RESUMEN

Considerando la implementación del Sistema Brasileño de Comercio de Emisiones (SBCE), este artículo analiza cómo la inserción de la cafcultura en el mercado de carbono regulado puede impactar las disparidades económicas regionales, utilizando el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita municipal como indicador. El objetivo es medir las diferencias de PIB per cápita entre municipios cafeteros y urbanos y, dentro del universo cafetero, entre municipios con diferentes estructuras de propiedad de la tierra. Para ello, se realiza un análisis estadístico comparativo (prueba t de Welch, Mann-Whitney) y de regresión lineal con datos del IBGE. De este modo, se observa que, aunque el mercado de carbono puede reducir la desigualdad entre regiones rurales y urbanas (diferencia promedio de R\$ 15.127,  $p < 0,001$ ), corre el riesgo de acentuar las disparidades internas, ya que los municipios con mayor predominio de grandes propiedades (>100 ha) ya presentan un PIB per cápita sistemáticamente superior. Lo que permite concluir que la regulación del mercado, enfocada en la reducción de los costos de transacción para incluir a pequeños y medianos productores, es crucial para maximizar los efectos positivos de la política y promover un desarrollo regional más equitativo.

**Palabras clave:** Mercado de Carbono. Costo de Transacción. Caficultura. Disparidades Regionales.



## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são consideradas problema desafiador com iminentes consequências negativas conforme alertas de membros da comunidade científica. Líderes mundiais rebatem as declarações que, na opinião deles, geram alarmes e originam custos financeiros significativos com base em evidências, ainda na opinião deles, tênues sobre um fenômeno pouco conhecido. Ainda assim, motivados pelo princípio da precaução, no qual a ação preventiva tende a gerar benefícios líquidos maiores do que a não-ação em situações de incertezas, nações negociam alternativas que permitam reduzir as consequências negativas do aumento da temperatura média do planeta.

Para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, diversos países já implantaram mercados de licenças negociáveis de Gases do Efeito Estufa (GEE), conhecidos como mercados regulados de carbono. Mercados regulados de carbono, como o da União Europeia (EU ETS), o da Califórnia e o da China, já operam com base em limites de emissão e na comercialização de licenças, servindo de modelo para novas iniciativas.

No caso específico do Brasil, **o País se comprometeu a reduzir as suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 48% até 2025 e 53% até 2030**, em relação às emissões de 2005. Além disso, em 2023, o Brasil reiterou seu compromisso de **alcançar emissões líquidas neutras até 2050**. Isso significa que as emissões do país devem ser compensadas com fontes de captura de carbono, como plantio de florestas, recuperação de biomas ou outras tecnologias (BNDES, 2024)<sup>1</sup>. Para cumprir essas metas de redução, em dezembro de 2024, foi sancionada a Lei 15.042/2024 que instituiu o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) (BRASIL, 2024).

O SBCE foi instituído como um ambiente regulado submetido ao regime de limitação das emissões de GEE e de comercialização de ativos representativos de emissão, redução de emissão ou remoção de GEE no País. Dessa forma, o SBCE constitui uma política ambiental de licenças negociáveis (*cap and trade*), ou seja, um mercado regulado de carbono no Brasil, cuja lei ainda depende de regulamentação. Não obstante, suas definições legais de redução de emissões de GEE e remoção de GEE incluem sistemas agrícolas e pecuários mais eficientes; e incremento de estoques de carbono em solos agrícolas e pastagens ou tecnologias de captura direta e armazenamento de GEE.

A implementação do mercado de carbono regulado no Brasil constitui uma política de escopo ambiental que pode ter impactos distintos em diferentes regiões do País. A possível inserção da cafeicultura no mercado de carbono regulado, emoldurada pelo arcabouço teórico da economia regional, motiva este artigo a analisar como a venda de créditos de carbono proveniente da cafeicultura pode ter impactos positivos no sentido de reduzir disparidades de renda regionais, tendo como unidade de referência o Produto Interno Bruto (PIB) municipal.

Para a consecução de seu objetivo, este estudo busca, primeiramente, mensurar as disparidades

---

<sup>1</sup> Ver Painel NDC - nossa contribuição para as metas de redução de emissões do Brasil ([bndes.gov.br](http://bndes.gov.br))



em termos do PIB *per capita* médio entre o grupo de municípios em concentrações urbanas e o grupo de municípios com lavouras cafeeiras. Considerando apenas municípios que produzem café, uma pesquisa mais aprofundada, foi feita estratificando os municípios em dez faixas de predominância de grandes propriedades (a partir de 100 hectares).

Uma política ambiental de licenças negociáveis (*cap and trade*) potencializa aumento de renda proveniente de créditos de carbono e, assim, terá efeitos regionais distintos em diferentes municípios, dependendo da sua abrangência. Logo, como a escala mínima de viabilidade, decorrente de elevados gastos com certificação, considerados como custos de transação, tem expressiva influência na adesão de vendedores de carbono, na abrangência dessa política ambiental e na sua efetividade. Nesse contexto, compreender como diferentes escalas de viabilidade afetam a abrangência do mercado de carbono, especificamente para a cafeicultura, em municípios de diferentes níveis de desenvolvimento econômico, contribui para potencializar os efeitos positivos da política de mercado de carbono, inclusive com a redução de disparidades econômicas de municípios brasileiros, favorecendo também políticas regionais e de desenvolvimento local.

Os resultados desta pesquisa poderão, portanto, indicar a possível efetividade do mercado de carbono regulado para a cafeicultura, como política pública ambiental e regional, e subsidiar o planejamento da implantação desse mercado no Brasil. O artigo está estruturado em seis seções centrais. A próxima (Seção 2) apresenta resumidamente as relações entre agricultura, cafeicultura e mudanças climáticas, além de assinalar as propostas de ação para mitigar o problema no Brasil. Já na sub-seção 2.1, são apresentadas as características conceituais básicas daquilo que de maneira superficial é denominado de “mercado de (créditos de) carbono” e que na literatura científica de Economia Ambiental constitui-se de um mercado de licenças negociáveis (ou *cap and trade* na literatura de origem norte-americana).

A sub-seção 2.2, por sua vez, enfatiza a dimensão do espaço geográfico e suas repercussões para um funcionamento eficaz de um mercado de créditos de carbono. Nela destacamos se e como esse tipo de mercado pode dialogar com uma política regional e de desenvolvimento local. Logo após, a seção 3 explicita os Métodos e Procedimentos da pesquisa que fundamenta este artigo. Os resultados são apresentados e analisados na seção 4, que é composta por três partes, na primeira são apresentados cartogramas representativos de grupos de municípios estratificados, na segunda parte, grupos de municípios serão comparados quantitativamente com base no PIB *per capita* municipal e na terceira parte são discutidas implicações dos resultados com simulações de municípios selecionados a título de exemplificação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em junho de 2023, foi editado o Decreto 11.550/2023, que estabelece diretrizes para a



elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas (BRASIL, 2023). Esses Planos Setoriais abrangem diversos setores que são listados na Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), inclusive o setor agropecuário. Esse setor desempenha papel de destaque em qualquer estratégia de mitigação das causas das mudanças climáticas. Como bem destacam Freitas *et al.* (2016), a liberação dos chamados gases de efeito estufa (GEE) pela agropecuária foi de 423,1 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, em 2014, representando 27,2% das emissões totais do país. Buscando atuar na minimização desse impacto do setor agropecuário, o governo federal brasileiro editou o Decreto 10.606, de 22 de janeiro de 2021, que instituiu o Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – SIN-ABC (BRASIL, 2021).

Mais especificamente em relação ao setor cafeeiro, o Conselho Deliberativo da Política do Café – CDPC, identificou o tema “Serviços ambientais relacionados às mudanças climáticas e sistemas de produção de café” como prioritário para o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – PNP&D/Café (Embrapa, 2023). Fica evidenciada a importância da inserção da cafeicultura nas políticas de mitigação das mudanças climáticas.

Ademais, é sempre conveniente acrescentar que o Brasil é o maior produtor e exportador de café e segundo maior consumidor dessa bebida no mundo. De acordo com Conab – Companhia Nacional de Abastecimento (2025), a safra de café do Brasil em 2024 foi de 54,2 milhões de sacas de 60kg, em uma área de 1,88 milhão de hectares, com produtividade média de 28,8 sacas por hectare. Em termos monetários, o Valor Bruto da Produção do café de 2024 foi calculado em R\$ 78,2 bilhões (Brasil, 2025). Quanto aos cafeicultores, vale destacar que o País possui mais de 264 mil estabelecimentos produtores de café em 1.448 municípios, sendo que 78% dessas propriedades cafeeiras são consideradas da cafeicultura familiar (IBGE, 2019).

Tanto em nível internacional quanto em nível interno no Brasil há um consenso da necessidade de políticas públicas para que ações de mitigação sejam eficazmente implementadas. Instrumentos alternativos de políticas públicas têm sido propostos, quer sejam de comando e controle (regulação, avaliação de impacto ambiental, zoneamento), quer sejam instrumentos voluntários (comportamento proativo da empresa), passando pelos instrumentos econômicos de política ambiental. Entre esses últimos, as atenções têm se concentrado no mercado de licenças negociáveis (mercado de créditos de carbono) desde o Acordo de Paris de 2015.

No bojo dessa atenção, o Governo Federal brasileiro estabeleceu o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), Lei 15.042, ao final de 2024. Estimulados pelos princípios básicos do SBCE, neste artigo parte-se da hipótese de trabalho de que o comércio de créditos de carbono por cafeicultores pode aumentar o potencial da política de redução de gases do efeito estufa e incentivar a adoção de boas práticas agrícolas na lavoura cafeeira, contribuindo assim



para a sustentabilidade da cafeicultura brasileira, tanto no aspecto de preservação ambiental quanto nos aspectos social e ambiental.

## 2.1 ASPECTOS CONCEITUAIS BÁSICOS DE UM SISTEMA DE LICENÇAS NEGOCIÁVEIS

O sistema de *cap and trade*, ou licenças negociáveis, é um instrumento de política ambiental que estabelece um limite máximo (*cap*) de emissões para um determinado território, distribuindo licenças que podem ser comercializadas (*trade*) entre os agentes regulados (Stern e Coria, 2012). A principal vantagem teórica deste sistema é a busca pela eficiência econômica, permitindo que a redução de emissões ocorra onde seu custo marginal é menor (Baranzini *et al.*, 2017).

As licenças negociáveis foram originalmente concebidas para serem um mecanismo de controle de poluição no início da década de 1970 (Godoy e Saes, 2015). Esse instrumento busca reconhecer o custo da degradação por meio da criação de mercado para o uso de serviço ecossistêmico (absorção, diluição). Nesse sentido, completa o mercado de cada indústria degradadora atribuindo custo a insumos naturais que não eram reconhecidos anteriormente.

Para que um sistema de licenças negociáveis tenha sucesso, ele deve ser avaliado por critérios como a custo-efetividade (atingir a meta ao menor custo) e a equidade. Com relação a esse critério, Perman *et al.* (2003) alertam que quando os custos de transação são adicionados às comparações de custos relativos, as classificações de custo-efetividade dos instrumentos podem mudar. Além disso, conforme explorado pioneiramente por Coase (1937), a magnitude dos custos de transação pode viabilizar ou inviabilizar o funcionamento de um mercado. Tal assertiva poderia inclusive comprometer a eficácia de uma política ambiental de licenças negociáveis.

Assim, no caso objeto deste trabalho - a inserção da cafeicultura no mercado de carbono -, os custos de transação, especialmente relacionados à certificação dos créditos de carbono, se mostram relativamente expressivos (Santos e Nogueira, 2025). Estudo comparativo de custos de transação em projetos de compensação de carbono elaborado por Cacho *et al.* (2013) indicaram a inviabilidade de empreendimentos de menor escala em termos de área produtiva. Dessa forma, esses autores indicam a necessidade da redução de custos de transação para viabilizar projetos de menor escala e, para tanto, indicam três estratégias: a) realizar projetos coletivos para rateio dos custos; b) utilizar a infraestrutura/capacidade de gerenciamento existente; e c) reduzir custos de informação, especialmente por meio de metodologias de implementação e monitoramento (Cacho *et al.*, 2013).

A questão da escala de viabilidade suscita outro critério de avaliação relevante, a equidade. Esse critério busca identificar como são divididos os custos e os benefícios do instrumento de política de gestão ambiental. Avaliar esse aspecto é importante, pois maximizar a relação benefício/custo pode significar uma injustiça social, fazendo com que as camadas menos favorecidas da sociedade arquem com custos e recebam poucos benefícios. Nesse contexto, faz-se necessário também escolher o ponto



de vista pelo qual a equidade será buscada, podendo ser ponderada pelo critério da igualdade, da capacidade de pagamento, do favorecimento dos menos favorecidos, pelas condições de concorrência, entre outros. Por fim, a equidade de uma política também pode ser buscada no aspecto espacial/geográfico por meio da redução de disparidades regionais.

## 2.2 ASPECTOS TEÓRICOS DA POLÍTICA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO LOCAL

O estudo do desenvolvimento econômico regional tem a região como objeto de análise. Dessa forma, requer a conceituação ou definição do que se entende por região. Conceitos já consolidados utilizados por exemplo por Polèse (1998) e Lopes (2005) utiliza o princípio da contiguidade para definir região. Por ele, os elementos que compõem a região têm que localizar-se necessariamente de forma contígua. Além disso, Polèse (1998) sugere os critérios da homogeneidade, polaridade e planejamento para definir regiões.

Ainda de acordo com Polèse (1998), as disparidades regionais se dão de duas formas: desigualdades no nível de bem-estar ou rendimento dos indivíduos; e desigualdades na distribuição espacial das atividades econômicas e das populações. É possível constatar que existem disparidades significativas entre regiões rurais e urbanas no Brasil, as quais abrangem diversos aspectos, incluindo acesso a serviços básicos, infraestrutura, qualidade de vida, oportunidades de emprego, educação e saúde (Kohlhepp, 2010; Arruda *et al.*, 2018).

As diferenças salariais são consideradas elemento-chave para Polèse (1998), pois nos países industrializados, os salários representam 70% a 80% do rendimento das famílias. O que justifica destaque para esse indicador. Assim, vale citar estudo de Neder (2014) sobre a pobreza rural no Brasil que, utilizando os dados dos Censos Demográficos de 2000 e 2010, apontou que a concentração de trabalhadores mais bem remunerados volta-se para municípios de maior porte populacional, de forma que a precarização da ocupação agrícola aumenta na medida em que se interioriza a atividade.

Estratégias para atenuar essas desigualdades salariais buscam, entre outros mecanismos, incrementar a demanda de bens e serviços e conseqüentemente de trabalho nas regiões menos desenvolvidas. Esse mecanismo tem a capacidade de atrair capital e migrantes trabalhadores empreendedores mais escolarizados, com seus fatores intangíveis, tais como tecnologias e o saber-fazer. O que tende a promover o desenvolvimento dessas regiões (Polèse, 1998).

Ao analisar os efeitos de uma política regional, Polèse (1998) ressalta que o deslocamento positivo da curva de demanda pode ser motivado pelo aumento da produtividade ou pelo recebimento de investimentos. Além disso, o autor indica possíveis políticas de desenvolvimento local como sinérgicas para redução das disparidades regionais.

Sob a ótica da economia regional, as disparidades se manifestam por desigualdades de bem-estar e pela distribuição heterogênea das atividades econômicas no espaço. A injeção de novas fontes



de renda em regiões menos desenvolvidas, como a venda de créditos de carbono pela cafeicultura, pode atenuar essas desigualdades. Tal mecanismo tende a aumentar a demanda local por bens e serviços, atraindo capital e trabalho qualificado, o que promove o desenvolvimento endógeno e reduz a dependência externa.

Nesse contexto, uma questão relevante é verificar se a inserção da cafeicultura no mercado de créditos de carbono tem um potencial real que possa ser explorado também por políticas de desenvolvimento local e regionais. Assim, a redução de emissões e venda de créditos de carbono pela cafeicultura teria potencial de contribuir para a preservação ambiental, e, adicionalmente, incrementar e diversificar renda em regiões rurais cafeeiras do Brasil. Logo, a promoção dessa atividade pode também reduzir a desigualdade entre o meio rural e o urbano. Adicionalmente, esse efeito positivo na renda tende a aumentar a demanda de bens e serviços em regiões rurais e deslocar a curva de demanda de trabalho, requisitos para atrair capital físico e humano, com seus fatores intangíveis.

### 3 METODOLOGIA

Neste estudo, as regiões adotadas como objeto de análise são municípios brasileiros, o que atende aos requisitos teóricos mencionados anteriormente, seguindo o princípio da contiguidade e os critérios da homogeneidade e polaridade, de acordo com a abordagem de Polèse (1998). A escolha do município como região de análise foi baseada na facilidade de comparação dos resultados e decorrente da limitação de dados para outras unidades regionais que poderiam suprir resultados mais precisos, como por exemplo regiões classificadas por características homogêneas de solo e clima.

A análise espacial dos dados deste estudo foi conduzida a partir dos fundamentos da Cartografia Temática, que se dedica a representar fenômenos específicos em um suporte territorial, em consonância com Rizzatti et. al. (2023). Para observar a distribuição das variáveis quantitativas no espaço geográfico, elaboraram-se cartogramas, recurso que traduz informações numéricas em representações visuais e facilita a identificação de padrões espaciais. Esse tipo de representação é particularmente útil para evidenciar diferenças de intensidade entre áreas distintas, permitindo uma leitura mais intuitiva das estruturas. Assim, os mapas assumem um papel não apenas ilustrativo, mas também analítico.

No que se refere à execução, todo o processamento das informações espaciais utilizou como base a infraestrutura de dados geográficos e estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os indicadores quantitativos foram obtidos no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), que disponibiliza tabelas de dados agregados de forma pública. A construção dos cartogramas foi realizada por meio da plataforma EstatGeo, desenvolvida pelo IBGE para integrar estatísticas oficiais às malhas digitais de referência (IBGE, 2019 e 2022). Esse recurso estabelece a correspondência direta entre os dados extraídos do SIDRA e os limites territoriais definidos no Quadro Geográfico de Referência para Produção, Análise e Disseminação de Estatísticas. Esse procedimento





assegura compatibilidade entre informação estatística e espacial, além de reforçar a transparência e a reprodutibilidade da análise realizada.

Para analisar possíveis efeitos quantitativos do mercado de carbono com créditos da cafeicultura no desenvolvimento econômico regional, assumiu-se a hipótese de que o comércio de créditos de carbono é uma atividade adicional em relação à atividade cafeeira, que aumenta a renda dos cafeicultores e tem potencial efeito positivo sobre o Produto Interno Bruto (PIB) municipal. A análise dos dados foi realizada utilizando o software Stata, versão 17. Para garantir transparência, o código completo de replicação dos testes estatísticos segue disponibilizado no material suplementar.

Para definir a escala mínima de viabilidade econômica de projetos de carbono na cafeicultura, este trabalho baseia-se nas estimativas publicadas por Santos e Nogueira (2025), que realizaram uma análise custo-benefício detalhada para o setor. De acordo com esse estudo, a área mínima viável para a comercialização de créditos de carbono varia entre 50 hectares (cenário mais favorável, com custos de transação otimizados) e 320 hectares (cenário menos favorável).

Para fins de estratificação e compatibilidade com os dados censitários disponíveis, adotou-se o patamar de 100 hectares como referência central para este trabalho. Essa escolha alinha-se com a estimativa do cenário mais favorável do estudo e coincide com uma das faixas de área pré-definidas no Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019), viabilizando a análise dos dados. Dessa forma, a estratificação proposta busca aproximar-se de um limiar de viabilidade economicamente realista e estatisticamente adequado.

Dessa forma, para compreender o potencial de redução de disparidade econômica em diferentes regiões, foram feitas duas comparações do PIB *per capita* médio: a) comparação de conjuntos de municípios estratificados primeiramente em dois grupos: municípios em concentrações urbanas e municípios com lavouras de café; e b) comparação dos 10 grupos de municípios que produzem café, que foram separados de acordo com a porcentagem de propriedades, em sua jurisdição, com 100 hectares ou mais que têm produção de café<sup>2</sup>.

A primeira comparação (a) foi feita entre municípios em concentrações urbanas e municípios com lavouras de café. Para verificar se estatisticamente as médias de PIB *per capita* são diferentes entre esses dois grupos, utilizou-se inicialmente o teste *t* de Welch, adequado a situações de heterocedasticidade, ou seja, quando as variâncias populacionais diferem entre os grupos (Gujarati e Porter, 2011). Como alternativa não paramétrica, aplicou-se o teste de Mann-Whitney, que avalia diferenças de posição entre duas distribuições sem pressupor normalidade dos dados (Siegel e Castellan, 2006). E, além disso, considerando que variáveis econômicas como o PIB apresentam

---

<sup>2</sup> Uma terceira comparação c), que segue disponível no Material Suplementar, como exemplificação, analisa as diferenças de dois grupos de municípios com lavouras cafeeiras: municípios nos quais as propriedades com 100 hectares ou mais representam pelo menos 30% dos estabelecimentos que produzem café e os demais municípios (que têm menos de 30% dessas propriedades).



distribuição altamente assimétrica, procedeu-se também à transformação logarítmica, estratégia recomendada para reduzir a influência de valores extremos e aproximar a distribuição da normalidade (Gujarati e Porter, 2011). Dessa forma, a análise combina procedimentos paramétricos e não paramétricos, assegurando maior robustez aos resultados.

Na segunda comparação (b), a análise se restringiu aos municípios produtores de café, eles foram agrupados em dez faixas de predominância de propriedades com 100 hectares ou mais, a saber: municípios com menos de 10%, de 10% a menos de 20%, de 20% a menos de 30%, de 30% a menos de 40%, de 40% a menos de 50%, de 50% a menos de 60%, de 60% a menos de 70%, de 70% a menos de 80%, de 80% a menos de 90%, de 90% a menos de 100% e de municípios com 100% de propriedades com pelo menos 100 hectares. A abordagem analítica para investigar a relação entre variáveis categóricas ordinais e uma variável de resposta contínua iniciou-se com a Análise de Variância (ANOVA). Este teste avalia a hipótese de igualdade das médias entre três ou mais grupos independentes. Contudo, a validade de suas inferências depende de pressupostos cruciais, com destaque para a homocedasticidade, que postula a igualdade das variâncias entre os grupos. A verificação deste pressuposto, por meio de testes como o de Bartlett, é um passo fundamental, pois sua violação (heterocedasticidade) compromete a fidedignidade do teste F padrão, tornando necessária a adoção de métodos estatísticos alternativos que sejam robustos a essa condição (Bussab e Morettin, 2017).

Na presença de heterocedasticidade, a estratégia analítica deve ser ajustada para garantir a validade das conclusões. Neste trabalho, optou-se pelo uso de testes robustos, inicialmente pelo de Brown-Forsythe, que modifica a estatística de teste utilizando a mediana de cada grupo, tornando-o menos sensível a desvios da normalidade e à desigualdade de variâncias. A pesquisa prosseguiu com teste post-hoc para identificar quais pares de grupos específicos diferem entre si. No presente caso, com variâncias desiguais, o teste de Games-Howell foi um procedimento post-hoc apropriado, pois esse teste não assume a homocedasticidade e ajusta os graus de liberdade para cada comparação par a par.

Neste trabalho, tendo o teste omnibus robusto apontado uma significância global, enquanto os testes post-hoc não tenham identificado diferenças significativas entre pares específicos, a relação entre as variáveis pode ser mais bem descrita como uma tendência gradual do que como diferenças abruptas entre categorias discretas. Assim, a análise foi refinada com um modelo de regressão linear simples (Gujarati e Porter, 2011). Essa abordagem permite testar formalmente a existência de uma tendência linear, verificando a existência de uma relação sistemática e contínua entre as variáveis.

A abordagem estatística empregada busca investigar a relação entre a estrutura fundiária, categorizada pela predominância de grandes propriedades, e o desenvolvimento econômico municipal, mensurado pelo Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*. Essa relação ajuda a entender como políticas



agrícolas e ambientais podem ter diferentes efeitos regionais. No caso específico da possível inserção da cafeicultura no mercado de carbono, os efeitos em análise podem ser diferentes em cada município em decorrência da estrutura fundiária das respectivas propriedades cafeeiras, tendo em vista que a escala mínima de viabilidade depende da área da lavoura cafeeira.

A escala mínima de viabilidade é restritiva, pois se as áreas de lavouras cafeeiras de um município, por exemplo, não atingirem a área viável para um projeto de certificação de créditos de carbono, cafeicultores desse município não ofertarão créditos. Ou seja, a cafeicultura desse município não será inserida no mercado de carbono. A estratificação de grupos de municípios com predominância de grandes propriedades foi realizada para identificar os impactos caso a escala mínima de viabilidade dos projetos de venda de créditos de carbono, em termos de área da lavoura, fique restrita a estabelecimento cafeeiro com no mínimo 100 hectares, pois esta estratificação fica mais próxima da escala mínima de viabilidade estimada por Santos e Nogueira (2025).

De acordo com esses autores, com base nos dados do Censo Agropecuário, no cenário mais favorável, a área mínima de uma lavoura viável para comercialização de créditos de carbono seria de 50 hectares. Nesse caso, considerando a estrutura fundiária da cafeicultura apurada pelo Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019), a política ambiental de *cap and trade* do mercado de carbono regulado teria potencial para abranger até 52% da área colhida total da cafeicultura brasileira, com a participação de até 12% dos estabelecimentos produtores de café.

Além disso, no cenário menos favorável, a área mínima de uma lavoura viável para comercialização de créditos de carbono seria de 320 hectares. Os estabelecimentos rurais que têm no mínimo essa área de 320 hectares representam apenas menos de 2% dos estabelecimentos produtores de café, os quais detêm entre 14% e 27% da área total da cafeicultura brasileira<sup>3</sup>, de acordo com o IBGE (2019).

Nesse sentido, a estratificação de grupos de municípios com predominância de grandes propriedades com no mínimo 100 hectares teve essa área mínima selecionada por fazer parte de um dos cenários intermediários (Custos 2 e Cotação 3) de Santos e Nogueira (2025) e também pela disponibilidade de dados, pois coincide com o início de uma das faixas de área utilizadas no Censo Agropecuário de 2017 apresentadas na Tabela S.1 do Material Suplementar. No Brasil, por volta de 5% dos estabelecimentos cafeeiros têm a partir dessa área, sendo responsáveis por 39% da área colhida de lavouras de café (IBGE, 2019).

Assim, os métodos de comparação regional propostos neste trabalho permitem verificar o potencial do comércio de créditos de carbono pela cafeicultura brasileira na redução de disparidades

---

<sup>3</sup> O Censo Agropecuário não quantifica especificamente o número de produtores com área de 320 hectares ou mais. Suas faixas de área incluídas na pesquisa seguem a estratificação constante da Tabela S.1 do Material Suplementar. Produtores com no mínimo 320 hectares estão classificados entre as faixas de 200 hectares e de 500 hectares, que pertencem a 2% e 1% dos estabelecimentos, que são responsáveis por 27% e 14% da área colhida total, respectivamente.



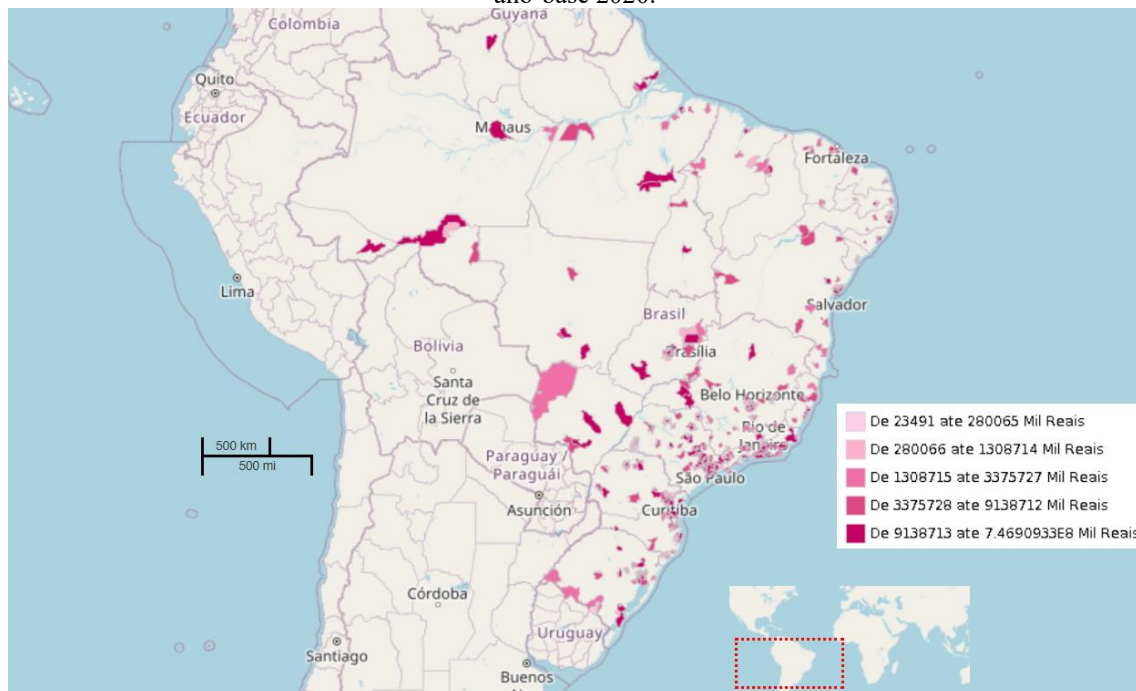
econômicas de diferentes regiões, por meio de dados censitários dos estabelecimentos rurais cafeeiros e do PIB *per capita* médio de municípios estratificados, disponibilizados no Censo Agropecuário de 2017 e no Produto Interno Bruto dos Municípios pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 REPRESENTAÇÃO ESPACIAL POR CARTOGRAMAS

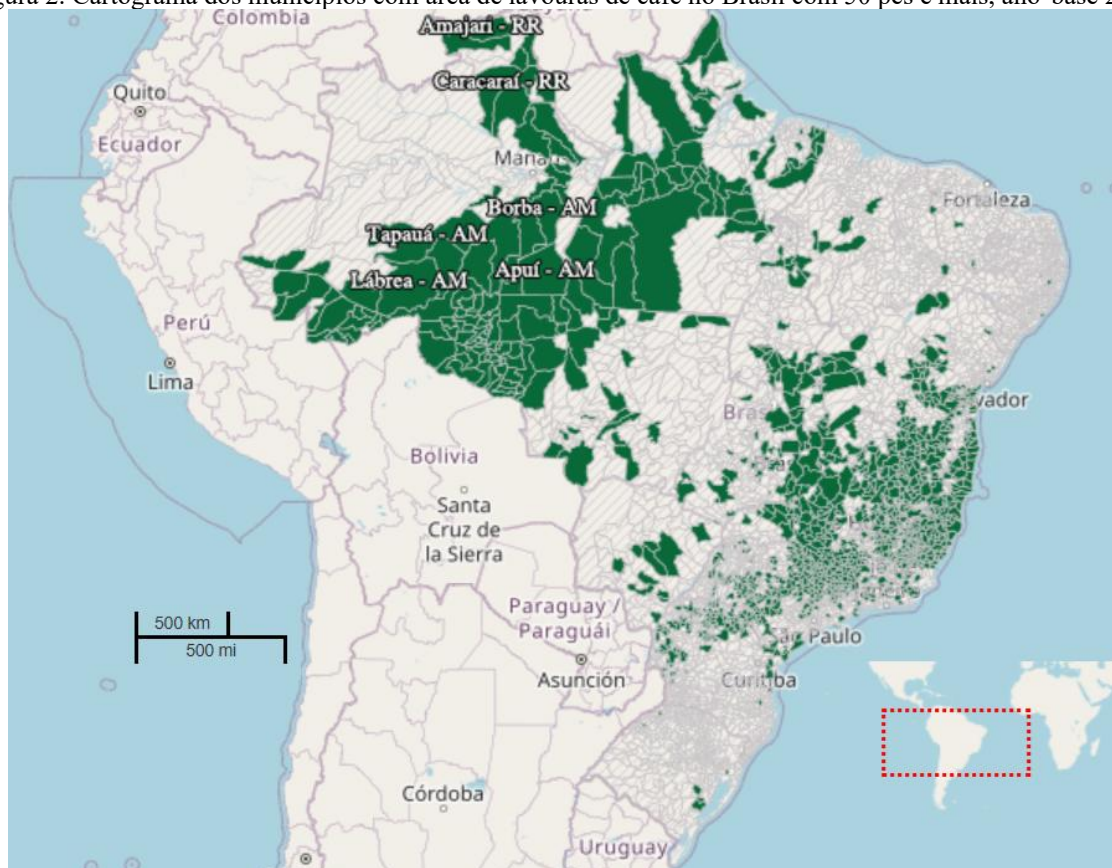
A disposição espacial dos municípios estratificados nos três grupos de análise pode ser visualizada em três figuras de acordo com cada grupo previamente definido. A Figura 1 apresenta o cartograma dos municípios em concentrações urbanas, classificados por faixas de PIB, de acordo com o IBGE (2022). Dessa forma, ela apresenta a distribuição espacial dos 660 municípios em concentrações urbanas classificadas pelo IBGE, que coincidem majoritariamente com adensamentos de capitais e seus arredores, mostrando-se geograficamente menos abrangente que a cafeicultura. Esses municípios, por sua vez, são apresentados na Figura 2.

Figura 1. Cartograma dos municípios em concentrações urbanas classificados por PIB a preços correntes (Mil Reais), ano-base 2020.



Fonte: IBGE (2022).

Figura 2. Cartograma dos municípios com área de lavouras de café no Brasil com 50 pés e mais, ano-base 2017.



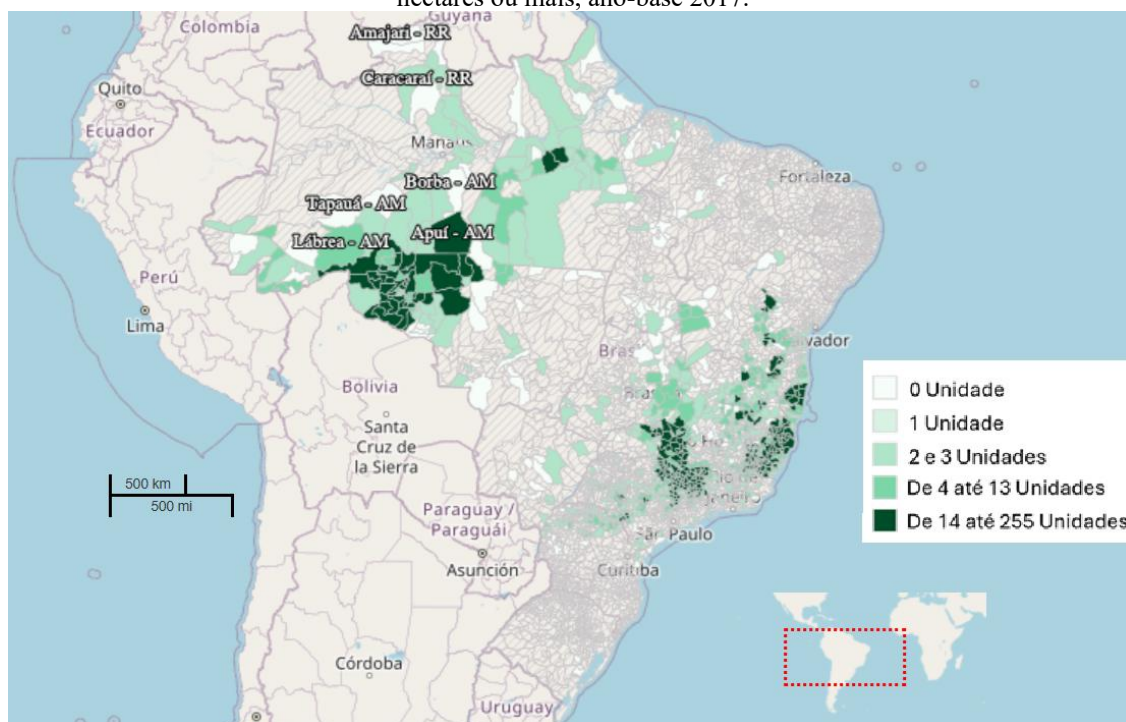
Fonte: IBGE (2019).

Com a Figura 2, fica explícita a significativa abrangência da cafeicultura em nosso País que, de acordo com IBGE (2019), está presente em 1.288 municípios<sup>4</sup> de acordo com o Censo Agropecuário de 2017, o que representa mais de 23% dos 5.570 municípios brasileiros. Um número um pouco mais restrito de 1.116 municípios possui pelo menos uma lavoura com 100 hectares ou mais de área. A distribuição espacial desses municípios nos principais estados produtores é representada na Figura 3.

<sup>4</sup> Número de municípios com pelo menos um estabelecimento com 50 pés ou mais de café.



Figura 3. Cartograma dos municípios com lavouras de café no Brasil, classificados por número de propriedade com 100 hectares ou mais, ano-base 2017.



Fonte: IBGE (2019).

A Figura 3 apresenta também a classificação de cinco percentis por tons de cor verde que indica a quantidade de lavouras com pelo menos 100 hectares em cada município. O mapa mostra uma quantidade reduzida de apenas 279 municípios que possuem pelo menos 14 propriedades com lavouras de 100 hectares ou mais, que estão no 80º percentil, ou seja, a quinta parte dos municípios com mais propriedades desse porte. O cartograma com essa classificação foi gerado pelo sistema StatGeo do IBGE, com dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019).

Dessa forma, essas três representações cartográficas permitem visualizar de forma geral a possível abrangência regional da política de *cap and trade* por meio do comércio de créditos de carbono provenientes da cafeicultura, o que poderá ser melhor compreendido por meio das comparações quantitativas que serão apresentadas na próxima subseção.

#### 4.2 COMPARAÇÕES QUANTITATIVAS

Comparações quantitativas com base no PIB *per capita* municipal foram utilizadas para mensurar disparidades econômicas entre grupos de municípios. Esta seção tem a proposta de compreender a possível redução de disparidade econômica em diferentes regiões, por meio de três comparações do PIB *per capita* médio: a) comparação de conjuntos de municípios estratificados primeiramente em dois grupos: municípios em concentrações urbanas e municípios com lavouras de café; e b) comparação dos 10 grupos de municípios que produzem café, que foram estratificados de



acordo com a porcentagem de propriedades com 100 hectares ou mais que têm produção de café, em sua jurisdição<sup>5</sup>.

#### 4.2.1. Municípios em concentrações urbanas e municípios com lavouras de café

O Censo Agropecuário de 2017 apurou que dos 5.571 municípios brasileiros, 1.288 municípios<sup>6</sup> têm pelo menos um hectare de lavoura cafeeira (IBGE, 2019). Com base nos dados do Produto Interno Bruto Municipal de 2020, apurados pelo IBGE (2022), o PIB *per capita* médio dos municípios com pelo menos um hectare de lavoura cafeeira foi de R\$ 25.728, enquanto o PIB *per capita* médio dos 523 municípios em concentrações urbanas<sup>7</sup> foi de R\$ 40.856, ou seja, o PIB *per capita* médio dos municípios com lavouras de café correspondeu a 63% do PIB *per capita* médio dos municípios em concentrações urbanas.

Para verificar se essa diferença é estatisticamente significativa, foi realizado o teste t de Welch, conforme Tabela 1, cujo resultado significativo aponta que uma diferença média de R\$ 15.127, que com o intervalo de confiança de 95%, pode variar de 11.293 a 18.961.

Tabela 1. Comparação do PIB *per capita* entre municípios urbanos e cafeeiros.

Teste	Variável	Municípios cafeeiros (n=1151)	Municípios urbanos (n=523)	Diferença média	Estatística	p-valor
Teste t de Welch	PIB <i>per capita</i>	Média = 25.728	Média = 40.856	-15.127	t = -7,75	0,000
Teste t de Welch	Log (PIB <i>per capita</i> )	Média = 9,96	Média = 10,35	-0,39	t = -11,58	0,000
Mann-Whitney (Rank Sum)	PIB <i>per capita</i>	Rank sum = 860.384	Rank sum = 541.591	-	z = -11,30	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa com base em dados do IBGE (2019) e IBGE (2022).

Nota: O código de replicação dos testes está disponível no material suplementar.

Com o intuito de mitigar a influência de valores extremos e normalizar a distribuição dos dados, procedeu-se à transformação logarítmica do PIB *per capita* municipal e aplicou-se então o teste t de Welch para comparar os valores transformados entre os grupos analisados. Os resultados obtidos também evidenciaram uma disparidade economicamente significativa no logaritmo do PIB *per capita* entre municípios classificados como cafeeiros e urbanos.

O grupo de municípios urbanos registrou uma média superior (M = 10,351; DP = 0,671), enquanto os municípios cafeeiros apresentaram uma média menor (M = 9,957; DP = 0,586). A análise inferencial confirmou que essa diferença é estatisticamente significativa ( $t(896,85) = 11,58$ ;  $p < 0,001$ ).

<sup>5</sup> O código para replicação dos testes estatísticos realizados nesta seção 6.2 está disponível no material suplementar deste artigo.

<sup>6</sup> Número de municípios com pelo menos um estabelecimento com 50 pés ou mais de café.

<sup>7</sup> Para comparar esses dois grupos, foram excluídos 137 municípios com produção de café que estão em concentrações urbanas, ou seja, que estavam classificados nos dois grupos. Dessa forma, foram comparados 1.151 municípios com pelo menos um hectare de lavoura cafeeira e 523 municípios em concentrações urbanas.



A magnitude dessa diferença, calculada em  $-0,395$ , com um intervalo de confiança de 95% na faixa de 0,461 a 0,328, não apenas corrobora a relevância estatística do resultado, mas também sugere uma substantiva diferença econômica real entre os dois grupos.

Em complemento, o teste não paramétrico de Mann–Whitney confirmou a robustez dos resultados:  $z = -11,30$ ;  $p < 0,001$ , evidenciando que os municípios urbanos tendem a apresentar valores de PIB *per capita* mais altos do que os não urbanos.

Em conjunto, esses testes indicam de forma consistente e robusta que municípios urbanos possuem PIB *per capita* significativamente superior aos municípios cafeeiros. Dessa forma, mantendo-se tudo mais constante, espera-se que efeito positivo do comércio de créditos de carbono em municípios com lavouras de café, se confirmado, tenderia a reduzir uma expressiva disparidade econômica de regiões rurais e urbanas, em termos de PIB.

#### 4.2.2 Grupos de municípios estratificados em faixas percentuais de grandes propriedades

Para mensurar e analisar as disparidades econômicas dos municípios com diferentes percentuais de grandes propriedades cafeieras, procedeu-se a uma análise quantitativa com base no PIB *per capita* municipal de 2020 com a comparação de 10 agrupamentos de municípios que foram estratificados de acordo com a porcentagem de propriedades com 100 hectares ou mais que têm produção de café, em sua jurisdição.

A dez faixas de percentuais de propriedades com 100 hectares ou mais são as seguintes: municípios com menos de 10%, de 10% a menos de 20%, de 20% a menos de 30%, de 30% a menos de 40%, de 40% a menos de 50%, de 50% a menos de 60%, de 60% a menos de 70%, de 70% a menos de 80%, de 80% a menos de 90%, de 90% a menos de 100% e de municípios com 100% de propriedades que produzem café com pelo menos 100 hectares.

A análise foi conduzida em etapas sequenciais para testar a existência de diferenças entre os grupos e, posteriormente, a natureza de tais diferenças. Inicialmente, buscou-se verificar a existência de uma diferença global nas médias do PIB *per capita* entre os municípios agrupados segundo as faixas de predominância de grandes propriedades. Um teste de Análise de Variância (ANOVA) indicou uma diferença geral significativa entre os grupos ( $F(9, 1278) = 3,09$ ,  $p = 0,0011$ ). Contudo, o Teste de Bartlett apontou para uma violação do pressuposto de igualdade de variâncias ( $\chi^2(9) = 115,08$ ,  $p = 0,000$ ), indicando a necessidade de um teste mais robusto.

Para corrigir essa violação, utilizou-se o teste robusto de Brown-Forsythe. Este teste confirmou o resultado anterior, mostrando que existe uma diferença geral estatisticamente significativa no PIB *per capita* entre os grupos ( $W(9, 1278) = 3,44$ ,  $p = 0,0003$ ). Tal resultado corrobora, de maneira robusta, que a estrutura fundiária, categorizada em faixas, está associada a diferenças relevantes no PIB *per capita* municipal.





Uma vez confirmada a existência de uma diferença global, o passo seguinte foi identificar quais pares de grupos específicos apresentavam diferenças significativas. Para tanto, empregou-se o teste *post-hoc* de Games-Howell, apropriado para comparações múltiplas com variâncias desiguais. O resultado desta análise revelou que, após a aplicação do rigoroso ajuste para comparações múltiplas, nenhuma diferença entre pares específicos de grupos se mostrou estatisticamente significativa ao nível de 5%. O menor p-valor ajustado observado foi de 0,474, na comparação entre os grupos 3 e 0.

Este achado, aparentemente contraditório, sugeriu que a significância geral detectada pelo teste de Brown-Forsythe não provinha de uma disparidade acentuada entre categorias específicas, mas sim de um padrão mais sistemático e distribuído. Com base nisso, levantou-se a hipótese de que a relação entre a predominância de propriedades a partir de 100 hectares e o PIB *per capita* seria mais bem descrita como uma tendência gradual.

Para testar esta hipótese, realizou-se uma análise de regressão linear simples. Os resultados confirmaram fortemente a existência de uma tendência linear positiva e estatisticamente significativa ( $F(1, 1286) = 22,11, p = 0,0000$ ). O coeficiente da variável que indica as faixas percentuais de grandes propriedades foi de 1822,71 ( $p = 0,000$ ), indicando que, em média, para cada aumento de uma unidade na categoria de predominância de propriedades cafeeiras a partir de 100 hectares, o PIB *per capita* municipal aumenta em R\$ 1.822,71. Embora a variável explique uma pequena porção da variância total do PIB ( $R^2$  ajustado = 0,0161), considerando que muitos outros fatores influenciam o PIB, a significância da tendência é robusta.

Em suma, a análise aprofundada esclarece os resultados iniciais: a estrutura fundiária da cafeicultura está associada ao desenvolvimento econômico municipal. No entanto, esse efeito se manifesta menos como diferenças abruptas entre estratos específicos e mais como uma tendência gradual, na qual municípios com maior predominância de grandes propriedades tendem a apresentar, de forma sistemática, um PIB *per capita* mais elevado.

#### 4.3 IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS

Esses resultados, de forma geral, evidenciam que a maior concentração de grandes propriedades cafeeiras está associada a níveis mais elevados de PIB *per capita* municipal. Observando apenas a estrutura fundiária de regiões rurais cafeeiras, fica evidente a disparidade econômica entre os municípios com predominância de grandes propriedades cafeeiras e os demais municípios com lavouras cafeeiras.

E, seguindo o pressuposto mencionado de que o comércio de créditos de carbono diversifica e aumenta a renda dos cafeicultores e, logo, tem potencial efeito positivo sobre o PIB municipal, é possível inferir que caso a escala mínima de viabilidade de projetos de crédito de carbono seja de 100



hectares, haveria um incremento da diferença do PIB *per capita* de municípios com predominância de grandes propriedades cafeeiras em relação aos demais municípios com lavouras cafeeiras.

Ou seja, a venda de créditos de carbono, provenientes de lavouras com no mínimo 100 hectares, tenderia a aumentar a disparidade entre os municípios com predominância de grandes propriedades cafeeiras em relação aos outros municípios que produzem café. Por outro lado, conforme verificado pela comparação (a), haveria redução da disparidade entre os municípios que produzem café e os municípios em concentrações urbanas.

Nesse sentido, vale ressaltar que os custos de transação da certificação dos créditos de carbono pelo cafeicultor são os principais entraves para que a relação benefício / custo seja atrativa para estabelecimentos com lavouras de menor área. Portanto, os resultados deste trabalho indicam baixo efeito na redução da disparidade regional com o uso desse instrumento, considerando projeções na situação “*business as usual*” indicada pela escala de viabilidade mínima (Santos e Nogueira, 2025).

Em síntese, caso os elevados custos de certificação sejam mantidos, a venda de créditos de carbono na cafeicultura será restrita apenas a grandes propriedades cafeeiras, o que poderia reduzir apenas a disparidade entre os municípios com predominância de grandes propriedades em relação às metrópoles, mas provavelmente não traria efeitos diretos significativos para municípios com predominância de propriedades menores, que representam a maioria expressiva dos municípios com atividade cafeeira.

Para dimensionar o impacto econômico e ambiental que essas restrições de escala podem impor, estimou-se o potencial de redução de GEE e de geração de receita em diferentes cenários de viabilidade (Santos e Nogueira, 2025; Santos e Nogueira, 2025b). A análise, baseada nessas projeções, especialmente para as escalas mínimas de viabilidade de propriedades com 50 hectares e 200 hectares, ilustra de forma contundente como a definição de uma área mínima elegível afeta diretamente o alcance da política.

Por exemplo, se a escala mínima for de 10 hectares, o potencial de redução de GEE é de 13.019.187 tCO<sub>2</sub>eq e o potencial de receita é de R\$ 3,6 bilhões. Esses montantes caem para 4.305.069 tCO<sub>2</sub>eq e R\$ 1,2 bilhão se apenas propriedades acima de 200 hectares forem elegíveis, demonstrando que a definição do porte das propriedades impacta diretamente o resultado financeiro e ambiental. Os potenciais de redução de GEE e receita para diferentes escalas de viabilidade, em nível nacional, regional e municipal, encontram-se detalhados nas Tabelas S1 a S5 do Material Suplementar.

A análise de potencial regional do Santos e Nogueira (2025b) confirma essa tendência. Como exemplos, projeções das Regiões Geográficas Intermediárias de Varginha (MG) e Cachoeiro do Itapemirim (ES) evidenciam os impactos potenciais sobre a receita agrícola e a redução de GEE caso apenas propriedades cafeeiras com mais de 50 hectares ou com no mínimo 200 hectares sejam elegíveis para participar do mercado regulado de carbono. Na Região de Varginha, quando consideradas as



lavouras a partir de 50 hectares, a receita alcança aproximadamente R\$ 646,4 milhões, com uma redução estimada de 2,33 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Entretanto, ao restringir a elegibilidade a propriedades com 200 hectares ou mais, a receita cai para R\$ 326,1 milhões, e a redução de GEE diminui para 1,18 milhão de toneladas, revelando perdas potenciais significativas tanto econômicas quanto ambientais. Situação semelhante ocorre em Cachoeiro do Itapemirim, onde a receita das lavouras elegíveis é reduzida de R\$ 53 milhões para R\$ 10,76 milhões, e a mitigação de GEE cai de 191,5 mil para 38,9 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Em nível municipal, a exclusão é ainda mais pronunciada. Os municípios de Patrocínio (MG) e Carmo do Rio Claro (MG), por exemplo, ilustram claramente os impactos que podem ocorrer caso o mercado de carbono regulado permita a participação de propriedades cafeeiras com área a partir de 50 hectares ou, de forma mais restrita, com no mínimo 200 hectares. Em Patrocínio, a inclusão de lavouras a partir de 50 hectares resultaria em uma receita agrícola de R\$ 37,5 milhões e uma redução de 135,6 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. No entanto, se a elegibilidade for limitada apenas às propriedades com 200 hectares ou mais, esses valores despencam para R\$ 4,7 milhões em receita e apenas 16,9 mil toneladas de redução de GEE, indicando uma perda significativa de potencial econômico e ambiental.

Já em Carmo do Rio Claro, nenhuma propriedade cafeeira atinge a marca dos 200 hectares, o que significa que, sob esse critério, o município ficaria completamente excluído do mercado regulado de carbono, perdendo a oportunidade de converter mais de R\$ 8,9 milhões em receita e evitar a emissão de 32 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Esses casos evidenciam que custos excessivamente restritivos podem comprometer tanto a efetividade climática quanto a inclusão socioeconômica no setor cafeeiro.

Conclui-se que a adoção de critérios de elegibilidade muito restritivos, baseados área mínima viável da propriedade, pode comprometer significativamente a contribuição do setor cafeeiro para as ambiciosas metas de mitigação do Plano ABC+ por meio da política pública do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões. Além de limitar o alcance ambiental, essa restrição exclui economicamente um grande número de produtores de pequeno e médio porte, concentrando os benefícios do mercado de carbono em um grupo menor de grandes propriedades.

## 5 CONCLUSÃO

Diante dos conceitos apresentados e das possibilidades de rentabilização do comércio de créditos de carbono provenientes da cafeicultura, no âmbito do mercado regulado de carbono no sistema *cap and trade*, constata-se que essa atividade tem potencial para compor estratégias de políticas regionais e de desenvolvimento local, em regiões rurais do Brasil.

Em resumo, os resultados confirmam o potencial ambíguo da política de carbono na cafeicultura: ela pode reduzir a significativa disparidade econômica entre municípios rurais e urbanos, mas corre o risco de acentuar as disparidades dentro do universo cafeeiro. Isso ocorreria caso os custos



de transação restrinjam a participação aos municípios com predominância de grandes propriedades, que já possuem PIB *per capita* superior, excluindo a maioria dos produtores familiares.

Caso contemple mecanismos que tornem seus custos de transação mais baixos, a regulação do mercado de carbono tende a ser implementada de forma socialmente mais inclusiva com desenvolvimento regional aliado a incremento e distribuição de renda. Nesse sentido, é preciso estimar o efeito multiplicador do comércio de créditos de carbono provenientes da cafeicultura nas regiões rurais para considerar a adoção dessa atividade em política de desenvolvimento local ou a sua inserção em uma política regional, em consonância com os conceitos de Polèse (1998). Adicionalmente, o desenho de política deve prever mecanismos para aproveitar o efeito multiplicador dessa atividade em prol de um desenvolvimento que seja sustentado também no longo prazo.

Nesse contexto, os resultados sugerem que o planejamento desse Mercado Brasileiro de Redução de Emissões no sistema *cap and trade* contemple meios institucionais de redução dos custos de certificação. Com base nas opções apresentadas por Cacho *et al.* (2013), citado anteriormente, é recomendável permitir que esses processos de certificação sejam conduzidos por cooperativas de cafeicultores que, por meio da agregação, incrementam a escala de produção ao somar as áreas produtivas de seus cooperados, permitindo o rateio desses custos.

Além disso, metodologias de implementação e monitoramento podem ser desenvolvidas por meio da pesquisa tecnológica agrícola, como por exemplo metodologias de balanço de carbono de menor custo. Esse avanço tecnológico pode reduzir os dispêndios de Mensuração, Relato e Verificação (MRV), inerentes a esses processos de certificação, sem comprometer sua credibilidade internacional.

Essas recomendações podem contribuir, portanto, para a sustentabilidade dos Cafés do Brasil por meio do seu acesso inclusivo ao mercado de carbono. Pelo aspecto geográfico espacial, a inserção de propriedades com lavouras de menor área no comércio de créditos de carbono deve resultar no aumento de renda dos respectivos municípios e, conseqüentemente, ter efeitos positivos mais expressivos na redução de disparidades econômicas de municípios, contribuindo também para políticas regionais e de desenvolvimento local.

Por fim, esta pesquisa pode ser complementada com novos estudos sobre o efeito multiplicador do comércio de créditos de carbono e confirmação de possíveis escalas de viabilidade ao passo que o arcabouço institucional de sistema de *cap and trade* se consolide no nosso País. De forma complementar, é possível estimar também possíveis ganhos da cafeicultura com créditos de carbono provenientes de áreas florestais que fazem parte da propriedade rural e também com a comercialização de café carbono neutro certificado. Nesse contexto, constata-se uma ampla área de estudo que pode contribuir para o desenvolvimento agrícola e regional do Brasil.



**AGRADECIMENTOS**

Agradecemos o suporte fornecido pelas seguintes instituições: Programa de Doutorado do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (UnB); Embrapa Café e Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento Café (CBP&D/Café), o qual conta com financiamento do Fundo de Defesa da Economia Cafeeira (FUNCAFÉ).



**REFERÊNCIAS**

ARRUDA, N. M.; MAIA, A. G.; ALVES, L. C.. Desigualdade no acesso à saúde entre as áreas urbanas e rurais do Brasil: uma decomposição de fatores entre 1998 a 2008. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 34, n. 6, p. e00213816, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00213816>. Acesso em: 22 julho 2023.

BARANZINI, A. et al. Carbon pricing in climate policy: seven reasons, complementary instruments, and political economy considerations. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 8, n. 4, p. 1–17, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wcc.462>. Acesso em: 17 outubro 2025.

BNDES. Painel NDC – nossa contribuição para as metas de redução de emissões do Brasil. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). 2024. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/resultados/emissoes-evitadas/emissoes-evitadas-no-index>. Acesso em: 13 janeiro 2025.

BRASIL. Decreto nº 10.606, de 22 de janeiro de 2021. Institui o Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura e o Comitê Técnico de Acompanhamento do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/decreto/D10606.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/D10606.htm). Acesso em: 3 maio 2021.

BRASIL. Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2024/lei/L15042.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L15042.htm). Acesso em: 13 janeiro 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) Junho/2025. Brasília, DF: MAPA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>. Acesso em: 10 agosto 2025.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. Estatística básica. 9. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2017.

CACHO, O. J.; LIPPER, L.; MOSS, J. Transaction costs of carbon offset projects: A comparative study. *Ecological Economics*, 88, p. 232-243, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.12.008>. Acesso em: 17 outubro 2025.

COASE, R. H. The Nature of the Firm. *Economica*, 4, n. 16, p. 386-405, 1937.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de café, Brasília, DF, v.12, n. 2, segundo levantamento, maio 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-cafe>. Acesso em: 10 agosto 2025.

EMBRAPA. Conselho diretor aprova onze desafios de inovação para Consórcio do Café em 2024. Embrapa Café, 2023. Disponível em: [https://www.embrapa.br/cafe/busca-de-noticias/-/noticia/85587192/conselho-diretor-aprova-onze-desafios-de-inovacao-para-consorcio-do-cafe-em-2024?p\\_auth=uLwPYwb9](https://www.embrapa.br/cafe/busca-de-noticias/-/noticia/85587192/conselho-diretor-aprova-onze-desafios-de-inovacao-para-consorcio-do-cafe-em-2024?p_auth=uLwPYwb9). Acesso em: 29 setembro 2023.



- FREITAS, Silene Maria et al. Contribuições do setor agropecuário para as emissões de gases de efeito estufa no Brasil, 2010-2014. *Informações Econômicas*, SP, v. 46, n. 6, nov./dez. 2016. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/publicacoes/IE/2016/tec3-1216.pdf>. Acesso em: 4 maio 2021.
- GODOY, S. G. M. DE.; SAES, M. S. M.. Cap-and-trade and project-based framework: how do carbon markets work for greenhouse emissions reduction?. *Ambiente & Sociedade*, v. 18, n. 1, p. 135–154, jan. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC795V1812015en>. Acesso em: 19 julho 2023.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. *Econometria básica*. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- KOHLHEPP, Gerd. Disparidades regionais e planejamento regional no Brasil. *Revista del CESLA. International Latin American Studies Review*, v. 2, n. 13, p. 455-471, 2010. Disponível em: <https://bibliotekanauki.pl/articles/485978.pdf>. Acesso em: 22 julho 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agro 2017: resultados definitivos*. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6956>. Acesso em: 19 julho 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produto Interno Bruto dos Municípios*. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938#notas-tabela>. Acesso em: 19 julho 2023.
- LOPES, Antônio Simões. O Espaço Econômico. Capítulo 1, pp. 35-59. In: COSTA, José Silva (Coordenador). *Compêndio de Economia Regional*. Coimbra, Portugal: APDR – Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional. Segunda Edição, 2005, 846p.
- NEDER, H. D. Trabalho e pobreza rural no Brasil. In: Antônio Márcio Buainain, Eliseu Alves, José Maria da Silveira, Zander Navarro. (Org.). *O mundo rural no Brasil do século 21: A formação de um novo padrão agrário e agrícola*. 1ed. Brasília: Embrapa, 2014, v. 1, p. 621-652.
- PERMAN, Roger; MA, Yue; MCGILVRAY, James; COMMON, Micheal. *Natural Resource and Environmental Economics* Pearson Education Limited, Third Edition, 2003.
- POLÈSE, M. *Economia urbana e regional: Lógica espacial das transformações econômicas*. Coimbra, Portugal. Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional – APDR, 1998.
- RIZZATTI, Maurício et al. Cartografia temática e métodos de representação: uma revisão teórica. *Estrabão*, v. 4, p. 92-111, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.53455/re.v4i.77>. Acesso em 25 agosto 2025.
- SANTOS, Jamilsen de Freitas; NOGUEIRA, Jorge Madeira. Brazilian Coffee in the Carbon Market: A Prospective Analysis of Financial Viability and Effectiveness. *Revista Economia Ensaios*, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, v. 40, n. 1, 2025. DOI: 10.14393/REE-v40n1a2025-73702. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistaeconomiaensaios/article/view/73702>. Acesso em: 17 set. 2025.
- SANTOS, Jamilsen de Freitas; NOGUEIRA, Jorge Madeira. O Potencial da Agricultura Brasileira para a Redução de Gases de Efeito Estufa: Uma Análise da Cafeicultura. *RP3 - Revista de Pesquisa em Políticas Públicas*, [S. l.], v. 1, n. 3, 2025b (publicação em andamento).
- SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. *Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.



STERNER, Thomas e Jessica CORIA. Policy Instruments for Environmental and Natural Resource Management. New York e London: RFF Press, Resource for the Future, Second Edition, 2012.  
Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781315780894>. Acesso em: 17 outubro 2025.

