

Análise do impacto do índice tecnológico na receita de apicultores do Ceará: uma abordagem de regressão quantílica

Analysis of the impact of the technological index on the income of beekeepers in Ceará: a quantile regression approach

Eucinete de Menezes Albuquerque^{1*} , Ahmad Saeed Khan¹ , Francisco José Silva Tabosa¹ , Vitor Hugo Miro Couto Silva¹ 

¹Programa de Pós-graduação em Economia Rural (PPGER), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza (CE), Brasil.
E-mails: eucinetemenezes@gmail.com; saeed@ufc.br; franzetabosa@ufc.br; vitormiro@ufc.br

Como citar: Albuquerque, E. M., Khan, A. S., Tabosa, F. J. S., & Silva, V. H. M. C. (2025). Análise do impacto do índice tecnológico na receita de apicultores do Ceará: uma abordagem de regressão quantílica. Revista de Economia e Sociologia Rural, 63, e295892. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.295892>

Resumo: Este estudo mensurou o impacto dos índices tecnológicos na receita dos apicultores cearenses, utilizando a metodologia de regressão quantílica. Foram avaliados os níveis tecnológicos em quatro categorias: equipamentos, manejo, colheita e pós-colheita, gerando um índice geral. A pesquisa, realizada em 2021 com 125 apicultores das Mesorregiões de Jaguaribe, Sertões Cearenses e Noroeste Cearense revelou que as tecnologias de equipamentos e pós-colheita apresentaram os índices mais elevados, enquanto o manejo e a colheita foram classificados como de nível médio. A regressão quantílica destacou a relevância do índice tecnológico para explicar as variações de receita por colmeia, destacando também a importância da assistência técnica nos percentis mais baixos, evidenciando a necessidade de suporte para apicultores com menor qualificação. Além disso, a análise apontou que a distância dos centros consumidores impacta negativamente a receita, enquanto a gestão eficiente do tempo influencia positivamente o rendimento. Por outro lado, a participação em atividades associativas não demonstrou significância estatística, sugerindo a necessidade de novas investigações. O estudo reforça ainda a importância do planejamento e do suporte técnico para otimizar a produtividade e aumentar a renda dos apicultores, promovendo o desenvolvimento econômico do setor.

Palavras-chave: apicultura, índice tecnológico, desenvolvimento rural, regressão quantílica, assistência técnica.

Abstract: This study measured the impact of technological indices on the income of beekeepers in Ceará, using quantile regression methodology. Technological levels were evaluated in four categories: equipment, management, harvesting, and post-harvesting, generating an overall index. The research, conducted in 2021 with 125 beekeepers from the Jaguaribe, Sertões Cearenses, and Northwest Ceará mesoregions, revealed that equipment and post-harvest technologies showed the highest indices, while management and harvesting were classified as medium level. The quantile regression highlighted the relevance of the technological index in explaining variations in income per hive, also emphasizing the importance of technical assistance at the lower percentiles, underscoring the need for support for less qualified beekeepers. Additionally, the analysis indicated that distance from consumer centers negatively impacts income, while efficient time management positively influences earnings. On the other hand, participation in associative activities did not show statistical significance, suggesting the need for further investigation. The study also reinforces the importance of planning and technical support to optimize productivity and increase beekeepers' income, promoting the economic development of the sector.

Keywords: beekeeping, technological index, rural development, quantile regression, technical assistance.

1 Introdução

A apicultura desempenha um papel essencial na economia agrícola e no desenvolvimento rural sustentável, especialmente em regiões como o Nordeste do Brasil. O setor tem grande potencial de crescimento e impacto socioeconômico, gerando empregos e renda, além de ser



essencial para a polinização de muitas culturas. No Brasil, a apicultura é uma alternativa para complementar a renda de pequenos agricultores, diversificando a produção e promovendo a proteção do meio ambiente.

O Ceará é um dos maiores produtores de mel do país. Em 2017, produziu cerca de 1.776 toneladas (4,26% da produção nacional), número que saltou para aproximadamente 5.700 toneladas em 2023 (8,9%) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024). Esse crescimento significativo está ligado a iniciativas como o Projeto São José, que oferece apoio técnico e acesso a mercados. A apicultura tem ajudado a preservar a caatinga e fortalecer a economia local, com mais de 70% dos apicultores participando de projetos de desenvolvimento rural sustentável.

O Projeto São José, realizado pelo Governo do Ceará em parceria com o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), busca promover o desenvolvimento rural e a inclusão produtiva dos agricultores familiares através de suporte técnico, financeiro e infraestrutura (Ceará, 2024). No setor apícola, incentiva o uso de tecnologias e boas práticas para aumentar a produtividade e a qualidade de produtos como mel, própolis e cera. A adoção de tecnologias, como colmeias eficientes e técnicas de controle de pragas, tem sido facilitada por treinamentos e assistência técnica.

Sem esse auxílio, muitos criadores de abelhas teriam dificuldades para inovar, dada a falta de dinheiro e conhecimento especializado. Assim, o projeto serve como motor de mudança, aumentando a capacidade de competição dos produtores e impulsionando a sustentabilidade tanto na economia quanto no meio ambiente. Nesse cenário, o índice tecnológico é uma ferramenta chave para medir o nível de modernização, levando em conta o uso de equipamentos, métodos de manejo, controle da saúde das abelhas e estratégias de venda.

Para entender melhor como os apicultores cearenses estão lidando com a tecnologia, é essencial analisar como eles têm encarado as novidades no setor. Embora o Projeto São José III tenha incentivado a adoção de novas tecnologias e boas práticas, a forma como os apicultores as utilizam varia muito. Aqueles com mais acesso a apoio técnico e dinheiro têm adotado tecnologias avançadas, enquanto outros ainda usam métodos antigos, o que limita sua produção e seus ganhos.

A adoção tecnológica, portanto, não é homogênea e depende de fatores como escolaridade, acesso a crédito, infraestrutura e participação em cooperativas. Produtores mais preparados ou que fazem parte de cooperativas tendem a adotar mais inovações, o que resulta em maior produção e renda. A análise do impacto do índice tecnológico ajuda a entender essa situação, mostrando a importância de políticas públicas que facilitem o acesso às inovações, principalmente para os pequenos produtores.

Diante desse contexto, compreender a relação entre o uso da tecnologia e os ganhos dos apicultores requer uma abordagem metodológica que considere a heterogeneidade entre os produtores. Para isso, será usada a Regressão Quantílica (Koenker & Bassett Junior, 1978), que permite analisar a relação entre tecnologia e receita em diferentes níveis de renda, levando em conta as diferenças entre os produtores.

A principal ideia deste estudo é que a adoção de tecnologias, medida pelo índice tecnológico, está ligada ao aumento da receita dos apicultores. Variáveis como escolaridade, acesso a crédito e tamanho da propriedade também são levadas em conta. A Regressão Quantílica ajuda a identificar se produtores com maiores rendas usam mais tecnologias, além de avaliar como essas inovações afetam os diferentes tipos de produção. Estudos anteriores, como o de Barbosa & Sousa (2013), mostram a importância do conhecimento tecnológico para criar estratégias e políticas públicas. Este estudo busca evidenciar como a tecnologia impacta os lucros da apicultura, oferecendo subsídios para políticas mais eficientes e sustentáveis.

Assim, este artigo é importante porque analisa o papel da tecnologia no desempenho da apicultura no Ceará, tanto na produção quanto nas finanças. O artigo está estruturado em cinco seções: além desta introdução, apresenta-se a fundamentação teórica, a metodologia, os resultados e discussões, e, por fim, as considerações finais.

2 Fundamentação Teórica

A visão de Schumpeter (1939) sobre o Desenvolvimento Econômico destaca como a introdução de novas tecnologias pode impulsionar a capacidade produtiva das empresas, beneficiando toda a economia. Para ele, a tecnologia é elemento central no capitalismo, transformando a forma como os agentes econômicos atuam, deslocando recursos e tornando obsoletos os métodos tradicionais de produção (Silva, 1995). Além disso, a tecnologia contribui para a melhoria da eficiência produtiva, da qualidade dos produtos e para o aumento da diversidade de bens ofertados, sendo um dos principais fatores de competitividade em diversos setores econômicos (Batalha & Souza Filho, 2009).

A Teoria da Difusão da Inovação, proposta por Rogers (2003), explica que a adoção de novas tecnologias ocorre de forma gradual. Inicialmente, os inovadores e os primeiros adeptos adotam as inovações, seguidos pela maioria inicial, pela maioria tardia e, por fim, pelos mais resistentes. No setor apícola, essa teoria permite compreender por que alguns apicultores adotam inovações tecnológicas mais rapidamente do que outros.

Segundo a Teoria do Capital Humano, o investimento em educação e capacitação tende a aumentar a produtividade. No contexto da apicultura, apicultores mais qualificados tendem a utilizar práticas que elevam tanto a produtividade quanto a qualidade do mel produzido. A Teoria dos Sistemas de Inovação Agrícola, por sua vez, enfatiza que a inovação tecnológica resulta da interação entre governo, instituições de pesquisa e produtores rurais. Leeuwis & Van den Ban (2004) ressaltam a importância da assistência técnica e da extensão rural como facilitadores desse processo. Mesquita (1998) complementa que a adoção de tecnologias está condicionada não apenas a fatores econômicos, mas também a aspectos culturais, sociais e às percepções individuais dos agricultores.

Estudos empíricos demonstram que tecnologias como colmeias mais eficientes, técnicas modernas de manejo e ferramentas de monitoramento contribuem significativamente para o aumento da produção. Brodschneider & Crailsheim (2010) identificaram que apicultores que empregam práticas modernas apresentam maior produtividade. Araujo et al. (2012) relacionam o nível tecnológico no campo à modernização e à eficiência produtiva. Khan et al. (2009) destacam os benefícios em termos de produção e rentabilidade resultantes da aplicação adequada de tecnologias na apicultura.

Em nível global, a utilização da tecnologia na apicultura apresenta tanto desafios quanto oportunidades. No Brasil, a produção de mel tem crescido nas últimas décadas, impulsionada pela diversidade florística e pela crescente profissionalização do setor. Em 2023, o país produziu 64,2 mil toneladas de mel, em comparação com 24 mil toneladas em 2002 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024). No Nordeste, o Ceará se destaca, respondendo por 18,84% do valor da produção de mel da região em 2022, ficando atrás apenas do Piauí e da Bahia. Esse progresso reflete a adaptação às condições semiáridas e o fortalecimento da organização produtiva local.

A apicultura familiar desempenha papel relevante na economia regional, gerando emprego e renda para aproximadamente 17 mil pessoas, que muitas vezes conciliam essa atividade com outras fontes de renda (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa

Catarina, 2020). Souza (2012) argumenta que, mesmo em atividades aparentemente simples, é necessário adotar uma abordagem profissional. Freitas (2003) considera a apicultura uma alternativa ideal para pequenos produtores, oferecendo resultados positivos do ponto de vista social, econômico e ambiental. Essa atividade gera ocupação e renda ao longo do ano, especialmente no âmbito da agricultura familiar (Arruda et al., 2011). Albo & Leveratto (2014), ao estudarem a apicultura na Argentina, observaram que 80% dos apicultores empregavam boas práticas, evidenciando um bom nível tecnológico.

A atividade apícola também traz benefícios ecológicos às comunidades, como a polinização das culturas agrícolas. Para se manter competitivo no setor, é essencial adotar novas práticas e encarar a atividade com uma mentalidade empresarial (Almeida & Carvalho, 2009). Inovações como o monitoramento remoto e a automação contribuem para o aumento da produtividade, aprimorando o manejo das colmeias e promovendo a segurança alimentar e a competitividade (Lobo, 2020). No entanto, o uso ainda limitado de tecnologias no Brasil representa uma barreira ao avanço da produtividade, especialmente entre os agricultores familiares (Ponciano et al., 2013; Khan et al., 2009).

Diversas pesquisas têm utilizado modelos econométricos, como regressões lineares e séries temporais, para avaliar o impacto da tecnologia sobre a renda apícola. Entretanto, tais modelos nem sempre capturam a complexidade das relações envolvidas. A regressão quantílica surge como uma alternativa metodológica mais robusta, permitindo examinar os efeitos da tecnologia ao longo de toda a distribuição dos retornos. Silva et al. (2021) destacam que a apicultura pode contribuir para a geração de renda, a permanência de jovens no campo e a conservação ambiental da caatinga. O uso inteligente da tecnologia, além de elevar a produtividade, promove o bem-estar das abelhas e a qualidade dos produtos.

Portanto, a adoção tecnológica na apicultura depende de investimentos contínuos em pesquisa, capacitação e infraestrutura. Além de melhorar a eficiência produtiva e a sustentabilidade, esses avanços promovem o desenvolvimento econômico e a segurança alimentar. Considerando as limitações dos modelos lineares, a regressão quantílica se apresenta como uma alternativa mais adequada para captar a heterogeneidade dos efeitos entre os diferentes perfis de apicultores (Januzzi et al., 2018).

3 Metodologia

3.1 Amostra e critérios de seleção dos apicultores

Esta pesquisa utilizou dados primários obtidos por meio de entrevistas semiestruturadas, realizadas entre novembro e dezembro de 2021. Os questionários foram aplicados a apicultores do estado do Ceará, incluindo tanto os que foram beneficiados quanto os que não participaram do subprojeto Apicultura, vinculado ao Projeto São José III, que opera em 22 municípios e atende um total de 1.640 apicultores.

A seleção dos apicultores seguiu critérios previamente definidos, visando garantir a representatividade da amostra e a confiabilidade dos dados coletados. Foram contemplados produtores de diferentes regiões do Ceará, incluindo participantes do Projeto São José III e apicultores autônomos, com distintos níveis de experiência e escalas de produção. Essa abordagem possibilitou uma compreensão mais ampla da realidade apícola no estado.

Dentre os 22 municípios atendidos pelo subprojeto, foram selecionados seis, distribuídos em três macrorregiões cearenses. Na região do Jaguaribe, foram escolhidos os municípios de Limoeiro do Norte, Potiretama e Jaguaribe, que concentraram sete projetos de apicultura.

Nos Sertões Cearenses, Madalena e Independência foram selecionados por contemplarem treze projetos. Já na região do Noroeste Cearense, o município de Santana do Acaraú foi incluído, representando quatro projetos (Figura 1).

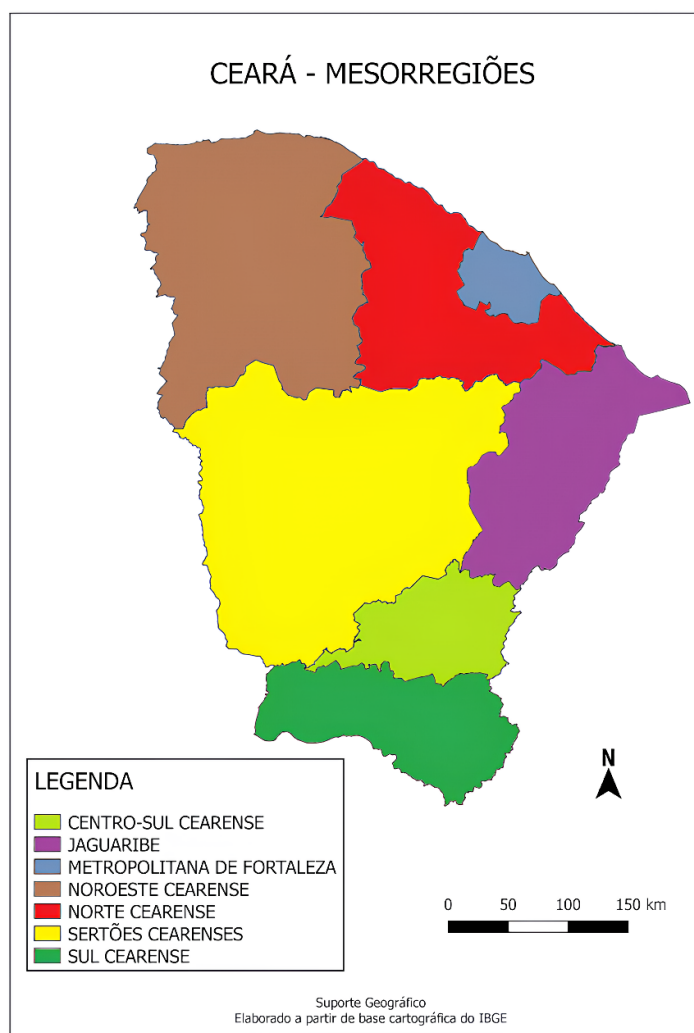


Figura 1. Mesorregiões do Estado do Ceará.

Fonte: Suporte Geográfico (2022).

Para o cálculo do tamanho da amostra em uma população finita, Fonseca & Martins (2010) recomendam a utilização da seguinte equação:

$$n_0 = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2 \cdot (N - 1) + z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

em que n_0 = tamanho da amostra; z = valor correspondente ao nível de confiança adotado (5% e $z = 1,96$); p = percentagem com a qual o fenômeno se verifica (0,5); q = complementar (0,5); N = tamanho da população dos beneficiários; e = erro amostral (7%).

Neste estudo, considerou-se a população total de 125 apicultores cearenses, distribuídos proporcionalmente entre os 6 municípios selecionados que foram aplicados os questionários. Sabendo que o resultado do valor amostral foi calculado de 54 beneficiados pelo subprojeto Apicultura, obtido pelo teste da amostra (Equação 1), para fins da pesquisa, o tamanho da amostra foi ajustado para 60 apicultores beneficiados e 65 não beneficiados, totalizando 125 participantes entrevistados.

3.2 Variáveis utilizadas na análise

Para avaliar o impacto do índice tecnológico na receita dos apicultores, diversas variáveis foram consideradas e estão descritas no Quadro 1. Nas variáveis de natureza qualitativa, faz-se necessário o uso de métodos que promovam sua quantificação a partir da construção de valores artificiais (1 se o atributo é presente, 0 se ausente, por exemplo), que são conhecidos na literatura como variáveis *dummy* (Gujarati & Porter, 2011).

Quadro 1. Relação das variáveis utilizadas na pesquisa com apicultores beneficiados pelo Subprojeto Apicultura do Projeto São José, nos municípios analisados no estado do Ceará.

Variável	Descrição
1. Variável dependente	
Receita por colmeia (R\$)	Receita apícola mensal por colmeia (em reais).
2. Variável independente	
Índice Tecnológico	Índice de nível tecnológico, variando entre 1 e 0, quanto mais próximo de 1 (um) melhor o nível tecnológico.
3. Variáveis de controle	
Associação	<i>Dummy</i> com 1 indicando que o apicultor é associado e 0, caso contrário.
Assistência Técnica	<i>Dummy</i> com 1 indicando que o apicultor recebeu visita técnica e 0, caso contrário.
Escolaridade	<i>Dummy</i> que considera o nível de escolaridade do chefe da família, com 5 indicando que tem ensino superior, 4 se tem ensino médio, 3 se tem ensino fundamental, 2 se sabe ler e escrever e 1, se não tem instrução.
Distância (km)	Distância média entre local beneficiamento e residência, varia entre 1 e 50 km.
Horas semanais	Número médio de horas semanais por colmeia trabalhadas na atividade.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

3.2.1 Mensuração do nível tecnológico

Para calcular o nível tecnológico dos produtores de mel foi utilizado o método utilizado por Freitas (2003), Matos (2005), Khan et al. (2009), Barbosa & Sousa (2013) e adaptado por (Passos & Khan, 2019) a partir do método convencional dado pela média ponderada da contribuição de cada indicador recomendado para a tecnologia. Para tal, os equipamentos e tecnologias indicados são considerados os mais adequados às atividades apícolas, tendo em conta a segurança dos apicultores, a qualidade dos produtos, o aumento da produtividade e da competitividade, e a redução de horas de trabalho e custos. O Quadro 2 lista as variáveis (binárias) utilizadas no cálculo dos indicadores técnicos dos apicultores pesquisados.

Quadro 2. Indicadores e variáveis utilizadas na construção do Índice de Nível Tecnológico (INT), referente aos apicultores beneficiários do Subprojeto Apicultura do Projeto São José III, nos municípios estudados no estado do Ceará.

Indicadores do nível tecnológico	Variáveis e sua operacionalização
Indicador de tecnologia de equipamentos	Indumentárias: 0 = Não utiliza, 1 = Utiliza alguns itens; 2 = Utiliza todos os itens Fumigador: 0 = Não utiliza; 1 = Utiliza com esterco animal; 2 = Utiliza com produtos de origem vegetal Formão: 0 = Não utiliza; 1 = Utiliza modelo simples; 2 = Utiliza com saca-quadro Vassourinha: 0 = Não utiliza; 1 = Utiliza de origem animal; 2 = Utiliza de origem vegetal Colmeia Langstroth: 0 = Fora do padrão; 1 = Dentro do padrão Mesa desoperculadora inox: 0 = Não utiliza, 1 = Utiliza Decantador inox: 0 = Não utiliza, 1 = Utiliza Peneira inox: 0 = Não utiliza, 1 = Utiliza sem filtro; 2 = Utiliza com filtro Bombas para elevação do mel: 0 = Não utiliza, 1 = Utiliza Homogeneizador de mel: 0 = Não utiliza, 1 = Utiliza Descristalizador de mel: 0 = Não utiliza, 1 = Utiliza Tela excludora de rainha: 0 = Não utiliza, 1 = Utiliza Carretilha, incrustador ou bateria: 0 = Não utiliza, 1 = Utiliza
Indicador de manejo	Usa alimentação estimulante: 0 = Não utiliza, 1 = Utiliza Faz troca de rainha: 0 = Não realiza; 1 = Realiza com rainhas próprias; 2 = Realiza com rainhas adquiridas Substituição de cera alveolada: 0 = Não substitui; 1 = Substitui a cada 2 anos; 2 = Substitui anualmente Abertura de espaço para armazenar: 0 = Não realiza; 1 = Realiza regularmente; 2 = Apenas durante a colheita do mel Controle de enxameação: 0 = Não Realiza; 1 = Realiza Combate a traças e formigas: 0 = Não Realiza; 1 = Realiza Divisão de enxames: 0 = Não Realiza; 1 = Realiza Desobstrução dos Ninhos: 0 = Não Faz; 1 = Faz Reserva de alimento: 0 = Não deixa reserva; 1 = Deixa somente no ninho; 2 = Deixa no ninho e na melgueira Horário do fornecimento de alimento: 0 = Sem horário definido; 1 = À noite; 2 = No final da tarde; 3 = No início da manhã Ventilação: 0 = Não utiliza; 1 = utiliza Sombreamento: 0 = Não utiliza; 1 = Artificial; 2 = Natural
Indicador de colheita	Fumaça na melgueira: 0 = Não utiliza; 1 = Utiliza Escape-abelha: 0 = Não utiliza; 1 = Utiliza Técnica usada na colheita de mel: 0 = Bate na melgueira; 1 = Chacoalha os favos; 2 = Usa a vassourinha Casa de Mel: 0 = Não possui; 1 = Fora dos padrões; 2 = Dentro dos padrões
Indicador de pós-colheita	Garfo desperculador: 0 = Não utiliza; 1 = Utiliza Transporte das melgueiras: 0 = Na mão ou com auxílio de animal; 1 = Carrinho de mão; 2 = Veículo sem proteção; 3 = Veículo com proteção Equipamentos para transporte ⁽¹⁾ : 0 = Não utiliza; 1 = Utiliza alguns itens; 2 = Utiliza todos os itens Horário da extração do mel: 0 = Pela manhã; 1 = À tarde; 2 = À noite; 3 = Sem horário definido Itens de Higiene ⁽²⁾ : 0 = Não utiliza; 1 = Utiliza alguns itens; 2 = Utiliza todos os itens Forma de armazenamento: 0 = Sem proteção; 1 = Proteção do calor ou umidade; 2 = Protegido de ambos Recipientes para armazenamento: 0 = Não utiliza; 1 = Fora dos padrões; 2 = Dentro dos padrões Forma de fracionamento do mel: 0 = Não utiliza; 1 = Manual; 2 = Automático Vestimentas limpas: 0 = Não; 1 = Sim Banha-se antes do beneficiamento: 0 = Não; 1 = Sim

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Notas: (1) No item Equipamentos para o transporte, consideram-se o uso de fitas metálicas ou plásticas como medidas para evitar o rompimento ou a quebra das melgueiras durante o transporte. (2) Os itens de higiene incluem: gorros, máscaras, jaleco ou bata, calça, botas e luvas.

Para o cálculo dos índices tecnológicos, foi utilizada a metodologia sugerida por (Passos & Khan, 2019), através da seguinte equação:

$$INT = \frac{1}{D} \sum_{k=1}^d C_k \quad (2)$$

Dado que a participação de cada indicador na composição do Índice de Nível Tecnológico (INT) é calculada pela seguinte equação:

$$C_k = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^m \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{E_{ij}}{E_{\max i}} \right) \right] \quad (3)$$

em que: INT refere-se ao Índice do Nível Tecnológico; C_k representa a contribuição do indicador “ k ” no INT; E_{ij} é o escore obtido pelo apicultor j para a variável i do indicador k ; E_i corresponde ao escore máximo possível da variável i do indicador k ; com $i = 1, \dots, n$ (indicadores); $j = 1, \dots, m$ (apicultores); $k = 1, \dots, d$ (indicadores que compõem o INT); e D é dado pelo Número de indicadores.

O nível tecnológico de um apicultor é determinado com base nos indicadores mencionados anteriormente. Esses índices variam entre um (1) e zero (0). Quanto mais próximo de um (1), melhor será o nível de habilidade. Para comparar o nível técnico dos apicultores, foram determinados os seguintes padrões com base na faixa de variação do valor do índice: nível tecnológico alto: $0,8 < I \leq 1$; nível tecnológico médio: $0,5 < I \leq 0,8$, nível tecnológico baixo: $0 < I \leq 0,5$; onde I é o valor do índice especificado. O padrão de alto nível técnico gradua os apicultores que utilizam mais de 80% das técnicas recomendadas. O padrão de nível médio de habilidade refere-se aos apicultores que utilizaram entre 50% até 80% das tecnologias recomendadas. Finalmente, os apicultores que utilizam 50% ou menos da tecnologia recomendada recebem um padrão de baixo nível tecnológico.

3.3 Técnica de regressão quantílica e procedimentos estatísticos

Para analisar os fatores que impactam a receita por colmeia dos apicultores, foi utilizado o modelo de regressão quantílica, originalmente proposto por Koenker & Bassett Junior (1978). Conforme afirmam os autores, Maciel et al. (2001), referenciando Buchinsky (1997). Em primeiro lugar, tem a capacidade de caracterizar a distribuição condicional completa de uma variável resposta com base num determinado conjunto de regressores. Também, o formato de programação linear de regressão quantílica simplifica a estimativa de parâmetros. Além do mais, o vetor de coeficientes estimados permanece inalterado por *outliers* na variável dependente. Nos casos em que os erros não apresentam distribuição normal, os estimadores de regressão quantílica podem revelar-se mais eficientes do que os estimadores de mínimos quadrados ordinários. Por último, esta abordagem permite que diferentes quantis sejam interpretados como respostas distintas da variável dependente a mudanças nos regressores em vários pontos da sua distribuição condicional.

Para Koenker & Bassett Junior (1978), o modelo de regressão quantílica tem uma vantagem sobre o modelo de mínimos quadrados ordinários (OLS) porque pode ser usado para caracterizar toda a distribuição condicional da variável resposta com base em um

conjunto de regressores; com forma de programação linear, o que facilita a estimação dos parâmetros; a regressão quantílica é resistente a *outliers*; e, considerando que os erros não são normalmente distribuídos, o estimador de regressão quantílica é mais eficiente que o estimador obtido por meio de MQO.

Segundo Koenker & Bassett Junior (1978), a regressão quantílica θ pode ser representada pela solução de

$$\min_{\beta} \frac{1}{n} \sum_{i: y_i \geq x_i \beta} \theta |y_i - x_i \beta| + \sum_{i: y_i < x_i \beta} (1-\theta) |y_i - x_i \beta| = \min_{\beta} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_{\theta}(\mu_{\theta_i}) \quad (4)$$

em que ρ_{θ} é a função *check* definida por

$$\rho_{\theta}(\mu_{\theta_i}) = \begin{cases} \theta u_{\theta_i}, & u_{\theta_i} \geq 0 \\ (1-\theta)u_{\theta_i}, & u_{\theta_i} < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Os coeficientes de regressão quantílica podem ser interpretados pelas derivadas parciais dos quantis condicionais em relação a um regressor específico, ou seja, tais coeficientes podem ser interpretados como a mudança marginal no θ_{th} quantil condicional causada por mudanças no regressor (Justo, 2008). Assumindo que as variáveis explicativas têm efeitos diferentes nos diferentes níveis de tecnologia apícola, estimam-se regressões com quantis de 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 e 0,90, a fim de verificar a influência desses determinantes dos níveis de tecnologia em toda a distribuição, onde θ_{th} refere-se ao quantil condicional do de nível técnico, que pode ser dado pela seguinte fórmula

$$\mathcal{Q}_{\theta}(y_i|x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = \begin{cases} \theta u_{\theta_i}, & u_{\theta_i} \geq 0 \\ (1-\theta)u_{\theta_i}, & u_{\theta_i} < 0 \end{cases} \quad (6)$$

em que os valores de y_i corresponde ao rendimento de cada colmeia; x_1 é o indicador técnico, obtido a partir das Equações 3 e 4; x_2 , à prática de realização de atividades de cooperação associativas com outros agentes produtivos do apicultor proprietário; x_3 , à assistência técnica; x_4 , à distância; x_5 , o número de horas por colmeia por semana. Em relação a estas variáveis, é importante enfatizar que a associação e a assistência técnica correspondem a variáveis *dummies*, que se assumem com valor 1 se o apicultor tiver o direito de participar nestas atividades e valor 0 caso contrário.

Ademais, realizaram-se os testes para identificação de heterocedasticidade nas variáveis. Utilizou-se ainda o método Bootstrap na estimação da regressão, seguindo a recomendação de Cameron & Trivedi (2005).

4 Resultados e Discussão

4.1 Análise descritiva dos dados

A seguir são apresentados os resultados da análise descritiva das variáveis utilizadas no modelo econométrico, separando os grupos de apicultores beneficiados e não beneficiados pelo Projeto São José, no estado do Ceará (Tabela 1).

Tabela 1. Estatísticas descritivas dos apicultores entrevistados, beneficiados e não beneficiados, no ano 2021

Covariáveis	Beneficiados		Não beneficiados	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Receita por colmeia (R\$)	208,88	18,97	147,26	13,55
Índice tecnológico	0,76	0,01	0,66	0,01
Associação	1,00	0,00	0,65	0,60
Assistência técnica	0,55	0,06	0,45	0,06
Escolaridade	3,43	0,14	2,99	0,16
Distância (km)	4,13	0,71	7,28	1,34
Horas semanais	0,22	0,03	0,19	0,31

Fonte: Elaborado própria com base nas estimações (2024).
Nota: As variáveis foram medidas considerando a população de beneficiários pelo Projeto São José, no estado do Ceará, em 2021.

Os apicultores beneficiados apresentam valores médios superiores em todas as variáveis analisadas. A receita média por colmeia foi de R\$ 208,88 para o grupo de beneficiados e R\$ 147,26 para os não beneficiados. A maior média de receita por colmeia entre os beneficiados pode ser resultado da adoção de práticas mais eficientes de manejo, acesso a mercados diferenciados ou melhorias nas condições de produção proporcionadas pelo projeto. Quanto ao índice tecnológico, os beneficiados apresentam média de 0,76, enquanto os não beneficiados possuem média de 0,66. Isso sugere maior adoção de boas práticas de manejo e tecnologias modernas pelos apicultores atendidos pelo projeto.

Com relação à participação associativa, todos os apicultores beneficiados (100%) fazem parte de alguma organização coletiva, enquanto entre os não beneficiados esse percentual é de 65%. Esse dado nos mostra que o Projeto São José tem atuado por meio de associações e cooperativas, o que reforça a importância da organização coletiva como canal de acesso às políticas públicas e ao apoio técnico. A escolaridade média dos apicultores beneficiados é de 3,43 (em uma escala de 0 a 5), enquanto a dos não beneficiados é de 2,99. A assistência técnica também é mais presente entre os beneficiados (55%) do que entre os não beneficiados (45%), embora essa diferença seja menos acentuada.

No que diz respeito à localização dos apiários, os beneficiados estão, em média, a 4,13 km do centro de beneficiamento de mel, enquanto os não beneficiados estão a 7,28 km. A menor distância contribui para a redução de custos logísticos e facilita o acesso aos serviços de beneficiamento, o que também impacta positivamente na renda obtida com a atividade. Por fim, o tempo semanal dedicado por colmeia pelos beneficiados é, em média, 0,22 horas, enquanto para os não beneficiados é de 0,19 horas. Essa diferença, embora pequena, reflete o tempo de dedicação, atenção e cuidado com as colmeias, refletindo em melhores resultados produtivos.

O Gráfico 1 mostra que a receita por colmeia apresenta maior variabilidade entre os apicultores beneficiados. Além disso, é possível observar que a mediana de receita é mais elevada nesse grupo (R\$ 300,00) do que entre os não beneficiados (R\$ 200,00), o que reforça a ideia de que o Projeto São José contribui para o aumento da renda dos beneficiários.

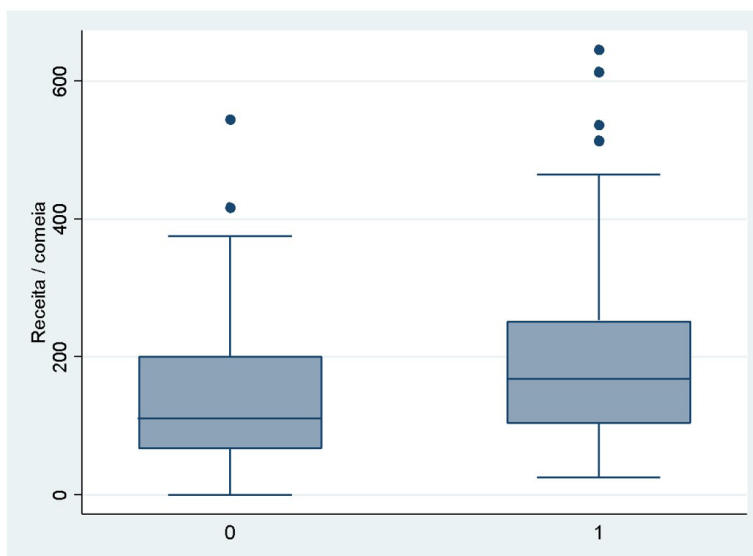


Gráfico 1. Distribuição da receita por colmeia entre apicultores beneficiados e não beneficiados.
Fonte: Elaborado própria com base nas estimações (2024).

O Gráfico 2 evidencia que o índice tecnológico entre os beneficiados se concentra entre 0,75 e 0,85, enquanto entre os não beneficiados a concentração está entre 0,55 e 0,75. Isso nos mostra que os apicultores beneficiados adotam mais práticas modernas e eficientes de apicultura.

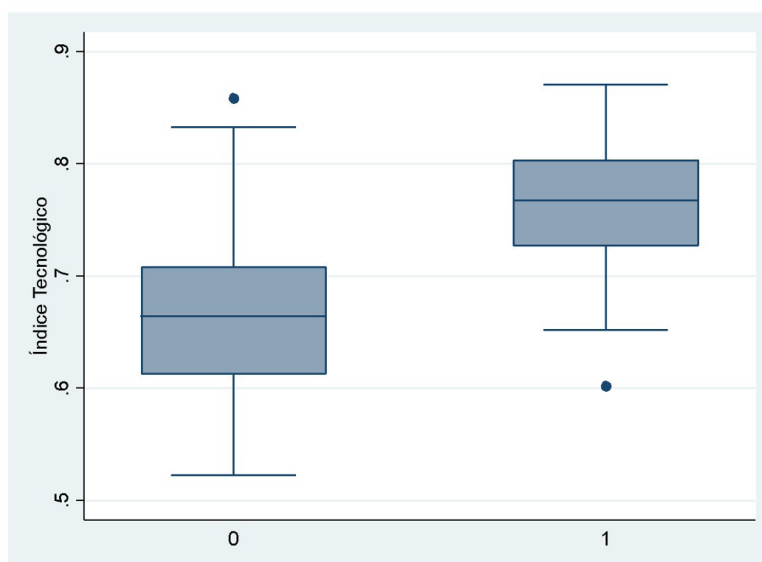


Gráfico 2. Comparação do índice tecnológico entre apicultores beneficiados e não beneficiados.
Fonte: Elaborado própria com base nas estimações (2024).

A Tabela 2 apresenta os percentis da amostra total. A receita por colmeia varia de R\$ 54,71 (P10) a R\$ 360,47 (P90), refletindo grande desigualdade nos resultados econômicos obtidos com a atividade apícola. O índice tecnológico, por sua vez, apresenta distribuição mais concentrada na faixa intermediária, sugerindo que a maior parte dos apicultores possui nível médio de adoção tecnológica, com espaço para avanços.

Tabela 2. Percentis das estatísticas descritivas da amostra total dos apicultores

Covariável	Percentil				
	10%	25%	50%	75%	90%
Receita por colmeia (R\$)	54,71	84,00	134,17	226,67	360,47
Índice Tecnológico	0,58	0,66	0,72	0,78	0,82
Associação	0	1	1	1	1
Assistência técnica	0	0	0	1	1
Escolaridade	1	2	4	4	4
Distância (km)	0,35	0,6	2	7,5	17
Horas semanais	0,02	0,05	0,13	0,25	0,47

Fonte: Elaborado própria (2024).

A escolaridade também apresenta variabilidade, mas com concentração nos níveis de ensino fundamental e médio. A distância até os centros de beneficiamento e o tempo dedicado por colmeia também revelam ampla variação, o que influencia diretamente na produtividade e na receita gerada com a apicultura.

De forma geral, os dados apontam que os apicultores beneficiados pelo Projeto São José apresentam desempenho superior nas dimensões produtiva, tecnológica, organizacional e econômica. Esses resultados sugerem que políticas públicas voltadas ao fortalecimento da organização coletiva, capacitação técnica e acesso à infraestrutura têm potencial para promover o desenvolvimento da apicultura e a elevação da renda dos pequenos produtores no Ceará.

4.2 Índice Tecnológico dos Apicultores

As estatísticas descritivas apresentadas na Tabela 3 oferecem uma visão abrangente das tecnologias utilizadas pelos apicultores entrevistados em 2021. A tabela contempla valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo para cinco categorias: equipamentos, manejo, colheita, pós-colheita e o índice tecnológico geral. Esses dados permitem compreender o nível de adoção tecnológica entre os apicultores da amostra.

Tabela 3. Estatísticas descritivas das tecnologias aplicadas pelos apicultores

Tecnologias	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Equipamentos	0,828	0,072	0,607	0,964
Manejo	0,550	0,166	0,038	0,846
Colheita	0,592	0,118	0,271	0,896
Pós-colheita	0,869	0,130	0,083	1,000
Índice tecnológico geral	0,710	0,083	0,523	0,871

Fonte: Elaborada própria com base nas estimações (2024).

Ao analisar as médias, nota-se que os equipamentos apresentam um alto nível de adoção (0,828), com variação entre 0,607 e 0,964. Isso demonstra que essa tecnologia é amplamente adotada entre os entrevistados. No entanto, o manejo teve uma média mais baixa (0,550) e um desvio padrão relativamente alto (0,166), indicando maior variabilidade entre os apicultores na implementação dessas técnicas. A colheita apresentou uma média de 0,592, com valores oscilando entre 0,271 e 0,896, o que sugere uma adoção média, porém com certa amplitude nos níveis de aplicação. Já a pós-colheita atingiu média elevada (0,869), com valores entre 0,083 e

1,000, evidenciando tanto a excelência quanto disparidades em sua adoção. O índice tecnológico geral, com média de 0,710, é considerado de nível médio, revelando uma consistência nas recomendações tecnológicas adotadas. Os valores mínimo e máximo (0,523 e 0,871) indicam uma variedade significativa entre os apicultores.

Em resumo, os apicultores demonstraram maior índice de adoção nas tecnologias de pós-colheita (86,9%) e equipamentos (82,8%), classificadas como nível alto tecnológico. Por outro lado, apenas 59,2% das técnicas de colheita e 55% de manejo foram implementadas, o que caracteriza um nível médio de adoção. Esses dados refletem que a atenção dos apicultores está voltada às fases finais do processo produtivo, com menor ênfase às etapas de manejo e colheita. Esse comportamento é coerente com os achados de Khan et al. (2009), que mensuraram índices tecnológicos voltados à produção e comercialização do mel. Segundo os autores, a colheita foi a tecnologia com maior taxa de adoção (81,19%), seguida por equipamentos (71,56%) e pós-colheita (61,39%). A gestão, por sua vez, apresentou a menor contribuição (22,77%). No presente estudo, destaca-se o elevado índice médio para pós-colheita (0,869), o que mostra um avanço nessa área em relação ao estudo anterior.

Segundo Sobreira et al. (2019), fatores como escolaridade, capacitação (antes e depois), atividade principal, mão de obra capacitada e capital social influenciam positivamente o nível tecnológico dos apicultores. O baixo desempenho nas tecnologias de manejo e colheita pode refletir a carência de assistência técnica, comprometendo o uso adequado de técnicas recomendadas. De acordo com Khan et al. (2009), é necessário um monitoramento constante das colmeias, envolvendo a alimentação das abelhas, postura da rainha, desenvolvimento dos filhotes, pragas, doenças, temperatura interna e o tamanho da colônia. A vigilância contínua é essencial para o sucesso apícola e o aprimoramento do nível tecnológico.

Outro fator crítico é a higiene no manuseio e armazenamento do mel, que impacta diretamente na qualidade final do produto. Segundo Silva et al. (2021), a instalação de casas de mel contribui para a padronização, atendimento às normas sanitárias e agregação de valor ao produto, ampliando sua comercialização e competitividade. Estudos como os de Freitas et al. (2004), realizados em municípios cearenses (Mombaça, Pacajus e Chorozinho), indicam que os apicultores obtêm bom desempenho tecnológico, sobretudo nas etapas de pós-colheita, enquanto a gestão teve os menores índices. Já Leite et al. (2021) destacam que o mel nordestino tem ganhado valorização por seu baixo índice de poluentes, sendo percebido como um produto mais saudável, o que exige maior investimento em tecnologias para garantir pureza e qualidade.

Em estudo na microrregião do Cariri cearense, Barbosa & Sousa (2013) compararam apicultores fixos e migratórios. Os apicultores fixos tiveram melhor desempenho em equipamentos, enquanto os migratórios se destacaram nas tecnologias de manejo, colheita e pós-colheita. A escolaridade e o número de colmeias foram determinantes significativos para o nível tecnológico alcançado. Esses resultados corroboram novamente com Khan et al. (2009), que destacaram a importância da adoção de tecnologias de colheita para a competitividade dos apicultores. A melhoria na qualidade do mel e no preço de comercialização depende diretamente da incorporação de inovações tecnológicas.

A importância da seleção e produção de rainhas de *Apis mellifera*, conforme documentado por Schafaschek (2020), também é ressaltada como fundamental para o melhoramento genético, controle de pragas e doenças e aumento da produtividade. Publicações como o Canal Agro Estádio (2024) e Lyncas (2024) mencionam o uso de tecnologias como a substituição de rainhas e a mecanização da extração de mel como fatores determinantes para a qualidade e competitividade do produto brasileiro. Portanto, os apicultores que investem em tecnologias nas etapas de colheita e pós-colheita tendem a obter melhor qualidade do produto, maior valorização comercial e incremento na renda. A baixa adoção nas áreas de manejo pode ser explicada por exigirem maior capacitação técnica e mudanças de rotina, sendo percebidas como mais complexas ou arriscadas.

Por fim, conforme reforçam Khan et al. (2009), a baixa escolaridade, o baixo investimento e a carência de assistência técnica explicam, em parte, a resistência na adoção de tecnologias. Estratégias como programas de capacitação, facilitação de acesso a recursos e assistência técnica personalizada são fundamentais para ampliar a adoção tecnológica e promover maior eficiência na apicultura brasileira.

4.3 Relação entre índice tecnológico e a receita

A análise da relação entre o índice tecnológico e a receita por colmeia revela achados relevantes que podem orientar decisões relacionadas ao manejo apícola e à adoção de tecnologias por pequenos produtores. A Tabela 4 apresenta a matriz de correlação entre essas variáveis.

Tabela 4. Correlação entre índice tecnológico e receita por colmeia (em reais)

	Receita por colmeia (R\$)	Índice tecnológico
Receita por colmeia (R\$)	1,000	
Índice tecnológico	0,4505* (0.000)	1,000

Fonte: Elaborado própria com base nas estimações (2024).
Nota: (*) Correlação significativa a 1%.

A partir da Tabela 4, observa-se uma correlação positiva e moderada entre o índice tecnológico e a receita por colmeia ($r = 0,4505$; $p\text{-valor} = 0,000$), conforme a classificação de Shimakura (2006). Esse resultado indica que, à medida que o nível tecnológico adotado pelo produtor aumenta, há uma tendência de crescimento na receita obtida por colmeia. Em outras palavras, a utilização de tecnologias mais avançadas está associada a um desempenho econômico superior na atividade apícola.

O Gráfico 3, que ilustra a dispersão entre o índice tecnológico e a receita por colmeia, reforça visualmente essa relação positiva. Nota-se que, embora a maior parte dos dados estejam concentrados em índices tecnológicos entre 0,6 e 0,8 e receitas entre R\$ 100,00 e R\$ 400,00, existem casos com receitas superiores a R\$ 600,00, caracterizando a presença de outliers. Esses valores atípicos possivelmente representam apicultores que utilizam tecnologias de ponta, o que resulta em receitas significativamente superior à média.

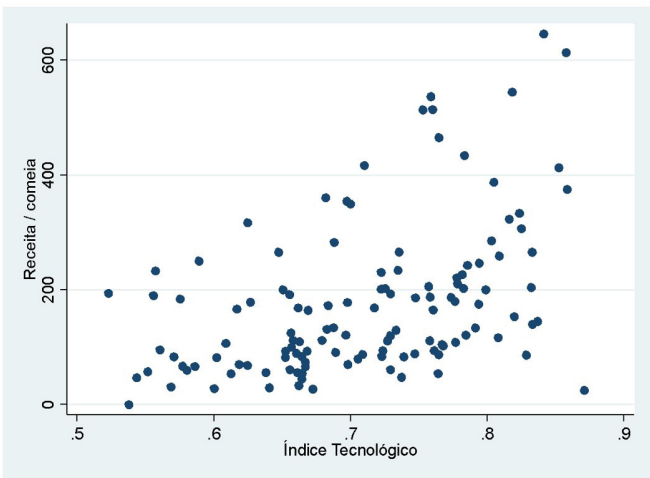


Gráfico 3. Correlação entre nível tecnológico e receita por colmeia.
Fonte: Elaborado própria com base nas estimações (2024).

A maior dispersão dos dados entre os produtores com menor índice tecnológico indica que esses apicultores estão sujeitos a resultados mais variados, e em muitos casos, inferiores. Já aqueles com níveis tecnológicos mais elevados tendem a apresentar receitas mais estáveis e elevadas, refletindo que o uso de tecnologia reduz a incerteza e aumenta a eficiência produtiva. Dessa forma, os resultados evidenciam que a adoção de tecnologias apícolas mais avançadas desempenham um papel fundamental no aumento da receita dos pequenos produtores. Além disso, o investimento em tecnologia não apenas contribui para maiores ganhos econômicos, como também promove maior estabilidade no retorno financeiro, oferecendo previsibilidade e segurança ao produtor.

Esses achados destacam a importância de políticas públicas voltadas ao estímulo da adoção tecnológica no setor apícola, sobretudo entre os pequenos produtores, como forma de promover desenvolvimento, sustentabilidade e aumento da renda no meio rural.

4.4 Análise de regressão quantílica

A fim de examinar os determinantes da receita por colmeia dos apicultores, foram estimados os parâmetros por meio de regressão quantílica para os percentis 10%, 25%, 50%, 75% e 90%. Os erros padrão utilizados são robustos, obtidos por meio do método de *bootstrap*. Também foram realizados testes de igualdade entre os coeficientes das variáveis explicativas nas diferentes regressões, cujos resultados indicaram diferenças estatisticamente significativas entre eles. A Tabela 5 apresenta as estimativas obtidas, permitindo avaliar os impactos das variáveis explicativas ao longo de toda a distribuição condicional da receita, e não apenas na média.

Tabela 5. Estimativa dos determinantes da receita por colmeia por regressão quantílica de percentis

Variável dependente	Percentil				
	10%	25%	50%	75%	90%
Índice tecnológico	446,09* (0,000)	357,37* (0,010)	618,57* (0,001)	627,19* (0,003)	1239,51** (0,014)
Associação	-9,95 (0,616)	-18,51 (0,477)	46,00*** (0,059)	-39,45 (0,616)	67,80*** (0,051)
Assistência técnica	3,83 (0,783)	6,62 (0,715)	17,92 (0,214)	-42,12 (0,443)	29,04** (0,032)
Escolaridade	-4,72 (0,456)	1,45 (0,861)	11,00 (0,315)	25,14*** (0,054)	11,33* (0,038)
Distância (km)	0,89 (0,264)	-2,17** (0,042)	-3,64* (0,005)	-6,99** (0,032)	-3,35*** (0,075)
Horas semanais	2,90* (0,006)	1,80 (0,186)	3,92** (0,030)	10,65* (0,010)	6,22 (0,210)
Constante	-221,02* (0,001)	-160,32*** (0,054)	-336,25* (0,002)	-284,93 (0,255)	-518,24*** (0,088)
Amostra	125	125	125	125	125
Pseudo R2 de McFadden	0,1007	0,1121	0,1639	0,1688	0,2516

Fonte: Elaborada própria com base nas estimações (2024). * Significante a 1%; ** Significante a 5%*** Significante a 10%.
Nota: Os valores entre parênteses referem-se ao *p-value*.

De modo geral, o Índice tecnológico apresentou coeficientes positivos e estatisticamente significativos em todos os percentis analisados, com destaque para o percentil 90%, no qual um incremento de 1 ponto no índice está associado a um aumento de R\$ 1.239,51 na receita por colmeia. Isso evidencia que maior adoção de tecnologias no manejo apícola está diretamente relacionada ao aumento da rentabilidade, especialmente entre os apicultores com melhor desempenho econômico. Tais resultados corroboram Vilela (2000), ao afirmar que, quando a apicultura segue as tecnologias recomendadas e boas práticas de comercialização, pode apresentar rentabilidade superior à de outras atividades agropecuárias.

A variável Associação mostrou efeitos heterogêneos ao longo da distribuição. Nos percentis inferiores (10% e 25%), os coeficientes não foram estatisticamente significativos, sugerindo que a participação em associações não exerce influência substancial sobre a receita dos produtores de menor rendimento. No entanto, nos percentis 50% e 90%, os coeficientes são positivos e significativos, indicando que a afiliação a associações pode ser benéfica para apicultores com receitas medianas e elevadas. Isso possivelmente se deve ao acesso a redes de cooperação, troca de conhecimentos e maior poder de negociação, fatores que são mais bem aproveitados por produtores em condições mais favoráveis. Essa evidência aponta para a necessidade de estratégias diferenciadas no apoio a associações, visando maximizar seus efeitos entre todos os grupos de apicultores.

A variável Assistência técnica apresentou impacto não significativo nos percentis mais baixos, o que representa as limitações estruturais ou financeiras que dificultam a aplicação do conhecimento técnico recebido por produtores de menor rendimento. Por outro lado, no percentil 90%, o coeficiente foi positivo e significativo, revelando que apicultores com maior capacidade produtiva conseguem transformar melhor a assistência técnica recebida em aumento de receita. Isso reforça a importância de políticas que articulem o acesso à assistência técnica com capacitação contínua, adequações estruturais e suporte para implementação das recomendações técnicas.

No que se refere à Escolaridade, a variável também apresentou significância apenas nos percentis superiores (75% e 90%), sugerindo que o aumento do nível educacional contribui para a melhoria da gestão produtiva e organizacional entre os apicultores de maior desempenho. Esse achado destaca o papel da educação como diferencial competitivo, capaz de potencializar o uso de tecnologias e a tomada de decisões mais eficientes.

A Distância entre as unidades produtivas e centros de comercialização aparece como um fator que impacta negativamente a receita a partir do percentil 25%. O efeito se intensifica nos percentis mais altos, evidenciando que quanto maior a distância, maiores os desafios logísticos e os custos operacionais enfrentados pelos produtores, afetando diretamente a rentabilidade. Esses dados ressaltam a necessidade de investimentos em infraestrutura de transporte e de políticas que favoreçam a comercialização local ou regional de produtos apícolas.

A variável Horas Semanais dedicadas à atividade apícola revelou efeito positivo em diversos pontos da distribuição, sendo significativo nos percentis 10%, 50% e 75%. Isso indica que o esforço produtivo — medido em tempo — tem papel relevante no aumento da receita por colmeia, especialmente entre produtores de desempenho médio e inferior. No percentil 75%, por exemplo, cada hora adicional semanal dedicada está associada a um incremento de R\$ 10,65 na receita. Contudo, no percentil 90%, o efeito não foi significativo, possivelmente porque, para esses produtores, a eficiência produtiva e o uso de tecnologias já compensam a necessidade de maiores cargas horárias.

A análise dos resultados evidencia que o trabalho intensivo pode ser decisivo para impulsionar o desempenho financeiro dos apicultores, mas seu impacto tende a diminuir conforme se avança na escala de rendimento, dando lugar a outros fatores como tecnologia, gestão e redes de apoio. Estratégias como capacitação contínua, adoção de boas práticas, mecanização parcial e uso de ferramentas de gestão podem otimizar essa relação entre esforço e retorno.

Por fim, ainda que a variável Associação tenha apresentado impacto positivo em alguns percentis, vale destacar que, em muitos casos, os produtores associados comercializam sua produção de forma individual. Isso pode explicar a ausência de efeitos mais robustos dessa variável na receita. Segundo Pinheiro (2011), a comercialização ainda é uma das principais fragilidades da cadeia apícola na região, agravada pela desarticulação entre produtores. Complementarmente, o Sebrae (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2006) destaca que, historicamente, muitos apicultores atuam com a apicultura como atividade complementar, sem apoio técnico ou estrutura organizacional adequada.

De acordo com Arruda et al. (2011), essa atuação desarticulada limita a competitividade no mercado, sendo essencial o conhecimento da cadeia produtiva e a adoção de tecnologias. Lira (2008) também aponta a necessidade de ações estruturantes para o fortalecimento da apicultura no Nordeste, abrangendo desde a sensibilização e capacitação até a verticalização da produção. Nesse sentido, políticas públicas de apoio, como transferência de renda, acesso ao crédito rural e assistência técnica, podem promover a adoção de tecnologias e a inclusão de novos produtores na atividade, contribuindo não apenas para o aumento da renda, mas também para o desenvolvimento rural sustentável e a conservação dos biomas locais (Silva et al., 2021).

Entre as principais limitações deste estudo, destaca-se o tamanho reduzido da amostra, composta por apicultores vinculados ao Projeto São José, no Ceará, o que pode restringir a generalização dos resultados para outras regiões ou realidades produtivas.

6 Conclusões

Este estudo teve como principal objetivo analisar o impacto dos índices tecnológicos na renda dos apicultores entrevistados. Para isso, foram delineados e cumpridos diversos objetivos específicos. Inicialmente, identificaram-se as variáveis que compõem o índice tecnológico utilizado na apicultura, abrangendo aspectos como equipamentos, tecnologias de manejo, colheita e pós-colheita. Em paralelo, foram coletados dados relativos à receita gerada pelos apicultores. A partir da análise descritiva, foi possível observar tendências e padrões relevantes, destacando-se que as tecnologias relacionadas aos equipamentos e ao pós-colheita apresentaram os índices mais elevados, sinalizando um maior nível de tecnificação. Por outro lado, os índices associados às tecnologias de manejo e colheita foram classificados como medianos.

Na etapa seguinte, aplicou-se a técnica de Regressão Quantílica para investigar a relação entre o índice tecnológico e a receita por colmeia dos apicultores, em diferentes percentis. Os resultados obtidos permitiram inferir conclusões relevantes sobre os fatores que influenciam o rendimento. A significância estatística do índice tecnológico em todos os percentis analisados reforça sua relevância na determinação da renda dos apicultores. Adicionalmente, a assistência técnica mostrou-se particularmente significativa nos percentis inferiores, evidenciando a importância de suporte técnico para apicultores com menor qualificação ou produtividade.

Outro achado relevante foi a influência negativa da distância em relação à renda, o que ressalta a necessidade de proximidade entre os locais de produção e os centros consumidores.

A relação positiva entre as horas trabalhadas e o rendimento por colmeia aponta para a importância de uma gestão eficiente do tempo dedicado à atividade. Além disso, a participação em atividades associativas, embora com significância relativa, indica a necessidade de estudos mais aprofundados sobre os possíveis impactos dessa variável sobre a receita.

Essas evidências reforçam a importância de estratégias de planejamento e de políticas públicas voltadas ao fortalecimento da apicultura, com ênfase na qualificação técnica e no suporte contínuo aos produtores.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se o aprimoramento do uso de tecnologias entre os apicultores entrevistados, com vistas à elevação da produtividade e da renda. Dentre as ações recomendadas, destacam-se os investimentos em capacitação técnica, o acesso a tecnologias mais avançadas e o fortalecimento das redes associativas, como forma de promover o compartilhamento de conhecimentos e recursos. Tais medidas têm potencial para elevar a eficiência produtiva e impulsionar o crescimento econômico da apicultura no estado do Ceará, trazendo benefícios tanto aos produtores quanto às comunidades locais.

Em síntese, este estudo contribui significativamente para o campo acadêmico e para a prática profissional, ao evidenciar o papel das tecnologias na melhoria da renda apícola. Para pesquisas futuras, sugere-se a realização de investigações mais aprofundadas sobre os efeitos específicos de diferentes tecnologias na produtividade e rentabilidade da apicultura, bem como estudos que abordem os impactos socioeconômicos mais amplos do uso de tecnologias na agricultura familiar, com vistas à promoção de um desenvolvimento rural sustentável e inclusivo.

Contribuições dos autores

EMA: Conceituação, Curadoria de dados, Investigação, Metodologia, Análise formal, Escrita – primeira redação. ASK: Supervisão, Validação, Escrita – revisão e edição. FJST: Supervisão, Escrita – revisão e edição. VHMCS: Escrita – revisão e edição.

Suporte financeiro:

Eucinete de Menezes Albuquerque declara ter recebido financiamento para esta pesquisa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (processo: 88887.836216/2023-00). Demais autores: nada a declarar.

Conflitos de interesses:

Nada a declarar.

Aprovação do conselho de ética:

Não se aplica.

Disponibilidade de dados:

Os dados da pesquisa não estão disponíveis.

***Autor correspondente:**

Eucinete de Menezes Albuquerque, eucinetemenezes@gmail.com

Referências

- Albo, G., & Leveratto, D. (2014). Estudio del nivel tecnológico del productor apícola: una herramienta para mejorar la competitividad del sector. In *Anais da 5ª Jornadas Académicas de la REDVITEC*. Recuperado em 21 de abril de 2025, de <http://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/2502>
- Almeida, M. A. D., & Carvalho, C. M. S. (2009). *Apicultura: uma oportunidade de negócio sustentável* (52 p.). SEBRAE Bahia.
- Araujo, J. R. G., Aguiar Júnior, R. A., Chaves, A. M. S., Reis, F. O., & Martins, M. R. (2012). Abacaxi 'turiaçu': cultivar tradicional nativa do Maranhão. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(4), 1270-1276. <http://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400037>
- Arruda, J. B. F., Botelho, B. D., & Carvalho, T. C. (2011). Diagnóstico da cadeia produtiva da apicultura: um estudo de caso. In *Anais do XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial*. Belo Horizonte.
- Barbosa, W. F., & Sousa, E. P. (2013). Nível tecnológico e seus determinantes na apicultura cearense. *Revista de Política Agrícola*, 22(3), 32-47.
- Batalha, M. O., & Souza Filho, H. M. (2009). Analisando a competitividade de cadeias agroindustriais: uma proposição metodológica. In M. O. Batalha & H. M. Souza Filho (Orgs.), *O agronegócio no Mercosul: uma agenda para a competitividade* (pp. 12-39). Atlas.
- Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41(3), 278-294. <http://doi.org/10.1051/apido/2010012>
- Buchinsky, M. (1997). Recent advances in quantile regression models. *The Journal of Human Resources*, 33(1), 88-126. <http://doi.org/10.2307/146316>
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1017/CBO9780511811241>.
- Canal Agro Estadão. (2024). *3 tecnologias usadas no desenvolvimento da apicultura brasileira*. Recuperado em 21 de abril de 2025, de <https://summitagro.estadao.com.br/apicultura-brasileira-tecnologias>
- Ceará. Secretaria do Desenvolvimento Agrário. (2024). *Apicultura*. Governo do Ceará. Recuperado em 21 de abril de 2025, de <https://www.sda.ce.gov.br/apicultura/>
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI. (2020). *Jornada virtual da apicultura e meliponicultura alcançou mais de 17 mil pessoas*. Recuperado em 21 de abril de 2025, de <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/12/01/jornadada-apicultura-e-meliponicultura-alcancou-mais-de-17-mil-pessoas/>
- Fonseca, J. S., & Martins, G. A. (2010). Estatística descritiva. In J. S. Fonseca & G. A. Martins. *Curso de estatística* (pp. 101-165). São Paulo: Atlas.
- Freitas, D. G. F. (2003). *Nível tecnológico e competitividade da produção de mel de abelhas (Apis mellifera) no Ceará* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Freitas, D. G. F., Khan, A. S., & Silva, L. M. R. (2004). Nível tecnológico e rentabilidade da produção de mel de abelha (Apis mellifera) no Ceará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 42(1), 171-188. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032004000100009>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2011). *Econometria básica* (5. ed.). Porto Alegre: AMGH Editora.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2024). *Pesquisa pecuária municipal*. Recuperado em 21 de abril de 2025, de <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/74>

- Januzzi, F. V., Silva, S. A. L., Bressan, A. A., & Coaguila, R. A. I. (2018). Captação, resgates e liquidez: Impacto na rentabilidade de fundos multimercados destinados a investidores de varejo. *Revista de Administração FACES Journal*, 17(1).
- Justo, W. R. (2008). Políticas sociais e o papel nas disparidades regionais de renda no Brasil: evidências a partir de regressões quantílicas. In *Anais do XXII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos – ENABER* (pp. 1). Aracaju, SE.
- Khan, A. S., Matos, V. D., & Lima, P. V. P. S. (2009). Desempenho da apicultura no estado do Ceará: Competitividade, nível tecnológico e fatores condicionantes. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 47(3), 651-655. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032009000300006>
- Koenker, R., & Bassett Junior, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica*, 46(1), 33-50. <http://doi.org/10.2307/1913643>
- Leeuwis, C., & Van den Ban, A. (2004). Introduction. In C. Leeuwis & A. Van den Ban. *Communication for rural innovation: rethinking agricultural extension* (3rd ed., pp. 3-21). Blackwell Science Ltd. <http://doi.org/10.1002/9780470995235>
- Leite, M. D. S., Medeiros, A. C., Maracujá, P. B., Bezerra, K. K. S., Silva, M. G., Belchior, S. M. S., Meneses, H. R. F., Silva, G. I. C. M., Sarmiento, T. A. B., Pessoa, M. F., Gomes, J. C., Bandeira, P. S. R. S., & Cesar, D. S. (2021). Produção, comercialização e exportação de produtos apícolas: uma análise do desempenho da região nordeste brasileira. *Research, Social Development*, 10(10), 1-14.
- Lira, G. A. (2008). *A expansão da agroindústria do mel no Rio Grande do Norte* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Lobo, S. O. (2020). *Correlações entre o trabalho dos técnicos em apicultura e as comunidades rurais pesquisadas da Microrregião de São Raimundo Nonato: coconstrução de tecnologias* (Tese de doutorado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.
- Lyncas. (2024). *Tecnologia na apicultura estimula crescimento do agronegócio*. Recuperado em 21 de abril de 2025, de <https://lyncas.net/tecnologia-na-apicultura>
- Maciel, M. C., Campêlo, A. K., & Raposo, M. C. F. (2001). A dinâmica das mudanças na distribuição salarial e no retorno em educação para mulheres: uma aplicação de regressão quantílica. In *Anais do Encontro ANPEC*. Niterói: ANPEC.
- Matos, V. D. (2005). *A apicultura no estado do Ceará: competitividade, nível tecnológico e seus fatores condicionantes, produção e exportação de mel natural* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Mesquita, T. C. (1998). *Estudos de economia agrícola* (168 p.). Betânia Sobral: Edições UVA.
- Passos, A. T. B., & Khan, A. S. (2019). O impacto do PRONAF sobre a sustentabilidade agrícola de agricultores familiares na microrregião do Vale do Médio Curu, no Estado do Ceará. *Economia Aplicada*, 23(4), 53-78. <http://doi.org/10.11606/1980-5330/ea169979>
- Pinheiro, F. K. (2011). *Avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção apícolas: diagnóstico participativo em associações de apicultores da região central do Ceará* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- Ponciano, N. J., Golynski, A., Souza, P. M., Ney, M. G., & Ney, V. S. P. (2013). Caracterização do nível tecnológico dos apicultores do estado do Rio de Janeiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 51(3), 499-514. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032013000300005>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Washington: Free Press.

- Schafaschek, T. P. (2020). *Seleção e produção de rainhas de abelhas *Apis mellifera** (Boletim Técnico, 190). Epagri.
- Schumpeter, J. A. (1939). *Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process* (2 vols.). McGraw-Hill.
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. (2006). Desafios da Apicultura brasileira. *Revista SEBRAE Agronegócio*, (3), 24-25.
- Silva, C. R. L. (1995). *Inovação tecnológica e distribuição de renda: impacto distributivo dos ganhos de produtividade da agricultura brasileira*. Instituto de Economia Agrícola.
- Silva, T. J., Soares, E. C., & Navas, R. (2021). Apicultura como atividade de desenvolvimento e conservação do bioma Caatinga: um estudo de caso no Sertão de Alagoas. *Revista Campo-Território*, 15(38), 412-432. <http://doi.org/10.14393/RCT153816>
- Shimakura, S. E. (2006). *Interpretação do coeficiente de correlação* (Apostila). Curitiba: LEG/UFPR.
- Sobreira, D. B., Khan, A. S., Sousa, E. P., & Lima, P. V. P. (2019). Nível tecnológico dos apicultores beneficiários do programa de aquisição de alimentos (PAA) no Ceará e seus determinantes. *Gestão e Regionalidade*, 35(103), 220-244. <http://doi.org/10.13037/gr.vol35n103.3819>
- Souza, N. J. (2012). *Desenvolvimento econômico* (6. ed.). São Paulo: Atlas.
- Suporte Geográfico. (2022). *Mesorregiões do Estado do Ceará* (Mapa). Suporte Geográfico.
- Vilela, S. L. O. (2000). *A importância das novas atividades agrícolas ante a globalização: a apicultura no Estado do Piauí*. Embrapa Meio-Norte.

Recebido: Abril 11, 2025;

Aceito: Julho 02, 2025

JEL Classification: O13, Q16, C21.

Editor de seção: Gustavo Inácio de Moraes