

Volatilidade dos Preços do Gado Bovino no Departamento de Córdoba: Implicações Para a Implementação de Contratos Futuros

Price Volatility of Cattle in the Department of Córdoba: Implications for the Implementation of Futures Contracts

Autores: Jhon Mario Panzza Jiménez; Miria Ramalho Barbosa; Viviani Silva Lirio

Filiação: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Economia Rural, Programa de Pós-graduação em Economia Aplicada

Email: Jhon.jimenez@ufv.br; miria.ramalho@ufv.br; vsilirio@ufv.br

Grupo de Trabalho (GT): GT01. Mercados agrícolas e comércio exterior

Resumo

Este artigo avalia se o mercado de gado bovino no departamento de Córdoba, Colômbia, possui as condições necessárias para a implementação de mercados futuros. Utilizando dados semanais de janeiro de 2005 a setembro de 2023, foram analisados os preços do gado de primeira classe e as quantidades vendidas em leilões pecuários. Os índices de concentração de quatro e oito, bem como os índices de Herfindahl e Rosenbluth, indicam uma concentração de baixa a moderada no comércio de gado, sugerindo que a formação de preços não decorre do poder de mercado de poucos compradores, mas sim de dinâmicas de oferta e demanda ou de eventos aleatórios. A análise temporal mostra que a oferta de gado é estacionária, enquanto os preços são integrados de primeira ordem e apresentam agrupamentos de volatilidade, como demonstrado pelos modelos ARCH e GARCH. Esses resultados indicam um comportamento volátil dos preços e, considerando a importância do setor para a economia local e sua exposição a riscos, recomenda-se a implementação de mercados futuros como uma alternativa para mitigar incertezas e estabilizar a economia pecuária no departamento de Córdoba.

Palavras-chave: Mercados Futuros, Gado Bovino, Volatilidade de Preços, Estacionariedade

JEL: C32; G13; Q11; Q18

Abstract

This article evaluates whether the cattle market in the department of Córdoba, Colombia, has the necessary conditions for the implementation of futures markets. Using weekly data from January 2005 to September 2023, prices of first-class cattle and quantities sold at livestock auctions were analyzed. The four- and eight-firm concentration ratios, as well as the Herfindahl and Rosenbluth indices, indicate a low to moderate level of market concentration, suggesting that price formation is not driven by the market power of a few buyers but rather by supply and demand dynamics or random events. Time series analysis shows that cattle supply is stationary, while prices are integrated of order one and exhibit volatility clustering, as evidenced by ARCH and GARCH models. These findings point to a volatile price behavior and considering the importance of the sector to the local economy and its exposure to risks, the implementation of futures markets is recommended as a potential tool to reduce uncertainty and stabilize the livestock economy in the department of Córdoba.

Keywords: Futures Markets, Cattle, Price Volatility, Stationarity

1. INTRODUÇÃO

Os mercados futuros fazem parte do mercado de capitais e são considerados derivativos financeiros, cujo desempenho depende do comportamento dos ativos subjacentes. Os ativos subjacentes, também conhecidos como ativos-objeto, são instrumentos financeiros que servem de base para contratos derivativos, como opções e futuros. Eles podem incluir ações, *commodities*, moedas ou índices de mercado. O valor desses derivativos é diretamente influenciado pelas flutuações nos preços dos ativos subjacentes. Segundo Drimbetas, Sariannidis e Porfiris (2007), a introdução de derivativos pode reduzir a volatilidade do ativo subjacente, aumentando a eficiência do mercado. A incerteza dos preços é o principal fator que impulsiona a implementação dos mercados futuros, uma vez que esses contratos permitem que os participantes minimizem os riscos associados às transações. Nesses mercados, ativos reais ou financeiros são comprados e vendidos para entrega em uma data futura, previamente acordada no momento da negociação. Os contratos futuros são

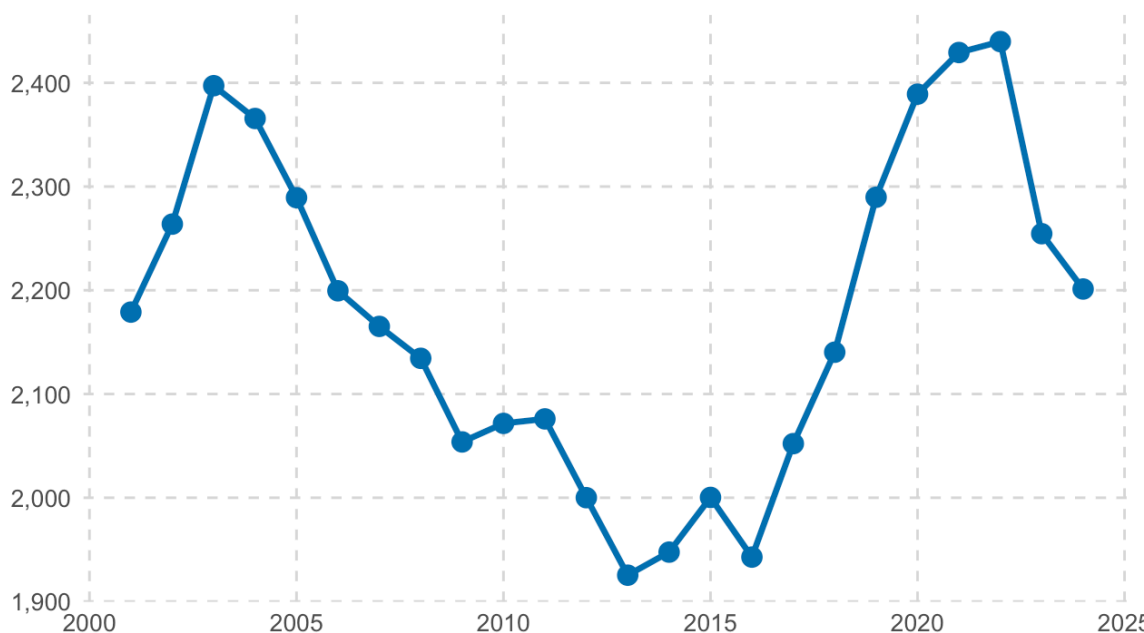
rigorosamente padronizados, especificando antecipadamente a quantidade, qualidade, preço, prazo e local de entrega do produto (Hull, 2016).

Em 2024, o rebanho bovino colombiano atingiu um total de 29,5 milhões de cabeças, e seu mercado representou 1,4% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, 20% do PIB agropecuário e 46% do PIB pecuário, além de gerar 1,07 milhão de empregos diretos, consolidando-se como uma das atividades agrícolas mais importantes da Colômbia. Entre 2009 e 2016, o setor enfrentou severas adversidades climáticas que resultaram na morte de 377.000 bovinos; no entanto, entre 2017 e 2024, o estoque de gado cresceu a uma taxa anual de 6%. Apesar dos impactos significativos causados por choques climáticos, a pecuária bovina continua sendo o principal contribuinte para o PIB nacional dentro do setor agropecuário. Sua contribuição é 2,1 vezes maior que a do setor avícola, 3 vezes maior que a do setor cafeeiro, 3,1 vezes maior que a dos cafeicultores, 4,4 vezes maior que a da suinocultura, 5,3 vezes maior que a do setor bananeiro e 8 vezes maior que a dos suinocultores (FEDEGAN, 2025).

De acordo com o Observatório de Preços e Custos Agrários na Zona Noroeste do Caribe Colombiano (OPCA), Córdoba é um departamento pecuário por excelência, com um rebanho bovino que representa 10% do inventário nacional e 30% do regional. Situado na região noroeste da Colômbia, destaca-se na pecuária graças a condições de solo e clima favoráveis que incentivam a expansão agrícola e a diversificação agropecuária, especialmente a bovinocultura (Flórez e Pérez, 2021). Com cerca de 25.020 km², o departamento também conta com infraestrutura logística que facilita o escoamento da produção de carne para outras regiões e mercados internacionais. Em 2024, ofertou 317.153 cabeças de gado, consolidando-se como centro estratégico na produção e distribuição de carne bovina (OPCA, 2025).

O inventário bovino de Córdoba apresentou importantes flutuações ao longo do período analisado, com uma redução no período pós-pandemia (Figura 1). Segundo Castillo (2022), essas variações podem estar relacionadas à instabilidade do mercado, que enfrenta riscos climáticos e de preço, sendo a precipitação pluvial, os déficits hídricos, a incidência de pragas e a degradação do solo, fatores determinantes que afetam a comercialização, os preços e a oferta no setor.

Figura 1: Inventário de Gado Bovino do Departamento de Córdoba, Colômbia



Fonte: Federación Colombiana de Ganaderos.

Esse conjunto de características faz da bovinocultura do departamento de Córdoba, um setor de alto risco para investidores devido à sua vulnerabilidade a fatores adversos, como volatilidade de preços, choques climáticos e desastres naturais¹. Ademais, mesmo diante desses desafios, a pecuária continua sendo um dos pilares da economia do departamento, particularmente após a criação e, ou, fortalecimento de estratégias de resiliência, dentre as quais a adoção de sistemas silvopastoris, que integram árvores, pastagens e gado em uma mesma área, e iniciativas de apoio e financiamento, como o “Projeto de Pecuária Sustentável

¹ Como exemplos, cite-se que, em 2005, fortes chuvas provocaram inundações em várias áreas de Córdoba, resultando em danos materiais e deslocamento de comunidades. Pouco tempo depois, em 2007 e 2008, o fenômeno La Niña intensificou as chuvas na região, levando a deslizamentos de terra e inundações que afetaram a agricultura local. Em 2010, os efeitos indiretos da temporada de furacões no Caribe voltaram a resultar em chuvas intensas em Córdoba. Essas chuvas causaram o transbordamento de rios como o Sinú e o San Jorge, resultando em inundações que afetaram milhares de residentes e causaram perdas significativas na pecuária e na agricultura.

na Colômbia”, que favoreceram a retomada do crescimento pecuário na região (CIPAV, 2016; Banco Mundial, 2023 e Mais Floresta, 2023).

Diante importância da pecuária de corte, e dos riscos que enfrenta, esta pesquisa busca avaliar a viabilidade da implementação de contratos futuros no setor como uma estratégia para mitigar incertezas e fortalecer a confiança dos investidores. Nesse sentido, de acordo com Gutiérrez e Caputi (2004), para que um setor seja considerado adequado para negociação em mercados futuros, ele deve ter um tamanho significativo, não deve haver uma concentração excessiva de poder por poucos agentes, os preços do produto devem apresentar flutuações consideráveis e essas variações devem ser impulsionadas por causas aleatórias, com um comportamento volátil dos preços. Para verificar o cumprimento dessas condições, este artigo analisa o comportamento histórico das variáveis preço por quilograma e quantidade vendida de gado de primeira qualidade no setor de gado do departamento de Córdoba, Colômbia, desde janeiro de 2005 a setembro de 2023.

Os resultados indicam que o mercado de gado em Córdoba é um setor significativo em termos de estoque bovino, volume de comercialização e número de compradores. A baixa a moderada concentração nos leilões, refletida pelos índices de concentração, sugere que a formação de preços é impulsionada pela dinâmica de oferta e demanda, em vez do poder de mercado de poucos compradores. A análise temporal mostra que a oferta de gado é estacionária, enquanto as séries de preços são integradas de ordem um, o que limita a capacidade preditiva dos valores passados. Além disso, os retornos dos preços apresentam clusters de volatilidade, confirmando o comportamento volátil dos preços. Dado que o setor é crucial para a economia local e apresenta alta volatilidade, recomenda-se a implementação de mercados futuros como uma solução potencial para mitigar a incerteza e estabilizar a economia pecuária do departamento.

Este artigo contém, além desta introdução, mais quatro seções. A segunda apresenta os fundamentos teóricos sobre mercados futuros e uma revisão de estudos empíricos na América Latina. A terceira descreve os dados e a metodologia adotada. A quarta discute os resultados obtidos e, por fim, a quinta seção traz as conclusões do estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A história dos mercados futuros remonta às práticas comerciais antigas, onde contratos de venda a termo eram utilizados para garantir transações em ambientes de incerteza. Evidências arqueológicas sugerem que já em 1750 a.C., na Mesopotâmia, esses contratos eram registrados em tábuas de argila, permitindo não apenas a compra antecipada de bens, mas também a transferência desses direitos a terceiros. Esse mecanismo facilitava o financiamento das operações e a gestão de riscos, além de possibilitar a participação de agentes puramente especulativos. Com o tempo, práticas semelhantes se difundiram na Grécia e Roma Antigas, sendo posteriormente adaptadas às necessidades do comércio medieval e renascentista. O surgimento de mercados organizados na Europa consolidou a estruturação dos contratos a termo e o desenvolvimento de um ambiente mais sofisticado para a negociação de commodities (Fisanott, 2014; Kummer & Pauletto, 2012).

Como ideia organizada, o primeiro mercado futuro surgiu no Japão, no século XVII, com a criação de contratos padronizados para a negociação de arroz no Dojima Rice Exchange, em Osaka, permitindo a mitigação de riscos por meio da fixação antecipada de preços (Moss, 2010). A consolidação dos mercados futuros modernos ocorreu nos Estados Unidos, especialmente em Chicago, onde a Chicago Board of Trade (CBOT) foi fundada em 1848 e passou a estruturar contratos a termo para grãos, formalizando contratos futuros com padronização e exigências de margem em 1865 (Fisanott, 2014; Williams, 1982). Esse modelo expandiu-se globalmente ao longo do século XX.

A crescente integração entre os mercados internacionais e regionais estimula o surgimento de novos mecanismos financeiros, incluindo derivativos financeiros projetados para melhorar o posicionamento no mercado. Como explica Rojas (2010), setores como a agricultura e a pecuária apresentam incertezas ao longo do tempo, e os participantes desses mercados buscam se proteger contra riscos potenciais decorrentes do comportamento econômico ou de outros fatores que possam afetar suas operações. Para enfrentar esses desafios, foram desenvolvidos os contratos futuros a termo.

Os mercados futuros são mercados organizados onde se negociam contratos futuros, que envolvem o compromisso de compra e venda de uma determinada mercadoria entre as partes em uma data predefinida no momento da negociação. Trata-se de um contrato padronizado,

no qual a quantidade, a qualidade e o preço do produto são estabelecidos antecipadamente. Nesse tipo de mercado, o preço é fixado no momento do contrato, independentemente das variações futuras, e a posição de cada parte depende de seus interesses e expectativas em relação ao comportamento do mercado. Segundo Arena e Scudiero (2023), os mercados futuros oferecem vantagens em relação aos contratos a termo, como maior confiabilidade, organização do mercado, garantias de cumprimento asseguradas pelos depósitos das partes e a participação das câmaras de compensação. Por esses motivos, os mercados futuros são considerados uma opção mais vantajosa para os investidores.

Para que uma commodity seja viável nos mercados futuros, é necessário que atenda a certos requisitos, tais como: (i) baixa perecibilidade e capacidade de armazenamento, facilitando a entrega física ou a liquidação financeira; (ii) padronização e homogeneidade, essenciais para definir contratos sem custos adicionais de inspeção; (iii) volatilidade de preços no mercado à vista, que impulsiona a demanda por proteção contra riscos; (iv) um mercado físico amplo e líquido, com alto volume de negociações e diversidade de participantes; e (v) um ambiente competitivo, sem distorções de preços causadas por intervenções externas. A ausência de mecanismos tradicionais eficientes de gestão de risco também estimula a adoção desses contratos. Esses fatores, aliados ao interesse dos agentes do setor, determinam a sustentabilidade de um mercado futuro (Gutiérrez & Caputi, 2004).

No entanto, considerando que existem riscos inerentes às commodities elegíveis para o mercado futuro, os contratos exigem mecanismos de gestão de risco. De fato, nos contratos futuros, o risco é gerenciado de forma segura. A possibilidade de inadimplência é reduzida por meio de um procedimento chamado margem, que pode ser constituída por um depósito, títulos públicos ou ações. Essa margem é exigida pelas bolsas de valores de todos os investidores para permitir a compra e venda de contratos futuros. Em outras palavras, para entrar em operações futuras, não é necessário dispor do valor total do contrato; basta um depósito de margem nas contas das partes negociantes. Geralmente, essa margem corresponde a cerca de 10% do valor do contrato. A posição dos negociadores é ajustada diariamente com base nas variações do preço da commodity negociada (Gomes & Krieger, 2016).

Os contratos futuros envolvem débitos e créditos diários nas contas dos negociadores devido às variações de preço do derivativo financeiro. Isso ocorre porque não é necessário vender a commodity para realizar lucros ou prejuízos na transação. No entanto, caso uma das partes deseje liquidar esses ajustes, basta vender sua posição. Se, na data de vencimento, o vendedor não tiver encerrado sua posição, ele deverá pagar o preço de liquidação e receber o ativo negociado. A margem exigida nos contratos futuros é viabilizada pela intervenção da Câmara de Compensação, um intermediário financeiro entre comprador e vendedor, que possui um capital substancial para garantir o cumprimento do contrato por ambas as partes. A Câmara de Compensação atua como auditora desses contratos, fornece informações de mercado, realiza a liquidação das operações futuras e supervisiona a entrega e o recebimento dos produtos acordados (Marques, 2014).

A experiência com mercados futuros é diversa. Nesse sentido, Dopchiz (2008) conclui que o mercado pecuário argentino carece de algumas condições necessárias para a implementação de mercados futuros, sugerindo que as políticas agrícolas dificultam o desenvolvimento do setor. Por outro lado, Rojas e Abreu (2008) indicam que, no México, os mercados futuros são uma opção viável para importadores e processadores, devido à forte dependência do país das importações de trigo. No caso do Brasil, que possui um mercado futuro pecuário bem estabelecido, há evidências de que ele é eficiente e, no longo prazo, os preços futuros funcionam como estimadores não viesados dos preços à vista (Moraes et al., 2009). No entanto, Rodrigues e Martinez-Filho (2015), ao analisarem os mercados futuros brasileiros de café, soja, etanol, milho e boi gordo, encontraram indícios de ineficiência no mercado pecuário. Os autores sugerem que esse resultado pode estar relacionado à liquidez, aos custos de transação e ao poder de mercado dos participantes.

Na Colômbia, Castillo (2022) observa que os pecuaristas respondem a estímulos de mercado, como preços e custos de produção, e são avessos ao risco em relação às flutuações climáticas e de preços. Um estudo conduzido por Arango Gil (2011) aponta possíveis dificuldades para a implementação do mercado futuro no país como um todo, sem considerar as especificidades dos departamentos. O autor sugere que o mercado de derivativos colombiano ainda é subdesenvolvido, com baixa liquidez e ausência de referências diárias de preços confiáveis — elementos críticos para os contratos futuros. Além disso, fracassos passados com contratos

a termo levaram as instituições financeiras a relutarem em apoiar instrumentos semelhantes. Esses desafios, aliados à falta de clareza regulatória específica para derivativos agrícolas e ao baixo interesse dos participantes do mercado, devido ao desconhecimento sobre mecanismos de hedge de risco, indicam que a adoção desses instrumentos financeiros no país exigiria avanços estruturais e educacionais. Apesar da importância do mercado pecuário para a economia do departamento e dos riscos presentes nesse setor, não foram encontrados estudos que avaliem a viabilidade da implementação de mercados futuros no setor de gado bovino de Córdoba.

3. METODOLOGIA

Para favorecer a compreensão das estratégias adotadas nesta pesquisa, é importante, inicialmente, uma categorização. Nos leilões pecuários de Córdoba, dois tipos de gado são comercializados: (a) o gado gordo, destinado ao abate, inclui vacas descarte, vacas com bezerros e touros que já completaram seu ciclo produtivo, tornando seu rendimento futuro decrescente e sua comercialização menos atrativa; e, (b) o gado comercial, classificado em duas categorias: de primeira e de segunda qualidade. O gado de primeira qualidade apresenta excelente condição corporal e é altamente desejável para comercialização, pois é bem adequado para engorda. Já o gado de segunda qualidade é composto por cruzamentos com lactação restrita, o que afeta negativamente sua condição.

Os leilões pecuários são mecanismos eficientes de formação de preços; no entanto, os compradores podem coludir para adquirir o gado a preços mais baixos, levando à concentração de mercado e distorcendo a concorrência. Dado que uma das condições econômicas para a implementação de mercados futuros é a ausência de concentração excessiva de poder de mercado, é essencial determinar o grau de concentração no mercado pecuário de Córdoba, na Colômbia. Para isso, foi utilizado o método do índice de concentração (CI_i), onde i representa o número de compradores. Esse índice mede a concentração de compras dos maiores compradores em relação ao total de vendas de gado. Foi calculado o índice para os quatro e oito maiores compradores, dividindo o número de animais adquiridos por eles pelo total de animais vendidos.

Além disso, foram utilizados o Índice de Herfindahl (HI) e o Índice de Rosenbluth (RI). O Índice de Herfindahl é calculado como a soma dos quadrados das participações de mercado

de cada comprador, incluindo todos os participantes do mercado. Um valor do índice igual a um indica que um único comprador adquire todo o gado, enquanto o valor mínimo é 100 dividido pelo número total de compradores, implicando participações de mercado iguais e ausência de poder de mercado. O Índice de Rosenbluth, por sua vez, é calculado como o inverso de duas vezes a soma do produto das participações de mercado pelo número de compradores, menos um. Esse índice dá maior ênfase às firmas menores, pois os pesos não são elevados ao quadrado.

Para avaliar a variabilidade dos preços e da oferta de gado, foi realizada uma análise de estacionariedade utilizando o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Esse teste assume uma estrutura autorregressiva de ordem p , na qual a seguinte equação é estimada:

$$\Delta y_t = \alpha_1 + \alpha_2 t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

O parâmetro de interesse é γ . O objetivo deste teste é avaliar a hipótese de que $\gamma = 0$. Se essa hipótese não for rejeitada, a série possui uma raiz unitária, o que significa que a média e a variância dos preços e da oferta de gado mudam ao longo do tempo. O teste é repetido para a variável em diferenças até que a hipótese nula seja rejeitada. O número de defasagens é selecionado com base em critérios de informação, pois a escolha adequada das defasagens é crucial para garantir a validade do teste. A utilização de poucas defasagens pode resultar em resíduos da regressão que não capturam adequadamente o comportamento dos erros, levando a estimativas imprecisas do parâmetro e seus erros-padrão. Por outro lado, o uso de muitas defasagens reduz a potência do teste, pois a estimação de parâmetros adicionais diminui os graus de liberdade (Enders, 2015).

A principal justificativa para os mercados de futuros é o risco de preço enfrentado pelos negociantes. A volatilidade dos preços refere-se à amplitude dentro da qual as variações futuras no preço de uma commodity podem oscilar. Quando essa volatilidade aumenta, significa que essa faixa se ampliou, resultando em maior incerteza sobre os preços futuros. Consequentemente, produtores e consumidores enfrentam riscos mais elevados no mercado, pois a maior volatilidade limita a capacidade dos agentes de prever os preços futuros. A

volatilidade é um fenômeno que não pode ser medido diretamente, razão pela qual se utiliza uma abordagem, na qual a variância condicional dos resíduos do modelo é tomada como uma variável proxy para determinar se eles são homocedásticos ou heterocedásticos. Se a variância não for constante ao longo do tempo, os modelos de heterocedasticidade condicional autorregressiva (ARCH) ou versões generalizadas dessa família (GARCH) são especificados, pois a inclusão do risco (caso a volatilidade esteja presente) melhora as previsões (Enders, 2015). Foram estimadas as seguintes equações:

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \epsilon_{t-j} + \epsilon_t \quad (2)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \epsilon_{t-i}^2 \quad (3)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \epsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (4)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \epsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 + \gamma I(\epsilon_{t-1} < 0) \epsilon_{t-1}^2 \quad (5)$$

Para modelar a volatilidade dos preços do gado, o primeiro passo é estimar a equação (2) utilizando mínimos quadrados ordinários, pois a variância condicional da série se reflete nos resíduos deste modelo. O modelo deve ser especificado de forma a eliminar a autocorrelação, garantindo que os resíduos se comportem como ruído branco. O segundo passo é estimar o modelo ARCH na equação (3) e realizar um teste de hipótese para verificar a presença de efeitos ARCH nos resíduos estimados. Se essa hipótese for rejeitada, torna-se necessário modelar a heterocedasticidade condicional. No entanto, uma limitação desse modelo é que ele atribui a mesma importância tanto aos erros positivos quanto aos negativos, uma vez que utiliza os resíduos ao quadrado na equação. Além disso, o modelo ARCH tende a superestimar a volatilidade.

Como o modelo ARCH tende a produzir muitos parâmetros significativos, a estimação da equação (4) ajuda a superar essa limitação ao permitir uma estrutura mais flexível e

parcimoniosa. Esse modelo considera tanto os resíduos ao quadrado passados quanto a variância condicional passada ao modelar a volatilidade. No entanto, tanto os modelos ARCH quanto GARCH atribuem o mesmo peso a choques positivos e negativos em termos de seu impacto na volatilidade. Na prática, porém, a volatilidade dos retornos reage de maneira diferente a aumentos e quedas nos preços. A estimação do modelo TARCH na equação (5) captura corretamente o efeito assimétrico das variações de preços sobre a volatilidade (Enders, 2015).

3.1. Fonte e tratamento dos dados

Para atender aos propósitos desse trabalho, foi construída uma base de dados semanais, com informações sobre o preço e a quantidade vendida de gado de primeira qualidade, abrangendo o período da primeira semana de janeiro de 2005 até a primeira semana de fevereiro de 2023. Os dados foram fornecidos pelo Observatório de Preços e Custos Agropecuários da Região Noroeste do Caribe Colombiano (OPCA), um grupo de pesquisa vinculado às Faculdades de Ciências Agrárias e de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de Córdoba, Colômbia. Esse observatório é responsável por estudar e fornecer informações sobre os mercados pecuários nos departamentos de Sucre e Córdoba. No departamento de Córdoba, o OPCA coleta dados de leilões de gado realizados semanalmente nos municípios de Sahagún, Planeta Rica, Buenavista e Montería.

A base de dados é uma agregação de informações sobre o setor de gado bovino do departamento de Córdoba, compiladas a partir de leilões semanais realizados em diversos municípios. As variáveis utilizadas são os preços por quilograma e a quantidade negociada de gado de primeira qualidade. Os leilões Subastar e Santa Clara de Sahagún reportam dados de janeiro de 2005 até fevereiro de 2023. O leilão Unigan de Buenavista fornece informações de agosto de 2002 a fevereiro de 2023, mas foi excluído do estudo, pois suspendeu suas atividades em agosto de 2010 e as retomou apenas em junho de 2022. Os leilões Subagan-Soga e Subastar de Planeta Rica disponibilizam dados de janeiro de 1997 a fevereiro de 2023. Por fim, os leilões subastas C.C. Ganadera e Subastar de Montería, localizados na capital do departamento, reportam informações desde janeiro de 1997 até fevereiro de 2023.

4. RESULTADOS

Uma condição importante para a implementação de contratos futuros é que o setor opere de maneira semelhante a um mercado competitivo. Nesse sentido, de acordo com dados do OPCA (2024), nos últimos 10 anos, os leilões em Montería mantiveram, em média, 800 compradores anuais, negociando aproximadamente 113.500 cabeças de gado por ano. Na cidade de Montería, realizam-se cerca de cem leilões anualmente. No nível departamental, uma média de 350.000 cabeças de gado foi comercializada anualmente, com cerca de 2.700 compradores na última década. Entre 2001 e 2024, o departamento possuía um inventário bovino médio de 2.175.316 cabeças de gado. Portanto, esse mercado pode ser considerado relativamente significativo, o que é crucial para estimular o interesse nos mercados futuros e garantir a formação eficiente de preços.

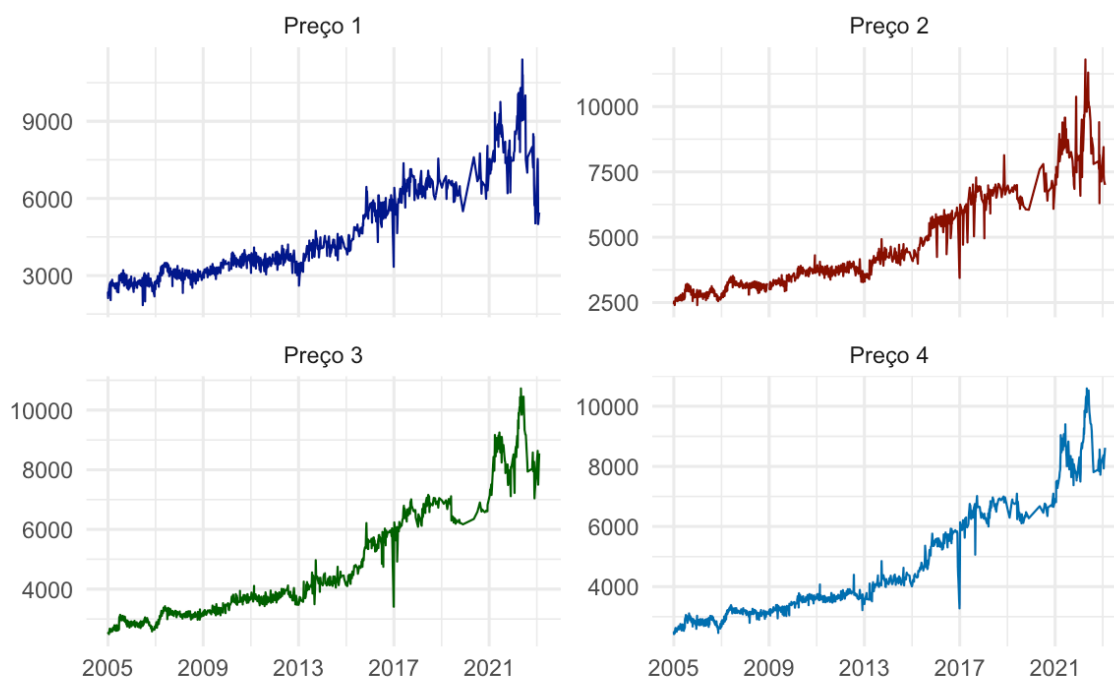
Nos últimos cinco anos, os leilões de gado no departamento registraram uma média do índice de concentração de quatro empresas (CR4) de 28.3% e do índice de concentração de oito empresas (CR8) de 35.8%. Isso significa que os quatro e oito maiores compradores foram responsáveis por 28.3% e 35.8% do total de gado comercializado nesses leilões, respectivamente. Esses valores situam-se abaixo da faixa de concentração baixa a moderada². Os índices HI e RI apresentaram médias de 1,22 e 0,65, respectivamente, com valores mínimos em torno de 0,21. Com base nesses resultados, é razoável considerar que os compradores de gado nesses leilões não exercem poder de mercado significativo e, consequentemente, os preços do gado são provavelmente determinados pelas forças de mercado e podem ser influenciados por eventos aleatórios, como choques climáticos.

Na Figura 2, são apresentadas as variações de preços semanais para gado de primeira qualidade com menos de um ano de idade (Preço 1), um ano de idade (Preço 2), um ano e três meses de idade (Preço 3) e um ano e meio de idade (Preço 4). Essa categoria de gado é atrativa para o comércio devido à sua boa condição corporal e representa 81% do total de bovinos comercializados no departamento. A variável de preço apresenta variações importantes ao longo do período analisado, experimentando mudanças constantes na média

² Mercados altamente concentrados apresentam um CR4 entre 65% e 75% e um CR8 entre 80% e 90%. Mercados com concentração moderada a alta exibem um CR4 entre 50% e 65% e um CR8 entre 70% e 85%, enquanto aqueles com concentração baixa a moderada possui um CR4 entre 35% e 50% e um CR8 entre 45% e 70%.

e na variância. Essas flutuações tornaram-se mais evidentes a partir de 2017, sugerindo que a série de preços pode exibir uma tendência estocástica.

Figura 2: Preços do Gado Bovino de Primeira Qualidade



Fonte: OPCA (2023).

No Quadro 1, são apresentados os resultados do teste de Dickey-Fuller Aumentado, onde observamos que todas as séries exibem componentes determinísticos estatisticamente significativos. Por um lado, as séries de preços mostram uma tendência de alta, enquanto as séries de oferta demonstram uma tendência de queda.

Além disso, constatou-se que as quatro séries de oferta de gado são estacionárias em nível, indicando que a média e a variância do número de bovinos comercializados no setor de gado do departamento de Córdoba permaneceram constantes durante o período analisado. Por outro lado, as quatro séries de preços apresentam uma raiz unitária em nível, sugerindo que o preço do gado de primeira qualidade sofre mudanças significativas em seus momentos.

Quando o teste de Dickey-Fuller foi repetido, verificou-se que essas séries são integradas de ordem um. Os resultados deste teste estão disponíveis mediante solicitação, o que implica que os valores passados das séries fornecem informações limitadas para a previsão dos preços do gado.

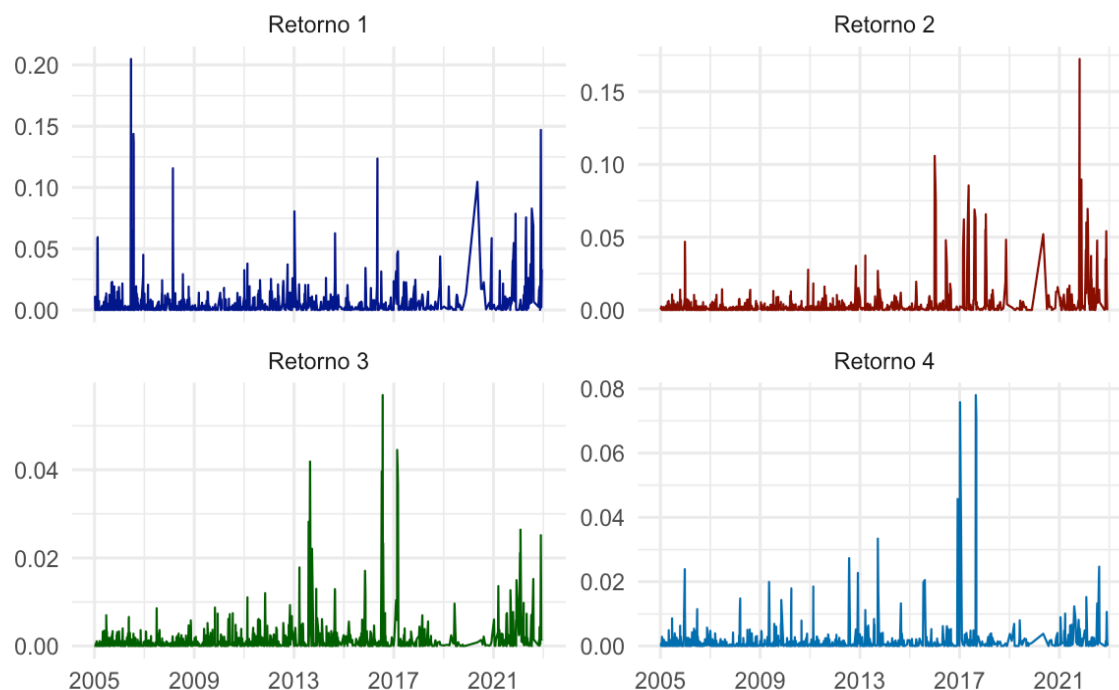
Quadro 1 - Teste de Dickey-Fuller Aumentado para as Séries de Preço e Oferta de Gado

	Preço 1	Preço 2	Preço 3	Preço 4	Qty. 1	Qty. 2	Qty. 3	Qty. 4
Int.	53.2**	33.3	12.5	10.6	54.7***	100**	239**	370***
Trend	0.11**	0.09**	0.05*	0.05*	-0.02**	-0.05**	-0.1***	-0.15**
ADF	-2.67	-2.07	-1.47	-1.44	-13.3	-15.3	-18.5	-19.02
1%	-3.96	-3.96	-3.96	-3.96	-3.96	-3.96	-3.96	-3.96
5%	-3.41	-3.41	-3.41	-3.41	-3.41	-3.41	-3.41	-3.41
10%	-3.12	-3.12	-3.12	-3.12	-3.12	-3.12	-3.12	-3.12
Lags	4	6	5	3	3	2	1	1

Nota: As estimativas são significativas em *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Na Figura 4, apresentamos as séries de retornos ao quadrado dos preços, revelando a presença de clusters de volatilidade. Períodos de relativa calma são seguidos por fases de baixa flutuação, enquanto períodos de incerteza são sucedidos por fases de alta volatilidade. Isso é uma indicação clara de que a série de retornos apresenta uma estrutura autorregressiva, o que implica que os retornos dos preços do gado bovino não estão idêntica e independentemente distribuídos. Essas suspeitas são confirmadas pelo teste ARCH LM, onde valores de p próximos de zero sugerem que a série de retornos apresenta o chamado efeito ARCH. Além disso, o teste de Jarque-Bera produziu coeficientes de assimetria negativos e valores de curtose significativamente superiores a três, indicando que a distribuição dessas séries é assimétrica à esquerda e leptocúrtica. Além disso, um valor de p próximo de zero leva à rejeição da hipótese de que os retornos seguem uma distribuição normal, uma característica comum em séries com componentes voláteis.

Figura 3: Retornos Semanais ao Quadrado dos Preços do Gado de Primeira Qualidade



Fonte: OPCA (2023).

Como existem efeitos de heterocedasticidade condicional nos retornos dos preços do gado, a família de modelos GARCH é apropriada para modelar a volatilidade. A metodologia de Box-Jenkins sugere que um modelo ARIMA (3,0,2) é uma estrutura adequada para modelar a equação da média, com o número de defasagens selecionado pelo critério de Akaike. O teste de Box-Ljung produz um valor de P próximo de um, indicando que os resíduos estão livres de autocorrelação serial, o que sugere que eles capturam adequadamente o comportamento dos erros.

Na Tabela 1, apresentamos os resultados da estimação. O primeiro painel contém as estimativas do modelo ARCH para a série de retornos do gado de primeira qualidade com menos de um ano (Ret. 1), com um ano de idade (Ret. 2), com um ano e três meses de idade (Ret. 3) e com um ano e meio de idade (Ret. 4). Observa-se que, para todas as quatro séries de retornos, os resíduos quadráticos passados desempenham um papel significativo na explicação da variância condicional, confirmando a presença de um comportamento volátil

nas séries de preços do gado no departamento. Além disso, o teste de Box-Ljung aplicado aos resíduos quadráticos padronizados, indica que não há estrutura dinâmica nos resíduos. Por sua vez, o teste ARCH LM sugere que os resíduos não apresentam heterocedasticidade condicional, implicando que a equação da variância é apropriada para modelar a volatilidade condicional.

Tabela 1

Resultados da Estimação dos Modelos ARCH e GARCH

	Ret. 1	Ret. 2	Ret. 3	Ret. 4	Ret. 1	Ret. 2	Ret. 3	Ret. 4
Lag 1	0.14**	0.21***	0.26***	0.23***	0.04***	0.06	0.21***	0.07
Lag 2	0.18**	0.19***	0.12**	0.07*	0.95***	0.92***	0.61***	0.91***
Lag 3	-	0.12**	0.05	0.04	-	-	-	-
Lag 4	-	-	0.04	-	-	-	-	-
Lag 5	-	-	-	-	-	-	-	-
Akaike	-2.916	-3.578	-4.175	-4.225	-2.924	-3.601	-4.181	-4.233
Bayes	-2.874	-3.5321	-4.112	-4.1578	-2.886	-3.563	-4.131	-4.174

Nota: As estimativas são significativas em *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

No segundo painel, são apresentados os resultados da estimação de um modelo GARCH (1,1). Fica evidente que tanto os resíduos ao quadrado quanto a variância passada desempenham um papel crucial na modelagem da volatilidade condicional. Além disso, os testes de Box-Ljung e ARCH LM indicam que os erros padronizados ao quadrado estão bem-comportados. Esse modelo oferece uma abordagem mais flexível e parcimoniosa para modelar a heterocedasticidade condicional, pois requer a estimação de um menor número de coeficientes. Além disso, o modelo gera estimativas mais eficientes de acordo com os critérios de informação de Akaike e Bayesiano, melhorando a precisão dos resultados. Por fim, o estimador que governa a assimetria da volatilidade no modelo TARCH não foi significativo, indicando que choques positivos e negativos têm a mesma importância na explicação da volatilidade dos preços do gado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo é avaliar se o mercado de gado bovino no departamento de Córdoba, Colômbia, possui as condições necessárias para a implementação de mercados futuros. Para isso, foram analisadas as séries históricas sobre os preços e quantidades de gado de primeira classe vendidos em leilões pecuários no departamento. Essas informações são fornecidas semanalmente, de janeiro de 2005 a fevereiro de 2023, pelo Observatório de Preços e Custos Agrícolas da Região Noroeste do Caribe da Colômbia (OPCA). Neste estudo, excluimos o gado de segunda classe, pois se trata de um tipo de cruzamento com lactação restrita, o que deteriora sua condição. Em contraste, o gado de primeira classe apresenta excelentes condições corporais e é mais atrativo para comercialização.

As estatísticas fornecidas pelo OPCA (2023) permitem categorizar o mercado de gado em Córdoba como um setor significativo em termos de seu estoque bovino, quantidade de gado comercializado e número de compradores que participam desse mercado. Por outro lado, o índice de concentração de quatro, o índice de concentração de oito e os índices de Herfindahl e Rosenbluth indicam que há uma concentração de baixa a moderada no comércio de gado nos leilões, o que sugere que a formação de preços não é resultado do poder de mercado de alguns poucos compradores, mas possivelmente impulsionada pelas dinâmicas de oferta e demanda ou por eventos aleatórios.

Essas características fazem com que esse setor se comporte de forma semelhante a um mercado competitivo. A análise temporal indica que a oferta de gado é estacionária em níveis, enquanto as séries de preços são integradas de ordem um, sugerindo que seus valores passados contêm informações limitadas para prever o futuro. Além disso, as séries de retornos dos preços apresentam clusters de volatilidade. Esses resultados são confirmados pelas estimativas dos modelos ARCH e GARCH, sugerindo que os preços do gado no departamento de Córdoba exibem um comportamento volátil.

O setor de gado bovino é de vital importância para a economia do departamento de Córdoba, tanto por sua contribuição ao produto interno bruto quanto por sua capacidade de gerar empregos e renda. No entanto, apesar de sua relevância, esse setor tem sido afetado por diversos fatores de risco, como fenômenos climáticos que impactam os preços e a oferta. Os resultados desta pesquisa indicam que esse setor se comporta de maneira competitiva e que

os preços apresentam um comportamento volátil. Portanto, os mercados futuros são fortes candidatos para mitigar a incerteza na economia de gado bovino do departamento.

Bibliography

- Arango Gil, C. (2011). *Análisis del potencial de los derivados financieros para empresas del ganado vacuno en Colombia*.
- Arenas, A., & Scudiero, E. (2023). Futures contracts as a means of hedging market risks.
- Banco Mundial. (2021). Enhancing Environmental Services in Colombia. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/results/2021/03/01/enhancing-environmental-services-in-colombia>
- Castillo Núñez, O. E. (2022). Determinantes de la oferta primaria de ganado vacuno para ceba en el departamento de Córdoba, Colombia. *Lecturas de Economía*.
- CIPAV - Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. (s.d.). Sistema Silvipastoril: Lucratividade para o produtor, benefícios para a sociedade. Disponível em: <https://idesam.org/sistema-silvipastoril-lucratividade-para-o-produtor-beneficios-para-a-sociedade/> Acesso em 03 de abril de 2025.
- Coronado, E., Bracamonte Ricardo, J., & Castillo Núñez, O. (2018). La oferta de ganado vacuno para ceba en el departamento de Sucre, Colombia: Un enfoque ARDL. *revista de economía del caribe*.
- Drimbetas, E., Sariannidis, N., & Porfiris, N. (2007). The effect of derivatives trading on volatility of the underlying asset: Evidence from the Greek stock market. *Applied Financial Economics*, 17(2), 139-148. <https://doi.org/10.1080/09603100500461702>.
- Dopchiz, M. (2008). La implementación de un mercado de futuros en el sector ganadero argentino.
- Enders, W. (2015). *Applied Econometrics Time Series*.
- Fisanotti, L. (2014). *Antecedentes históricos de los mercados de futuros y opciones: cobertura y especulación*. *Invenio*, 17(33), 9-19.
- Flórez, J., & Pérez, C. (2021). Analysis of Sustainability in Livestock Production Systems in Córdoba, Colombia. ResearchGate. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/357558276>. Acesso em 03 de abril de 2025.
- GIZ. (2020). *Cadenas Sostenibles Ante un Clima Cambiante: La Ganadería en Colombia*.

- Gomes, T., & Krieger, V. (2016). Estudo das características do mercado futuro no Brasil.
- Gutiérrez, G., & Caputi, P. (2004). *Gutiérrez, G., & Pablo, C. (2004). ANÁLISIS DE LA VOLATILIDAD DE PRECIOS DE GANADO VACUNO EN URUGUAY Y SUS IMPLICANCIAS PARA EL DESARROLLO DE UN MERCADO DE FUTUROS. Montevideo.*
- Hull, J. (2016). *Opções, Futuros e outros Derivativos.*
- Kummer, S., & Pauletto, C. (2012). *The history of derivatives: A few milestones.* In EFTA Seminar on Regulation of Derivatives Markets (pp. 431-466).
- Mais Floresta. (2023). Estudo confirma: Sistema Silvipastoril melhora qualidade da pastagem. Disponível em: <https://www.maisfloresta.com.br/estudo-confirma-sistema-silvipastoril-melhora-qualidade-da-pastagem/> Acesso em 03 de abril de 2025.
- Marques, T. (2014). O USO DE INSTRUMENTOS FINANCEIROS DERIVATIVOS PELAS INSTITUIÇÕES INTERMEDIÁRIAS FINANCEIRAS LISTADAS NA BM&FBOVESPA.
- Moraes, A., Lima, R., & Melo, A. (2009). *Análise da eficiência do mercado futuro brasileiro de boi gordo usando co-integração.* Revista de Economia e Sociologia Rural, 47, 601-614.
- Moss, David A., and Eugene Kintgen. "The Dojima Rice Market and the Origins of Futures Trading." Harvard Business School Case 709-044, January 2009. (Revised November 2010.) Disponível em <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=36846>. Acesso em 03 de abril de 2025.
- Observatorio de Precios y Costos Agrarios e la Zona Noroccidental del Caribe Colombiano - OPCA. (2023). Retrieved from <https://www.unicordoba.edu.co/index.php/opca/extension/>
- Rodrigues, M., & Martines, F. (2015). *Eficiência nos mercados futuros agropecuários brasileiros.* Economia Aplicada, 19, 349-368.
- Rojas, D., & Abreu, L. (2008). Mercado de futuros, alternativa de protección de precios para los industriales transformadores del grano de trigo en México.
- Rojas, M. (2010). Manejo del riesgo en las unidades agroempresariales. *Desarrollo de los agronegocios y la agroindustria rural en América Latina y el Caribe.*
- Sucre, S. d. (2024). *Plan Departamental de Exptensieon Agropecuaria Del Departamento de Sucre (PDEA) 2024-2027.*
- Williams, J. (1982). *The origin of futures markets. Agricultural History.* Agricultural History, 56(1), 306-316.