



UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANIDADE ANIMAL E SAÚDE
PÚBLICA NOS TRÓPICOS

FERNANDA CAROLINE ROTTA CRISTINO FIORAVANTE

ANÁLISE DAS DINÂMICAS DE PRODUÇÃO E ABATE COMO SUBSÍDIOS PARA
A RASTREABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DA CARNE BOVINA
NO ESTADO DO TOCANTINS.

ARAGUAÍNA /TO

2024

FERNANDA CAROLINE ROTTA CRISTINO FIORAVANTE

**ANÁLISE DAS DINÂMICAS DE PRODUÇÃO E ABATE COMO SUBSÍDIOS PARA
A RASTREABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DA CARNE BOVINA
NO ESTADO DO TOCANTINS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sanidade Animal e Saúde Pública nos Trópicos, da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), como requisito à obtenção do grau de Mestre (a) em Sanidade Animal e Saúde Pública nos Trópicos.

Orientador: Dr. Jorge Luís Ferreira
Co-orientador: Dr. Marcelo Corrêa da Silva

ARAGUAÍNA (TO)

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Geração de Ficha Catalográfica SGFC-UFNT

Gerado automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F518a Fioravante, Fernanda Caroline Rotta Cristino.

ANÁLISE DAS DINÂMICAS DE PRODUÇÃO E ABATE
COMO SUBSÍDIOS PARA A RASTREABILIDADE E
SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DA CARNE BOVINA NO
ESTADO DO TOCANTINS / Fernanda Caroline Rotta Cristino
Fioravante. - Centro de Ciências Agrárias - CCA, TO, 2024.

70 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) (Pós-Graduação -
Programa de Pós-Graduação em Sanidade Animal e Saúde
Pública nos Trópicos - PPGSaspt) -- Universidade Federal do
Norte do Tocantins, 2024.

Orientador: Jorge Luís Ferreira.

Coorientador: Marcelo Corrêa da Silva.

CDD 619

1. conformidade socioambiental. 2. cadeia da carne. 3.

Copyright
TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde
que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

ORCID dos pesquisadores

Orientador: Jorge Luís Ferreira, 0000-0001-7111-4847

Orientando: Fernanda C. R. C. Fioravante, 0000-0002-8276-368

Co-orientador: Marcelo Corrêa da Silva, 0000-0002-7599-1967

FERNANDA CAROLINE ROTTA CRISTINO FIORAVANTE

**ANÁLISE DAS DINÂMICAS DE PRODUÇÃO E ABATE COMO SUBSÍDIOS PARA
A RASTREABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DA CARNE BOVINA
NO ESTADO DO TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sanidade Animal e Saúde Pública nos Trópicos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Norte do Tocantins, e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de Aprovação ____/____/____

Banca examinadora:



Documento assinado digitalmente

JORGE LUIS FERREIRA

Data: 20/09/2024 17:53:48-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jorge Luís Ferreira, Orientador - UFNT



Documento assinado digitalmente

SUSANA QUEIROZ SANTOS MELLO

Data: 20/09/2024 17:49:48-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Susana Queiroz Santos Mello, Membro Interno - UFNT



Documento assinado digitalmente

LUCIANA SHIOTSUKI

Data: 20/09/2024 17:40:49-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr^a. Luciana Shiotsuki, Membro Externo – EMBRAPA – Pesca e Aquicultura

Dedico este trabalho a Deus, pois sem Ele nada seria possível. A minha família, que me proporcionou carinho, afeto, dedicação e cuidado em todos os momentos da minha vida. Aos meus amigos, que foram fontes inesgotáveis de apoio técnico durante todo o processo. E, especialmente, à minha mãe (in memoriam), que esteve sempre ao meu lado, inspirando-me com sua força e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primordialmente, a Deus, por me sustentar quando eu não mais tinha forças. Por me ajudar a vencer mais essa etapa em minha vida. Sem Ele, eu aqui não estaria.

A meus pais, Danielle Fernanda Rotta Cristino e Waldomiro Barancelli Fioravante por sempre me incentivarem a estudar e fazer disso uma prioridade em minha vida. Vocês servem de inspiração para mim.

Ao meu orientador, Jorge Luís Ferreira, por me orientar e mudar minha vida completamente. Agradeço também por toda ajuda no trajeto, por me permitir hoje estar alcançando voos mais longos.

A meu Co-orientador Marcelo Corrêa da Silva e a meus docentes da pós-graduação, sem vocês para me orientarem e me mostrarem o caminho, esse trabalho não seria possível.

A todos que me apoiaram nessa grande jornada, que seguraram minha mão e me incentivaram a encarar essa missão, em Araguaína, meu grande obrigado.

E por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer a Agência de Defesa Agropecuária pelo fornecimento dos dados e ao suporte da Universidade Federal do Norte do Tocantins, ambos auxílios contribuíram para esse trabalho se tornar realidade. Sem vocês a ciência nesse país nada seria.

“Dê ao mundo o melhor de você. Mas isso pode não ser o bastante. Dê o melhor de você assim mesmo. Veja você que, no final das contas, é tudo entre VOCÊ e DEUS. Nunca foi entre você e os outros.”

Madre Tereza de Calcutá

RESUMO

Os mercados importadores de carne bovina têm aumentado exigências para haver maior transparência e conformidade na cadeia de carne bovina, incluindo processos e condições em diferentes segmentos da cadeia. Assim, no presente trabalho oportunizou-se o debate nos processos da cadeia de carne bovina em região tropical do Brasil, especificamente, nas relações entre fornecimento e compras de cabeças bovinas, status de conformidade socioambiental e desmatamento. Foram utilizados dados públicos relacionados com o Guia de Transporte Animal (GTA) e Cadastro Ambiental Rural (CAR) provenientes da Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins (ADAPEC) e Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Semarh), além de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foi possível escalonar os municípios quanto ao fornecimento de cabeças, conformidade socioambiental e desmatamento. Os frigoríficos SIF no Tocantins (TO) foram escalonados quanto aos abates, periodicidade de compra e distâncias percorridas (km) para aquisição das cabeças ao nível municipal entre agosto de 2020 a julho de 2023. Observou-se que o fluxo de fornecimento e compra teve um padrão predominantemente regional. Na maioria dos casos, a quantidade de cabeças adquiridas teve relação inversa e significativa ($P < 0,05$) com as distâncias percorridas (km). O número de cabeças fornecidas aos frigoríficos SIF em TO foi aleatório com relação a área dos municípios (ArM), o número de áreas desmatadas (AD), extensão das áreas desmatadas (ET) e o número e status de CAR nos municípios ($P > 0,05$). A relação entre ArM, AD e ET foi direta ($P < 0,001$), mas não nas áreas de bioma Amazônia ($P > 0,05$). Com limitações para alguns aspectos como nível de detalhe do CAR, inexistência da localização das fazendas fornecedoras, efeito acumulado das diferentes cadeias que impactam na cobertura vegetal, o estudo subsidia o debate científico atrelado a temas como rastreabilidade, controle sanitário, saúde pública, monitoramento socioambiental, comércio internacional, responsabilidade legal, entre outros. Ainda, estimula avanços em prol da coleta e maior acessibilidade a dados sensíveis, muitas delas protegidas pela lei LGPD, bem como a maior transparência e sustentabilidade da cadeia pecuária.

Palavras-chave: Bioma amazônico. Bovinocultura de corte. Cadeia da carne. Cerrado. Conformidade socioambiental.

ABSTRACT

Beef importing markets have increased their demands for greater transparency and compliance in the beef chain, including processes and conditions in different segments of the chain. Thus, this study provides an opportunity to debate the processes of the beef chain in Brazil's tropical region, specifically the relationship between the supply and purchase of cattle, the status of socio-environmental compliance and deforestation. We used public data related to the Animal Transportation Guide (GTA) and the Rural Environmental Registry (CAR) from the Tocantins State Agricultural Defense Agency (ADAPEC) and the Secretariat for the Environment and Water Resources (Semarh), as well as data from the National Institute for Space Research (INPE). It was possible to rank the municipalities in terms of head supply, socio-environmental compliance and deforestation. The SIF slaughterhouses in Tocantins (TO) were ranked in terms of slaughter, purchase frequency and distances traveled (km) to acquire head of cattle at the municipal level between August 2020 and July 2023. It was observed that the supply and purchase flow had a predominantly regional pattern. In most cases, the number of head purchased had an inverse and significant relationship ($P < 0.05$) with the distances traveled (km). The number of head supplied to SIF slaughterhouses in TO was random in relation to the area of the municipalities (ArM), the number of deforested areas (AD), the extent of the deforested areas (ET) and the number and status of CARs in the municipalities ($P > 0.05$). The relationship between ArM, AD and ET was direct ($P < 0.001$), but not in the Amazon biome areas ($P > 0.05$). With limitations for some aspects such as the level of detail of the CAR, the lack of location of supplier farms, the cumulative effect of the different chains that impact on vegetation cover, the study subsidizes the scientific debate linked to issues such as traceability, sanitary control, public health, socio-environmental monitoring, international trade, legal responsibility, among others. It also encourages progress towards the collection and greater accessibility of sensitive data, much of which is protected by the LGPD law, as well as greater transparency and sustainability in the livestock chain.

Keywords: Amazon biome. Beef cattle. Beef cattle supply chain. Cerrado. Socioenvironmental compliance.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 – Evolução do efetivo bovino (milhões de cabeças) no Brasil, por região..21

Figura 2 – Distribuição da pastagem no Brasil entre os anos de 1985 e 2023.....22

CAPÍTULO 2

Figura 3 - Diversidade na quantidade de cabeças bovinas produzidas e na venda para abate na Amazônia Legal.....40

Figura 4 - Distribuição geográfica das oito (8) indústrias frigoríficas (SIF) localizadas em cinco (5) municípios do Tocantins.....41

Figura 5 - Fluxo de fornecimento/compra de cabeças bovinas no conjunto de 133 municípios do Tocantins e oito (8) indústrias frigoríficas (SIF).....46

Figura 6 - Fluxo de fornecimento/compra de bovinos em TO, discriminado de acordo com cada frigorífico SIF no Tocantins.....47

Figura 7 - Repetibilidade do fornecimento de lotes de gado pelos municípios tocantinenses entre 01/08/2020 a 31/07/2023.....50

Figura 8 - Abates de bovinos de municípios do TO no intervalo de tempo analisado e localização de áreas de desmatamento em cada município (INPE).....55

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Frequência de abates de cabeças bovinas fornecidas por municípios do Tocantins (TO) em indústrias frigoríficas sediadas no TO com habilitação para exportação da carne.....	4
Tabela 2 - Distâncias geográficas (km) entre o município de fornecimento e de abate na cadeia de carne bovina habilitada para exportação no Tocantins.....	48
Tabela 3 - Quantitativo de municípios fornecedores por planta frigorífica e Estimativas de distâncias percorridas para aquisição de cabeças de gado em municípios fornecedores e frigoríficos SIF no Estado do Tocantins.....	49
Tabela 4 - Correlação das distâncias ¹ (km) entre municípios de origem (compra) do gado e número de cabeças abatidas nos frigoríficos habilitados para o Selo de Inspeção Federal (SIF) no Tocantins.....	51
Tabela 5 - Estatística descritiva da situação de CAR (ativos, em conflito e em análise) nos municípios e cadastros totais em municípios (mun) do Tocantins.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAR	- Cadastro Ambiental Rural
SIF	- Serviço de Inspeção Federal
PRODES	- Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite
ESG	- Environmental Social Governance
ADAPEC	- Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins
SISBOV	- Serviço Brasileiro de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos
SEMARH	- Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SIE	- Serviço de Inspeção Estadual
SIM	- Serviço de Inspeção Municipal
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
GTA	- Guia de Trânsito Animal
TO	- Tocantins
BA	- Bahia
MA	- Maranhão
MATOIPIBA	- Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
AD	- Áreas de desmatamento
ET	- Extensão territorial das áreas de desmatamento
SEPLAN	- Secretária do Planejamento e Orçamento
ArM	- Área do município
Mun	- Município
Km	- Kilômetro
Km ²	- Kilômetro quadrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	20
2.1. Contextualização da pecuária.....	20
2.2. Os desafios ambientais da produção de carne bovina.....	25
REFERÊNCIAS	32
3 CAPÍTULO II – ARTIGO	38
3.1. Introdução.....	41
2 MATERIAIS E MÉTODOS	43
2.1 Estrutura e recorte da cadeia produtiva da carne bovina (<i>supply chain</i>)	43
2.2 Região de estudo	43
2.2.1 Padrões associativos entre distância geográfica e fornecimento e compra de animais	46
2.2.2 Status do cadastro ambiental rural (CAR)	47
2.2.3 Dados de desmatamento.....	47
3 Resultados e discussão	49
3.1.2 Fornecimento de cabeças bovinas e relação com distâncias (km) para o abate.....	52
3.2 Panorama e status do CAR no Tocantins.....	55
3.3 Desmatamento no estado do Tocantins	57
3.3.1 Áreas de desmatamento (AD)	57
3.3.2. Extensão territorial (et) nas áreas de desmatamento (AD).....	60
3.3.4. Status de CAR com cabeças fornecidas, ArM, AD e ET	62
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
5 CAPÍTULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS	70

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, o Brasil deixou de ser deficitário na produção agrícola e se tornou um dos maiores exportadores de commodities (produtos agrícolas) (Abramovay, 2021). O país agora está entre os líderes mundiais em produção de carne bovina. Com aproximadamente 9,5 milhões de toneladas produzidas em 2021, a maioria da produção tem sido destinada ao mercado interno (74%) (USDA, 2022) e cerca de 21% em exportação (SECEX/SISCOMEX, 2022).

O país atingiu, no ano de 2023, o recorde no volume de carne bovina exportada em um único ano, alcançando a marca de 2,29 milhões de toneladas vendidas para mais de 157 países. Em faturamento isso significa US\$ 10,55 bilhões de dólares. A China segue como o principal comprador da carne brasileira, respondendo por 54,4% do total exportado, seguida por Estados Unidos e União Europeia (ABIEC, 2024).

O avanço nacional é um reflexo do crescimento da produção dos estados. Os dados do IBGE mostram que, em 2023, um dos estados com maior contribuição para o aumento do número de abate de bovinos no país foi o Tocantins. No segundo trimestre do ano, o país registrou um acréscimo de 934,45 mil cabeças abatidas em comparação com o mesmo período de 2022, sendo o Tocantins responsável por um incremento de 43,36 mil desse total, ficando atrás apenas do Mato Grosso, Rondônia e Goiás. Esse desempenho reflete o avanço significativo do setor agropecuário no estado, que registrou crescimento de 25,6% em 2023, tornando-se o segundo maior crescimento agropecuário do país e superando outros estados da região do Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).

Tal progresso no setor agropecuário do estado refletiu nos resultados expressivos no Produto Interno Bruto (PIB) do Tocantins, com um aumento de 11,4% em 2023, posicionando-se entre os estados com maior crescimento econômico, ao lado de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Esses resultados refletem um cenário econômico em expansão, sustentado pelo fortalecimento da agropecuária e pelo aumento das exportações.

Ainda em 2023, o Tocantins se destacou no comércio exterior como o oitavo maior exportador de carne bovina do Brasil, representando 4,4% das exportações nacionais do produto. Esse desempenho gerou uma receita de US\$ 403 milhões de dólares, consolidando o papel estratégico do setor no desenvolvimento econômico do estado. Considerando o PIB estimado do Tocantins para 2023, de R\$ 51,8 bilhões de

reais, as exportações de carne bovina corresponderam a aproximadamente 3,9% do PIB estadual.

Esse avanço é atribuído a ações coordenadas pelo Governo do Estado, por meio da Secretaria da Agricultura e Pecuária (SEAGRO), que tem investido no fortalecimento do setor agropecuário. A implementação de políticas públicas voltadas ao agronegócio tem criado um ambiente favorável para produtores e investidores, atraindo novos negócios e impulsionando o desenvolvimento regional.

Contudo, o Tocantins está localizado em áreas de biomas naturais (cerrado e amazônia). Portanto, sofre influência de barreiras não tarifárias, reguladas pelo mercado importador. Isso gera restrições e imposições, que devem ser atendidas para adequação aos mercados internacionais.

Os embargos relacionados à exportação de commodities agrícolas produzidas em países em desenvolvimento têm se tornado cada vez mais frequentes, especialmente ao tratar-se de produções em áreas que abrigam florestas naturais e possuem elevada biodiversidade. Esses embargos estão diretamente ligados à capacidade de monitorar e garantir práticas sustentáveis de produção. No caso da carne bovina, por exemplo, há regulamentações crescentes que condicionam a compra e exportação ao cumprimento de critérios específicos, como a garantia de produção livre de desmatamento (Benzeeve et al., 2022; Levy et al., 2023). Esses requisitos visam alinhar o comércio global com padrões ambientais e sociais que atendam às demandas dos mercados internacionais.

Com o aumento do rigor e controle para a produção e compra, a pauta sobre a origem do gado e a rastreabilidade da carne, com maiores níveis de precisão, estão cada vez mais evidentes e estabelecidos nos acordos comerciais. Nesse sentido, terminologias e conceitos sobre transparência, visibilidade e conformidade sócio ambiental na cadeia da carne tem aparecido cada vez mais na discussão popular, científica, e na construção e execução de programas e políticas públicas no Brasil e no mundo (Sills et al., 2014).

Perante tais conceitos, novas formas de governança, compreensão e gestão dos agronegócios têm ganhado destaque como estratégias essenciais para garantir

conformidade (compliance) no setor agropecuário (Levy et al., 2023). Entre essas práticas, destaca-se a Governança Ambiental, Social e Corporativa (do inglês, Environmental Social Governance - ESG), um conceito que direciona a sustentabilidade e responsabilidade nas operações empresariais (Hajjar et al., 2019).

No contexto globalizado, o ESG tornou-se um fator indispensável para organizações, influenciando diretamente sua credibilidade e desempenho. A adesão a práticas sustentáveis não apenas promove benefícios ambientais e sociais, mas também gera vantagens econômicas significativas. Em mercados financeiros globais, por exemplo, ações de empresas alinhadas aos princípios ESG frequentemente apresentam maior rentabilidade e atração de investidores, destacando-se nas principais Bolsas de Valores mundiais em comparação a organizações que não priorizam essas práticas (Costa & Ferezin, 2021).

Assim, o mapeamento, monitoração e gestão colaborativa dos diversos segmentos da cadeia da carne, requer triangulação e análise de dados, para que haja um entendimento da ação e função dos diversos atores do mercado nas ações de sustentabilidade, rastreabilidade e inserção social, garantindo assim a real contribuição do agronegócio para a sustentabilidade e mitigação do desmatamento nos biomas naturais.

Portanto, a justificativa e motivação da presente pesquisa está relacionada com a necessidade de compreender a relação entre a pecuária de corte, incluindo aspectos relacionados com a rastreabilidade e sustentabilidade da cadeia produtiva de carne bovina no Estado do Tocantins. Tendo como objetivo geral:

Investigar a relação entre a pecuária de corte e a sustentabilidade no Estado do Tocantins, com foco nos aspectos de rastreabilidade, conformidade ambiental e social, e práticas de mitigação do desmatamento em biomas naturais, de forma a compreender como a cadeia produtiva de carne bovina pode contribuir para o desenvolvimento socioeconômico sustentável e atender às exigências de mercados internacionais. E por fim como objetivos específicos:

Mapear zonas de abastecimento de gado bovino, de modo a retratar, a dinâmica de compras realizadas pelas indústrias que estão habilitadas para exportar carne bovina, para orientar os cenários de questões sobre legalidade das propriedades rurais e o desmatamento, numa mesma região, e no Estado;

Verificar o padrão geográfico relativo ao fluxo de fornecimentos e compras para abate nas mesorregiões do Estado;

Avaliar como o fluxo de fornecimento e compra de animais pode estar relacionado com a preservação da cobertura natural do território;

Avaliar como o fornecimento e compra de gado se relaciona com a localização e dimensão das áreas de desmatamento.

2 CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

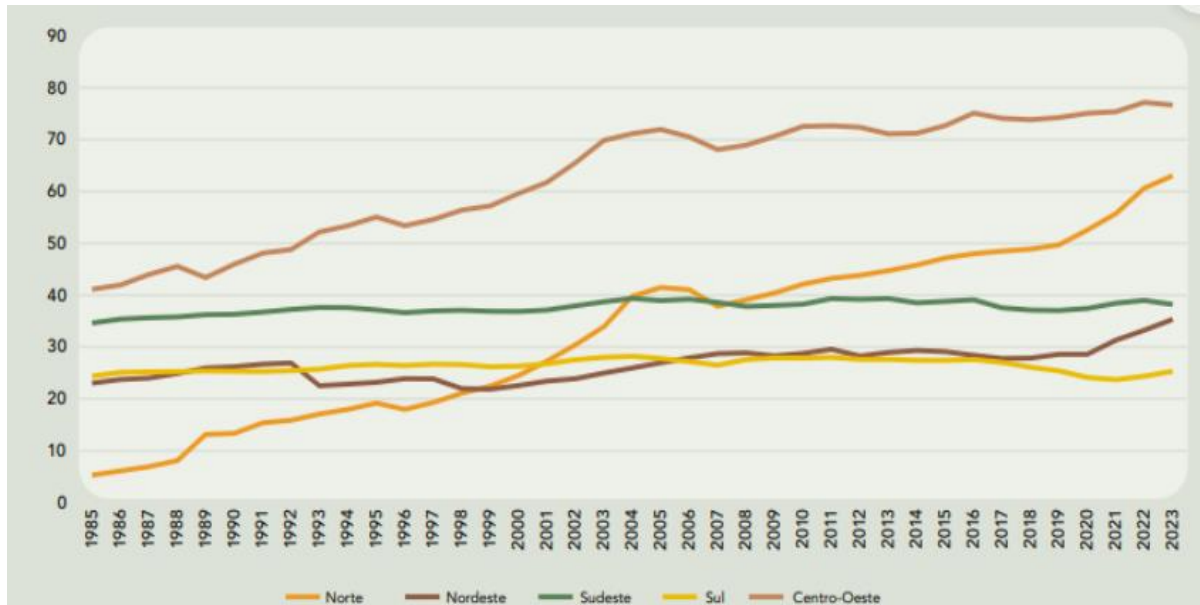
2.1. Contextualização da pecuária

O rebanho bovino mundial está em constante crescimento, com uma estimativa de 944,14 milhões de cabeças em 2024, um aumento de 1,70% em comparação a 2019, conforme dados da *Farmnews* (acesso em 30/08/2024). O Brasil, com cerca de 12% desse total, se destaca como o país com o maior rebanho comercial do mundo, estimado em 197,2 milhões de cabeças (ABIEC, 2024). Embora a Índia possua um número maior de bovinos, esse cálculo inclui também bubalinos, o que não reflete um rebanho comercial.

No cenário das exportações, o Brasil lidera o mercado mundial, respondendo por 18,7% de toda a carne comercializada no mundo, seguido por Austrália, Estados Unidos e Argentina (ABIEC, 2024). O crescimento do efetivo bovino nacional é expressivo, em 2024, o número de abates no Brasil deverá atingir um recorde, superando anos anteriores, conforme dados da USDA (2024). Entre janeiro e julho de 2024, os abates sob Inspeção Federal já foram 32% maiores em comparação ao mesmo período de 2023 (USDA, 2024).

A distribuição do rebanho bovino no Brasil apresenta variações significativas entre as regiões. O Centro-Oeste lidera com 35,41% do total, seguido pela Região Norte, que concentra 20,2% do rebanho nacional (ABIEC, 2022). Desde o ano de 2006, a Região Norte detém o segundo maior rebanho bovino do país com crescimento constante ao longo dos anos (Figura 1). Inclusive, no ano de 2023, a região se destacou novamente pelo seu crescimento, registrando um aumento de 3,2% no número de cabeças de gado, tornando-se a segunda região com maior expansão, atrás apenas do Nordeste, que teve um incremento de 6,4%. Em contrapartida a região Sudeste apresentou um decréscimo de 2,0% no efetivo bovino (BeefPoint, 2024).

Figura 1 – Evolução do efetivo de bovinos (milhões de cabeças) no Brasil, por região. Fonte: IBGE (2023).

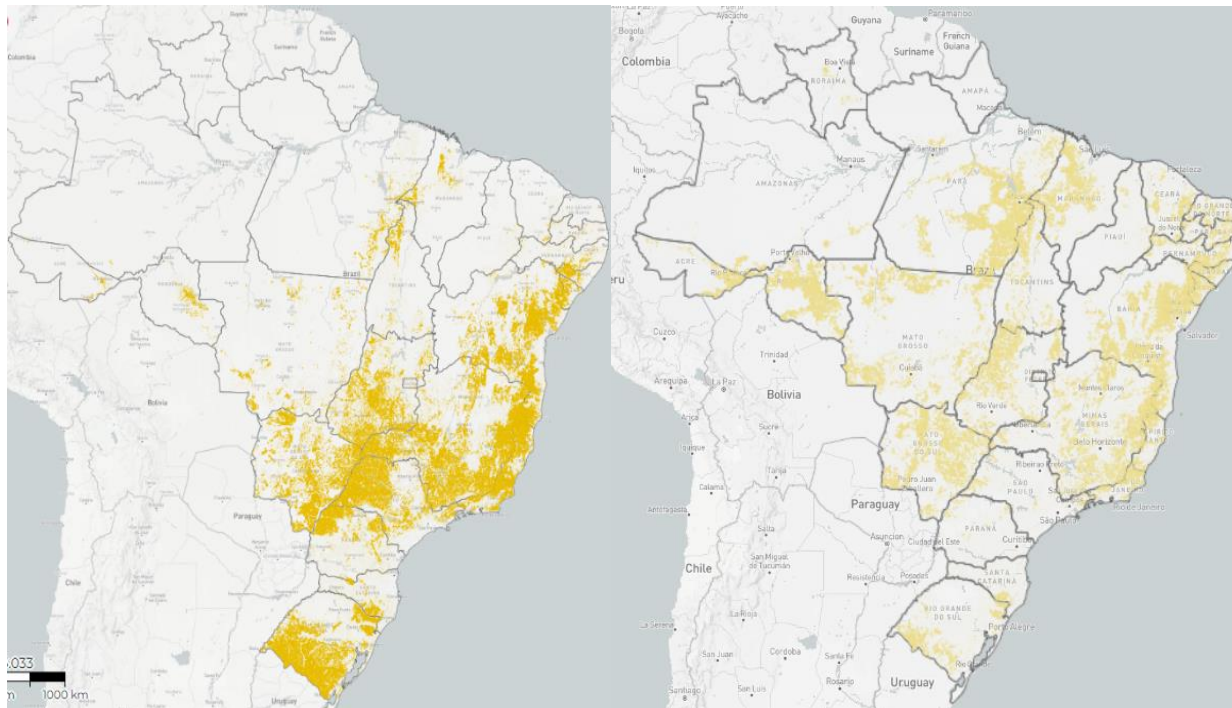


Esse aumento no efetivo bovino da região Norte está relacionado ao processo de expansão da fronteira agrícola, iniciado principalmente a partir de 1960. Conforme apontado por Ferreira et al. (2019) e Nascimento et al. (2016), esse processo foi incentivado pelo Estado por meio de políticas de colonização e programas de desenvolvimento que incluíam assistência técnica e crédito rural que aliado a introdução de culturas alternativas como soja, milho e cana-de-açúcar nas regiões Sul e Sudeste contribuiu para o deslocamento da pecuária em direção às regiões Centro-Oeste e Norte, onde as condições são mais favoráveis para a adaptação dos bovinos (Figura 2).

Esse deslocamento para o interior, impulsionado pela busca por áreas com maior disponibilidade de terras e por políticas de crédito oferecidas pelos governos da época (Ferreira et al. 2019), tornou o Centro-Oeste e o Norte a principal zona de pecuária do país, alocando atualmente cerca de 131 milhões de cabeças bovinas (Harfuch, 2021). Como resultado, nas últimas décadas do século XX, o Cerrado emergiu como o principal bioma da pecuária brasileira, concentrando atualmente 52% do rebanho nacional, segundo dados do projeto de monitoramento da cadeia de fornecedores de gado no Cerrado (2021).

Figura 2 – Distribuição da pastagem no Brasil entre os anos de 1985 e 2023.

Fonte: Atlas das Pastagens (UFG). Disponível em: [Atlas das Pastagens](#).



Dentro desse contexto, a região Norte, que possui a maior área territorial do país, desempenha um papel fundamental na pecuária nacional. Em 2022, a região teve participação de 9% nas exportações e 7,1% nas importações do Brasil (CIN-TO / FIETO, 2023). Nesse mesmo período, o estado do Tocantins, integrante da região Norte, destacou-se ao representar 0,9% das exportações e 0,3% das importações nacionais.

Este desempenho do Tocantins, em 2022, no mercado externo foi impulsionado principalmente pela exportação de carne bovina. A China liderou a demanda, registrando um crescimento de 114,83% em receita (em milhões de dólares) e 80% em volume exportado, em comparação com o ano anterior. Em seguida, como principais importadores aparecem Rússia, com 6%, Estados Unidos, com 5%, e Filipinas, com 4%. Ainda, segundo dados do Comex Stat do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (2022), o estado exportou 94 mil toneladas de carne bovina entre janeiro e novembro de 2022, gerando uma receita de US\$ 547,4 milhões de dólares (R\$ 2,9 bilhões de reais).

A relevância econômica da agropecuária no Tocantins é evidenciada por sua contribuição de 20,6% ao PIB estadual. O setor ocupa 7,5 milhões de hectares com pecuária e 1,5 milhões de hectares destinados à agricultura (Fragoso; Cardoso, 2022). O rebanho bovino está distribuído por todo o estado, com destaque para a mesorregião Ocidental. Nessa área, as microrregiões de Araguaína, Miracema e Rio Formoso concentram os maiores efetivos bovinos, correspondendo a 23,25%, 25,39% e 21,89% do total estadual, respectivamente.

Em contrapartida, as microrregiões do Bico do Papagaio e de Gurupi, também localizadas na mesorregião Ocidental, possuem os menores efetivos de bovinos, contribuindo com 12,46% e 17% do total estadual, respectivamente. Entre os municípios com maior concentração de cabeças de gado, destacam-se Araguaçu (440.793 cabeças), Formoso do Araguaia (311.245 cabeças), Araguaína (274.967 cabeças) e Peixe (261.562 cabeças).

Os dados destacam não apenas a importância do Estado do Tocantins na pecuária nacional, mas também o papel significativo do Brasil no cenário mundial. Essa relevância global, por sua vez, ressalta a necessidade urgente de fortalecer as relações externas, com o objetivo de sustentar e expandir as exportações, que são essenciais para o equilíbrio da balança comercial brasileira.

À medida que as exportações de carne bovina crescem, torna-se imperativo adotar práticas sustentáveis que assegurem a continuidade desse sucesso no mercado internacional, ao mesmo tempo em que se minimizam os impactos ambientais e sociais da produção visto que a produção de carne bovina demanda grandes quantidades de recursos naturais, como solo e água, e está diretamente relacionada à emissão de gases de efeito estufa, que contribuem para as mudanças climáticas globais (Smith et al., 2018).

Dentro desse contexto, os frigoríficos têm um papel fundamental na cadeia produtiva, sendo responsáveis pela aquisição e transformação da matéria-prima para sua disponibilização ao consumidor final. Além de atender aos altos padrões de qualidade intrínseca, como maciez, sabor e coloração, o setor precisa garantir também características extrínsecas essenciais, como sustentabilidade, rastreabilidade, certificações de origem e bem-estar animal (Malafaia et al., 2019).

Dessa forma, a excelência no produto final é alcançada por meio do equilíbrio entre atributos sensoriais e compromissos éticos e ambientais, que, se negligenciados, podem impactar negativamente a competitividade da carne brasileira no mercado externo.

Neste sentido, é fundamental que os diferenciais do agronegócio brasileiro sejam reconhecidos e valorizados como uma “marca de qualidade ambiental” nos diversos mercados internacionais, agregando valor ao produto final. A falta de integração do capital natural nas análises de risco pode resultar em problemas legais, reputacionais e de crédito, prejudicando a competitividade do setor. Em suma, a competitividade da carne brasileira pode ser comprometida se questões socioambientais não forem adequadamente gerenciadas, pois critérios socioambientais podem se tornar barreiras não-tarifárias. O aumento do desmatamento, por exemplo, amplia as dificuldades para cumprir os compromissos assumidos pelo Brasil no acordo climático global (FGV-EESP, 2016).

2.2. Os desafios ambientais da produção de carne bovina

A partir dos anos 2000, o Brasil começou a enfrentar uma crescente contestação ao desmatamento ilegal, impulsionada tanto por órgãos governamentais, como o Ministério Público Federal, quanto por organizações não governamentais. Recentemente, essa pressão se intensificou, com a inclusão de embargos comerciais e a influência crescente de investidores. Além da luta contra o desmatamento, agora há uma demanda ampliada por compromissos de sustentabilidade abrangentes. Estes incluem não apenas a gestão responsável da água e dos resíduos, o uso de energia renovável e a redução das emissões de CO₂, mas também o bem-estar animal e o respeito pelos direitos das comunidades e povos tradicionais (Speranza, 2022).

No setor de exportação, o Brasil enfrenta pressão internacional para melhorar suas práticas ambientais. A União Europeia, por exemplo, tem implementado regulamentos mais rigorosos sobre a origem da carne importada, exigindo garantias de que a produção não contribua para o desmatamento (Campo, 2021). Essa pressão por medidas de controle de fornecedores e conhecimento da origem do produto, para assegurar sanidade e compliance socioambiental, são crescentes e tem incentivado a adesão práticas sustentáveis (Froehlich et al., 2022).

Cerca de 44,5% do rebanho bovino nacional está localizado na Amazônia Legal (IBGE, 2022). Atualmente, é na Amazônia que se encontram os maiores índices de crescimento do rebanho brasileiro. Entre 2009 e 2019, o crescimento do rebanho nacional foi de 46%, na Amazônia Legal este índice foi de 120%, consolidando-se como a principal fronteira agrícola do país (Soendergard, 2021).

No entanto, pesquisas e evidências recentes demonstram que o desmatamento não é uma condição necessária para o crescimento da agropecuária na região (Speranza, 2022). O Produto Interno Bruto (PIB) Agropecuário da Amazônia tem aumentado mesmo com a redução das taxas de desmatamento. A intensificação da pecuária e a recuperação de pastagens podem elevar a produtividade do setor sem a necessidade de desmatar mais áreas (FGV-EESP, 2016).

A dinâmica do uso da terra no Brasil central reflete as mudanças no padrão de desmatamento e a expansão das fronteiras agrícolas (Barbosa et al., 2023). O avanço da fronteira agrícola para novas áreas, muitas vezes com pouco controle ambiental,

continua a ser um desafio significativo para a sustentabilidade de práticas agropecuárias na região (Rajão et al, 2020).

Inclusive a área do Cerrado, que se estende por uma vasta região do Brasil, também tem sido um foco de intensificação agrícola. O desmatamento no Cerrado para a expansão da produção de soja e carne tem implicações para a segurança alimentar e a mitigação das mudanças climáticas (Cerri et al., 2018). A conversão de áreas de vegetação nativa em terras agrícolas no Cerrado pode reduzir a pressão sobre a Amazônia, mas também levanta questões sobre a sustentabilidade da expansão agrícola em outras regiões tropicais (Speranza, 2022).

Diante dos desafios e oportunidades de segregar os produtores que não desmatam e cumprem a legislação socioambiental, de uma minoria associada ao desmatamento ilegal e outros crimes ambientais, separando assim “o joio do trigo”, governos estaduais, indústrias processadoras de carne e redes varejistas têm investido em sistemas de monitoramento e rastreabilidade para eliminar o desmatamento de suas cadeias de suprimento (Mello, 2017).

A rastreabilidade com fins sanitários já está bastante consolidada no Brasil. No entanto, para atender ao que há de mais recente na demanda global por alimentos, atributos como os socioambientais passam a ser igualmente importantes. Essa discussão se torna ainda mais relevante quando o assunto é a pecuária, pois apesar da sua relevância econômica, essa tem sido a principal atividade associada às áreas desmatadas no país, sendo inclusive classificada como commodity de alto risco por alguns mercados internacionais. Considerando que novas regulamentações internacionais para barrar a importação de produtos associados ao desmatamento já estão sendo discutidas e aprovadas por mercados importadores relevantes, o Brasil precisará, em um curto espaço de tempo, promover melhorias e modernizações nos sistemas existentes atualmente e implementar novos instrumentos capazes de atestar a rastreabilidade socioambiental do seu rebanho (Armelin et al. 2023).

Esses instrumentos permitem às empresas frigoríficas identificar irregularidades socioambientais, e bloquear compras de propriedades com desmatamento e invasão de áreas protegidas, reduzindo um potencial risco de exposição à sua imagem frente ao mercado, especialmente internacional, e de não conformidade em relação a compromissos ou a devidas diligências socioambientais

(Mello, 2017). Cada sistema de monitoramento tem características específicas, contando com diferentes escopos, ferramentas e prioridades (Nakagawa et al., 2023).

A rastreabilidade diz respeito ao acompanhamento dos produtos em seu percurso de transformação, ao passo que o monitoramento possibilita analisar as condições socioambientais dos estabelecimentos de fornecimento (Froehlich et al., 2022). Nesse sentido, informações que visam atestar os procedimentos do processo de exportação, em conformidade com as legislações vigentes, tanto do país exportador quanto importador tornam-se cada vez mais relevante à competitividade das cadeias produtivas visto que as pressões por medidas de controle de fornecedores e conhecimento da origem do produto, para assegurar sanidade e compliance socioambiental, são crescentes (Froehlich et al., 2022, Nakagawa et al., 2023).

Sendo assim, a rastreabilidade é essencial para garantir que a carne bovina não provenha de áreas desmatadas ilegalmente o que consequentemente assegura a conformidade socioambiental da cadeia produtiva com as normas ambientais e de sustentabilidade exigidas por mercados internacionais. Esse controle rigoroso não apenas protege a reputação das empresas e a integridade das cadeias produtivas, mas também impulsiona a adoção de práticas mais responsáveis e sustentáveis na agropecuária (Gianezini et al., 2019). Portanto, o desenvolvimento e a implementação de tecnologias de rastreabilidade mais eficazes são essenciais para superar esse desafio.

O processo de rastreabilidade como um todo necessita do fornecimento de informações estruturadas para que seja possível identificar a procedência dos animais e a partir de então definir se realmente a pecuária é a grande vilã do desmatamento no Brasil visto que pressões por uma produção rastreável e livre de desmatamento, sobretudo nos biomas Amazônia e Cerrado, têm ganhado cada vez mais destaque em discussões estratégicas, tanto em âmbito nacional quanto internacional (Rajão et al., 2020).

Segundo Borges (2023), nas últimas quatro décadas o número de cabeças de gado mais que dobrou, enquanto a área de pastagens apresentou um pequeno avanço, apresentando, inclusive, redução em determinadas regiões. Fato que

comprova que a intensificação da produção de carne bovina pode oferecer oportunidades para a redução do desmatamento.

Além disso, o setor agropecuário e a indústria florestal têm o potencial de contribuir efetivamente para a conservação e recuperação do capital natural a partir da aplicação de boas práticas de produção que mantêm a qualidade do solo, evitando erosão e assoreamento, sequestrando carbono, conservando recursos hídricos e a biodiversidade (FGV-EESP, 2016).

Diante ao exposto, adotar sistemas agrários sustentáveis, regenerativos e resilientes para a produção de alimentos no Brasil é uma necessidade crucial para o agronegócio nacional. Esse enfoque não apenas promove ganhos em produtividade e eficiência, mas também facilita o acesso a novos mercados. Portanto, é fundamental que o modelo de produção agropecuária, especialmente no setor de carne, seja livre de desmatamento.

Neste intuito, as certificações ambientais surgem como uma ferramenta capaz de assegurar que práticas de produção estejam em conformidade com normas sustentáveis, enquanto práticas de sustentabilidade buscam reduzir impactos ambientais e promover o uso responsável dos recursos naturais. A relação entre certificações e práticas de sustentabilidade é crucial para a mitigação do desmatamento na cadeia de exportação da carne bovina, especialmente em regiões tropicais como a Amazônia e o Cerrado.

As certificações de produção sustentável, como o Sistema de Certificação de Agricultura Sustentável (SCSA), são aplicadas para garantir que a produção de carne bovina siga padrões ambientais e sociais. Essas certificações abrangem práticas como a conservação de áreas de vegetação nativa e a redução da emissão de gases de efeito estufa (Molssi et al., 2020; Dick et al., 2021).

Além das certificações, a adoção de práticas como a intensificação da produção agrícola e o uso de tecnologias avançadas desempenham um papel importante na sustentabilidade. A intensificação agrícola pode ajudar a aumentar a produtividade sem expandir a área de cultivo, reduzindo a pressão sobre as florestas tropicais (Cerri et al., 2018). O uso de tecnologias que promovem a eficiência na produção, como a

integração de sistemas lavoura e pecuária, também contribui para a redução do impacto ambiental (Dos Reis et al., 2019).

No contexto da Amazônia e do Cerrado, o governo brasileiro implementou diversas políticas para combater o desmatamento destes biomas. Entre as iniciativas mais relevantes está o Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), que visa reduzir o desmatamento e promover o uso sustentável dos recursos naturais. O PPCDAm inclui medidas como o monitoramento por satélite, a fiscalização rigorosa e a promoção de alternativas econômicas sustentáveis para os produtores (Barreto, 2021).

As discussões sobre regulação ambiental datam do Brasil Colônia, e a preocupação era com as nossas florestas, que sofriam com a exploração de maneira indiscriminada e predatório sendo o pau-brasil a primeira grande riqueza extraída de nossas florestas (ABES-SP, 2012). A reforma do Código Florestal Brasileiro, estabelecido pela Lei nº 12.651 de 2012, regulamenta o uso da terra e define áreas de preservação permanente e reservas legais. Essa legislação exige que os proprietários de terras preservem uma porcentagem de suas propriedades como vegetação nativa, o que impacta diretamente as práticas de desmatamento associadas à expansão da pecuária (Dick et al., 2021). No entanto, a eficácia do Código Florestal é frequentemente debatida, especialmente em relação à implementação e fiscalização (Gianezini et al., 2019).

Com o objetivo de apoiar a fiscalização proposta no código florestal surge como ferramenta o Cadastro Ambiental Rural (CAR) para regular o uso da terra. O CAR é um registro eletrônico obrigatório para todos os imóveis rurais no Brasil e visa promover a regularização ambiental das propriedades (Couto; Silva; Domingos, 2019). Este cadastro auxilia na identificação de áreas de preservação permanente e reservas legais, contribuindo para a redução do desmatamento e a proteção de ecossistemas. No entanto, bem como os sistemas de rastreabilidade, a efetividade do CAR depende da implementação rigorosa e do monitoramento contínuo (Couto; Silva; Domingos, 2019).

A fiscalização também é fortalecida por iniciativas privadas e certificações ambientais, como o Sistema de Monitoramento da Pecuária (SIMP), que visa garantir que a carne bovina produzida não esteja associada ao desmatamento ilegal. Certificações como o Programa Carne Carbono Neutro e o Sistema de Pecuária de

Baixo Carbono (SiBCS) incentivam os produtores a adotarem práticas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e o impacto ambiental (Rodrigues Junior; Dziedzic, 2021).

O impacto ambiental da produção de carne bovina é significativo, e a adoção de certificações e práticas de sustentabilidade é crucial para mitigar esses impactos. A implementação de normas ambientais rigorosas e a promoção de práticas de produção sustentável são essenciais para enfrentar os desafios relacionados ao desmatamento e à conservação ambiental na cadeia de exportação da carne bovina (Rodrigues Junior; Dziedzic, 2021). Essas medidas não apenas ajudam a preservar ecossistemas vitais, mas também garantem que a produção de carne bovina esteja alinhada com os objetivos de sustentabilidade global.

Em função da conservação de florestas tropicais ser um tema global, iniciativas de controlar desmatamento mediante políticas de mercado, que envolvem opinião popular são eminentes. O tema tem relação com embargos para a exportação das commodities agrícolas produzidas em diferentes países, e com a capacidade de acompanhar ou monitorar processos nessas regiões, com destaque para aqueles que abrigam elevada biodiversidade e florestas naturais (Benzeeve et al., 2022; Levy et al., 2023). Isso significa, por exemplo, regulação na compra de commodities como a carne, a depender da conformidade com práticas de produção recomendadas ou exigidas (p. ex. carne livre de desmatamento).

Em paralelo com as tendências que regulam a produção e compra de carne, novas formas de governança, de compreensão e gestão dos agronegócios estão em eminência, para garantir conformidade (Levy et al.; 2023). O governo, por exemplo, pode operar com maior estreitamento do diálogo com representações da sociedade e dos setores da cadeia produtiva, como a indústria, e, também, comunidade científica (Vallim & Leichsenring, 2024). Isso pode ser um caminho para que tomadores de decisão e detentores de dados colaborem mais para a transparência e visibilidade das informações em bibliotecas, plataformas públicas e demais meios de divulgação da produção agropecuária.

Isso não significa negligenciar os importantes avanços e a modernização que aconteceram nas cadeias produtivas, com programas do governo, setor privado, etc. Estes já foram decisivos a responder e contornar embargos à exportação que visavam defender a saúde pública e a preservação do meio ambiente. Destaca-se no Brasil os

avanços na rastreabilidade animal como resposta a surtos ou epidemias de interesse da saúde pública (MAPA, 2018; MAPA, 2022; Perondi, et al. 2023).

Ao que tudo indica, se as lacunas de informação fossem endereçadas, com rigor técnico científico, consenso, livre consulta, sem conflitos de interesse, haveria um incremento na transparência e na reputação de diversas cadeias produtivas agroalimentares (NG et al., 2023). Também, permitiriam simulações mais acuradas e assertivas para retratar impactos ambientais, como da emissão de gases de efeito estufa associadas à cadeia da carne bovina (Goulart et al., 2016). Em algum nível de desenvolvimento, essas tem sido tônica na literatura científica e na agenda política e empresarial ou industrial.

Em síntese a implementação eficaz dessas regulamentações e políticas é essencial para garantir a sustentabilidade da cadeia produtiva de carne bovina e mitigar os impactos ambientais associados. O alinhamento entre políticas públicas, regulamentações e práticas de mercado é fundamental para enfrentar os desafios do desmatamento e promover uma pecuária responsável na região tropical do Brasil e consequentemente aumentar a competitividade da carne brasileira no mercado externo.

REFERÊNCIAS

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental/Seção São Paulo. **Impactos das alterações no código florestal**. São Paulo, maio de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). **Perfil da Pecuária no Brasil**. Beef Report. 2022. Disponível em: [Beef Report 2022 - ABIEC](#)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). **Perfil da Pecuária no Brasil**. Beef Report. 2023. Disponível em: [Beef Report 2023 | Perfil da Pecuária no Brasil - ABIEC](#).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). **Perfil da Pecuária no Brasil**. Beef Report. 2024. Disponível em: [Beef Report 2024 | Perfil da Pecuária no Brasil - ABIEC](#).

ABRAMOVAY, R. (2021). Desafios para o sistema alimentar global. **Cienc. Cult.** vol.73 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.21800/2317>

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. 2012. World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision Rome: **FAO, ESA Working Paper** No. 1203. 2018.

BARONA, E. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 2, p. 024002, 2010. DOI 10.1088/1748-9326/5/2/024002.

BARRETO, Paulo. **Policies to Develop Cattle Ranching in the Amazon without Deforestation**. Agosto 2021.

BENZEEV, R. et al. What's governance got to do with it? Examining the relationship between governance and deforestation in the Brazilian Amazon. **Plos One**, v.17, n.6. 2022.

BeefPoint. Disponível em: [Rebanho bovino do Brasil bateu novo recorde em 2023](#)
Acesso em: 16/11/2024.

BORGES, G. P. D. S.; **Desmatamento na Amazônia: um estudo bibliográfico**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pampa. 2023.

CAMPO, André. **Cattle eating up the world's largest rainforest**. Dezembro 2021.

CARRERO, G. *et al.*. **A cadeia produtiva de carne bovina no Amazonas**. Manaus: IDESAM, 2015.

CERRI, C. E. P. *et al.* Rattan. Reducing Amazon Deforestation through Agricultural Intensification in the Cerrado for Advancing Food Security and Mitigating Climate Change. **Sustainability**, v. 10, n. 4, p. 989, 2018. DOI: 10.3390/su10040989.

COMEX STAT, Informativos número 001/2022 a 23/2022. Disponível em: [Comex Stat - Dados Gerais \(mdic.gov.br\)](https://comexstat.mdic.gov.br/)

COUTO, G. Z.; SILVA, S. S.; DOMINGOS, R. N. **O Cadastro Ambiental Rural (CAR) como instrumento de controle ambiental de uso e ocupação do imóvel rural**. Revista Brasileira de Política e Gestão Ambiental, ISSN 2359-1048, dezembro 2019.

COSTA, F. de A. Mercado de terras e trajetórias tecnológicas na Amazônia. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 245-273, ago.2012.

COSTA, E.; FERREZIN, N. B. ESG (Environmental, Social and Corporate Governance) e a comunicação: o tripé da sustentabilidade aplicado às organizações globalizadas. **Revista ALTERJOR, ECA – USP**. Ano 11. Volume 02. Edição 24, julho – dezembro de 2021.

DICK, M. *et al.* Environmental impacts of Brazilian beef cattle production in the Amazon, Cerrado, Pampa, and Pantanal biomes. Journal of Cleaner Production, v. 311, p. 127750, 2021. Disponível em: www.elsevier.com/locate/jclepro.

DOS REIS, J.C. *et al.* Assessing the economic viability of integrated crop–livestock systems in Mato Grosso, Brazil. **Renewable Agriculture and Food Systems** 1–12. 2019. <https://doi.org/10.1017/S1742170519000280>

FarmNews. Disponível em: [Maiores rebanhos mundiais de bovinos, dados revisados em outubro de 2023 \(farmnews.com.br\)](https://farmnews.com.br/). Acesso em: 30/08/2024.

FERREIRA, G. C. V; MIZIARA, F; COUTO, V. R. M; **Pecuária em Goiás: Análise da Distribuição Espacial e Produtiva**. REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA Fortaleza, Brasil, v. 13, n. 2, p.21 - 39. 2019. ISSN: 1982-5528. Disponível em: [579-1-1631-1-10-20200522 \(1\).pdf](https://repositorio.prodema.org.br/bitstream/handle/123456789/1631-1-10-20200522%20(1).pdf)

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO TOCANTINS (FIETO). Relatório de Comércio Exterior do Tocantins. Balança Comercial 2022. Dados coletados em: 16/02/2023. Disponível em: <http://www.fieto.com.br/DownloadArquivo.aspx?c=80312fa0-b6ff-40cc-9c38-47888170b0a5>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 1992. **Meat and meat products in human nutrition in developing countries**. Disponível em: [Meat and meat products in human nutrition ... - Acknowledgments, Preface, Meat production and quality \(fao.org\)](https://www.fao.org/publications/default.asp?lang=en&_id=39477&_cid=39477).

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. EESP. **Intensificação da pecuária brasileira: seus impactos no desmatamento na produção de carne e na redução de emissões de gases de efeito estufa (relatório completo)**. São Paulo. 2016. Disponível em: [content \(fgv.br\)](https://www.fgv.br/contenuto/relatorio-completo)

FRAGOSO, D.B.; CARDOSO, E.A. Expansão da Agricultura no Estado Tocantins. IN: COLLICCHIO, E., ROCHA, H.R. **Agricultura e Mudanças do Clima no Estado do Tocantins: Vulnerabilidades, Projeções e Desenvolvimento**. Capítulo 2, pag. 51-65. Editora da Universidade Federal do Tocantins – EDUFT, Palmas, Tocantins, 2022.

FROELICH, G.; STABILE, M.; SOUZA, M. L. **Iniciativas de rastreabilidade nas cadeias de valor da carne bovina e do couro no Brasil**. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. 2022. Disponível em: [Iniciativas rastreabilidade PT v05-2 \(1\).pdf](https://www.institutoamazonia.org.br/publicacoes/iniciativas-rastreabilidade-pt-v05-2-1.pdf).

GIANEZINI, M.; BARCELLOS, J. O. J.; OLIVEIRA, T. E.; RUVIARO, C. F. Beef cattle expansion in the Brazilian Legal Amazon: from land availability to emerging technologies. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science** (IJAERS), v. 6, n. 5, p. 168-175, maio 2019. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.6.5.22>.

GLOBAL ROUND TABLE FOR SUSTAINABLE BEEF – GRTSB (2022). **Annual Report 2022**. 37p. Disponível em: https://grsbeef.org/wp-content/uploads/2022/12/GRSB_AnnualReport22_1-1.pdf. Acesso em 04 abr. 2024.

GOULART, F. F. *et al.* Emissions from cattle farming in Brazil. **Nature Climate Change**, v. 6, p. 893-894, 2016.

HAJJAR, R. *et al.* Scaling up sustainability in commodity agriculture: Transferability of governance mechanisms across the coffee and cattle sectors in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 206, p.124-132, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618328221>.

HARFUCH, L. Sustentabilidade na cadeia da carne: caminhos para o Brasil e os aprendizados. 1. ed. São Paulo: **Agroicone**, 2023.

IBGE – Estatísticas da Produção Pecuária – Disponível em: [abate-leite-couro-ovos 202302caderno.pdf](https://ibge.gov.br/estatisticas-da-producao-pecuaria)

LEVY, S.A.; CAMMELLI, F.; MUNGER, J.; GIBBS, H.K.; GARRETT, R.D. Deforestation in the Brazilian Amazon could be halved by scaling up the implementation of zero-deforestation cattle commitments. **Global Environmental Change**, v.80, 2023.

LOBÃO, M.S.P. NOTAS SOBRE A ECONOMIA RURAL DA REGIÃO NORTE BRASILEIRA. **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 3, n. 41, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21452/rde.v3i41.5613>

MALAFIA, G. C.; AZEVEDO, D. B.; PEREIRA, M. de A.; MATIAS, M. J. de A. **A Sustentabilidade na Cadeia Produtiva da Pecuária de Corte Brasileira**. Capítulo 8, p. 118 – 130. 2019.

MARTHA JR., Geraldo B.; ALVES, Eliseu; CONTINI, Elisio. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 110, p. 173-177, 2012. Disponível em: www.elsevier.com/locate/agsy.

MELLO, N. G. R.; ARTAXO, P. Evolução do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, Brasil, n. 66, p. 108-129, 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA ABASTECIMENTO E PECUÁRIA (MAPA). (2018). **Instrução normativa no 51, de 1 de outubro de 2018**. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44306336/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-51-de-1-de-outubro-de-2018-44306204

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA ABASTECIMENTO - MAPA. Lista de certificadoras... 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/rastreabilidade-animal/certificadoras>. Acesso em: 15 de abr. 2024.

MOLSSI, Luana et al. Improve Pasture or Feed Grain? Greenhouse Gas Emissions, Profitability, and Resource Use for Nelore Beef Cattle in Brazil's Cerrado and Amazon Biomes. **Animals**, v. 10, p. 1386, 2020. DOI: 10.3390/ani10081386.

NAKAGAWA et al. Transparência da cadeia bovina no Brasil desafios e oportunidades. Norway's International Climate and Forest Initiative. 2023. Disponível em: [pb_transparencia_cadeia_bovina_final_v2_1_\(2\).pdf](#)

NG, J. S. C.; CHERVIER, C.; RODA, J. M.; SAMDIN, Z.; CARMEN, R. Understanding Stakeholders' Perspectives on the Collaborative Governance Challenges in Sabah's (Malaysian Borneo) Jurisdictional Approach. **The Journal of Development Studies**, v. 59, n. 11, p.1699–1717, 2023.

NASCIMENTO, V. A; FILHO, M. B. B; DIAS, M; Evolução do efetivo de bovinos no Brasil, Estado de Goiás e Município de Jataí (GO). Centro Científico Conhecer. **Enciclopédia Biosfera** (2016). DOI: 10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_054.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). (2020). **Responsible Business Conduct Country Fact Sheet - Brazil**, OECD Paris. 24p. Disponível em: <https://mneguidelines.oecd.org/responsible-business-conduct-country-fact-sheet-brazil.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2024.

PERONDI, L. G; MAUAD, J. R. C.; SILVA, M. C.; BORGES, J. A. R. Apoio a atores da cadeia e ao sistema de rastreabilidade bovina: estudo de caso no Mato Grosso do Sul. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 25, p. e1916, 2023. Disponível em:

<https://www.revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/1916>. Acesso em: 21 mar. 2024.

RAJÃO, R. *et al.* The rotten apples of Brazil's agribusiness. **Science**. 369, 246.2020.

RODRIGUES, J. U. J.; DZIEDZIC, M. The water footprint of beef cattle in the Amazon region, Brazil: A pegada hídrica da cadeia produtiva da pecuária na região amazônica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 51, n. 8, e20190294, 2021.

SECEX/SISCOMEX (2022). **Dados de exportação de carne bovina em 2021 e 2022**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/en/geral>.

SILLS, E.O. *et al.* Estimating the Impacts of Local Policy Innovation: The Synthetic Control Method Applied to Tropical Deforestation. **Plos One**, v. 10, n.7, e0132590, 2014.

SILVA, M. C., PERONDI, L. G., BORGES, J. A. R.; MAUAD, J. R. C. (2021). Estudo da cadeia da carne bovina rastreada, certificada e exportada do Brasil para a União Europeia. In G. S. Medina, & J. E. Cruz (Orgs.). **Estudos em Agronegócio: participação brasileira nas cadeias produtivas** (v.5, pp. 355-383). Kelps. https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/170/o/Estudos_em_agroneg%C3%B3cio_-_Volume_5.pdf

SOENDERGAARD, N.; DIAS de S., C.; JANK, M. S; GILIO, L. 2021. **Decoupling Soy and Beef from Illegal Amazon Deforestation: Brazilian Private Sector Initiatives**. Rio de Janeiro: CEBRI; São Paulo: INSPIER.

SMITH, S.; GOTOH, T.; GREENWOOD, P. Current situation and future prospects for global beef production: overview of special issue. **Asian- Australian Journal of Animal Sciences**. Vol. 31, No. 7:927-932, 2018.

SPERANZA, J. S.; **Uma análise dos fatores de mudança e respostas da cadeia da pecuária bovina brasileira em relação à introdução de compromissos de sustentabilidade**. Tese de Doutorado. UFRJ. 2022. Disponível em: [Microsoft Word - TESE DOUTORADO SPERANZA FINAL \(ufrj.br\)](#)

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) (2022). **Livestock and Products Annual**. Report number BR2022-0054. Disponível em: [Livestock-and-Products-Annual Brasilia Brazil BR2022-0054-1.pdf \(usdabrazil.org.br\)](#)

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) (2024). **Livestock and Products Annual**. Report number BR2024-0023. Disponível em: [DownloadReportByFileName \(usda.gov\)](#)

VALLIM, D.; LEICHSENRING, A. Private and public governance interactions in Brazilian Amazon: the effect of the beef value chain zero deforestation commitment in

municipal level deforestation. **SSRN**, no prelo, 2024. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4777595.

VIANA, G.; FERRAS, R. P. R.; **A cadeia produtiva de leite: um estudo sobre a organização da cadeia e sua importância para o desenvolvimento regional. Revista Capital Científico**. Guarapuava - PR v.5 n.1 jan./dez.2007. ISSN 1679-1991.

RESUMO

Os mercados importadores de carne bovina têm aumentado exigências para haver maior transparência e conformidade na cadeia de carne bovina, incluindo processos e condições em diferentes segmentos da cadeia. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os processos da cadeia produtiva da carne bovina em uma região tropical do Brasil, com foco específico nas relações entre fornecimento e aquisição de bovinos, bem como na conformidade socioambiental e nos impactos associados ao desmatamento. Foram utilizados dados públicos relacionados com o Guia de Transporte Animal (GTA) e Cadastro Ambiental Rural (CAR) provenientes da Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins (ADAPEC) e Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Semarh), além de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Desta forma, foi possível escalonar os municípios quanto ao fornecimento de animais, conformidade socioambiental e desmatamento. Os frigoríficos SIF no Tocantins (TO) foram escalonados quanto aos abates, periodicidade de compra e distâncias percorridas (km) para aquisição dos animais ao nível municipal entre agosto de 2020 a julho de 2023. Observou-se que o fluxo de fornecimento e compra teve um padrão predominantemente regional. Na maioria dos casos, a quantidade de bovinos adquiridos teve relação inversa e significativa ($P < 0,05$) com as distâncias percorridas (km). O número de animais fornecidos aos frigoríficos SIF em TO foi aleatório em relação a área dos municípios (ArM), o número de áreas desmatadas (AD), extensão das áreas desmatadas (ET) e o número e status de CAR nos municípios ($P > 0,05$). A relação entre ArM, AD e ET foi direta ($P < 0,001$) para as áreas localizadas no bioma Cerrado, mas inversamente proporcional nas áreas compostas pelo bioma Amazônia ($P > 0,05$). Com limitações para alguns aspectos como nível de detalhe do CAR, inexistência da localização das fazendas fornecedoras, efeito acumulado das diferentes cadeias que impactam na cobertura vegetal, o estudo subsidia o debate científico atrelado a temas como rastreabilidade, controle sanitário, saúde pública, monitoramento socioambiental, comércio internacional, responsabilidade legal, entre outros. Ainda, estimula avanços em prol da coleta e maior acessibilidade a dados sensíveis, muitas delas protegidas pela lei LGPD, bem como a maior transparência e sustentabilidade da cadeia pecuária.

Palavras-chave: Amazônia. Bovinocultura de corte. Cadeia da carne. Cerrado. Conformidade socioambiental.

ABSTRACT

Importing markets for beef have increased their demands for greater transparency and compliance throughout the beef production chain, including processes and conditions across different segments. This study aimed to evaluate the processes in the beef supply chain in a tropical region of Brazil, focusing specifically on the relationships between cattle supply, procurement practices, socio-environmental compliance, and deforestation impacts. Public data from the Animal Transport Guide (GTA) and Rural Environmental Registry (CAR), provided by the Agricultural Defense Agency of the State of Tocantins (ADAPEC) and the Secretariat for the Environment and Water Resources (Semarh), along with data from the National Institute for Space Research (INPE), were analyzed. This allowed municipalities to be ranked based on cattle supply, socio-environmental compliance, and deforestation levels. Federal Inspection Service (SIF) slaughterhouses in Tocantins (TO) were analyzed for slaughter volume, procurement frequency, and transportation distances (km) between August 2020 and July 2023. The results showed a predominantly regional supply and procurement pattern, with the number of cattle purchased being inversely and significantly related to transportation distances ($P < 0.05$). The number of cattle supplied to SIF slaughterhouses in TO was random concerning municipal area (ArM), number of deforested areas (AD), extent of deforestation (ET), and the number and status of CAR records ($P > 0.05$). The relationship between ArM, AD, and ET was positive ($P < 0.001$) for areas in the Cerrado biome but inversely proportional for areas within the Amazon biome ($P > 0.05$). While the study faced limitations, such as CAR detail levels, lack of precise supplier farm locations, and cumulative effects of various production chains on vegetation cover, it contributes to scientific debates on traceability, sanitary control, public health, socio-environmental monitoring, international trade, and legal responsibility. Additionally, it encourages advances in data collection, access to sensitive information (protected by LGPD regulations), and enhanced transparency and sustainability in the cattle supply chain.

Keywords: Socioenvironmental compliance. Beef cattle. Supply chain. Cerrado. Amazon biome. Beef cattle.

3.1. Introdução

A sustentabilidade nas cadeias alimentares depende de diversos fatores, especialmente o acesso a informações detalhadas sobre os diferentes segmentos que compõem essas cadeias. Esses segmentos abrangem desde a produção até o consumo, incluindo o transporte, processamento e comercialização de alimentos e seus derivados. A compreensão das condições de trabalho, procedimentos adotados e impactos sociais e ambientais em cada etapa é essencial para promover práticas mais sustentáveis (LIU & AN, 2011; ALVES & BARCELLOS, 2021; GRABS et al., 2024). Essa abordagem integrada permite identificar desafios e oportunidades, contribuindo para a implementação de soluções que atendam às demandas globais por preservação ambiental.

Um exemplo prático de transparência ou visibilidade na cadeia de abastecimento da carne bovina habilitada para a exportação de gado são o surgimento de leis e diretrizes para a produção agropecuária, que requerem dados para verificar conformidade em prol de sustentabilidade (Hänggli et al. 2023). Nos mercados internacionais, principalmente ligados a blocos econômicos, como a União Europeia, tem estipulado critérios de compra de carne, com base em informações sobre condições e o impacto das cadeias de suprimento agropecuárias, principalmente no desmatamento (Zhunusova et al. 2022; Oliveira et al. 2024).

Os embargos para a exportação das *commodities* agrícolas produzidas em diferentes países, e com a capacidade de acompanhar ou monitorar processos nessas regiões, com destaque para aqueles que abrigam elevada biodiversidade e florestas naturais (Benzeeve et al. 2022; Levy et al. 2023) são cada vez mais frequentes. Isso significa, por exemplo, regulação na compra de *commodities* como a carne, a depender da conformidade com práticas de produção recomendadas ou exigidas (p. ex. carne livre de desmatamento).

Nesse sentido, terminologias e conceitos sobre transparência, visibilidade e conformidade na cadeia da carne tem aparecido cada vez mais na discussão popular, científica, e na construção e execução de programas e políticas públicas no Brasil e no mundo (Sills et al. 2014).

Em paralelo com as tendências que regulam a produção e compra de carne, novas formas de governança, de compreensão e gestão dos agronegócios estão em evidência, para garantir conformidade (do inglês, *compliance*) (Levy et al. 2023). Por

exemplo, *compliance* socioambiental pode sinalizar o status de ausência de trabalho escravo, produção (ilegal) em terra indígena, formalização e cadastros junto ao governo e desmatamento (Schilling-vacaflor, 2021).

A governança social e ambiental, (do inglês, *Environmental Social Governance* (ESG)), é um conceito que direciona a sustentabilidade dos negócios (HAJJAR et al. 2019). Tem aderência com acordos internacionais, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), das Nações Unidas.

Atualmente, coletar, sistematizar e atualizar informações com maiores níveis de detalhe é algo desafiador. Destaca-se no Brasil, os avanços na rastreabilidade animal como resposta a surtos ou epidemias de interesse da saúde pública (MAPA, 2018; MAPA, 2022; Perondi, et al. 2023).

Ao que tudo indica, se as lacunas de informação fossem endereçadas, com rigor técnico científico, consenso, livre consulta, sem conflitos de interesse, haveria um incremento na transparência e na reputação de diversas cadeias produtivas agroalimentares (NG et al. 2023). Também, permitiriam simulações mais acuradas e assertivas para retratar impactos ambientais, como da emissão de gases de efeito estufa associadas à cadeia da carne bovina (Goulart et al. 2016).

A presente pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender a dinâmica da cadeia de carne bovina em áreas de fronteira agrícola em expansão no Brasil, como a região do Matopiba, e em biomas naturais que formam o Tocantins, como o Cerrado e a Amazônia. O objetivo geral é promover maior entendimento e gerar informações relevantes sobre essa cadeia produtiva nessas regiões. Especificamente, buscou-se mapear as zonas de abastecimento de gado bovino, analisar a dinâmica de compras realizadas por indústrias habilitadas para exportação de carne bovina, e avaliar aspectos relacionados à legalidade das propriedades rurais e ao desmatamento na região.

As perguntas norteadoras da pesquisa foram divididas de acordo com três aspectos, sendo eles: a) Mercado e Sustentabilidade: *“como fornecedores e frigoríficos habilitados para a exportação estão distribuídos na região e como se dá o padrão geográfico do fluxo de fornecimento e compras para abate?”*; b) Questão Legal: *“Existe conformidade socioambiental no território de estudo? E como o fornecimento e compra de gado se alinha com a cobertura natural da terra?”*; c) Desmatamento: *“Qual a situação de desmatamento na região? Existe relação entre o*

fornecimento e compra de gado com a localização e dimensão das áreas de desmatamento?”).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Estrutura e recorte da cadeia produtiva da carne bovina (*supply chain*)

O estudo foi desenvolvido com a adoção de uma perspectiva ou estrutura sistematizada do setor produtivo (cadeia produtiva da pecuária de corte), elaborada pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC), sintetizada por Casagrande et al. (2021) e Perondi et al. (2023). Assim, a cadeia produtiva da pecuária de corte foi considerada e definida de forma ampla, com os segmentos da cadeia produtiva constituídos pelos municípios que abarcam indiretamente as propriedades rurais (produção agropecuária), e a agroindústria, responsável pelas etapas de processamento, abate e distribuição no mercado. Desta forma, estes seguimentos foram contemplados na discussão, como balizadores e parte da cadeia, mas não foram setores em que houve mineralização dos dados.

Os dados de fornecimento e compra de gado restringiram-se à informação dos municípios de origem do gado e o município de localização das indústrias frigoríficas, somente aquelas habilitadas para exportação de carne, mediante Selo de Inspeção Federal (SIF), e Sistema de Serviço Brasileiro de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos (SISBOV).

2.2 Região de estudo

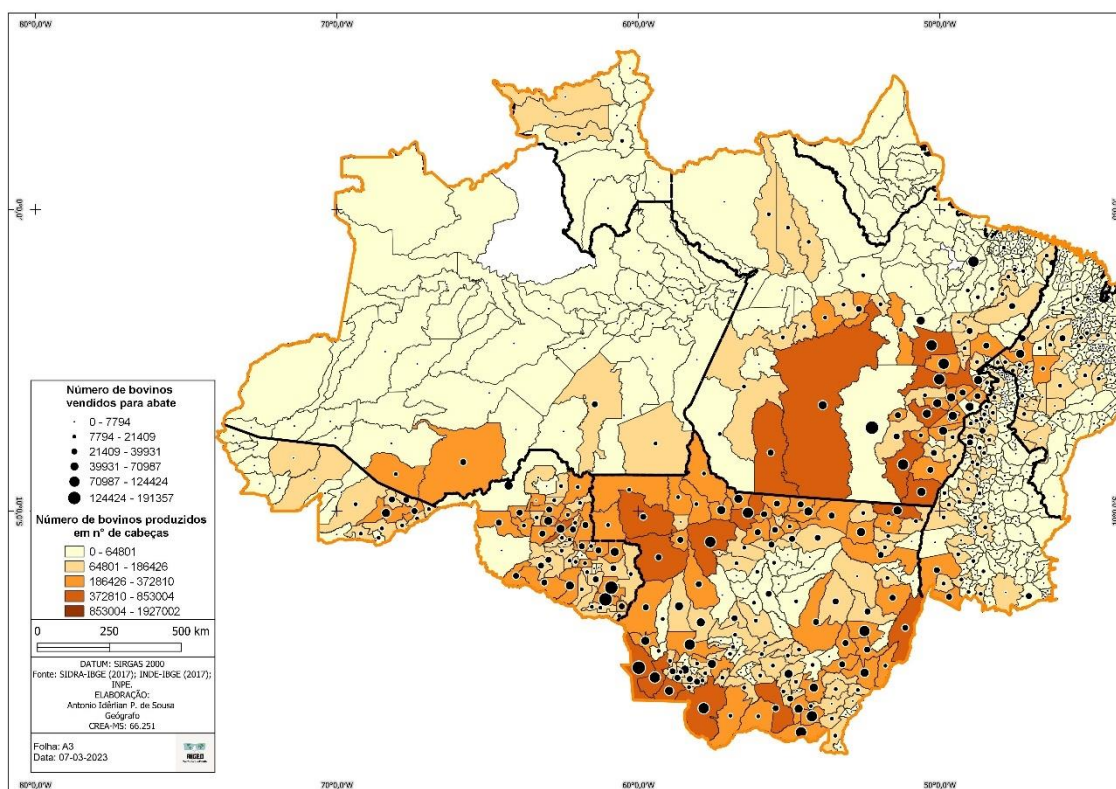
A região de estudo compreendeu o estado do Tocantins composto pelos biomas Amazônia e Cerrado, e inserido na região da Amazônia Legal. Ademais, compreendeu a nova fronteira agrícola MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), em que está inserido o Estado do Tocantins, Brasil.

O Estado do Tocantins compreende uma área de 277.621 km², possuindo 91% do seu território no bioma Cerrado e 9% no bioma Amazônia (IBGE, 2007), e cerca de 35% dos municípios tocantinenses participam da Amazônia Legal, contribuindo com uma margem significativa no efetivo bovino estadual e na produção de carne.

A produção e venda de cabeças bovinas para abate na Amazônia Legal segundo dados de censos agropecuários (IBGE, 2017a; 2017b) são retratados na

Figura 3. Essa retratação foi um dos instrumentos utilizado na etapa pré-pesquisa, e norteadora dos objetivos do presente trabalho.

Figura 3 – Diversidade na quantidade de cabeças bovinas produzidas e na venda para abate no Tocantins. Preparado pelos autores com uso do Programa ArcGIS e dados do IBGE.



Fonte: elaboração própria.

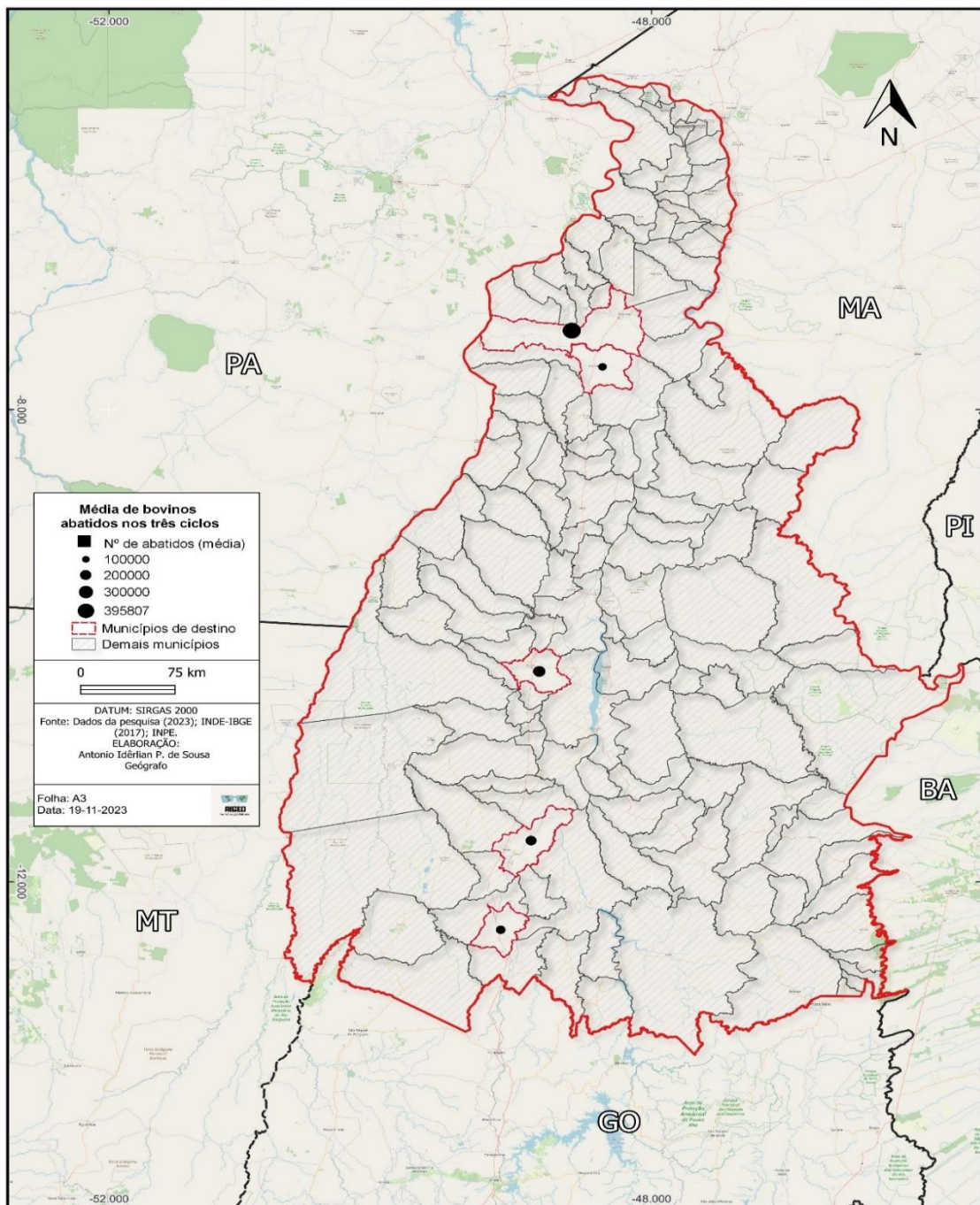
Diante da premissa apresentada, e na possibilidade de apreciar informações gerais, como a variabilidade da produção (origem ou fornecimento) e de vendas para abate (compra ou destino), inicialmente foi realizado a quantificação e distribuição geográfica dos frigoríficos, através de sua geolocalização (Figura 4).

Inicialmente, adquiriu-se um banco de dados de trânsito animal, fornecido pelo Escritório de Informática da Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins (ADAPEC), mediante solicitação formal, em que constavam informações do município de origem, totalizando 133 municípios fornecedores, e oito (8) indústrias frigoríficas compradoras, localizadas em cinco municípios (destino).

O banco de dados continha informações divididas pela autoridade do governo em três “ciclos de produção e abate” (três planilhas contendo dados brutos, referentes a uma ordem cronológica com intervalos de agosto de 2020 a 31 de julho de 2021

(ciclo 1); 01 de agosto de 2021 a 31 de julho de 2022 (ciclo 2) e 01 de agosto de 2022 a 31 de julho de 2023 (ciclo 3).

Figura 4 – Distribuição geográfica das oito (8) indústrias frigoríficas (SIF) localizadas em cinco (5) municípios de Tocantins (de norte a sul: Araguaína, Nova Olinda, Paraíso do Tocantins, Gurupi e Alvorada) entre 01/08/2020 a 31/07/2023. Total de abates (100%) = 2.661.126. Elaborado pelos autores a partir de dados fornecidos pela Agência de Defesa Agropecuária do Governo de Tocantins (ADAPEC), e Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Tocantins (Semarh). Fonte: elaboração própria.



O estudo de fluxo animal (fornecimento (origem) e abate (destino) de cabeças de gado) não contemplou a cadeia de abastecimento de indústrias frigoríficas em que a Inspeção Sanitária estava atrelada a responsabilidade do Estado (selo SIE) e/ou de municípios (selo SIM), considerando-se apenas indústrias frigoríficas sob inspeção federal (SIF). Nos dados de trânsito animal não constavam com fornecimento de bovinos, os municípios de Ponte Alta do Bom Jesus, Novo Jardim, Rio da Conceição, Lizarda, São Félix do Tocantins e Mateiros, componentes da mesorregião oriental, e localizados em área atribuída a parques ou áreas de conservação (SEPLAN, 2016).

Com o banco de dados de trânsito animal, quantificou-se e escalonou-se os municípios fornecedores e as indústrias frigoríficas, obtendo-se o número de cabeças fornecidas (origem) e abatidas (destino).

Ainda, foi realizado um mapeamento do fluxo de origem e destino dos animais fornecidos, por meio da espacialização dos dados com uso do software livre Flowmap.Blue (FLOWMAP.BLUE, 2021). Neste software, a espacialização dos dados foi realizada em plataforma web, semelhante a Pregui et al. (2022), que teve como objetivo apresentar melhores subsídios para apreciação com maior controle, questões ligadas com transparência, comércio, bem como rastreabilidade, controle sanitário, entre outros.

A periodicidade ou repetibilidade, de fornecimento ou compra, de cada município nas respectivas indústrias frigoríficas, foi analisada conforme a disponibilidade do banco de dados, portanto, considerou os três ciclos de fornecimento ou compra no intervalo de aproximadamente três anos.

A manipulação e sistematização das planilhas eletrônicas foi realizada pelo programa Microsoft Excel e para o controle de qualidade dos dados, a fim de verificar os *outliers*, utilizou-se o programa Minitab, versão 17 (Minitab, 2010).

2.2.1 Padrões associativos entre distância geográfica e fornecimento e compra de animais

Para mapear e compreender se o padrão de compra seguia um critério de regionalidade, além da construção de fluxos de origem e destino, foram realizadas estimativas de correlação de Pearson, pelo programa Minitab, versão 17 (Minitab, 2010), com 5% de significância, considerando-se o número de cabeças fornecidas pelos municípios fornecedores e as distâncias percorridas (km) até o município de

abate, bem como considerando-se somente os 30 municípios com o maior número de fornecimento de cabeças bovinas.

A distância foi determinada tendo-se o centroide do município de origem e o centroide do município em que ocorreu o abate, com auxílio do Google Maps. Assim, foi possível listar e determinar o número de municípios fornecedores e de eventos de fornecimento, além de estimar a razão entre distâncias percorridas (km) e o número de fornecimentos para cada frigorífico separadamente.

2.2.2 Status do cadastro ambiental rural (CAR)

Um segundo banco de dados que continha informações do Cadastro Ambiental Rural (CAR), também disponibilizado via ADAPEC, por intermédio da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Tocantins (Semarh), foi utilizado.

As informações de CAR foram direcionadas para a maior transparência com o acesso facilitado sobre o status de conformidade legal das propriedades rurais no Tocantins. Embora a criação de gado seja um tipo de atividade agrícola específica, e que o número de CARs ativos ou CARs em conflito nos municípios não determina a quantidade de gado produzido (vice-versa), testou-se o status CAR quanto a relação do escalonamento de fornecimento de cabeças bovinas nos municípios, dada a relevância da criação de gado na economia do Tocantins. Assim, esta abordagem foi realizada para subsidiar apreciação da gestão e uso legal da terra, com respaldo a questões de transparência e responsabilidade socioambiental na cadeia de suprimento.

2.2.3 Dados de desmatamento

O estudo incluiu municípios em áreas de bioma Cerrado (91% do território do Estado de Tocantins) e Amazônia Legal (9% do território do Tocantins sendo bioma Amazônia). De maneira exploratória, a abordagem foi realizada para facilitar a apreciação da variabilidade de espectro num território em que a cobertura da terra sofre pressão para a produção de *commodities* agrícolas. Foram desenvolvidos mapas cartográficos com o quantitativo de pontos de desmatamento nos municípios de Tocantins, sem que houvesse discriminação em que o desmatamento foi legal ou ilegal.

Três variáveis foram definidas, sendo elas: áreas de desmatamento (AD), extensão territorial das áreas de desmatamento (ET) (km²) e área do município (ArM) (km²). Estimativas de correlação de Pearson a 5% de nível de significância foram realizadas para observar padrões de associação, tanto nas áreas definidas como de bioma Cerrado como Amazônia.

A análise de desmatamento utilizada não desagregou dados de desmatamento associado com produção de gado, grãos, entre outras *commodities*. Assim, a avaliação do desmatamento não foi relacionada (ou restrita) diretamente com a bovinocultura, abarcando fatores de interferência na cobertura da terra de atividades legais ou ilegais, de maneira geral.

Os dados utilizados foram obtidos mediante acesso a plataforma Terrabrasilis, em que dados são atualizados com considerável periodicidade pelo Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE (Assis et al. 2019; INPE, 2024). No Terrabrasilis, são utilizados algoritmos complexos e, desta maneira, a monitoração mais recente do uso e cobertura da terra pelas partes interessadas tem sido otimizada com esse programa, ao invés de restringir a monitoração por meio de imagens do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) e do Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), ligados ao Governo Federal do Brasil (Assis et al. 2019; MCTI, 2022).

Na avaliação de desmatamento, no Terrabrasilis, o satélite para captura de imagens foi o Landsat 8, que consiste de dois instrumentos científicos, o *Operational Land Imager* (OLI) e o *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), que fornecem cobertura sazonal da massa terrestre global com uma resolução espacial de 30 metros.

Foram explorados a quantidade de áreas desmatadas (AD) no Estado de Tocantins, e em cada município, de modo a representar cada município do Estado. Isso foi realizado com dados do Terrabrasilis e do Censo Agropecuário do IBGE em programa ArcGIS. De maneira subsequente, exportou-se uma planilha que continha a extensão territorial (ET) (km²) de cada AD. Esta foi utilizada para melhor compreensão da figura cartográfica preparada para escalonar os municípios com base no número de AD, incluindo informação sobre a magnitude de abates em cinco (5) municípios, referente a oito (8) frigoríficos SIF (do banco de dados da ADAPE e Semarh).

Com dados de ET nas AD, ArM, e de abates nos frigoríficos SIF, foram testados outros padrões associativos a partir de análises estatísticas descritivas e estimativas

de correlação. Por exemplo, a relação de ET, de AD e de ArM com o número de cabeças bovinas fornecidas nos 139 municípios de TO.

3 Resultados e discussão

3.1 Fluxo de fornecimento/compra em municípios e frigoríficos (SIF) no TO

No período analisado, oito indústrias frigoríficas, sob inspeção federal (SIF), localizados em cinco municípios do estado de Tocantins (TO) abateram 2.661.126 cabeças bovinas. O escalonamento dos frigoríficos SIF conforme o número de abates de bovinos fornecidos por municípios tocantinenses está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Frequência de abates de cabeças bovinas fornecidas por municípios do Tocantins (TO) em indústrias frigoríficas sediadas no TO com habilitação para exportação da carne.

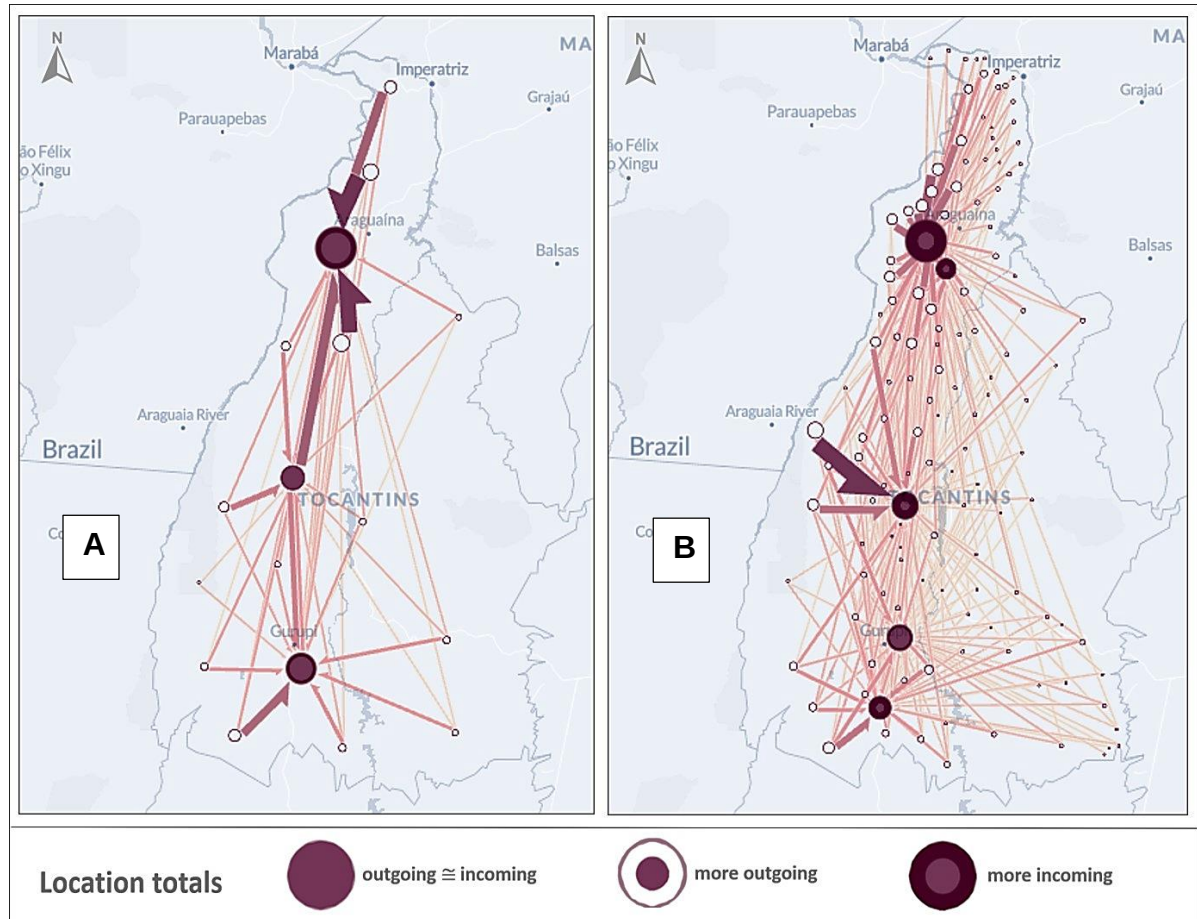
Indústria Frigorífica	Município (TO)	Abates*	%	Escalonamento
(A)	Paraíso de Tocantins	458.234	(17,21)	1 ^o
(B)	Araguaína	451.459	(16,96)	2 ^o
(C)	Gurupi	425.945	(16,00)	3 ^o
(D)	Alvorada	330.701	(12,42)	4 ^o
(E)	Araguaína	320.513	(12,04)	5 ^o
(F)	Araguaína	261.303	(9,81)	6 ^o
(G)	Nova Olinda	258.871	(9,72)	7 ^o
(H)	Araguaína	154.100	(5,79)	8 ^o
		2.661.126	(100%)	

*01/08/2020 a 31/07/2023; o município de Araguaína somou 44,62% do total de abates; frigoríficos Boi Brasil (i) e Boi Brasil (ii) somaram um subtotal de 484.801 abates (18,21% do total de abates).

O município de Araguaína representou a maior quantidade de abates (1.187.375) devido ao fato que metade dos frigoríficos SIF estavam sediados nesse município (Tabela 1). O cadastro do frigorífico “D” na receita federal (CNPJ) esteve relacionado a duas unidades de abate (“D” e “H”) implantadas em municípios distintos (Araguaína (154.100) e Alvorada (330.701), totalizando 18,20% dos abates realizados entre todos os frigoríficos SIF no Tocantins.

A variabilidade da quantidade de cabeças bovinas fornecidas pelos municípios do TO, adquiridas pelos frigoríficos SIF nesse mesmo estado, foram retratados a partir da apreciação geoespacial (figura 5A e figura 5B).

Figura 5 - Fluxo de fornecimento/compra de cabeças bovinas no conjunto de 133 municípios de Tocantins e oito (8) indústrias frigoríficas (SIF). Elaborado com software Flowmap.blue (2021) (www.flowmap.blue) com dados da ADAPEC; seção da esquerda: sem clusterização; seção da direita: sem clusterização. Fonte: elaboração própria.

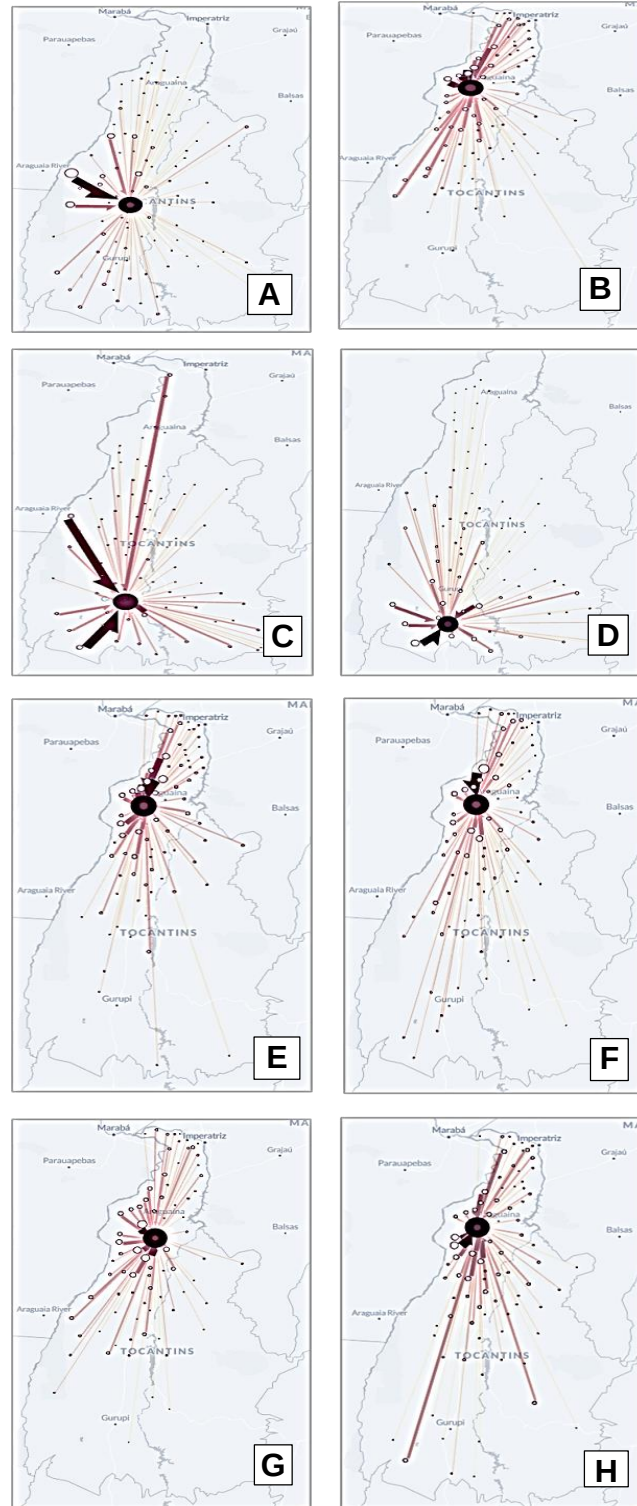


Nas figuras 5A e 5B, quanto mais fina são as setas, menor é a quantidade de cabeças fornecidas pelos municípios (adquiridas pelos frigoríficos). Na figura 5B, principalmente na segunda retratação, do lado direito, fica evidente que as setas mais espessas têm ocorrência em situações em que o fornecimento está mais próximo do destino. São situações em que a distância entre o centroide do município fornecedor foi geograficamente mais próxima do centroide do município que sedia o frigorífico.

A suposição de uma relação inversa, que menores distâncias entre município fornecedor e município do frigorífico favorecem a compra de maior quantidade de cabeças, ficou mais evidente analisando-se em cada frigorífico, separadamente (Figura 6). Num cenário em que indústrias frigoríficas competem para suprir demanda pela carne, o padrão (predominantemente regional) retrata questões de logística, mas também a integridade da cadeia. Um percentual das emissões de gases de efeito

estufa na cadeia está relacionada com o uso de combustível fóssil no transporte de gado para o abate.

Figura 6 - Fluxo de fornecimento/compra de bovinos em TO, discriminado de acordo com cada frigorífico SIF em Tocantins. Elaborado pelos autores com software Flowmap.blue (2021) (www.flowmap.blue) a partir de dados da ADAPEC. Fonte: elaboração própria.



3.1.2 Fornecimento de cabeças bovinas e relação com distâncias (km) para o abate

A estatística descritiva de distâncias percorridas, discriminado entre frigoríficos está apresentada na Tabela 2, a partir de uma matriz com contagens de 133 municípios, par a par. No município de Araguaína, o número de registros de entrega de lotes de gado somou 322 eventos, a partir de compras realizadas pelos frigoríficos “B” (81); “E” (76); “F” (83) e “H” (82), respectivamente (Tabela 2).

A quantidade de municípios que forneceram gado para os diferentes frigoríficos não foi discrepante (Tabela 3), sem que isso tenha significado que o fluxo de fornecimento/compras tenha sido aleatório (Fig. 3A; Fig. 3B).

Tabela 2 - Distâncias geográficas (km) entre o município de fornecimento e de abate na cadeia de carne bovina habilitada para exportação no Tocantins.

Município do abate	Frigorífico	Mínima*	Média	Máxima	Desvio padrão
Araguaína	B; E; F; H.	37,30	301,78	708,80	171,79
Nova Olinda	G	35,70	280,83	663,70	152,94
Gurupi	C	17,00	333,96	706,10	175,73
Alvorada	D	28,90	381,59	768,30	187,94
Paraíso do Tocantins	A	24,10	266,60	575,00	139,15

*na condição de municípios distintos (quando origem e destino eram iguais a distância (km) não foi computada nessa tabela).

O número de ocasiões ou eventos de fornecimento de lotes de gado entre frigoríficos também não foi discrepante (Tabela 3). Além disso, não existiram consideráveis discrepâncias em termos das distâncias médias (km) percorridas entre município fornecedor e o respectivo município de abate nos frigoríficos analisados (Tabela 2). Mesmo assim, foram explorados alguns resultados com relação as distâncias brutas percorridas, que, salvo as limitações da amostragem e metodologia de estimativa dessas distâncias, permitiram observar um pouco mais da variabilidade dos dados (Tabela 3).

Por exemplo, observou-se que o frigorífico “C” teve 160 registros de fornecimento (ligeiramente menor o número de vezes que outros frigoríficos compraram lotes de gado no mesmo período) (Tabela 3). Mesmo assim, apresentou a terceira maior distância bruta percorrida (~19.567 km). Uma explicação plausível é que este frigorífico era o único que atendia o protocolo “Boi China” no período analisado. Este protocolo tende a

se diferenciar de outros mercados compradores, pela preferência pelo abate de bovinos machos.

Já frigoríficos, como o “G”, que em termos de categoria animal, como sexo e idade (peso), atendia mercados que talvez não dificultasse tanto a compra de cabeças bovinas, ou seja, um dos motivos possíveis pelo qual apresentou a menor distância bruta percorrida, uma vez que a planta frigorífica atende o mercado nordestino.

Tabela 3 – Quantitativo de municípios fornecedores por planta frigorífica e Estimativas de distâncias percorridas para aquisição de cabeças de gado em municípios fornecedores e frigoríficos SIF no Estado de Tocantins.

Frigorífico	Nº de Mun. fornecedor ⁵	Nº de fornecim registrado ⁴	Dist bruta ² (km)	Dist bruta/nº de fornecim	Dist totais ³ (km)	Dist totais/nº de fornecim
A	94	216	19.693	91,17	41.152,9	190,52
B ¹	81	218	16.332,9	74,92	40.620,5	186,33
C	80	160	19.567,2	122,30	34.941,1	218,38
D	78	182	20.985,3	115,30	42.970,2	236,10
E ¹	76	203	14.674,4	72,29	35.979,5	177,24
F ¹	83	205	18.718	91,31	41.274,7	201,34
G	76	188	14.632,6	77,83	33.828,8	179,94
H ¹	82	193	17.788,9	92,17	36.124,4	187,17
Total	-	1565	142.392,3	-	306.892,1	-

¹município de Araguaína; ² Σ da distância entre centroide do município de origem ao centroide do município destino, dado um evento de fornecimento; ³distância bruta multiplicado pelo número de vezes em que houve fornecimento de cada município fornecedor; ⁴cada frigorífico comprou até no máximo três vezes em cada município fornecedor; ⁵os municípios fornecem para mais de um frigorífico SIF. Nº = número; Dist=distância; Fornecim=fornecimento; Mun=município.

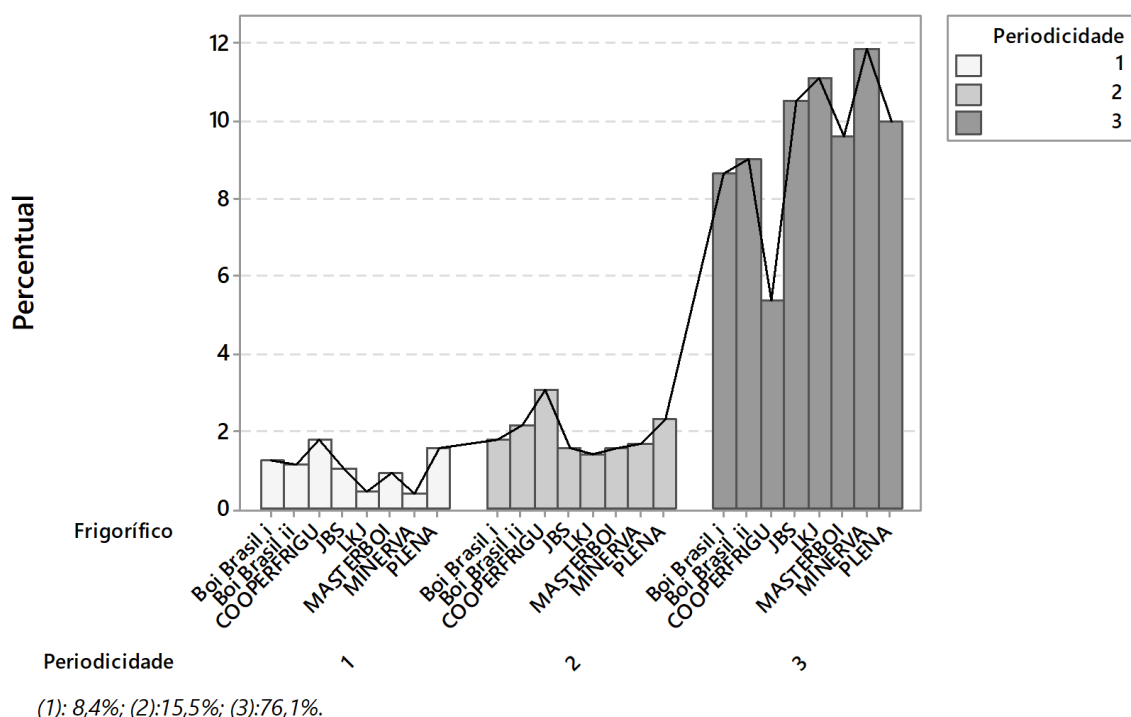
Com base nas informações levantadas, generalizar o desempenho ambiental dos frigoríficos com base em distâncias percorridas seria demasiadamente simplório ou inconsistente. Uma análise mais consistente exigiria delineamento experimental e informações que fogem do escopo ou das possibilidades neste estudo. De todo modo, talvez retratem, em parte, algumas questões comerciais ligado a disponibilidade e sazonalidade de cabeças bovinas para abate.

A análise da periodicidade ou repetibilidade das compras de cada frigorífico nos respectivos municípios, divididos em três “ciclos” (~anos) de fornecimento, também possibilitou mais consistência no entendimento do padrão de fluxo de fornecimento.

Em termos gerais, as compras realizadas nos municípios não aconteceram de maneira esporádica. A maioria das compras foi realizada no primeiro, no segundo e também no terceiro ciclo (Figura 5). De modo geral, isso sugere que as compras de gado não são esporádicas nos municípios, e que os frigoríficos compraram desses municípios de maneira periódica, sem quebra de continuidade.

Na Figura 7, o frigorífico “C” tem destaque com o maior valor no ciclo 1 e 2 e menor valor no ciclo 3. Pelo mesmo argumento utilizado para explicar a maior distância bruta percorridas por este frigorífico (Tabela 3), verifica-se a existência de uma seta mais espessa e distante do município de abate na retratação geoespacial desse frigorífico na Figura 6.

Figura 7 – Repetibilidade do fornecimento de lotes de gado pelos municípios entre 01/08/2020 a 31/07/2023. Os municípios fornecedores podem variar entre frigoríficos: D (n=78); H (n=82); C (n=80); F (n=83); E (n=76); G (n=76); B (n=81); A (n=94). Periodicidade=1 significa que o frigorífico comprou de determinado município apenas no ciclo 1, apenas no ciclo 2 ou ciclo 3 (cada ciclo representa, aproximadamente um ano do intervalo considerado (01/08/2020 a 31/07/2023)). Fonte: elaboração própria.



As estimativas de correlação deram mais respaldo para a suposição que as distâncias geográficas influenciam a quantidade de cabeças adquiridas pelos frigoríficos, confirmando que quanto mais próximas as propriedades tendem a ser maior a quantidade de animais adquiridos (Tabela 4).

Tabela 04 – Correlação das distâncias¹ (km) entre municípios de origem (compra) do gado e número de cabeças abatidas nos frigoríficos habilitados para o Selo de Inspeção Federal (SIF) em Tocantins.

	Paraíso de Tocantins	Araguaína	Gurupi	Alvorada	Araguaína	Nova Olinda
A	-0,18					
B		-0,38***				
C			-0,22*			
D				-0,55***		
E					-0,45***	
F					-0,39***	
H						-0,35**
G						-0,49***

¹centróide do município de origem ao centroide do município destino; *P<0,05; **, P<0,01; ***P<0,001.

3.2 Panorama e status do CAR no Tocantins

Em 2017, o número oficial de estabelecimentos agropecuários no Tocantins era de 63.808 registros (1,26% do total de estabelecimentos no Brasil) (IBGE, 2017b). A área ocupada por esses estabelecimentos no Tocantins era de 15.180,162 (4,32 % da área de estabelecimentos agropecuários no Brasil).

No banco de dados constavam 87.306 registros de Cadastro Ambiental Rural (CAR) no TO, pouco mais do que o montante de registros oficiais no estado em censos de anos anteriores. A média de cadastros CAR/município foi 628,101±513,80.

Dentre os cadastros do banco de dados utilizado, 77.411 (88,66%) acusavam o status de CAR ativo, 8.251 (9,45%) tinham status de CAR em conflito, e 1.644 (1,88%) tinham status em análise manual. A estatística descritiva desses dados está apresentada na Tabela 5.

Foram observadas relações diretas entre os diferentes status de CAR nos municípios, em que municípios com maior número de cadastros de CAR tendem a ter maior número de CAR ativos, CAR em conflito e CAR em situação de análise.

Não foi possível discriminar as propriedades rurais quanto ao tipo de atividade(s) agropecuária(s) realizada(s), ou mesmo, se o CAR era validado pelo governo com alguma tecnologia de monitoração por satélite ou cruzamento com outras bases de dados do

governo. É provável que a relação de CARs abarcou cadastros validados pelo governo e também os autodeclarados pelo produtor rural.

Tabela 5 – Estatística descritiva da situação de CAR (ativos, em conflito e em análise) nos municípios e cadastros totais em municípios (mun) do Tocantins.

Ativo/mun	Conflito/mun	Em Análise/mun	Total geral/mun	
77411	8251	1644	87.306	Soma
556,91	59,36	11,83	628,10	Média
39,00	0,00	0,00	44,00	Mínimo
2194,00	705,00	96,00	2937,00	Maximo
432,80	95,43	15,08	513,80	DesvPadr
263,00	13,00	4,00	292,00	Q1
416,00	29,00	7,00	454,00	Mediana
710,00	60,00	14,00	789,00	Q3
139,00	139,00	139,00	139,00	Contagem

Elaborado pelos autores a partir de dados da fornecidos junto a ADAPEC e Semarh. Ativo/mun = Nº de CAR ativos por municípios; Conflito/mun = Nº de CAR em conflitos por municípios; Em Análise/mun = Nº de CAR em análises por municípios; Total geral/mun = Nº total de CAR por municípios; DesvPadr = Desvio padrão; Q1 = 1º Quartil; Q3 = 3º Quartil.

Atualmente, a situação mais usual é a disponibilidade de informação autodeclarada, visto que a primeira fase de registro obrigatório. Todavia, sabe-se que existem bancos de dados gerados por tecnologias de monitoramento geoespacial, que contém informações e que permitem a triangulação e validação das autodeclarações do ato de registro de CAR. Contudo, isso é laborioso, e tem sido utilizado pelas corporações maiores (p. ex. *traders*), indisponíveis atualmente em plataformas públicas no Brasil.

Nas corporações maiores, isso tem sido prática para diminuir o risco de compra de lotes “contaminados”, por exemplo, desmatamento, o que pode implicar em embargados na exportação de *commodities* agropecuárias (Grabs et al. 2021). E paralelo a isso, o acesso e transparência desses tipos de informação tem sido encorajada por organizações não governamentais, representantes da sociedade civil organizada no Brasil e no mundo, além de mercados internacionais e grupos econômicos que pressionam as cadeias pecuárias (BRASIL, 2021; GTPS, 2022; MBPS, 2024; OECD, 2020).

A governança da cadeia pecuária no Brasil, associada a superação de lacunas e gargalos, como as tendências do avanço e uso de tecnologias digitais (Malafaia et al. 2021), deverão favorecer mais a sustentabilidade da cadeia pecuária.

3.3 Desmatamento no estado do Tocantins

A área dos 133 municípios (ArM) (km²) que forneceram cabeças para abate SIF representou 256.722,02 km² (média de 1.932,2 km²/município). Os seis (6) municípios que não tiveram participação no fornecimento de gado para abate SIF somaram 20.430,78 km². Não é possível saber a área utilizada para a produção de bovinos destinado aos frigoríficos SIF. Dados públicos sobre áreas de pastagem natural e cultivada no Tocantins, assim como dados de efetivo de rebanho podem não ser representativo ou consistentes para estimar esse valor com satisfatória acurácia.

3.3.1 Áreas de desmatamento (AD)

A dispersão de pontos no mapa cartográfico (Figura 8) revelou as áreas em que houve desmatamento (AD), representando um quantitativo em cada município tocantinense. Contudo, não revela a extensão territorial (ET) (km²) das AD. O somatório de AD no TO foi 49.489 (374,5±374,7) áreas desmatadas, sendo 47.798 áreas no Cerrado e 1.691 no bioma Amazônia (dados não apresentados). Do total de 51.121 imagens recuperadas, 3.323 não foram utilizadas por não constar, por exemplo, o nome do município na planilha exportada.

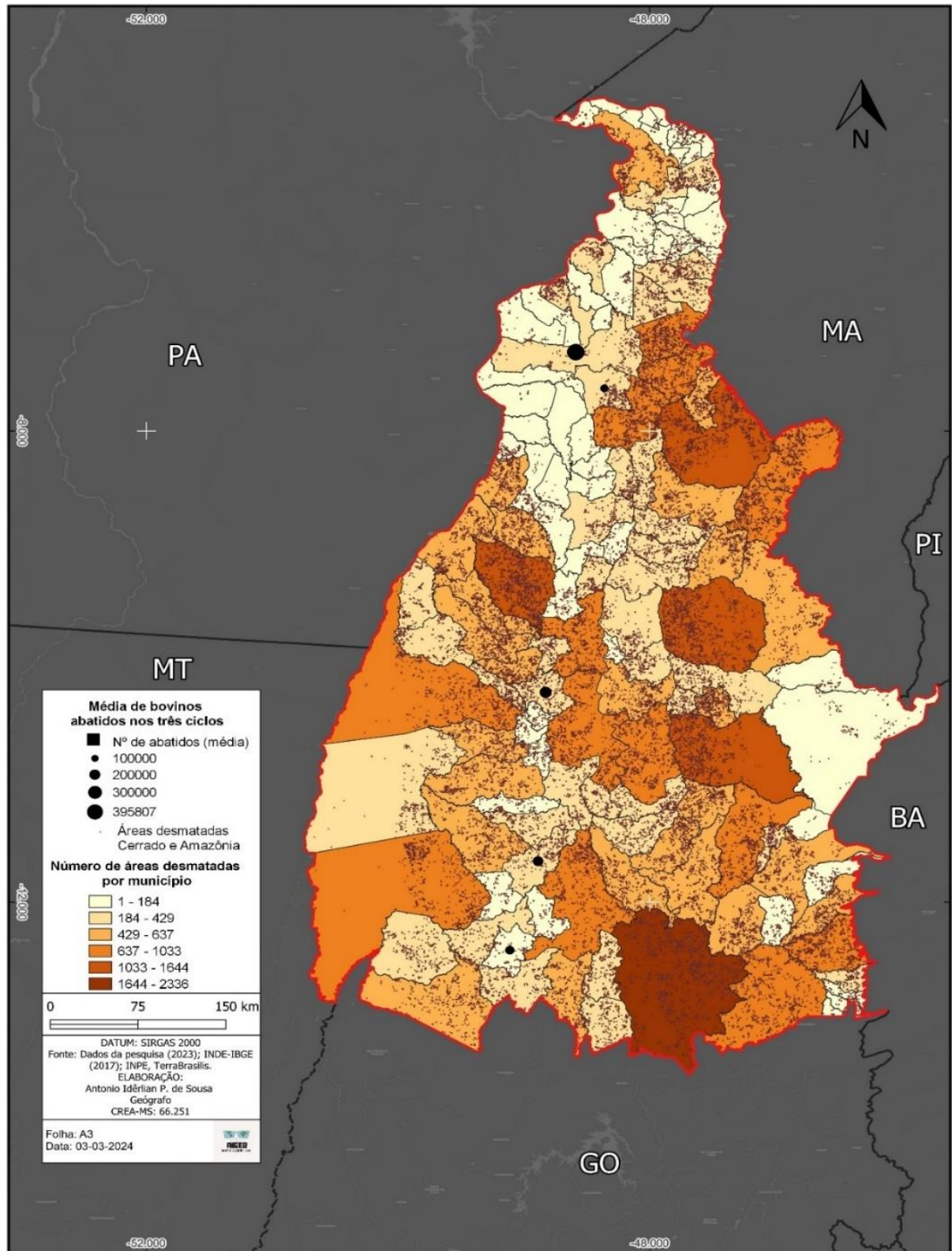
De modo geral, e a representação cartográfica da Figura 8 representa imagens capturadas pelo satélite que dataram de um intervalo com aproximadamente 16 anos (de 29/07/2008 a 18/08/2023). A maioria das imagens foram registradas a partir de 2020 (~3,0 % entre 2008 e 2019; ~50% entre 2020 e 2021; ~ 47% entre 2022 e 2023).

Em primeira análise para a quantidade e a dispersão das AD (Figura 8) sugere-se uma dispersão centralizada no sentido norte-sul. Talvez pelo fato do estado do TO ser longilíneo, dos polos de produção serem distribuídos nesse mesmo sentido norte-sul (SEPLAN, 2016), e pelo fato de não haver uma retratação de AD nos municípios de estados vizinhos.

A rodovia Transbrasiliana BR-153, que atravessa TO no sentido centralizado, norte-sul, pode ter alguma relação com o padrão de dispersão das AD sugerido. Esta rodovia tem facilitado a aquisição de insumos agropecuários no TO, e o escoamento da

produção, importante para o desenvolvimento regional, pois é a principal forma de interligação com as grandes regiões desenvolvidas do Brasil. Segundo Silva et al. (2022), em estudo de dinâmica da paisagem, analisando a frequência de genes de interesse econômico em bovinos crioulos desse estado, verificaram que a frequência dos genes parece variar com dependência espacial, provavelmente relacionado com a presença dessa rodovia, uma vez que a mesma demonstrou ser uma grande barreira para o fluxo gênico.

Figura 8 – Abates de bovinos de municípios de TO no intervalo de tempo analisado e localização de áreas de desmatamento em cada município (INPE). Legenda: ● 100000: $\sim [(74427+87912+96532)/3]$ ~ abates em Nova Olinda nos três ciclos entre 01/08/2020 a 31/07/2023; ● 395807: $\sim [(341205+395969+450201)/3]$ ~ abates em Araguaína em três ciclos). Dados brutos disponíveis no Material Suplementar. Preparado pelos autores com dados do Terrabrasilis (INPE, 2024) no software ArcGis. Fonte: elaboração própria.



Observou-se menor quantidade de AD na fronteira de TO com Mato Grosso e com região de fronteira com o meio-norte do estado do Pará. Já na fronteira do TO com Maranhão, e com fronteira meio-sul da Bahia e com Goiás, o número de AD foi maior. Existe na literatura evidências de que as regiões de fronteira, que separam unidades político-administrativas, podem explicar diferenças no uso da terra e conservação da natureza, por exemplo, por uma questão de governança local (WUEPPER et al. 2024). Ademais, a ligação com os estados da BA e MA, tem estreita ligação com a fronteira agrícola MATOPIBA.

Cinco municípios tiveram destaque pela maior quantidade de AD, sendo eles: Paranã (AD=2.336), Rio Sono (1.588), Dois irmãos do Tocantins (1.644), Goiatins (1.548) e Ponta Alta do Tocantins (1.216). Por isso, sinalizados no mapa cartográfico com a cor de palheta mais escura.

Observou-se no Sudoeste do TO regiões contendo um número menor de AD, ou mesmo a ausência de AD, provavelmente, influência da presença de unidades de conservação (SEPLAN, 2016), em que a produção agropecuária é proibida.

No geral, o número de pontos no mapa (AD) e a área dos municípios (ArM) teve correlação direta, forte (0,72) e significativa ($P < 0,001$), revelando que quantidade AD tende a ser maior em municípios mais extensos (dados não apresentados). Isso foi observado nas áreas de biomas Cerrado (0,71; $P < 0,001$), mas não no bioma Amazônia ($P > 0,05$).

Ainda, o total de AD no TO e AD em áreas do Cerrado tocaninense, houve relação direta ($P < 0,99$), mas não no bioma Amazônia do TO ($P > 0,05$). Esses resultados sugerem uma situação discrepante entre esses biomas no TO. Embora a amostragem de cada bioma no TO tenha sido desequilibrada, tanto no número municípios como na representatividade de área de cobertura desses biomas, é provável que fatores como diferenças nos programas de conscientização e políticas de proteção de florestas tenham influenciado esse resultado, por terem impacto no modo de uso e exploração da terra.

3.3.2. Extensão territorial (et) nas áreas de desmatamento (AD)

Os seis municípios que tiveram maior extensão territorial (ET) nas AD (km²) foram: Santa Fé do Araguaia (1.058,56 km²), Paranã (563,14), Rio Sono (428,87), Goiatins (235,50), Dois Irmãos do Tocantins (213,05) e Ponte Alta do Tocantins

(204,69), respectivamente. Assim, com exceção de Santa Fé do Araguaia, dentre os seis (6) municípios que tiveram maior quantidade de AD, cinco tiveram, também, as maiores ET.

O somatório de todas as ET variou entre 8.553,29 a 8.955,20 km² (~3,23% da área territorial de Tocantins) (64,31± 112,09), dependendo se os dados eram dos 133 municípios que forneceram cabeças para abate SIF ou se eram de todos (139) os municípios do estado. O valor mínimo de ET foi 0,11 km² e o valor máximo foi 1.058,56 km². Os valores de primeiro quartil (Q1) foi 9,73, do terceiro quartil (Q3) foi 78,96, e a mediana desse conjunto de dados foi 34,82.

No geral, as estimativas de correlação de foram significativas entre ET e ArM (0,47) (P<0,001) e entre AD e ET (0,54) (P<0,001). Assim, municípios com territórios maiores (ArM) tendem a ter maior número de áreas desmatadas, com maior probabilidade das áreas desmatadas serem mais extensas (km²). Isso foi observado entre ET e AD em regiões de Cerrado (0,53) (P<0,001), mas não entre ET e AD e regiões de bioma Amazônia (P>0,05). Esse resultado aponta para uma situação ou realidade distinta em se tratando da relação de AD e ET no bioma Cerrado e bioma Amazônia de TO. Isso requer uma interpretação cautelosa ou conservativa da relação de AD e ET nessa região.

Por exemplo, o município de Santa Fé do Araguaia, sudoeste do município de Araguaína, tem coloração clara no mapa, a mais clara da palheta de cores na Figura 7, portanto, uma quantidade de AD relativamente baixo (81). Contudo, Santa Fé do Araguaia ficou ranqueado em primeira posição, em se tratando da maior extensão territorial (ET) das áreas desmatamento (1.058,56km²) (dados não apresentados). Em suma, a quantidade de áreas de desmatamento (AD) pode não ser um bom preditor da extensão territorial (km²) (ET), dependendo do bioma em que houve desmatamento no TO.

3.3.3. Fornecimento de cabeças bovinas e relações com ArM, AD e ET

Na tentativa de explorar padrões associativos, observou-se que a relação de ArM, de AD e de ET com o ranqueamento dos municípios de acordo com a quantidade de cabeças bovinas fornecidas, em cada frigorífico, ou de maneira geral, verificou-se que não houve relação significativa (P>0,05). Assim, municípios que fornecem maior quantidade de cabeças para frigoríficos exportadores não são os que possuem mais área de desmatamento, sendo essa relação aleatória.

Possivelmente, fatores como a aptidão do solo e localização dos principais polos de produção agropecuária, e outras especificidades dos municípios, são mais determinantes para explicar a quantidade de fornecimento de cabeças bovinas para abate SIF no TO e a quantidade de AD.

Alternativamente, seriam necessários dados de CAR das propriedades rurais fornecedoras para uma retratação fidedigna sobre conformidade socioambiental nas compras de gado analisadas. Isso não está disponibilizado nos bancos de dados públicos acessados e em plataformas públicas, o que impossibilita, também, a verificação de como o critério ou rigor adotado para a compra entre frigoríficos maiores, habilitados para exportação, influencia a escolha de produtores rurais para venderem para frigoríficos menores, que abastecem somente os estado e municípios do país.

No Brasil, esses frigoríficos estão atrelados a selos de inspeção federal (SIF), estadual (SIE) e municipal (SIM), respectivamente, e que respondem de maneira diferente às pressões legislativas, incluindo diretrizes e leis que regulam a compra.

Nesse panorama, driblar exigências internacionais, redirecionando-se as cabeças de gado (“lavando” ou “vazando”) para compradores menos exigentes, tem sido um gargalo para fazer dessas diretrizes e leis instrumentos eficazes para alavancar a sustentabilidade das cadeias pecuárias e combater o desmatamento relacionado a elas (Alix-garcia & Gibbs, 2017; Moffette & Gibbs, 2021).

3.3.4. Status de CAR com cabeças fornecidas, ArM, AD e ET

O Status CAR, seja o total de cadastros em cada município, status ativo, em conflito ou em análise, não teve relação com o número de cabeças fornecidas aos frigoríficos SIF ($P>0,05$). Isso foi observado nas análises em cada frigorífico, ou quando todos os abates SIF foram analisados conjuntamente. Portanto, a variabilidade do número e do status de CAR ao nível municipal foi aleatória em relação ao fornecimento de cabeças bovinas compradas pelos frigoríficos SIF. O padrão aleatório também foi observado nas correlações entre o número e os status de CAR com as variáveis AD e ET ($P>0,05$).

Vários fatores podem influenciar a produção e a dinâmica de compra na cadeia pecuária, incluindo aptidão da terra, localização geográfica, disponibilidade de

recursos, políticas, entre outros. Por exemplo, outras cadeias de suprimento do agronegócio podem competir, ou então impulsionar a produção e comercialização, dependendo se essas cadeias e atividades agrícolas são independentes ou se estão consorciadas ou integradas entre si (Bragança, 2018; Qin & Lau, 2023).

Assim, faz-se necessário dados com maior nível de detalhe para avançar com testes de padrões associativos com estatísticas relacionadas aos dados de CAR. A falta de dados específicos, por exemplo, as propriedades rurais fornecedoras (indiretas e diretas), configuram lacunas para testar a relação do status CAR com o fluxo de fornecimentos e compras. Com o avanço de exigências e diretrizes que regulam a compra de carne, é esperado que o CAR de propriedades rurais fornecedoras seja um preditor das compras de gado para abate, principalmente em frigoríficos habilitados para exportação. Estes tendem a sofrer mais pressão quanto as exigência nos processos de produção, abate, processamento, entre outros.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aponta que o número de fornecimentos de gado, o número de municípios fornecedores e as distâncias médias percorridas para a compra, são equilibrados entre as indústrias frigoríficas SIF no Tocantins. O fluxo de fornecimento e compra segue um padrão predominantemente regional, que persiste entre os ciclos de fornecimento e compra dos últimos anos. Isso pode favorecer a integridade da cadeia da carne, no que diz respeito ao consumo de combustível fóssil no transporte de lotes do município ao abate.

Com o atual nível de detalhe sobre CAR nas plataformas públicas, a quantidade de registros e o status de CAR no TO são aleatórios em relação ao tamanho (km²) dos municípios, número de cabeças fornecidas pelos municípios, quantidade de áreas desmatadas e extensão territorial das áreas desmatadas.

No geral, existe uma relação direta da maior extensão territorial dos municípios, da quantidade de áreas desmatadas e da extensão das áreas desmatadas em TO. Contudo, essa relação não existiu nas áreas desmatadas no bioma Amazônia do TO. Quanto ao maior ou menor fornecimento de gado pelos municípios, para abate em frigoríficos SIF, a área dos municípios, a quantidade de áreas desmatadas e a extensão das áreas de desmatamento foram aleatórias.

Os resultados contribuem para o melhor entendimento da situação, encorajando investigações subsequentes, tais como: quão representativos são esses padrões de fluxo de fornecimento e compra, de conformidade e desmatamento em relação à outras regiões de Cerrado e Amazônia no Brasil? Os nossos resultados não se generalizam necessariamente para toda a produção pecuária brasileira produzida nesses biomas, dado a amostragem adotada.

Recomenda-se que estudos avancem com abordagens que superem esses desafios, dada as incertezas e nebulosidade. As informações coletadas seriam então associadas a outras análises, utilizadas para retratar características e impactos da cadeia de exportação da carne bovina de maneira mais completa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIX-GARCIA, J. GIBBS, H.K. Forest conservation effects of Brazil's zero deforestation cattle agreements undermined by leakage. **Global Environmental Change**, v. 47, p.201-217, 2017.

ALVES, A. P. F.; BARCELLOS, M. D. Mapping the Key Stakeholders toward Supply Chain Sustainability: Evidence from the Brazilian Beef Supply Chains. **Latin American Business Review**, 22(4), p. 423–454, 2021.

ASSIS, L. F. F. G *et al.* TerraBrasilis: a spatial data analytics infrastructure for large-scale thematic mapping. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v.8, 513, 2019.

BENZEEV, R. *et al.* What's governance got to do with it? Examining the relationship between governance and deforestation in the Brazilian Amazon. **Plos One**, v.17, n.6. 2022.

BRAGANÇA, A. The effects of crop-to-beef relative prices on deforestation: evidence from the Tapajós Basin. **Environment and development economics**, v.23, n. 4, p.391-412, 2018.

BRASIL. Ministério Público Federal. Procuradoria-Geral da República. **Protocolo de monitoramento de fornecedores de gado na Amazônia_v1.1**. Brasília, 2021. 25p. Disponível em: <https://www.boinalinha.org/wp-content/uploads/2022/08/Protocolo-de-Monitoramento-Fornecedores-Gado.pdf>

BRAZILIAN ROUNDTABLE ON SUSTAINABLE LIVESTOCK – GTPS. (2022). Relatório de Resultados 2022. 34p.

CASAGRANDA, Y. G., CASAROTTO, E. L., MEDINA, G. S., BINOTTO, E., & MALAFAIA, G. C. Cadeia produtiva da carne bovina no Brasil. (2021). In G. S. Medina, & J. E. Cruz (Orgs.). **Estudos em Agronegócio: participação brasileira nas cadeias produtivas** (v.5, p.197-225). Kelps. [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/170/o/Estudos em agroneg%C3%B3cio - Volume 5.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/170/o/Estudos_em_agroneg%C3%B3cio_-_Volume_5.pdf)

FLOWMAP.BLUE (2021). How to make a flow map. [online] [cit. 2021-12-08]. Disponível em: www.flowmap.blue. Disponível em: <https://www.flowmap.blue/>

GOULART, F. F. *et al.* Emissions from cattle farming in Brazil. **Nature Climate Change**, v. 6, p. 893-894, 2016.

GRABS, J.; CAMMELLI, F.; LEVY, S. A.; GARRETT, R. D. Designing effective and equitable zero-deforestation supply chain policies. **Global Environmental Change**, v. 70, 2021.

GRABS, J. *et al.* The role of midstream actors in advancing the sustainability of agri-food supply chains. **Nature Sustainability**, 2024.

HAJJAR, R. *et al.* Scaling up sustainability in commodity agriculture: Transferability of governance mechanisms across the coffee and cattle sectors in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 206, p.124-132, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618328221>.

HÄNGGLI, A. *et al.* A systematic comparison of deforestation drivers and policy effectiveness across the Amazon biome. **Environmental Research Letters**, v. 18, n.7, 2023.

IBGE. Censo Agropecuário 2017a - Resultados Definitivos. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>.

IBGE. Censo Agropecuário 2017b - Resultados Definitivos. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/pesquisa/24/76693?localidade1=0>

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Coordenação geral de observação da terra. Programa de monitoramento da Amazônia e demais biomas. Desmatamento – Amazônia Legal – Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/> Acesso em: 03 mar. 2024.

LEVY, S.A. *et al.* Deforestation in the Brazilian Amazon could be halved by scaling up the implementation of zero-deforestation cattle commitments. **Global Environmental Change**, v.80, 2023.

LIU, Q.; AN, Y. Information transmission in informationally linked markets: Evidence from US and Chinese commodity futures markets. **Journal of International Money and Finance**, v. 30, n. 5, p.778-795, 2011.

MALAFIA, G. C. *et al.* The Brazilian beef cattle supply chain in the next decades. **Livestock Science**, v. 253, p. 1871-1413, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141321003127>.

MESA BRASILEIRA DE PECUÁRIA SUSTENTÁVEL (MBPS). 2024. Fórum da pecuária sustentável. Disponível em: <https://pecuariasustentavel.org.br/forum-da-pecuaria-sustentavel/>. Acesso em: 05 abr. 2024.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA ABASTECIMENTO E PECUÁRIA (MAPA). (2018). Instrução normativa nº 51, de 1 de outubro de 2018. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/guest/materia/->

[/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44306336/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-51-de-1-de-outubro-de-2018-44306204](#).

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES (MCTI). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). METODOLOGIA UTILIZADA NOS SISTEMAS PRODES E DETER - 2a EDIÇÃO (ATUALIZADA) Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/47GAF6S>. Acesso em 06 abr. 2024.

Minitab 17, Statistical Software. Computer software. State College, PA: Minitab, Inc. 2010.

MOFFETTE, F.; GIBBS, H.K. Agricultural Displacement and Deforestation Leakage in the Brazilian Legal Amazon. **Land Economics**, v. 97, n.1, p. 155-179; 2021.

NG, J.S.C. *et al.* Balancing Ambitions and Realities: Stakeholder Perspectives on Jurisdictional Approach Outcomes in Sabah's Forests. **Environmental Management**, v.73, p.259–273, 2024.

NG, J. S. C. *et al.* Understanding Stakeholders' Perspectives on the Collaborative Governance Challenges in Sabah's (Malaysian Borneo) Jurisdictional Approach. **The Journal of Development Studies**, v. 59, n. 11, p.1699–1717, 2023.

OLIVEIRA, S.E.M.C. *et al.* The European Union and United Kingdom's deforestation-free supply chains regulations: Implications for Brazil. **Ecological Economics**, v. 217, 2024.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). (2020). Responsible Business Conduct Country Fact Sheet - Brazil, OECD Paris. 24p. Disponível em: <https://mneguidelines.oecd.org/responsible-business-conduct-country-fact-sheet-brazil.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2024.

PERONDI, L. G; MAUAD, J. R. C.; SILVA, M. C.; BORGES, J. A. R. Apoio a atores da cadeia e ao sistema de rastreabilidade bovina: estudo de caso no Mato Grosso do Sul. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 25, p. e1916, 2023. Disponível em: <https://www.revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/1916>. Acesso em: 21 mar. 2024.

PREGUI, L. Vnúťorná migrácia na Slovensku v období 2010 – 2014. **Cartographic letters**, v.30, n.1, p.21-38, 2022. Disponível em: <https://gis.fns.uniba.sk/kartografickelisty/archiv/KL30/2.pdf>

QIN, S.; LAU, W. Cross-border and cross-commodity volatility spillover effects of Chinese soybean futures. **The Journal of Futures Markets**, v. 43, n.12, p. 1836-1852, 2023.

SEPLAN – SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. *Governo Do Estado do Tocantins. Perfil do Estado Tocantinense*. (2016). 145p. Disponível em: <https://central.to.gov.br/download/115622>. Acesso em: 14 abr. 2024.

SCHILLING-VACAFLO, A. Integrating Human Rights and the Environment in Supply Chain Regulations. ***Sustainability***, v. 13, n.17, 2021.

SILLS, E.O. *et al.* Estimating the Impacts of Local Policy Innovation: The Synthetic Control Method Applied to Tropical Deforestation. ***Plos One***, v. 10, n.7, e0132590, 2014.

SILVA, M. C., PERONDI, L. G., BORGES, J. A. R.; MAUAD, J. R. C. Estudo da cadeia da carne bovina rastreada, certificada e exportada do Brasil para a União Europeia. In G. S. Medina, & J. E. Cruz (Orgs.). *Estudos em Agronegócio: participação brasileira nas cadeias produtivas* (v.5, pp. 355-383). Kelps. 2021. https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/170/o/Estudos_em_agroneg%C3%B3cio_-_Volume_5.pdf

SILVA, M.C. *et al.* Variability of the β -casein gene polymorphism in Curraleiro Pé-Duro cattle: a geographical genetics approach. ***Tropical Animal Health and Production***, v. 54, p. 1-5, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-022-03375-5>. Acesso em: 19 mar. 2024.

WUEPPER, D. *et al.* Public policies and global forest conservation: Empirical evidence from national borders. ***Global Environmental Change***, v. 84, 2024.

ZHUNUSOVA, E. *et al.* Potential impacts of the proposed EU regulation on deforestation-free supply chains on smallholders, indigenous peoples, and local communities in producer countries outside the EU. ***Forest Policy and Economics***, v. 143, 10281, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102817>.

Conflito de Interesses

Todos os autores atestam não existir qualquer forma de conflitos de interesses.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia – PROCAD/Amazônia da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil. Ao Núcleo de Pesquisa e Extensão em Genética e Melhoramento Animal (NAPGEM) da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Araguaína.

CAPÍTULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de exportação de carne bovina no Brasil destaca um cenário complexo e multifacetado, onde a pressão internacional para práticas ambientais sustentáveis se entrelaça com desafios econômicos e institucionais profundos.

O Brasil enfrenta um aumento significativo na pressão internacional, para garantir que sua produção de carne bovina não contribua para o desmatamento, particularmente nas regiões da Amazônia. Esses desafios são evidentes, dada a grande parte do rebanho bovino localizado na Amazônia e a histórica relação entre a expansão da pecuária e o desmatamento de florestas para pastagens.

No entanto, pesquisas recentes indicam que o crescimento do setor agropecuário pode ser sustentado sem recorrer ao desmatamento adicional, através da intensificação da produção e da recuperação de pastagens. A evidência de que o PIB Agropecuário da Amazônia tem aumentado mesmo com a redução do desmatamento é um indicativo de que é possível alcançar produtividade sem comprometer a integridade ambiental.

A implementação de sistemas de monitoramento e rastreabilidade tem sido um avanço crucial, permitindo maior transparência na cadeia de suprimentos e ajudando a distinguir entre práticas sustentáveis e não sustentáveis. Estes sistemas são essenciais para garantir que a carne exportada não provém de áreas desmatadas ilegalmente e para proteger a imagem do setor frente ao mercado global.

No entanto, os desafios persistem. A expansão agrícola continua a avançar para novas áreas com controle ambiental limitado, e o Cerrado também enfrenta pressões significativas. A convergência entre a necessidade de atender às demandas de mercados internacionais e a realidade econômica das operações agropecuárias exige um equilíbrio delicado.

A solução para esses desafios não reside apenas em políticas e regulamentações, mas também na adoção de tecnologias mais eficientes e práticas de manejo sustentável. Com a intensificação da produção e o avanço tecnológico, é possível que o Brasil se torne um exemplo de como é possível conciliar crescimento econômico com a preservação ambiental.

Portanto, a resposta do Brasil à pressão internacional deve ser vista como uma oportunidade para promover práticas agropecuárias mais sustentáveis, melhorar a transparência e fortalecer a rastreabilidade. Essa abordagem não só atenderá às

demandas globais, mas também contribuirá para um futuro mais sustentável para o setor e para o meio ambiente.