

MARCELO MARÇAL DE CASTRO

Matrícula: 11621ECO024

SUSTENTABILIDADE NA PECUÁRIA BRASILEIRA: O PAPEL DA INDÚSTRIA
FRIGORÍFICA NO MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

2023

MARCELO MARÇAL DE CASTRO

Matrícula: 11621ECO024

SUSTENTABILIDADE NA PECUÁRIA BRASILEIRA: O PAPEL DA INDÚSTRIA
FRIGORÍFICA NO MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Benzaquen Perosa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

2023

MARCELO MARÇAL DE CASTRO

Matrícula: 11621ECO024

SUSTENTABILIDADE NA PECUÁRIA BRASILEIRA: O PAPEL DA INDÚSTRIA
FRIGORÍFICA NO MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

BANCA EXAMINADORA:

Uberlândia, 13 de setembro de 2023

Prof. Dr. Bruno Benzaquen Perosa

Marcelo Sartorio Loral

Filipe Prado Macedo da Silva

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS
2023

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina do mundo, além de ter esta atividade produtiva como um dos pilares de sua economia. Ao longo dos anos, tanto na agroindústria quanto em todos os demais setores produtivos da sociedade, a discussão sobre a preservação ambiental se tornou uma questão estratégica. Com base nesse panorama, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar como a questão da sustentabilidade vem sendo tratada nessa cadeia produtiva, com foco especial na agroindústria frigorífica. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática de literatura, apresentando inicialmente conceitos gerais sobre os Gases de Efeito Estufa e seus efeitos sobre o meio ambiente; em seguida, foram abordados os principais aspectos do funcionamento da agroindústria da carne bovina e correlacionando suas atividades com os potenciais impactos ambientais causados por ela e a forma como o setor lida com tais impactos; por fim, são elencados exemplos de medidas de controle de emissão de GEE adotadas por diversas empresas do setor, sendo também realizada uma discussão de perspectivas futuras sobre a sustentabilidade dentro dos frigoríficos exportadores. A partir da análise realizada, concluiu-se que houve significativos avanços na incorporação de práticas sustentáveis pelo setor da bovinocultura de corte setor frigorífico, em grande parte resultante da pressão por competitividade dos grandes exportadores, que precisam atender rigorosos padrões de responsabilidade socioambiental exigidos pelos principais países importadores, ao passo que empresas menores se restringem a cumprir requisitos legais mínimos, o que demonstra a necessidade de incorporação de medidas mais práticas à legislação. Tais resultados demonstram que, embora já tenha havido grandes avanços, há potencial para que o setor se torne ainda mais ecologicamente sustentável.

Palavras-chaves: Agroindústria; Desenvolvimento Sustentável; Gases de Efeito Estufa.

ABSTRACT

Brazil is one of the world's major bovine meat producers and exporters, with such activity figuring as one of its economic pillars. Throughout the years, not only agroindustry but also every other of society's productive sectors, have been embracing environment preservation as a strategic matter. Based on such a panorama, the present research aimed to evaluate the matter of sustainability in Brazilian slaughter houses. A systematic literature review was performed, initially bringing general concepts about greenhouse gases and its effects over the environment, followed by an approach of main aspects of the functioning of the bovine meat agroindustry, correlating its activities with potential environmental impacts caused by it and its way of dealing with such impacts. Finally, a few examples of measures for control of greenhouse gases' emissions adopted by such companies is shown, alongside with a discussion about future perspectives for sustainability in slaughter houses. In conclusion, there have been significant improves in the incorporation of sustainable practices by the slaughter sector, although as a result of pressure for market competitiveness of the major exporter companies, which need to attend rigorous social and environmental standards imposed by the main importers, whereas minor companies stick to merely following minimum legal requirements, which demonstrate the need for the incorporation of more practical legal measures. Such results show that, even though great advances have occurred, there is potential for the sector to become even more ecologically sustainable while keeping its great profitability.

Keywords: Agroindustry, Sustainable Development, Greenhouse Gases.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Emissão de metano no Brasil, por tipo de fonte, de 1990 a 2020.	15
Figura 2. Participação da agricultura e das mudanças do uso da terra nas emissões de GEEs no Brasil, de 1990 a 2018.	18
Figura 3. Distribuição dos frigoríficos sob a inspeção do SIF no Brasil em 2022.	21
Figura 4. Distribuição dos frigoríficos brasileiros por esfera de inspeção em 2022	22
Figura 5. Percentual de exportações de produtos da bovinocultura de corte, por tipo de produto.	23
Figura 6. Percentual de exportações de produtos da bovinocultura de corte para os Estados Unidos, por tipo de produto.	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção de carcaças bovinas, em toneladas, por estado, para o ano de 2020.	22
Tabela 2. Ranking dos maiores importadores de carne brasileira em 2022.	26

LISTA DE ABREVIACÕES

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
CH₄ – Metano
CNA – Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil
CO₂ – Dióxido de Carbono
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DIPOA – Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FGV – Faculdade Getúlio Vargas
GEE – Gases de Efeito Estufa
H₂ – Gás Hidrogênio
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILPF – Integração Lavoura – Pecuária – Floresta
IPCC – “*Intergovernmental Panel for Climate Change*” – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MPF – Ministério Público Federal
MRV – “*Measurement, Reporting and Verification*” – Avaliação, Relato e Verificação
N₂O – Óxido Nitroso
ONG – Organização Não-Governamental
RIISPOA – Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
SATVeg – Sistema de Análise Temporal de Vegetação
SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões de Gases
SIE – Sistema de Inspeção Estadual
SIF – Sistema de Inspeção Federal
SIM – Sistema de Inspeção Municipal
SISBI-POA – Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal
TAC – Termo de Ajuste de Conduta
UE – União Europeia
UFU – Universidade Federal de Uberlândia
WRI – “*World Resources Institute*” – Instituto Mundial de Recursos

USDA – *United States Department of Agriculture* – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

FSIS – *Food Safety and Inspection Service* – Serviço de inspeção da segurança alimentar

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO 1 – ANÁLISE DA PEGADA ECOLÓGICA NA BOVINOCULTURA DE CORTE	13
1.1.	13
1.2.	16
1.3.	16
CAPÍTULO 2 – OS FRIGORÍFICOS E A GESTÃO AMBIENTAL	20
2.1.	19
2.2.	22
2.3.	22
CAPÍTULO 3 – ASPECTOS OPERACIONAIS DA SUSTENTABILIDADE NA AGROINDÚSTRIA FRIGORÍFICA	29
3.1.	29
3.2.	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

INTRODUÇÃO

Desde as origens coloniais do Brasil enquanto nação, as atividades da agricultura e da pecuária sempre se fizeram presentes, exercendo papel estratégico para o desenvolvimento nacional. A partir do século XX até os dias atuais, tais atividades se tornaram um dos pilares centrais da economia brasileira. Em 2021, os setores ligados ao agronegócio (produção, indústria e logística) responderam por 44% das exportações nacionais e aproximadamente 27% do Produto Interno Bruto (PIB). Da mesma forma, esse setor é responsável pela geração de milhares de postos de emprego e também pela movimentação de expressivas cifras monetárias (CNA, 2022). A pecuária de bovinos de corte, nesse contexto, é uma das atividades de destaque, com o Brasil figurando entre os maiores produtores e exportadores de carne bovina do mundo (ABPA, 2022).

A partir do início do século XXI, os debates acerca das questões ambientais ganharam destaque, tanto na mídia quanto nas organizações dos mais diversos setores produtivos. A entrada no terceiro milênio, para muito além da comemoração do início de uma nova era, também suscitou indagações sobre até onde é possível chegar praticando-se os modelos econômicos vigentes (BOFF, 2017). Este debate englobou todos os setores produtivos, tendo, inclusive, alcançado os setores da agroindústria, como é o caso da agroindústria produtora de carne bovina (ARAÚJO; MENDONÇA, 2009).

A pecuária de corte é uma atividade agropecuária exercida em larga escala no Brasil, com grande diversidade de tamanhos de rebanhos, de tamanhos de propriedades e de níveis de tecnificação; engloba desde pequenas propriedades voltadas para a subsistência em criação a pasto, dita como extensiva, como grandes latifúndios praticantes de sistemas intensivos altamente tecnológicos de produção, visando atender tanto o mercado interno quanto o mercado externo. Em ambos esses mercados, o consumidor vem se mostrando cada vez mais exigente em relação não apenas à qualidade do produto apresentado, mas também à responsabilidade social das empresas das quais consome, com destaque para as questões de respeito ao meio-ambiente e ao bem-estar animal (ABIEC, 2022; FLORES: GAVRONSKI, 2016).

Os principais impactos ambientais causados pela pecuária bovina são relacionados à emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), especialmente o metano gerado pela fermentação entérica dos animais e o dióxido de carbono relacionado ao preparo das pastagens. Efeito Estufa, em si, é um fenômeno atmosférico natural e indispensável para manter as temperaturas do planeta dentro de uma faixa compatível à manutenção dessas formas de vida. O efeito nocivo dos GEE está na potencialização dessa retenção de energia, causando alterações climáticas (BRUNES; COUTO,

2017). A bovinocultura de corte é fonte importante de alguns dos principais GEEs, o que leva à necessidade de implementação de medidas de controle dessas emissões para que a cadeia se torne mais ecologicamente sustentável (MACHADO et al., 2011).

Partindo do panorama apresentado, o objetivo do presente trabalho é analisar como a questão da sustentabilidade vem sendo abordada no setor pecuário brasileiro, especialmente dentro dos frigoríficos que são responsáveis pela exportação da produção nacional. Para que tal objetivo fosse atendido, a presente monografia lançou mão de uma revisão sistemática da bibliografia disponível acerca do tema, abordando desde conceitos fundamentais até resultados práticos da implementação de medidas ambientais dentro do setor.

A justificativa do presente trabalho se respalda na necessidade de compreender como esse importante setor do agronegócio nacional vem buscando adequar seus interesses econômicos com indicadores ambientais que permitam que um sistema de produção seja, ao mesmo tempo, lucrativo e sustentável. Essa discussão se insere em um contexto mais amplo sobre os impactos ambientais da exploração indiscriminada de recursos naturais, que caso não sejam mitigados, podem se tornar irreversíveis. Alterações climáticas advindas da alta emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) têm potencial para alterar drasticamente todos os ecossistemas terrestres, levando a um colapso ambiental generalizado de larga escala a médio-longo prazo, de acordo com relatório do IPCC. Adicionalmente, a curto prazo, tais alterações climáticas também representam prejuízo econômico aos produtores do setor agroindustrial, que dependem diretamente de condições climáticas específicas consideradas como ideais para a plena exploração do setor, de forma que o estudo de medidas que mitiguem as mudanças do clima também pode ser encarado como investimento em otimização da cadeia produtiva em si. Sendo o setor da bovinocultura de corte um dos grandes responsáveis pela emissão dos GEE, portanto, a análise de formas eficientes de implantação de medidas que tornem esse sistema mais sustentável é de grande relevância científica (BRUNES; COUTO, 2017).

O presente trabalho se organiza em três capítulos, além desta introdução. No primeiro capítulo, são apresentados conceitos centrais sobre as formas pelas quais a agroindústria da bovinocultura de corte contribui para os GEE liberados à atmosfera. No segundo capítulo, por sua vez, realiza-se uma caracterização técnica do setor frigorífico, bem como uma reconstituição do processo histórico que culminou com a incorporação de medidas de sustentabilidade nesta cadeia produtiva. No terceiro capítulo, por fim, são demonstrados exemplos práticos de implantação de medidas de controle de impacto ambiental por parte do setor, bem como uma breve análise das

perspectivas futuras acerca da sustentabilidade dos frigoríficos. Ao final dos capítulos, apresenta-se uma seção de considerações finais, arrematando os conceitos até então apresentados.

CAPÍTULO 1 – ANÁLISE DA PEGADA ECOLÓGICA NA BOVINOCULTURA DE CORTE

O presente capítulo tem por objetivo apresentar as principais fontes de impactos ambientais advindos da pecuária de corte. Está organizado em três seções: na primeira seção, objetivou-se apresentar a questão da produção direta de gases por parte dos ruminantes; na segunda seção, por sua vez, objetivou-se apresentar a problemática das estratégias de ocupação de novos territórios para a pecuária; no terceiro, por fim, explorou-se a questão dos compostos à base de nitrogênio oriundos das atividades pecuárias.

1.1. A emissão de GEE dos rebanhos

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo, ficando atrás apenas da Índia; cabe ressaltar que, como neste país os bovinos são considerados como entidades sagradas da religião oficial praticada pela maior parte da população, tal rebanho não tem como finalidade a exploração produtiva, o que faz com que o rebanho brasileiro seja o mais numeroso, considerando estritamente as finalidades comerciais. O Brasil também é o maior exportador mundial de carne bovina desde 2018 (CNA, 2021). Por esse motivo, a preocupação com a produção de gases por parte dos rebanhos constitui uma preocupação válida, pela proporção de impactos ambientais que um setor de tais dimensões causa, principalmente no que tange à produção de gases por parte dos animais ruminantes (PAUCAR, 2017).

O Efeito Estufa é um fenômeno natural, através do qual a radiação solar que atravessa a atmosfera terrestre aquece a superfície do planeta e em seguida é refletida de volta para o espaço sideral, aquecendo o planeta de forma moderada e compatível com as formas de vida existentes; esse fenômeno é proporcionado pelos gases que formam a atmosfera, em proporções que garantem que não haja retenção ou dispersão em excesso desses raios solares. No entanto, as atividades produtivas desempenhadas pela humanidade vêm acompanhadas da liberação de diversos tipos de gases, que desequilibraram as proporções atmosféricas ideais, fazendo com que o perfil de retenção e dispersão dos raios solares se altere, fenômeno observado principalmente em decorrência do aumento de emissão dos chamados Gases de Efeito Estufa (GEE) (SOUZA; CORAZZA, 2017).

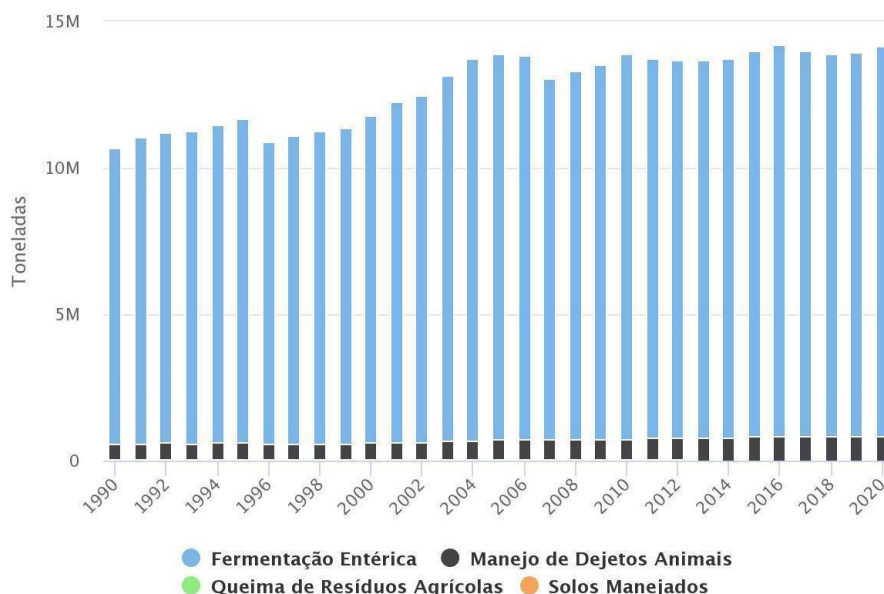
Os Gases de Efeito Estufa (GEE) são substâncias químicas que têm uma alta capacidade de absorção de energia, principalmente na forma infravermelha. Desta forma, ao serem liberados no planeta por diferentes fontes, os GEE impedem a correta dispersão da radiação solar para o espaço;

como consequência, essa energia permanece retida na Terra, ocasionando o aquecimento global e resultando em diversas alterações climáticas (PAUCAR, 2017).

Existem diversos gases que contribuem para o efeito estufa. Dentro do setor da agropecuária, os três principais GEE produzidos são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), de maneira direta ou indireta (KIPERT et al., 2018). Destes, o metano é considerado como o mais crítico, uma vez que possui o maior potencial de retenção de energia e que as atividades agropecuárias respondem pela maior parte do que é produzido e que esta produção está diretamente vinculada ao metabolismo dos ruminantes (BRUNES; COUTO, 2017). O metano é um composto gasoso orgânico da família dos hidrocarbonetos, isto é, composto por átomos de carbono e hidrogênio, identificado pela fórmula CH₄.

Apesar de, proporcionalmente, ser produzido em menor quantidade em relação aos demais GEE relacionados ao agronegócio, o metano é considerado o principal ponto crítico de impacto ambiental causado pela pecuária, por ter potencial de retenção de energia 25 vezes maior do que o gás carbônico e despende entre 9 e 15 anos para ser degradado no ambiente, o que faz com que a redução de sua emissão seja mais urgente, mesmo ocorrendo em menor volume em relação ao CO₂ (MACHADO et al., 2011). Dados disponibilizados pelo Sistema de Estimativas de Emissões de Gases (SEEG), uma iniciativa do Observatório do Clima para acompanhamento do avanço da produção dos GEE no Brasil e no mundo, apontaram que a fermentação entérica dos ruminantes foi responsável, no ano de 2020, pela emissão de 13,3 toneladas de metano, ao passo que as demais fontes deste gás, somada, perfizeram menos de uma tonelada (Figura 1).

Figura 1. Emissão de metano no Brasil, por tipo de fonte, de 1990 a 2020.



Fonte: SEEG, 2022.

A produção do metano ocorre no rúmen, o primeiro dos quatro compartimentos que formam o estômago dos ruminantes, e o maior deles. O rúmen é densamente povoado por diversas espécies de micro-organismos fermentadores, que transformam carboidratos complexos ingeridos pelo animal (amido, celulose, pectina entre outros) em ácidos graxos de cadeia curta que poderão efetivamente ser utilizados pelo organismo do animal para produção das proteínas que são componentes fundamentais da carne. Durante esse processo, ocorre a produção de grandes quantidades de H_2 , que é então transformado em metano, um gás que não pode ser utilizado pelo metabolismo dos animais e então é liberado no ambiente por meio do processo de eructação (“arroto”). Como não pode ser utilizado pelo animal nem para geração de energia e nem para a produção de proteína, a produção do metano também configura uma perda econômica ao produtor, uma vez que corresponde à parcela de energia fornecida ao animal através da alimentação que não contribuiu para o seu ganho de peso; estima-se que, nos sistemas produtivos menos eficientes, até 18% da energia consumida pelo ruminante seja perdida sob a forma de metano, um dado alarmante que acrescenta mais um motivo para a busca da minimização de emissão deste GEE (KOZLOSKI, 2011).

O rebanho bovino brasileiro apresenta-se com duas finalidades econômicas distintas: a bovinocultura leiteira, voltada para a produção de leite e derivados, e a bovinocultura de corte, voltada para a produção de carne. Em termos de produção de metano, o gado de corte representa o maior impacto ambiental: do total de metano produzido no país anualmente, 71% são oriundos das atividades do agronegócio, sendo que, destes, 54,1% advêm do metabolismo dos bovinos de corte, contra apenas 7,4% dos bovinos de leite e 1,9% de outras espécies animais, além de 5,5% provenientes do manejo dos dejetos destes rebanhos (FACHINETTO; BRISOLA, 2018).

De acordo com Brunet e Couto (2017), a quantidade de metano produzida pelos ruminantes tem relação direta com a quantidade e a qualidade da alimentação fornecida aos animais; quanto melhor o alimento fornecido, menor será a quantidade necessária para que o animal atinja saciedade e ganho de peso, e também menor será a quantidade de resíduos alimentares que resultarão na formação dos gases. No Brasil, o sistema produtivo mais largamente empregado é o de criação de animais soltos em pastos dos quais estes se alimentam, um sistema considerado vantajoso pelo seu baixo custo produtivo e pelos benefícios para o próprio animal, tanto em termos de conforto e bem-estar dos rebanhos como de melhores condições de sanidade proporcionadas por esse tipo de sistema quando comparados aos confinamentos, em que há maior propensão à proliferação de

algumas doenças (DOMICIANO et al., 2018). No entanto, estima-se que entre 27 e 42% das pastagens destinadas à criação bovina apresentem algum grau de degradação, o que faz com que o alimento disponível muitas vezes seja de baixa qualidade, não apenas prejudicando o desempenho dos rebanhos como também resultando diretamente em maiores emissões dos GEE, especialmente o metano (DIAS-FILHO, 2014).

1.2. As queimadas e a expansão da fronteira agrícola

Além do metano, produzido de maneira direta pelos animais que compõem os rebanhos, as atividades da pecuária também contribuem de maneira indireta para a produção do dióxido de carbono (CO₂). O dióxido de carbono, também denominado gás carbônico, é o principal GEE produzido por ações antrópicas desde o advento da Primeira Revolução Industrial, no século XVIII. Mesmo tendo potencial de efeito estufa consideravelmente menor em relação ao metano, o gás carbônico é o GEE mais produzido pelas atividades humanas, além de demandar um tempo maior para ser degradado no ambiente, o que faz com que estratégias para mitigação da sua produção sejam também cruciais dentro das discussões ambientais (VASCONCELOS et al., 2018).

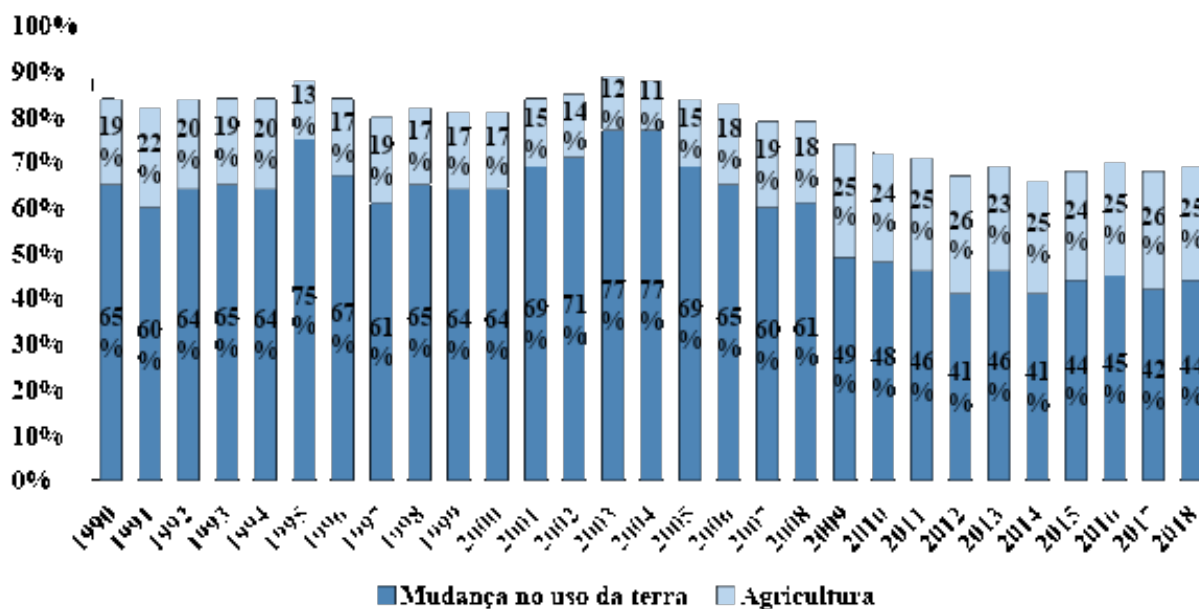
Nos países dotados de parques industriais altamente tecnológicos e diversificados, observa-se que a maior parte do gás carbônico emitido deriva deste tipo de atividade produtiva, associada ou não à emissão derivada da queima de combustíveis derivados do petróleo. No Brasil, por outro lado, constatou-se que em torno de 70% da produção de dióxido de carbono seja proveniente das mudanças no perfil de utilização da terra, com especial participação da conversão de florestas e outras vegetações naturais em pastagens, principalmente voltadas para a bovinocultura de corte (BRASIL, 2010).

O processo de substituição da flora natural por pastagens impacta na produção do gás carbônico de duas formas. Primeiramente porque, para que uma determinada faixa de terras possa ser utilizada como pastagem, se faz necessária a remoção de sua cobertura vegetal original; essa substituição, por si só, já influencia nas taxas de CO₂ da atmosfera, uma vez que ocorre a substituição de plantas maiores por pastagens consideravelmente menos densas, diminuindo a superfície de contato disponível para trocas gasosas e conseqüentemente reduzindo a captação do gás carbônico; não bastasse a já esperada queda de captação do CO₂, a estratégia mais comum para facilitação do desmatamento é a utilização de queimadas, que acabam por liberar grandes quantidades do dióxido de carbono (GARCIA; VIEIRA-FILHO, 2017). Em segundo lugar porque, além da redução de potencial de captação e da grande emissão de CO₂ pelas queimadas, o processo

de arranque da cobertura vegetal revolve o solo, expondo a matéria orgânica de suas camadas mais profundas, que, então, se torna acessível a micro-organismos decompositores têm o gás carbônico como produto residual de seu metabolismo (BRUNES; COUTO, 2017).

Historicamente, é importante ressaltar que a expansão da fronteira agrícola se valeu da pecuária como justificativa de ocupação produtiva. Tal argumento considera que a terra esteja servindo a seu propósito quando está resultando em produtos comerciáveis, ignorando, por exemplo, o papel dos biomas naturais na manutenção de um equilíbrio ecológico que, indiretamente, também é necessário para sustentar as condições ideais de plantio e de criação de gado, bem como a existência de atividades extrativistas que também têm sua importância econômica, apesar da menor escala (VIEIRA FILHO, J. E. R. 2016). As terras não destinadas às atividades da agroindústria eram encaradas, dessa forma, como “improdutivas”. Essa ideologia, associada ao advento da chamada Revolução Verde, que consistiu em um pacote de tecnologias voltadas para a otimização das cadeias produtivas da agricultura e pecuária até o seu máximo desempenho, encabeçaram o processo massivo de mudança no uso da terra, com a retirada da vegetação naturalmente instalada para implantação de cadeias produtivas da agricultura e da pecuária.

Figura 2. Participação da agricultura e das mudanças do uso da terra nas emissões de GEEs no Brasil, de 1990 a 2018.



(Fonte: SEEG, 2020)

A Figura 2 demonstra que a mudança do uso da terra nos últimos anos vem sendo a principal responsável pela emissão dos GEEs, apesar de observarmos uma queda na última década analisada. Na contramão, a participação da agricultura teve um aumento na sua participação nas emissões graças à expansão da fronteira agrícola, apesar da implantação de políticas de controle de desmatamento mais rigorosas.

1.3. O Agronegócio e os compostos nitrogenados

O nitrogênio é um elemento químico essencial para a produção de aminoácidos que posteriormente são utilizados para composição das proteínas animais e vegetais; por esse motivo, está amplamente presente tanto na agricultura quanto na pecuária, com destaque para a bovinocultura de corte, cujo objetivo principal é a produção de proteína para consumo humano, sendo componente importante de dietas tanto à base de rações quanto de pastagens e por vezes através de suplementação. No entanto, o nitrogênio fornecido aos animais não é integralmente absorvido, sendo comum a produção de resíduos nitrogenados dentro da cadeia da produção da carne bovina, sob a forma de diferentes compostos orgânicos, dentre elas o óxido nitroso (N_2O), o terceiro GEE em maior quantidade atualmente na atmosfera (MAZZETTO et al., 2016).

O óxido nitroso (N_2O) é liberado no ambiente principalmente em consequência de duas atividades relacionadas à pecuária de corte. A primeira delas, indireta, se dá pela utilização de compostos nitrogenados como fertilizantes de pastagens e culturas de grãos destinados à produção de ração. Parte desses compostos não é absorvida pelas plantas e fica disponível no solo, onde está suscetível à degradação por micro-organismos que têm o N_2O como produto metabólico, e também à queima, que é uma estratégia utilizada não apenas para expandir a fronteira agrícola, mas também para remoção das plantas entre safras. A segunda forma, considerada direta, se dá pela deposição das fezes e da urina dos animais diretamente no solo, uma vez que a dieta destes animais apresenta altas concentrações de nitrogênio visando a produção de grande quantidade de proteína, o que faz com que seus dejetos também sejam ricos em compostos nitrogenados que, ao serem liberados no solo, ficam suscetíveis à atividade microbiana de forma análoga à observada para os fertilizantes (VASCONCELOS et al., 2018).

Embora esteja proporcionalmente em menor quantidade na atmosfera quando comparado ao metano e ao gás carbônico, representando 8% do total dos GEE contra 14% e 76%, respectivamente, o óxido nitroso ainda é o terceiro gás mais presente, além de ser um dos mais potentes na retenção da radiação solar, o que faz com que a sua mitigação seja considerada tão prioritária quanto a dos outros dois gases. Ademais, a produção animal, como um todo, responde por aproximadamente 65% de todas as emissões de óxido nitroso da atmosfera, sendo a maior parte oriunda da bovinocultura de corte, tanto pela maior quantidade de animais quanto pela sua maior produção de resíduos nitrogenados em comparação às demais espécies produzidas com finalidade comercial no país (FACHINETTO; BRISOLA, 2018).

CAPÍTULO 2 – OS FRIGORÍFICOS E A GESTÃO AMBIENTAL

Neste capítulo, foram apresentados os principais aspectos relativos aos impactos ambientais das atividades desenvolvidas pelos frigoríficos e os desdobramentos destas para o meio ambiente. Está subdividido em três seções: a primeira foi destinada a situar de maneira sucinta os aspectos operacionais gerais de um frigorífico; na segunda seção, foram abordadas as políticas de mitigação de impacto ambiental em frigoríficos voltados para atendimento do mercado externo; na terceira e última seção, foi explorado o aspecto político internacional por detrás das medidas de sustentabilidade adotadas em frigoríficos.

2.1. Caracterização do setor frigorífico

A legislação brasileira é dotada de diversos dispositivos responsáveis por estabelecer padrões e regulamentar de maneira geral as diversas etapas produtivas da cadeia pecuária, sendo que o Regulamento da Inspeção e Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), originalmente publicado em 1952 e atualizado em 2017, é o principal deles, estabelecendo as diretrizes gerais para todos os produtos de origem animal, incluindo a carne bovina. De acordo com as disposições do RIISPOA:

“Art. 17. [...]

I – [...] entende-se por abatedouro frigorífico o estabelecimento destinado ao abate dos animais produtores de carne, à recepção, à manipulação, ao acondicionamento, à rotulagem, à armazenagem e à expedição dos produtos oriundos do abate, dotado de instalações de frio industrial, podendo realizar o recebimento, a manipulação, a

industrialização, o acondicionamento, a rotulagem, a armazenagem e a expedição de produtos comestíveis e não comestíveis.” (BRASIL, 2017).

As atividades desempenhadas pelos frigoríficos são controladas pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que têm como objetivo garantir que todo produto cárneo produzido no Brasil atenda aos parâmetros de identidade e qualidade estabelecidos na legislação, além de garantir bem-estar animal e segurança alimentar à população. Estas atividades são exercidas dentro dos frigoríficos pelos agentes de inspeção vinculados aos Sistemas de Inspeção Federal, Estadual e Municipal (SIF, SIE e SIM, respectivamente). A definição de qual esfera é responsável por cada frigorífico é feita de acordo com a abrangência do mercado atendido por este, sendo que os abatedouros que fornecem produtos dentro do próprio município são de competência do SIM, os que fornecem para outros municípios dentro do mesmo estado de origem do frigorífico são de competência do SIE, e os que fornecem os produtos em escala interestadual e internacional ficam sob a responsabilidade do SIF (BRASIL, 2017). Em casos excepcionais, estabelecimentos fiscalizados pelo SIM e SIE podem pleitear autorizações para comercialização além desses limites pré-estabelecidos, desde que sejam capazes de atender aos padrões tecnológicos e sanitários necessários, recebendo nesse caso o selo do SISBI-POA (Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal), que confere a estes a equivalência com os produtos inspecionados pelo SIF (BRASIL, 2020).

De acordo com as informações mais recentes do DIPOA, o Brasil possui atualmente 224 abatedouros frigoríficos voltados para carne bovina entre as três esferas do sistema de inspeção, com uma forte prevalência nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (DIPOA, 2020). Esta distribuição tem relação com uma estratégia que alia o menor custo para obtenção de matéria-prima com a conveniência de estabelecimento próximo a pólos logísticos com malhas densas de vias de transporte que facilitam a exportação (OLIVEIRA-NETO, 2018) (Figura 3).

Figura 3. Distribuição dos frigoríficos sob a inspeção do SIF no Brasil em 2022.



(Fonte: ABIEC, 2022).

Os principais estados no cenário do abate bovino são Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Goiás e Minas Gerais, nessa ordem, que somados respondem a 59,36% de todas as carcaças produzidas no Brasil. O principal sistema de manejo empregado nestes estados é a criação extensiva a pasto, em que os animais são mantidos soltos em propriedades rurais, com exceção do estado de São Paulo, no qual há predominância do sistema intensivo por confinamento, em que os animais são mantidos em instalações fechadas e de maior nível de tecnificação (IBGE, 2021) (Tabela 1).

Tabela 1. Produção de carcaças bovinas, em toneladas, por estado, para o ano de 2020.

ESTADO	QUANTIDADE PRODUZIDA (TONELADAS)	% DO TOTAL NACIONAL*
Mato Grosso	1.416.348	18,26
Mato Grosso do Sul	884.289	11,40
São Paulo	866.048	11,17
Goiás	750.068	9,67
Minas Gerais	686.939	8,86
TOTAL	4.603.692	59,36

*Percentual em relação ao total produzido para o ano de 2020.

Fonte: Adaptado de IBGE, 2021.

A Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC) estima que os estabelecimentos sob a fiscalização SIF correspondem a 53% de todas as cabeças de gado abatidas

no Brasil, que equivalem a 59% de toda a carne produzida (ABIEC, 2022). Este dado é condizente com o perfil de produção brasileiro, altamente tecnificado e com grande enfoque na exportação. As esferas estadual e municipal, somadas, respondem pelo abate de 20% do rebanho brasileiro, ao passo que os estabelecimentos não fiscalizados, que incluem propriedades rurais e subsistência e a estimativa de estabelecimentos clandestinos, respondem pelos 26% restantes (Figura 4).

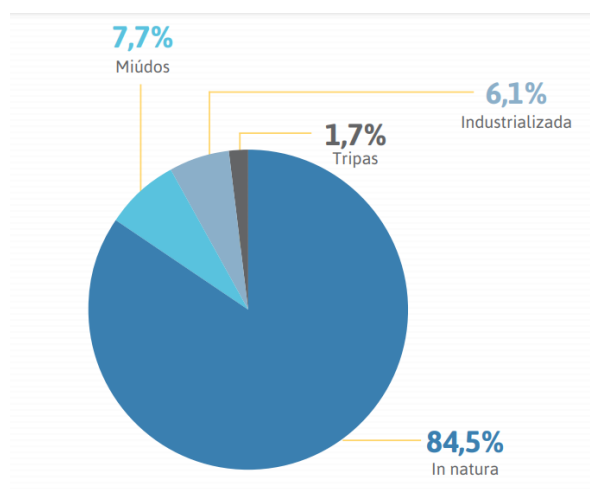
Figura 4. Distribuição dos frigoríficos brasileiros por esfera de inspeção em 2022

2021	% abate	% carne	Milhões de cabeças	Milhões de toneladas
SIF	53%	59%	20,9	5,7
SIE	16%	15%	6,3	1,4
SIM	4%	4%	1,7	0,4
Não fiscalizado	26%	23%	10,2	2,2
Total	100%	100%	39,15	9,71

(Fonte: ABIEC, 2022).

A carne fresca ou *in natura* não é o único produto da bovinocultura de corte destinado à exportação, embora seja o principal, respondendo por 85,5% de tudo que é exportado. Os frigoríficos também atendem demandas menores de exportação de miúdos (7,7%), produtos industrializados (6,1%) e tripas (1,7%) (ABIEC, 2022) (Figura 5).

Figura 5. Percentual de exportações de produtos da bovinocultura de corte, por tipo de produto.



(Fonte: ABIEC, 2022).

2.2. Políticas aplicadas nos frigoríficos exportadores e a diminuição da emissão de poluentes

Há diversos aspectos envolvidos nas diferenças entre frigoríficos submetidos à inspeção SIF, que habilita o comércio interestadual e internacional, e os demais frigoríficos. As exigências adicionais vão desde garantias de maior rigor em esterilidade de matérias-primas e equipamentos, aumentando vida de prateleira dos produtos e mantendo sua inocuidade, até padrões de bem-estar animal e aspectos socioambientais que tornem a produção do setor mais ética e sustentável (BRASIL, 2017).

A partir do início do século XXI, as pesquisas científicas da área da Ecologia adquiriram grande expressividade, fazendo com que as questões relativas à recuperação e à preservação do meio ambiente passassem a ter grande relevância nas discussões em todos os setores produtivos de todos os países do mundo, inclusive no Brasil (BOFF, 2017). O quinto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) estimou que a temperatura média da superfície terrestre deve aumentar, até a metade do século, entre 0,9 e 1,7 °C no cenário mais otimista, e entre 2,6 a 4,8 °C no cenário mais pessimista, com consequências devastadoras nas mais diferentes áreas: extinções de espécies animais e vegetais, derretimento de calotas polares, e alterações de clima que poderiam inclusive inviabilizar as atividades agropecuárias como são exercidas atualmente (IPCC, 2014). Desta forma, mesmo o crescimento da economia em escala mundial e os avanços tecnológicos nas mais diversas áreas sendo tidos como “inevitáveis”, tornou-se urgente o estabelecimento de uma estrutura que suporte crescimento de maneira mais sustentável (ARAÚJO; MENDONÇA, 2009).

As questões ambientais, a partir de então, teriam que ser incorporada a todos os sistemas produtivos, incluindo o sistema agroindustrial da bovinocultura de corte, que passou a buscar a adoção de medidas internas de mitigação de impactos ambientais, tendo sido observado que, para muito além de ser um requisito à entrada e manutenção no mercado externo, a adoção de medidas sustentáveis atrai opinião pública positiva, influenciando para melhor o desempenho das empresas que se tornam mais bem vistas pelos consumidores pelas suas práticas ambientais (FLORES; GAVRONSKI, 2016). Os frigoríficos exportadores também vêm repassando essa ideia aos fornecedores de matéria-prima, com especial destaque para os criadores de gado, dada a notória responsabilidade do setor na emissão de gases de efeito estufa (GEE), como foi apresentado no primeiro capítulo do presente trabalho (ACERO; RIANO; CARDONA, 2013).

As práticas ecologicamente sustentáveis adotadas pelos frigoríficos incluem a criação de selos de qualidade de gestão ambiental que práticas benéficas de seus fornecedores, além de criar dispositivos de monitoramento de impactos ambientais destes fornecedores e políticas de

compensação de emissão de gases, como reflorestamento, gestão de resíduos e investimento em conservação de áreas nativas pelo país (SILVA-JÚNIOR, 2017).

2.3. O impacto das pressões externas na adoção de políticas sustentáveis

O Brasil, além de possuir o segundo maior rebanho bovino e bubalino, é também o maior exportador mundial de carne e outros subprodutos bovinos do mundo desde o ano de 2018. Apenas no ano de 2021, foram exportados aproximadamente 1,9 milhões de toneladas de produtos deste setor, movimentando US\$9,2 milhões. Estes valores respondem por 9% dos 43% das exportações do Agronegócio e a 4% de tudo que foi exportado nesse período (ABIEC, 2022).

O sucesso do produto brasileiro no mercado externo tem forte relação com a grande extensão territorial e as condições climáticas propícias à criação extensiva, que apresenta menor custo produtivo, bem como programas de sanidade animal e segurança alimentar bem consolidados ao longo dos anos que permitiram conquistar a confiança externa. Este foi um dos fatores que levou ao expressivo aumento das exportações brasileiras de carne, especialmente entre os anos de 2014 e 2020 (SILVA-JÚNIOR, 2017).

Para além do aumento da demanda externa, a desvalorização da moeda nacional frente ao dólar é um fator que faz com que a remuneração ao produtor seja maior ao fornecer seus produtos ao mercado externo, o que faz com que muitos almejam conquistar este mercado e manter-se nele (MIRAS, 2021). Adicionalmente, diversas crises econômicas que vêm se acumulando desde 2014 levaram a uma diminuição do consumo de carne bovina por parte da população brasileira, que cada vez mais frequentemente se vê obrigada a substituí-la por carnes de aves e suínos, que têm menor custo, e às vezes por ovos (EXAME, 2021).

É importante frisar que, embora o maior direcionamento da produção de carne bovina para exportação possa ter aprofundado a queda do consumo interno entre 2014 e 2020, pela menor oferta contribuir para o aumento de preço, este efeito por si só não parece ser o principal, uma vez que as flutuações cambiais desse período, isoladamente, não seriam o suficiente para desencadear sozinhas este grande redirecionamento de produção do mercado interno para o externo. A perda de poder aquisitivo por parte do consumidor médio seria o principal processo, de modo que a queda de preço resultante de um eventual retorno às taxas anteriores de abastecimento interno não seria suficiente para aumento do consumo interno (MIRAS, 2021).

Desta forma, pode-se afirmar que a perda de acordos internacionais de exportação de carne e outros produtos da cadeia da bovinocultura de corte, além do óbvio prejuízo ao produtor, trariam pouco ou nenhum benefício social em termos de abastecimento do mercado interno. A partir do

momento em que a gestão de impacto ambiental se torna uma pauta central nas discussões de todos os setores produtivos, incluindo os frigoríficos, a adequação aos modelos de práticas ecologicamente corretas se torna uma estratégia essencial à sobrevivência não apenas de relações comerciais específicas como das empresas propriamente ditas (SILVA-JÚNIOR, 2017).

Hourneaux-Júnior et al. (2014) avaliou as relações entre indústrias paulistas e seus *stakeholders*, dividindo-os em dois grupos, os primários e secundários. *Stakeholders* primários são aqueles dos quais a existência de uma empresa depende de maneira expressiva, como acionistas, investidores, colaboradores, fornecedores de matéria-prima, consumidores e instâncias governamentais com poder de regulação sobre estas empresas. *Stakeholders* secundários, por sua vez, são grupos ou instituições capazes de exercer ou sofrer influência por parte da empresa sem participar diretamente de suas transações, embora apresentem capacidade de mobilizar a opinião pública de forma favorável ou contrária a uma instituição, tais como a mídia, instituições de ensino e pesquisa e Organizações Não Governamentais (ONG's) que lidem com pautas de forte apelo popular. Este modelo de gestão também se aplica de maneira bastante acurada a situação observada para os frigoríficos exportadores e as questões ambientais.

A incorporação de medidas socioambientais por parte dos frigoríficos se dá tanto pelas medidas de estímulo, conforme apresentado na seção anterior do presente capítulo, quanto de pressão institucional. Os estímulos são caracterizados como estratégias de reforço positivo, para que a incorporação da política socioambiental seja vista como vantajosa. A pressão, por sua vez, é caracterizada por sanções impostas por ocasião do não atendimento dos padrões esperados de responsabilidade ecológica (SILVA-JÚNIOR, 2017).

Para compreender medidas de pressão externa à indústria frigorífica, se faz necessário, inicialmente, conhecer os principais importadores da carne bovina (Tabela 2).

Tabela 2. Ranking dos cinco maiores importadores de carne brasileira em 2022.

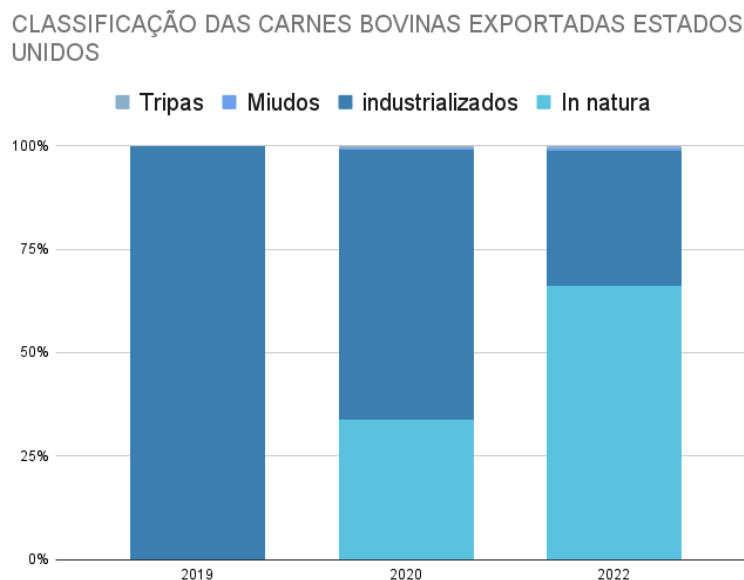
POSIÇÃO	IMPORTADOR	QUANTIDADE (Mil Toneladas Equivalente Carcaça)
1º	China	940,67
2º	Hong Kong	263,27
3º	Estados Unidos	240,43
4º	União Europeia	173,26
5º	Chile	144,16

Fonte: Adaptado de ABIEC, 2022.

Os dados fornecidos destacam os principais países que importam carne bovina brasileira, no entanto, é relevante observar que cada um deles possui diferentes políticas comerciais, éticas e sanitárias. Essas diferenças são refletidas na composição das exportações brasileiras para cada país.

As regras de exportação para a China seguem o acordo bilateral entre a Administração Geral de Supervisão de Qualidade, Inspeção e Quarentena da República Popular da China (AQSIQ) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento da República Federativa do Brasil (MAPA) que determina quais protocolos ambos os países devem seguir, em seu artigo 14 determina que apenas carne bovina in natura poderá ser comercializada. Por outro lado, os Estados Unidos importavam exclusivamente carne bovina industrializada, isso ocorria uma vez que o Brasil não podia exportar carne bovina in natura sob a alegação de contaminação pela doença da febre aftosa. Apenas as carnes processadas termicamente eram permitidas (ANTONIOLLI, 2007). Essa restrição durou até 2020 e foi revogada em comunicado realizado pelo *United States Department of Agriculture* (USDA) e pelo *Food Safety and Inspection Service* (FSIS) em fevereiro de 2020. Já as importações de Hong Kong apresentam uma distribuição diversificada, com aproximadamente 65% de carne in natura, 30% de miúdos, 3,9% de tripas e cerca de 2% de carne industrializada, de acordo com informações da ABIEC para o ano de 2022.

Figura 6. Percentual de exportações de produtos da bovinocultura de corte para os Estados Unidos, por tipo de produto.



Fonte: Adaptado de ABIEC, 2019- 2022.

Na União Europeia, historicamente, observa-se maior rigor em termos de cobrança por práticas sustentáveis, que não ficam relegadas a acordos entre entes da iniciativa privada e frequentemente são tratadas pelo próprio Parlamento Europeu. Recentemente, foi aprovada uma legislação que estabelece o banimento da importação de quaisquer produtos oriundos de áreas de desmatamento ilegal ocorrido após o ano de 2020, ficando definido um prazo até setembro de 2024 para que as empresas consigam adequar suas práticas de forma a garantir rastreabilidade da carne fornecida à UE para garantia de origem sustentável, além de serem submetidos a auditorias por geolocalização. O decreto faz menção direta aos produtos primários e derivados da bovinocultura de corte, sem margens ou brechas possíveis. Os principais países fornecedores de *commodities* agrícolas, incluindo o Brasil, serão categorizados em uma lista de acordo com o nível alto, médio ou baixo de risco de desmatamento, de acordo com a qual serão definidos o nível e as ferramentas específicas de fiscalização. As empresas ficam sujeitas a pagar uma multa de até 4% do seu faturamento anual caso seja comprovado o fornecimento de produtos oriundos de região desmatada. As autoridades europeias garantiram que são estudadas formas de contrapartida às empresas para compensar os gastos com adequações, embora nenhuma medida específica tenha sido divulgada em um primeiro momento (FINOTTI, 2023).

Em entrevista à Agência Brasil, publicada em agosto de 2023, o atual ministro da Agricultura e Pecuária Carlos Fávaro expressou seu descontentamento com as novas regras de importação da União Europeia, argumentando que estas ferem as normas da Organização Mundial do Comércio. O ministro destaca a importância em avançar na rastreabilidade e certificação no país, e acrescenta que apenas uma baixa taxa de produtores estão envolvidos em crimes ambientais. Ele enfatiza que se a UE não compreender as medidas já tomadas pelo Brasil, o país pode buscar parcerias alternativas, como fortalecer os laços comerciais com o grupo do BRICS, mencionando que nos últimos meses 26 novos mercados foram abertos para produtos agrícolas brasileiros.

Até o final do século XX, como apontado por Castro-Neto e Guimarães (2000), as relações do governo brasileiro para com outros países no que concerne a mitigação de emissão de gases e a gestão de resíduos sólidos, que são os principais pontos de impacto ambiental causados pelo setor frigorífico, eram tratados com pouco caso e por vezes de maneira aleatória, pela falta de interesse generalizada de todas as esferas envolvidas; de acordo com os autores, “apenas quando a situação torna-se extremamente calamitosa surgem estímulos para a negociação e o compromisso” (CASTRO-NETO; GUIMARÃES, 2000, p.98). Este histórico contribui para o tom duro assumido nas negociações posteriores, sendo frequente a observação de estabelecimento de políticas de

pressão como sobre taxaço de produtos que não possuam selos de responsabilidade ambiental reconhecidos internacionalmente, como o ISO 14.001, e, por vezes, até mesmo boicotes ao produto brasileiro, especialmente por parte da União Europeia (UE), quarta maior localidade a importar carne *in natura* do Brasil (GALUCHI, 2018).

A China, enquanto país que mais importa a carne brasileira, apresenta um histórico de negociações mais moderado com relação à pauta climática, em parte pelo fato de que mais de 50% do total de carne estrangeira comprada pelo país é oriundo do Brasil, um volume de demanda que nenhum outro fornecedor, atualmente, teria condições de suprir de maneira imediata a curto prazo e sem causar um desabastecimento ao consumidor final chinês, mesmo que temporário. Ainda assim, diversos esforços coletivos são observados por parte das próprias empresas, sendo o mais recente a criação de uma iniciativa denominada “*The Beef Alliance*”, em que importadores e exportadores realizam compromissos conjuntos de rastreabilidade da carne brasileira de maneira a permitir a fiscalização da adoção de medidas sustentáveis cientificamente recomendadas, em todas as etapas produtivas, com especial destaque à garantia de fornecimento de produtos que não sejam criados em propriedades estabelecidas em áreas de desmatamento ilegal (NANNINI, 2023).

As informações apresentadas no presente capítulo demonstram não apenas a importância da exportação para os frigoríficos de exportação, como também o contexto em torno das importâncias que as questões climáticas assumiram dentro do setor, clarificando a necessidade de incorporação da pauta ambiental atrelada aos indicadores econômicos buscados pelas empresas. No próximo capítulo, serão apresentadas algumas medidas tanto burocráticas quanto práticas que vêm sendo adotadas no sentido de redução de impactos da bovinocultura de corte sobre a emissão dos GEE’s, bem como as perspectivas para o futuro da questão ambiental dentro do setor.

CAPÍTULO 3 – ASPECTOS OPERACIONAIS DA SUSTENTABILIDADE NA AGROINDÚSTRIA FRIGORÍFICA

Este capítulo tem por objetivo apresentar aspectos práticos e operacionais acerca da questão da sustentabilidade dentro da cadeia frigorífica brasileira. Está organizado em 2 seções. Na primeira seção, o objetivo é apresentar diversas medidas de mitigação de impacto ambiental que foram implantadas por empresas do setor, analisando seus efeitos. Na segunda seção, por fim, o objetivo é a discussão de perspectivas futuras sobre a questão ambiental dentro desse setor.

3.1. Instrumentos de controle de impacto ambiental

É possível encontrar alguns exemplos de medidas implantadas para a redução dos impactos ambientais no setor da agroindústria da carne bovina. O trabalho de Araújo e Mendonça (2009) analisou um processo de implantação de um Sistema Integrado de Gestão visando aplicação de normas de sustentabilidade empresarial em um frigorífico abatedouro de bovinos localizado no estado de Mato Grosso do Sul, com foco na produção para exportação. O modelo de sustentabilidade empresarial se subdivide em um tripé de medidas de sustentabilidade ambiental, econômica e social. Dentro da dimensão ambiental, as medidas devem buscar proteção e preservação ambiental, uso racional de recursos renováveis, bem como gestão de resíduos e de risco dos impactos ambientais, sendo que a empresa estudada objetivou especificamente a implantação de medidas para aquisição de certificação ISO 14001, de excelência em gestão ambiental. Em termos de emissões de GEEs, foram adotadas medidas de mitigação da emissão, bem como o estabelecimento da exigência de conformidade ambiental por parte dos fornecedores, isto é, dos criadores de gado. O controle interno da emissão de GEE foi realizado por meio do estabelecimento de monitoramento anual das caldeiras do setor de tratamento das carnes e do couro por uma empresa especializada interna, em consonância com as normas exigidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com objetivo de minimização da emissão de CO₂. A empresa também realizou controle das fumaças emitidas pelos diversos veículos a diesel que transitam dentro das instalações do frigorífico, extinção das práticas de queima de resíduos a céu aberto. Para o controle de emissão de compostos nitrogenados, foi estabelecido um programa de controle de risco de vazamentos nos sistemas de refrigeração. Adicionalmente, como medida de compensação das emissões, foi implantado um programa de reflorestamento. Apesar de a indústria ainda não ser capaz de eliminar todos os resíduos e controlar todas as emissões de gases, as medidas tomadas conseguiram reduzir as emissões à menor quantidade possível. Os autores apontaram que, dentre os três planos de ação do sistema integrado implantado, as medidas de sustentabilidade

ambiental foram as que demandaram mais ações operacionais e recursos financeiros, além de demandarem um tempo de adequação de 14 meses; tais fatores, para muitas empresas, podem ser gargalos para a adesão a um modelo mais sustentável.

O trabalho de Santos, Mendonça e Mariani (2010), por sua vez, analisou as medidas de sustentabilidade adotadas por frigoríficos exportadores do estado de Mato Grosso do Sul, por meio de entrevistas semiestruturadas com gestores destas empresas. Foram analisadas cinco unidades frigoríficas. Os autores observaram que todas as empresas entrevistadas estavam com suas práticas ambientais em consonância com as disposições legais estabelecidas pelo CONAMA, embora tenham apontado que pouco era feito para extrapolar essas determinações, isto é, as empresas analisadas visam apenas atender os requisitos legais de maneira estrita, sem grandes esforços além, o que reforça a necessidade de que a legislação brasileira incorpore de maneira efetiva, com parâmetros práticos, medidas de sustentabilidade para este tipo de empresa. Dentre as medidas específicas para mitigação de emissão de GEE, foi apontado que duas das empresas estudadas possuem programa de reflorestamento para compensação de emissão de gases, uma apresenta a substituição do uso da madeira por bagaço de cana, reduzindo desmatamento e ocasionando uma queima que libera menor volume de CO₂, e duas declararam que adquirem madeira apenas de fornecedores credenciados pelo IBAMA, evitando contribuir para desmatamento ilegal que é um grande fator para a expansão indevida de fronteira agrícola. Uma das empresas entrevistadas também realiza pesquisas para processamento de gordura animal com finalidade de utilização como biodiesel para substituição do diesel de petróleo utilizado para operação de caldeiras e veículos pesados, o que também potencializa a redução de emissões de CO₂.

Em termos de impacto ambiental, o sistema de produção da carne bovina tem diversos pontos críticos de controle nos seus diversos estabelecimentos, não apenas nos frigoríficos. Além do controle das emissões diretas, os grandes frigoríficos também atuam em favor do meio ambiente quando cobram responsabilidade ecológica por parte de seus fornecedores, isto é, os criadores de gado. Nesse sentido, a pesquisa de Galuchi (2018) visou identificar práticas gerenciais utilizadas por frigoríficos de carne bovina na região da Amazônia Legal para mitigação de risco reputacional com relação às práticas socioambientais de suas fazendas fornecedoras. As cinco empresas estudadas, todas de grande porte e voltadas para exportação, utilizam-se de rigoroso sistema de cadastro e fiscalização de propriedades rurais de seus fornecedores, com base em um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) proposto por todas as unidades do Ministério Público Federal (MPF) dos estados que compõem a Amazônia Legal, com a finalidade de embargar o consumo de carne

oriunda de propriedades envolvidas em crimes ambientais e de outras naturezas. Com relação à pauta ambiental, as medidas visam embargar a compra de animais criados em terras provenientes de invasão de áreas protegidas, terras indígenas, comunidades tradicionais ou áreas públicas ilegalmente desmatadas, ou de proprietários autuados por qualquer outro crime ambiental que resulte em embargo das terras. Dessa forma, as empresas contribuem para barrar a expansão da fronteira agrícola de forma ilegal, uma vez que, não havendo compradores, não há vantagem econômica para os perpetradores destas ações, numa forma de redução indireta da emissão de gases.

3.2. O futuro da sustentabilidade no setor frigorífico

Desde que o TAC foi assinado por empresas junto ao MPF, segundo Rabello, Duarte e Couto (2021), a Marfrig, uma das principais signatárias, já foi capaz de identificar quase 5 mil fazendas na região da Amazônia Legal que estão aptas a fornecer matéria-prima, das quais mais de 3 mil já fazem parte do rigoroso sistema de controle interno da empresa, que fiscaliza todos os aspectos socioambientais previstos no TAC. O sistema ainda classifica as propriedades em cinco níveis de acordo com risco de desmatamento, do muito alto ao muito baixo, sendo que apenas 24 dessas propriedades se encontravam na zona de risco muito alto no ano de 2021, estando em constante contato com analistas da companhia, num esforço para manter os altos critérios interpostos pelos importadores dos produtos da marca. A expectativa da empresa, segundo os autores, é de que até o ano de 2030, a cadeia produtiva da empresa possa ser considerada como 100% livre de desmatamento.

O grupo JBS, além de também signatário do TAC, possui um Comitê de Sustentabilidade, dentro do qual há uma Diretoria de Relação com Pecuaristas voltada especificamente para fiscalização das propriedades rurais fornecedoras de cabeças de gado para a empresa, visando manter rigorosamente os padrões de mitigação de emissão de GEE (MARQUES, 2022).

Outra estratégia que vem apresentando bons resultados para monitoramento de emissão de GEE no setor é a aplicação de um sistema de MRV (Monitoramento, Relato e Verificação). A partir de um protocolo elaborado pela EMBRAPA e de outros centros de pesquisa, algumas empresas como a Minerva Foods e a Corteva Agriscience, buscaram aplicar um sistema de monitoramento na sua cadeia de fornecedores (SIMÕES, 2021). Um relatório preliminar apresentado à Embrapa buscou demonstrar os cálculos acerca da produção de GEE de várias fontes em 33 fazendas, das quais 22 eram ligadas à Minerva Foods e 11 à Corteva Agriscience, utilizando a ferramenta GHG

Protocolo Agro. Nesse processo, cada uma das propriedades rurais é mapeada, com a indicação de pontos de coleta e monitoramento de uso do solo que são escolhidos de acordo com características edafoclimáticas, geográficas e o histórico de uso. Além da coleta de amostras de solo, são realizados registros fotográficos por georreferenciamento com avaliação através do Sistema de Análise Temporal de Vegetação (SATVeg) para registro de quaisquer alterações e para auditoria da utilização de técnicas de baixa emissão de carbono para créditos de carbono. De acordo com as análises preliminares, a maioria das propriedades estavam sequestrando mais carbono do que emitindo, além de que todas as propriedades se encontravam abaixo da média nacional de emissão de CO₂, que é de 15,24 t.eq por cada 1000 cabeças de gado. Também foi apontado que, mesmo entre aquelas propriedades que ainda estavam emitindo mais CO₂ do que sequestrando, diversas medidas sustentáveis estão em curso e as emissões estavam em decréscimo, embora o tempo de adoção mais curto ainda não tivesse possibilitado o sequestro de taxas maiores do que as emitidas. Nesses casos, foram apontadas alternativas de aumento do sequestro de carbono, como a recuperação de áreas de preservação e reservas legais, reflorestamento e adoção de métodos de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), em que todos esses sistemas produtivos são integrados em um mesmo espaço, possibilitando que a vegetação florestal contribua para absorção dos GEE emitidos pelas atividades de agricultura e pecuária com as quais coexistem (VICENTE, 2021).

Observa-se que, para a maioria das empresas exportadoras, a postura adotada é similar às apresentadas pela Marfrig, pelo grupo JBS e pelas empresas associadas ao grupo Minerva Foods no Brasil, fortemente motivadas pela necessidade de uma vantagem competitiva como resposta à pressão de seus compradores internacionais pela oferta de produtos mais ecologicamente corretos, uma pressão que advém tanto dos indivíduos como dos governos dos principais países importadores (MARCOS et al., 2020). Para as empresas menores, voltadas para abastecimento interno, no entanto, observa-se que a preocupação ambiental se restringe puramente ao que é colocado em legislação, o que evidencia a necessidade de atualização das leis para que apontem medidas práticas mais efetivas para controle do impacto ambiental desse setor, para que seja possível visualizar uma verdadeira mudança dentro da cultura do agronegócio brasileiro, com a verdadeira incorporação da questão ambiental independente da escala de produção envolvida (GALUCHI, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho analisou a questão da sustentabilidade na cadeia produtiva da carne bovina no Brasil, por meio de um levantamento bibliográfico abrangendo desde conceitos essenciais do funcionamento do setor, até a forma como as pautas ambientais vêm se inserindo dentro deste.

A análise revelou que a bovinocultura de corte é um setor que impacta consideravelmente o meio ambiente, especialmente por responder por uma parcela considerável das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no Brasil. Tal fato faz com que medidas de controle dessas emissões sejam pauta de alto interesse público. A pressão por parte dos consumidores internos e externos, cada vez mais conscientes e exigentes sobre a responsabilidade socioambiental das marcas que consomem, bem como a pressão por parte dos principais países importadores do produto brasileiro, foram as principais forças motrizes para que as empresas do setor passassem a buscar medidas de mitigação da emissão dos GEE. A compreensão acerca dos potenciais prejuízos econômicos que podem advir da queda de desempenho de rebanhos em casos de alterações climáticas mais extremas ainda não tem protagonismo na discussão.

No que tange a implantação de práticas de medidas de mitigação de GEEs por parte da agroindústria da carne bovina, houve alguns casos de sucessos efetivos em iniciativas desse tipo. No entanto, o número relativamente baixo deste tipo de caso demonstra que se faz necessário que mais empresas se tornem adeptas à implementação deste tipo de prática para que os efeitos sejam consideráveis.

Os instrumentos principais de monitoramento da cadeia de suprimentos da indústria frigorífica se dão tanto pelo sistema de fiscalização da aplicação de legislações aplicadas pelo Ministério do Meio Ambiente sobre gestão de resíduos, quanto também pelo estabelecimento de práticas internas inerentes à cultura das próprias empresas de monitoramento de emissão de GEEs das propriedades. Nesse sentido, vale mencionar a busca por sistemas de mensuração de emissão e sequestro de gases, como colocado em sistemas MRV que permitem auditar esses níveis de maneira compatível com os mais altos padrões internacionais. As medidas de mitigação da emissão de carbono, tais como reflorestamento, restauração de áreas de preservação e implementação de sistemas integrados como o ILPF são soluções relativamente acessíveis ao produtor, no entanto, sua implantação mais ampla perpassa a necessidade de uma forte campanha de conscientização sobre importância e também sobre vantagens desse tipo de produção, uma vez que esse tipo de

informação ainda não chega tão amplamente ao produtor de pequeno e médio porte, que por vezes se atém apenas ao cumprimento da legislação meramente pelo seu caráter obrigatório.

Por fim, conclui-se que as perspectivas futuras de inclusão das práticas sustentáveis têm muito potencial para crescimento, considerando que o nível de consciência ambiental dos consumidores e dos grandes importadores segue em crescimento. Para muito além de relatórios técnicos de observatórios climáticos, já é possível observar na prática os efeitos indesejáveis das alterações climáticas ao longo dos últimos anos, o que aumenta o nível de cobrança pela responsabilidade socioambiental de empresas de todos os setores. Ainda se faz necessário pensar instrumentos legais, seja pela forma de sanções, seja pela forma de incentivos, que façam com que a implementação das práticas sustentáveis possa se tornar tão ampla quanto tem o potencial de ser.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACERO, R.; RIANO, G.; CARDONA, D. Evaluación del sistema de gestión ambiental de los frigoríficos cárnicos en Colombia. **Criterio Libre**, v.11, n.19, p.93-123, 2003.

AGÊNCIA BRASIL: Ministro diz que novas regras de importação da UE são uma afronta. Disponível em <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-08/ministro-diz-que-novas-regras-de-importacao-da-ue-sao-uma-afronta>>

ANTONIOLLI, Daniela; OZAKI, Vitor A.; DE MIRANDA, Silvia HG. Exigências dos Estados Unidos na importação de carne Avaliação das inspeções. *Revista de Política Agrícola*, v. 16, n. 1, p. 60-74, 2007.

ARAÚJO, G.; MENDONÇA, P. S. M. Análise do processo de implantação das normas de sustentabilidade empresarial: um estudo de caso de uma agroindústria frigorífica de bovinos. **Revista de Administração Mackenzie**, v.10, n.2, p.31-56, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (ABIEC). **Beef report**: perfil da pecuária no Brasil. 2022. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>>. Acesso em: 07 jul. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Estatísticas: Desempenho de Produção**. In: Central de inteligência de aves e suínos. Embrapa Suínos e Aves, 05 maio 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 09 mai. 2022.

BOFF, F. **Sustentabilidade**: o que é – o que não é. Petrópolis: Editora Vozes, 2017.

BRASIL. Decreto N°9.013, de 29 de março de 2017. **Regulamenta a Lei N°1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei N°7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção I, 30 mar. 2017. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/KujrwoTzC2Mb/content/id/20134722/do1-2017-03-30-decreto-n-9-013-de-29-de-marco-de-2017-20134698>. Acesso em: 05 ju. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa N°17, de 6 de março de 2020. **Estabelece os procedimentos para reconhecimento da equivalência e adesão ao Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SISBI-POA), do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA)**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção I, 11 mar. 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-17-de-6-de-marco-de-2020-247281167>>. Acesso em: 05 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**. Brasília: MCTI, 2010.

BRUNES, L. C.; COUTO, V. R. M. Balanço de gases de efeito estufa em sistemas de produção de bovinos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.66, n.254, p.287-299, 2017.

CASTRO-NETO, P. P.; GUIMARÃES, P. C. V. A gestão dos resíduos sólidos em São Paulo e o desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista de Administração Pública**, v.34, n.4, p.87-104, 2000.

CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil). **Panorama do Agro**. 2021. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>>. Acesso em: 10 mai. 2022.

DEPARTAMENTO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL (DIPOA). **Relatório de atividades do Serviço de Inspeção Federal**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/sif-registra-aumento-na-emissao-de-certificados-sanitarios-para-produtos-de-origem-animal/>>. Acesso em: 06 jul. 2022.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia, 2014.

DOMICIANO, L. F.; MOMBACH, M. A.; CARVALHO, P.; SILVA, N. M. F.; PEREIRA, D. H.; CABRAL, L. S.; LOPES, L. B.; PEDREIRA, B. C. Performance and behaviour of Nellore steers on integrated systems. **Animal Production Science**, v.58, n.5, p.920-930, 2018.

EXAME. **Consumo de carne no Brasil em 2021 será o menor em 25 anos**. 2021. Disponível em: <<https://exame.com/brasil/consumo-de-carne-no-brasil-em-2021-sera-o-menor-em-25-anos/>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

FACHINETTO, J. L.; BRISOLA, M. V. Evolução dos estudos sobre a produção de bovinos de corte e a emissão de gases de efeito estufa decorrente dessa atividade na região central do Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.45, n.1, p. 180-194, 2018.

FINOTTI, I. **Europa aprova lei que proíbe venda de produtos ligados a desmatamento**. Folha de São Paulo. 2023. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2023/04/europa-aprova-lei-que-proibe-importacao-de-produtos-ligados-a-desmatamento.shtml>>. Acesso em: 23 mai. 2023

FLORES, F. S.; GAVRONSKI, I. A influência da sustentabilidade sobre o desempenho exportador no mercado internacional de carne bovina. **Revista de Ciências da Administração**, v.22, n.1, p.192-225, 2016.

GALUCHI, T. P. D. **Risco reputacional em frigoríficos de carne bovina a Amazônia brasileira**. 2018. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

GARCIA, J. R.; VIEIRA-FILHO, J. E. **A questão ambiental e a expansão da fronteira agrícola na direção do Matopiba brasileiro**. Brasília: IPEA, 2017.

HOURNEAUX-JÚNIOR, F.; SIQUEIRA, J. P.; TELLES, R.; CORREA, H. L. Análise dos *stakeholders* das empresas industriais do estado de São Paulo. **Revista de Administração**, v.49, n.1, p.158-170, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores IBGE: Estatística da produção pecuária**. Disponível em:

<https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_202102caderno.pdf>. Acesso em 06 jul. 2022.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate change 2013: The physical science basis**. STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1535, 2014.

KIPERT, T. A.; MOMBACH, M. A.; CARVALHO, A. P. S.; SILVA, F. S.; PARAÍSO, J. M. N.; RODRIGUES, R. A. R.; CABRAL, L. S.; PEREIRA, D. H.; PEDREIRA, B. C. Emissão de metano e dióxido de carbono entérico de bovinos de corte em sistemas integrados de produção. In: ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AGROSSUSTENTÁVEIS, 2, 2018. **Anais...** Sinop: Embrapa Gado de Corte, 2018.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3º Ed. Santa Maria: EDUFMS, 2011.

MACHADO, F. S.; PEREIRA, L. G. R.; GUIMARÃES-JÚNIOR, R.; LOPES, F. C. F.; CAMPOS, M. M.; MORENZ, M. J. F. **Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2011.

MARCOS, J.; SANTOS, F. A. F.; STOC, A. C.; TOKARZ, B; PEREIRA, D.; BEUREN, F. H.; FAGUNDES, A. B. Sustentabilidade como vantagem competitiva: casos de sucesso. **Revista Ibirapuera**, v.1, n.1, p.47-55, 2020.

MARQUES, R. C. **Discursos sobre a sustentabilidade na pecuária bovina promovidas pelos maiores frigoríficos brasileiros: um estudo de casos múltiplos**. 2022. 113f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2022.

MAZZETTO, A. M.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J. Activity of soil microbial biomass altered by land use in the southwestern Amazon. **Bragantia**, v.75, n.1, p.79-86, 2016.

MIRAS, V. N. **O comportamento da indústria de frigoríficos habilitados para exportação de carne bovina in natura no período recente: uma aplicação do modelo Estrutura-Conduto-Desempenho**. 2021. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Instituto de Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

NANNINI, G. **Com a demanda chinesa por commodities agrícolas em ascensão, especialmente soja e carne bovina brasileiras, a destruição ambiental tem sido uma preocupação constante**. Planeta Campo. 2023. Disponível em: <<https://planetacampo.com.br/brasil-china-combate-desmatamento-carne/>>. Acesso em: 23 mai. 2023.

OLIVEIRA-NETO, A. O. O Brasil no mercado mundial de carne bovina: análise da competitividade da produção e da logística da exportação brasileira. **Ateliê Geográfico**, v.12, n.2, p.183-204, 2018.

PAUCAR, L. L. C. **Quantificação de metano entérico e metabolismo ruminal de bovinos alimentados com enzimas fibrolíticas e amilolíticas.** 2017. 81f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

RABELLO, T.; DUARTE, I.; COUTO, C. **Na Amazônia, Marfrig avança em monitoramento do gado.** 2021. Coluna Broadcast do Agro – Estadão. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,na-amazonia-marfrig-avanca-em-monitoramento-do-gado,70003832591>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

SANTOS, M. G.; MENDONÇA, P. S. M.; MARIANI, M. A. P. Sustentabilidade Ambiental: o caso dos frigoríficos exportadores de carne bovina de Mato Grosso do Sul. **Revista Científica AJES**, v.1, n.1, p.23-34, 2010.

SILVA-JÚNIOR, L. R. **Práticas de gestão e estratégias ambientais empresariais sob a perspectiva da teoria institucional:** o caso dos frigoríficos exportadores de carne bovina. 2017. 155f. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Lourenço, 2017.

SIMÕES, L. E. **Como fazendas da cadeia da carne sequestram mais carbono do que emitem?** Money Times. 2021. Disponível em: < <https://www.moneytimes.com.br/como-fazendas-da-cadeia-da-carne-sequestram-mais-carbono-do-que-emitem/>>. Acesso em: 22 mai. 2023.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES (SEEG). **Emissões por setor** – agropecuária. Disponível em: < <https://plataforma.seeg.eco.br/sectors/agropecuaria>>. Acesso em: 05 jun. 2022.

SOUZA, M. C. O.; CORAZZA, R. I. Do Protocolo de Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.42, n.1, p.120-125, 2017.

VASCONCELOS, A. L. S.; FERRÃO, G. E.; CAMARGO, P. B.; CERRI, C. E. P.; PIRES, I. C. C.; SIQUEIRA-NETO, M. Agricultura e emissões de gases de efeito estufa – estudo de casos no Brasil. **Revista Tropic Ciências Agrárias e Biológicas**, v.10, n.2, p.12-40, 2018.

VICENTE, M. 2021. **Fazendas da cadeia da carne que adotam tecnologias sustentáveis sequestraram mais carbono do que emitiram, aponta estudo.** Embrapa News.2021. Disponível em: < https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/66950834/segundo-estudo-fazendas-da-cadeia-da-carne-que-adotam-tecnologias-sustentaveis-sequestraram-mais-carbono-do-que-emitiram?p_auth=VqyyC2h0>. Acesso em: 22 mai. 2023.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas.** Texto para Discussão, 2016.