



REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

ISSN 2176-9036

Vol. 17, n. 2, Jul./Dez., 2025

Sítios: <https://periodicos.ufrn.br/index.php/ambiente>

<http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/Ambiente>

Artigo recebido em: 13.12.2023. Revisado por pares em: 10.07.2024 Reformulado em: 05.08.2024. Avaliado pelo sistema double blind review.

DOI: 10.21680/2176-9036.2025v17n2ID34846

Análise da eficiência operacional e ambiental das firmas brasileiras listadas no subsetor de carnes e derivados

Analysis of the operational and environmental efficiency of brazilian firms listed in the meat and meat products subsector

Análisis de la eficiencia operacional y ambiental de empresas brasileñas listadas en el subsector carnes y productos cárnicos

Autores

João Carlos Hipólito Bernardes do Nascimento

Doutor em Ciências Contábeis. Professor da Universidade Federal do Piauí (UFPI), nos Cursos de Ciências Contábeis, Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL), do Mestrado Profissional em Gestão Pública (MPGP) e do Mestrado Profissional em Administração Pública (PROFIAP). Endereço: Campus Ministro Petrônio Portella, Bairro: Ininga, Cep. 64049-550, Telefone: (21) 98414-3332. Identificadores (ID):

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3505-372X>

Research Gate: https://www.researchgate.net/profile/Joao_Nascimento10

Web of Science ResearcherID: F-8868-2018

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7222237836912088>

E-mail: joahipolito@ufpi.edu.br

Juliana Reis Bernardes

Mestra em Administração e Desenvolvimento Empresarial pela Universidade Estácio de Sá. Docente na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Endereço: Campus Universitário Ministro Petrônio Portella s/n - Ininga, Teresina - PI, 64049-550. Identificadores (ID):

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6158-4201>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7822008373486103>

Email: julianareis@ufpi.edu.br

Victor Manuel Reis de Matos Gamosa

Bacharelado em Ciências Contábeis na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Endereço: Campus Universitário Ministro Petrônio Portella s/n - Ininga, Teresina - PI, 64049-550. Identificadores (ID):

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1398-798X>

Email: victormn116@gmail.com

João Carlos Hipólito Bernardes do Nascimento, Juliana Reis Bernardes, Victor Manuel Reis de Matos Gamosa e Alisson Thiago de Sousa Gomes

Alisson Thiago de Sousa Gomes

Especialista em Auditoria, Graduado em Ciências Contábeis. Contador. Endereço: Av. Pedro Almeida, 60, São Cristóvão, Teresina- PI, 64052-280. Identificadores (ID):

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0965291168725203>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9898-3737>

E-mail: gomes12thiago@gmail.com

(Artigo apresentado no XIV AdCont – Congresso Nacional de Administração e Contabilidade)

Resumo

Objetivo: Investigar os níveis de eficiência Operacional e Ambiental das firmas brasileiras listadas na bolsa brasileira (B3), no subsetor de Carnes e Derivados.

Metodologia: Para tal, com dados coletados nas demonstrações contábeis e relatórios de sustentabilidade das empresas com todas as informações disponíveis para os três anos analisados (JBS S.A., Marfrig Global Foods S.A., BRF S.A. e MINUPAR Participações S.A.), utilizou-se a técnica não paramétrica de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*), com orientação ao produto e retornos constantes (*CCR output*).

Resultados: Notou-se que a Marfrig é referência em eficiência Operacional e Ambiental. A BRF demonstrou avanços em eficiência operacional, elevando o escore de 0,1% em 2020/2021 para 55,99% em 2022, no entanto, ainda distante do benchmark (Marfrig), indicando importante espaço para melhorias. A JBS alcançou 100% de eficiência operacional em 2022, mas apresentou níveis intermediários nos anos anteriores, com escores comedidos de eficiência ambiental em todo o período analisado.

Contribuições do Estudo: Ao utilizar a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA) e considerar variáveis financeiras e ambientais, o estudo oferece uma avaliação abrangente da performance dessas empresas, destacando oportunidades de melhoria na eficiência operacional e propondo estratégias sustentáveis. As análises revelam diferenças marcantes entre as empresas, evidenciando a necessidade de abordagens específicas para otimizar recursos e reduzir impactos ambientais. As descobertas contribuem significativamente para o aprimoramento da competitividade e sustentabilidade no setor de Carnes e Derivados, fornecendo insights valiosos para gestores, pesquisadores e formuladores de políticas.

Palavras-chave: Eficiência Operacional. Eficiência Ambiental. Carnes e Derivados.

Abstract

Purpose: To investigate the Operational and Environmental efficiency levels of Brazilian firms listed on the Brazilian stock exchange (B3), in the Meat and Meat Products subsector.

Methodology: To this end, with data collected in the financial statements and sustainability reports of companies with all information available for the three years analyzed (JBS S.A., Marfrig Global Foods S.A., BRF S.A. and MINUPAR Participações S.A.), the non- parametric Data Envelopment Analysis (DEA), with product orientation and constant returns (CCR output).

Results: It was noted that Marfrig is a reference in Operational and Environmental efficiency. BRF demonstrated advances in operational efficiency, increasing the score from 0.1% in 2020/2021 to 55.99% in 2022, however, still far from the benchmark (Marfrig), indicating important room for improvement. JBS achieved 100% operational efficiency in 2022, but presented intermediate levels in previous years, with moderate environmental efficiency scores throughout the analyzed period.

Contributions of the Study: By using the Data Envelopment Analysis (DEA) technique and considering financial and environmental variables, the study offers a comprehensive assessment of the performance of these companies, highlighting opportunities to improve operational efficiency and proposing sustainable strategies. The analyzes reveal striking differences between companies, highlighting the need for specific approaches to optimize resources and reduce environmental impacts. The findings significantly contribute to improving competitiveness and sustainability in the Meat and Meat Products sector, providing valuable insights for managers, researchers and policymakers.

Keywords: Operational Efficiency. Environmental Efficiency. Meat and derivatives.

Resumen

Objetivo: Investigar los niveles de eficiencia Operacional y Ambiental de las empresas brasileñas que cotizan en la Bolsa de Valores de Brasil (B3), en el subsector de Carnes y Productos Cárnicos.

Metodología: Para ello, con datos recogidos en los estados financieros e informes de sostenibilidad de las empresas con toda la información disponible para los tres años analizados (JBS S.A., Marfrig Global Foods S.A., BRF S.A. y MINUPAR Participações S.A.), se utilizó el Data Envelopment no paramétrico. Análisis (DEA), con orientación al producto y retornos constantes (salida CCR).

Resultados: Se constató que Marfrig es referente en eficiencia Operacional y Ambiental. BRF demostró avances en eficiencia operativa, aumentando el puntaje del 0,1% en 2020/2021 al 55,99% en 2022, sin embargo, aún lejos del punto de referencia (Marfrig), lo que indica un importante margen de mejora. JBS logró un 100% de eficiencia operativa en 2022, pero presentó niveles intermedios en años anteriores, con puntajes moderados de eficiencia ambiental durante todo el período analizado.

Contribuciones del Estudio: Mediante el uso de la técnica de Análisis Envolvente de Datos (DEA) y considerando variables financieras y ambientales, el estudio ofrece una evaluación integral del desempeño de estas empresas, destacando oportunidades para mejorar la eficiencia operativa y proponiendo estrategias sostenibles. Los análisis revelan diferencias sorprendentes entre empresas, destacando la necesidad de enfoques específicos para optimizar los recursos y reducir los impactos ambientales. Los hallazgos contribuyen significativamente a mejorar la competitividad y la sostenibilidad en el sector de la carne y los productos cárnicos, proporcionando información valiosa para gestores, investigadores y responsables políticos.

Palabras clave: Eficiencia Operacional. Eficiencia Ambiental. Carnes y derivados.

1 Introdução

No contexto de um mundo em constante transformação e uma crescente necessidade global por alimentos, atender a demanda de toda a população global tornou-se um desafio cada vez mais importante (D'aurea, Cardoso, Guimarães, Fernandes, Ferreira, & Reis, 2021). Nessa perspectiva, o segmento de Carnes e Derivados desempenha um papel crucial na economia global, fornecendo uma fonte essencial de alimentos, contribuindo, assim, significativamente para o crescimento econômico e a geração de emprego em muitos países (Buainain et al., 2007).

Em termos de relevância econômica, a exportação de carne bovina representa mais 3% das exportações brasileiras, o equivalente a 6% do Produto Interno Bruto (PIB) ou 30% do PIB do Agronegócio (EMBRAPA, 2023), ocupando, assim, a 6ª colocação no Ranking dos principais produtos exportados pelo Brasil (FAZCOMEX, 2023). Adicionalmente, ressalta-se que a JBS, o principal player do setor, no ano de 2021 foi responsável por cerca de 2,1% do PIB brasileiro, e por 2,73% dos empregos nacionais (JBS, 2023).

Por natureza, o Brasil detém importante potencial produtivo para carne e derivados, como a produção a pasto (Ferraz & Felício, 2010), clima favorável, solo adequado, mão de obra barata e disponibilidade de água (Buainain et al., 2007), no entanto, uma vez que o setor é bastante exposto ao ciclo da *commodity* (carne), torna-se preponderante o constante monitoramento da estrutura de custos e despesas, dado o objetivo de incrementar continuamente a eficiência operacional, de forma a estabelecer/consolidar uma vantagem competitiva sustentável.

Nessa linha, são notados, na literatura, esforços de pesquisa relacionados à investigação do nível de eficiência técnica das firmas nos setores de Energia Elétrica (Abbott, 2005), têxtil (Goyal, Singh, Kaur & Singh, 2018; e Jhaveri, Sood, & Shah, 2021), Calçadista (Jiménez, Guajala, Abril, & Miniguano, 2022), transporte ferroviário de Cargas (Marchetti & Wanke, 2017), siderurgia (Moraes & Wanke, 2019), saneamento básico (Cavalcanti, Teixeira, & Pontes, 2020; Leite, Simões, Sousa, & Souza, 2021; Kistner, Ferreira, & Kazmirczak, 2022), bancário (Friedrich, Witt, Hein, & Hein, 2021) e aéreo (Pinchemel, Caetano, Rossi, & Silva, 2022). No entanto, a despeito da relevância econômica e ambiental do subsetor de Carnes e Derivados, não foi encontrado estudo focado em investigar, especificamente, a eficiência Operacional e Ambiental das firmas brasileiras listadas nesse subsetor.

Assim, uma vez que a produção de Carnes e Derivados naturalmente demanda importante nível de consumo de recursos naturais, contribuindo de forma importante para o incremento das emissões de gases de efeito estufa, como óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) (D'aurea et al., 2021), e ponderando que as empresas desse subsetor têm impacto substancial na economia global, sendo responsáveis pela produção, processamento e distribuição de uma ampla gama de produtos de origem animal, buscou-se investigar os níveis de eficiência Operacional e Ambiental das firmas brasileiras listadas, na B3, no subsetor de Carnes e Derivados. Nessa perspectiva, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: **Quais são os níveis de eficiência operacional e ambiental das empresas de Carnes e Derivados no Brasil?**

Para tal, com dados coletados nas demonstrações contábeis e relatórios de sustentabilidade das empresas analisadas (JBS S.A., Marfrig Global Foods S.A., BRF S.A. e MINUPAR Participações S.A.), utilizou-se a técnica não paramétrica de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA), com orientação ao produto e retornos constantes (CCR output).

Em termos de relevância, inicialmente, ao identificar oportunidades de incremento da eficiência no subsetor de Carnes e Derivados por meio de uma análise sistemática e comparativa, *benchmarks* claros e *insights* estratégicos direcionados, pode-se contribuir significativamente para o aumento da competitividade, da resiliência e das vantagens competitivas das empresas analisadas, mesmo utilizando dados públicos. Além disso, outro aspecto crucial ocorre na discussão da eficiência nesse subsetor, que possui um impacto significativo no meio ambiente. O consumo de recursos naturais, a produção de resíduos e as emissões de gases de efeito estufa são, sempre, questões prementes. Atualmente, o setor é responsável por aproximadamente 17% do total de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, de acordo com o MCTI (2021). Nesse sentido, a pesquisa pode ser um importante estímulo para a adoção de práticas mais sustentáveis na indústria de Carnes e Derivados, visando à redução do impacto ambiental e à promoção da sustentabilidade do setor.

A identificação de *benchmarks*, como a Marfrig, que se destaca em eficiência ambiental, fornece exemplos de práticas bem-sucedidas que podem servir de modelo para outras empresas. Além disso, ao destacar ineficiências e áreas de melhoria, a pesquisa fornece às empresas um *roadmap* claro para aumentar sua eficiência e sustentabilidade. Empresas como a JBS, com metas ambiciosas de redução de emissões, podem utilizar os resultados para alinhar suas práticas com esses objetivos e implementar ajustes necessários. Dessa forma, o presente estudo transforma dados brutos em informações estratégicas, incentivando as empresas a adotarem práticas mais sustentáveis para se manterem competitivas e resilientes frente às crescentes demandas ambientais e regulatórias.

2 Revisão da Literatura

2.1 Caracterização das Eficiências Operacionais e Ambientais no Setor de Carnes e Derivados

A eficiência no setor de Carnes e Derivados é um tema de grande importância, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Como apresentado anteriormente, a indústria de carnes desempenha um papel significativo na economia global, com produção, processamento e distribuição de carne bovina, suína e avícola. No entanto, essa indústria também enfrenta desafios relacionados à Eficiência Operacional (EO) e Eficiência Ambiental (EA).

Manikas e John (2017) definem EO como a capacidade de um sistema de produção de alcançar seus objetivos de operacionais consumindo o mínimo de recursos (*inputs*) possíveis, levando em consideração fatores como desempenho, disponibilidade e qualidade.

Assim, no setor de Carnes e Derivados, a EO está relacionada ao desempenho produtivo, contemplando, assim, a estrutura dos custos de produção (Matéria-Prima, Mão de obra e demais custos de processamento, incluindo insumos e embalagens), e despesas, dado o interesse de incrementar as receitas operacionais. Nessa linha, para alcançar a eficiência operacional, é necessário otimizar a utilização de insumos (ração animal, água, energia e mão de obra), de forma a maximizar a produção de carne e derivados com o menor custo possível. Além disso, é importante garantir a qualidade dos produtos, além de otimizar continuamente a utilização das carcaças em subprodutos (ração, por exemplo).

Já relativo à eficiência ambiental (EA), a indústria de carnes enfrenta desafios significativos relacionados ao impacto ambiental da produção animal. A produção de carne é responsável por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa, como metano e óxido nitroso, além de ser uma das principais causas do desmatamento em algumas regiões.

Além disso, a produção intensiva de carne pode levar à contaminação do solo e da água devido ao uso de fertilizantes e pesticidas, bem como ao descarte inadequado de resíduos (Petrovic, Djordjevic, Milicevic, Nastasijevic, & Parunovic, 2015).

Para abordar esses desafios, é fundamental adotar práticas sustentáveis e tecnologias inovadoras que visem a redução do impacto ambiental da indústria de carnes. Assim, a EA relaciona-se à maximização da produção, minimizando os impactos ambientais decorrentes da operação, o que se materializa no uso mais eficiente de recursos e na redução de resíduos, com o duplo benefício de reduzir os encargos ambientais e reduzir os custos de recursos e gestão de resíduos (Pagan & Prasad, 2007).

Diante do exposto, torna-se preponderante, sobretudo para empresas do subsetor de Carnes e Derivados, a busca permanente da EO e da EA. Concluída essa breve caracterização das eficiências operacionais e ambientais no setor de carnes e derivados, a seguir é reportada a revisão da literatura empírica correlata.

2.2 Revisão da Literatura Empírica Correlata e a identificação de técnicas e variáveis relevantes

Abbott (2005) apresenta uma revisão da literatura sobre a análise de produtividade e eficiência na indústria de energia elétrica, destacando as principais conclusões e temas recorrentes. O trabalho foi motivado pelo debate sobre o impacto da regulamentação da taxa de retorno e dos controles ambientais na geração de eletricidade, bem como pela percepção de desaceleração do crescimento da produtividade na indústria a partir do final dos anos 1960. O artigo também discute a reestruturação das empresas de energia elétrica em todo o mundo, incluindo a introdução da concorrência no mercado de eletricidade no atacado e no varejo. O estudo destaca ainda a importância da regulamentação, a influência das economias de escala e das mudanças tecnológicas na geração de eletricidade, e a eficácia das medidas de reestruturação das empresas de energia elétrica em todo o mundo. Por fim, ao discutir as diferentes metodologias utilizadas para avaliar a produtividade e eficiência das empresas de energia elétrica, Abbott (2005) conclui que as principais metodologias para avaliar a estimação da eficiência das empresas de energia elétrica são Análise de Fronteira Estocástica (AFE) e a DEA.

Joo, Nixon e Stoeberl (2011) propõem um *framework* para a seleção de variáveis em análises de eficiência de empresas de capital aberto, usando a técnica DEA, tendo, como output, retorno sobre ativos (ROA). O *framework* proposto pelos autores é composto por quatro etapas: (1) identificação das variáveis relevantes; (2) seleção das variáveis mais importantes para o setor em específico; (3) Estimação do escore de eficiência técnica utilizando a técnica DEA; e (4) validação dos resultados encontrados. Na primeira etapa, os pesquisadores devem identificar todas as variáveis relevantes para a análise de eficiência, incluindo variáveis financeiras, operacionais e outras variáveis relevantes para o setor em análise. Na segunda etapa, os pesquisadores devem selecionar as variáveis mais importantes usando uma abordagem de Análise de Componentes Principais (ACP).

Na terceira etapa, os pesquisadores devem realizar a análise da eficiência técnica usando a técnica DEA. Por fim, na quarta e última etapa, os pesquisadores devem validar os resultados da análise de eficiência usando técnicas estatísticas, como a análise de regressão, de forma a aumentar a robustez e confiabilidade dos resultados alcançados. Joo, Nixon e Stoeberl (2011) concluem que o *framework* proposto é aplicável a vários estudos, setores e contextos, sendo, nesse aspecto, de grande relevância para a promoção de estudos correlatos.

Nielsen (2017), também utilizando a técnica DEA, compara a eficiência produtiva no setor de ferro e aço em países com sistemas de planejamento central (antiga Tchecoslováquia e China) e baseados no mercado, usando, como variáveis, o “uso de energia” e “matéria-prima (carvão, ferro e sucata)” e o “volume de produção”. Em termos de resultados, notou-se que: a) a eficiência energética e produtiva no setor de ferro e aço melhorou significativamente na China e na antiga Tchecoslováquia ao longo do tempo; b) a técnica DEA mostrou que a Tchecoslováquia estava na fronteira de eficiência em relação a outros países produtores de aço, como os Estados Unidos e a Suécia, em 1973; c) a produção de ferro-gusa foi mais homogênea entre os países do que a produção de aço, o que permitiu uma melhor comparação entre os países; e d) a supervisão e monitoramento contínuos são necessários para garantir a eficiência no setor de ferro e aço da China.

Goyal, Singh, Kaur e Singh (2018) investigaram os níveis de eficiência da indústria têxtil indiana listadas no S&P BSE 500 (bolsa de valores indiana), utilizando 5 (cinco) *inputs* (Número de trabalhadores, Ativos fixos, Matérias-primas, Despesas com Energia elétrica e Água) e 5 (cinco) *outputs* (Produção de fios, Produção de tecidos, Faturamento Líquido, Valor adicionado e Lucro Líquido). Os resultados indicaram que a indústria têxtil indiana apresenta comedido nível de eficiência técnica, apresentando, nesse ponto, importante escopo de melhoria em termos de eficiência. Os autores destacam ainda a existência de diferentes funções de produção entre os subsetores da indústria analisada, sendo que o setor de confecções encontrava-se mais próximo da fronteira de eficiência, seguida por algodão e fios mistos, fibras sintéticas, tecidos e outros.

Também com foco na avaliação da eficiência técnica das empresas têxteis listadas no S&P BSE 500, Jhaveri, Sood e Shah (2021), analisando uma série longitudinal de 11 anos com todas as 13 firmas listadas, e usando, como inputs os custos de produção, as despesas operacionais e a remuneração dos funcionários, e, como output, Lucros antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização (EBITDA), concluíram que: a) das 13 unidades analisadas, apenas duas unidades têxteis estavam operando em nível ótimo de eficiência; e b) na validação dos resultados encontrados (etapa 4 proposta por Joo, Nixon & Stoeberl, 2011), por meio da análise de regressão, foram obtidos indícios de que um aumento na remuneração do funcionário associava-se positivamente no aumento no EBITA, pois, segundo os autores, o incremento na remuneração contribuiria, positivamente, na satisfação no trabalho. Esse último resultado se mostrou relevante ao reforçar *insights* da relação positiva entre remuneração dos funcionários e aumento da eficiência técnica dos negócios, um aspecto central nas decisões de planejamento de recursos.

Com uma amostra composta por empresas manufactureiras do setor calçadista da zona 6 do Equador no período 2013-2018, Jiménez, Guajala, Abril e Miniguano (2022) realizaram uma análise econométrica para determinar a relação entre a eficiência técnica e outras variáveis de estudo. Utilizando a técnica DEA, os autores observaram que apenas 33% das entidades analisadas mostraram-se eficientes, enquanto 67% das empresas são ineficientes. A análise do modelo econométrico mostrou que a variável matéria-prima é diretamente proporcional à eficiência técnica, com nível de confiança de 95%, enquanto a capacidade instalada e o coeficiente de localização são inversamente proporcionais com nível de confiança de 90%.

No contexto nacional, Marchetti e Wanke (2017) analisaram a eficiência do transporte ferroviário de carga no Brasil entre os anos de 2010 e 2014, usando a técnica DEA (em ambos os modelos, BCC e CCR), para avaliar a eficiência dos concessionários ferroviários brasileiros. O artigo conclui que a eficiência do transporte ferroviário de carga no Brasil é baixa, havendo, esse ponto, espaço para significativas melhorias. Além disso, o estudo sugere que a introdução

de novas regulamentações competitivas pode melhorar a eficiência do transporte ferroviário de carga no Brasil.

Moraes e Wanke (2019), utilizando o modelo Malmquist de DEA de dois estágios, avaliaram como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) impacta no desempenho da indústria siderúrgica. Em termos de resultados, os autores não conseguiram identificar impacto positivo dos empréstimos do BNDES na eficiência das firmas no período recente, especificamente quanto à redução do hiato de eficiência por meio de eventual efeito Mudança Técnica.

Boente e Lustosa (2020) utilizaram a técnica DEA e a modelagem de equações estruturais aplicada a um painel balanceado (período de 2010 a 2014) composto por uma amostra de 62 distribuidoras de energia elétrica que operam no Brasil. As variáveis utilizadas para o cálculo do indicador de eficiência foram aquelas previstas no modelo da Aneel com três saídas e uma entrada (Resoluções nº 457, de 09 de novembro de 2011, nº. 640, de 16 de dezembro de 2014, e nº 660, de 28 de abril de 2015), a saber: a) *inputs* = custos contábeis praticados pelas distribuidoras; e b) *outputs*: número de unidades consumidoras; volume de energia distribuída; e densidade da rede. O estudo concluiu que os construtos sistema de informação, sistema estrutural, sistema de gestão e sistema sociocultural afetam a eficiência técnica do setor analisado.

Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020) analisaram o nível de eficiência técnica das empresas que realizam a gestão integrada do saneamento básico em 1628 brasileiros, nos anos de 2008 e 2016. Utilizando a metodologia *Multiple Data Envelopment Analysis* (M-DEA), uma extensão da técnica DEA, os resultados evidenciam que as empresas analisadas podem aumentar seus resultados operacionais e cobertura de atendimento em mais de 60%, dados os atuais níveis de infraestrutura, recursos humanos e financeiros do setor. As evidências encontradas fornecem indícios para subsidiar a gestão do saneamento no país no nível microanalítico, possibilitando uma melhor posição competitiva do setor para a gestão integrada do saneamento básico e sua universalização no Brasil.

Leite, Simões, Sousa e Souza (2021), utilizando as técnicas DEA, com o objetivo de identificar as Unidades de Tomada de Decisão (DMU) e determinar os pontos a serem evoluídos em termos de eficiência, e a regressão Tobit, para avaliar as variáveis de impacto na eficiência, avaliaram a eficiência do serviço de Internet das principais operadoras de telefonia móvel do Brasil. Os resultados do estudo apontaram que o modelo proposto é válido para avaliar a eficiência técnica, sendo notado que as variáveis IDH, bem como o modelo de gestão, representados pelas operadoras são as variáveis de maior impacto para a eficiência. A região Sudeste representada, principalmente, por São Paulo e Rio de Janeiro são responsáveis pelas maiores eficiências relativas.

Analisando uma rede de 56 agências bancárias, em 49 municípios, Friedrich, Witt, Hein e Hein (2021) avaliaram a eficiência técnica das agências, usando, como *inputs* o número de empregados e de clientes, despesas totais, PIB do município, número de agências concorrentes, e, com *output*, a margem de contribuição por produto, de tarifas e média por cliente, receita líquida. Utilizando a técnica DEA com foco em produto e retornos variáveis (BCC-VRS output), os autores concluíram que 22 agências foram consideradas eficientes e 34 não eficientes, indicando menor nível de preparação para competir com os novos players do mercado. Adicionalmente, os autores realizaram análise pontuais para o delineamento de estratégias para melhoria das agências com eficiência inferior a 70%, tendo, como *benchmark*, o melhor desempenho entre as agências avaliadas.

Kistner, Ferreira e Kazmirczak (2022) compararam a eficiência das empresas públicas

e privadas de saneamento da Região Sul brasileira. Também se utilizando da técnica DEA, com coleta do *input* (Investimentos gerais em Reais/ano) e dos *outputs* (População atendida pelo abastecimento de água, Quantidade de municípios atendidos, Quantidade de Estações de Tratamento de água, Quantidade de empregados, Receita Líquida Proveniente de Água e Quantidade de economias de água atendidas), no período de 2016 a 2018, os autores concluíram pela existência de heterogeneidade do nível de eficiência no período, com as entidades estatais apresentando importante dificuldade na universalização do saneamento básico apenas com investimentos públicos, sugerindo, assim, a necessidade da implantação de parcerias com entidades privadas, comprovando a importância da revisão no quadro de atuação no setor e no atual plano de saneamento brasileiro.

Pinchemel, Caetano, Rossi e Silva (2022) investigaram a relevância de alguns indicadores de desempenho na gestão e eficiência operacional de companhias aéreas. Utilizando de uma regressão de dados em painel (período de 2009 a 2017) referente às quatro maiores companhias aéreas brasileiras (Avianca, Azul, Gol e Latam), os autores notaram que a eficiência operacional é alcançada quando há uma maior oferta de rotas e frequência de voos para atender à demanda de passageiros, gerando maior receita por passageiro-quilômetro (RPK). Adicionalmente, notou-se que voos de curta duração e o número reduzido de decolagens afetam negativamente a eficiência operacional em função do alto consumo de combustível e a baixa eficiência energética das aeronaves.

Assim, pode-se perceber que a literatura analisada apresenta como grande similaridade a utilização da técnica DEA para avaliar a eficiência técnica em diferentes setores industriais, abrangendo desde a indústria de energia elétrica até os setores têxtil, siderúrgico, calçadista, bancário, de saneamento básico e de companhias aéreas. A DEA é amplamente adotada para calcular a eficiência em relação a *inputs* e *outputs* específicos, possibilitando identificar, assim, as firmas mais eficientes em relação aos seus pares.

Além disso, alguns estudos também enfatizam a importância de determinadas variáveis, como a estrutura de custos e despesas, investimento realizado (ativo circulante, ativo permanente, CAPEX, etc), número e remuneração dos funcionários, que podem impactar positivamente a eficiência dos negócios. A diversidade dos setores e abordagens metodológicas reforça a relevância e versatilidade da DEA como uma ferramenta útil para a análise de eficiência técnica em diferentes contextos empresariais.

3 Metodologia da pesquisa

A presente pesquisa é classificada quanto à Natureza, Objetivos, Procedimentos e Abordagem, conforme Lakatos e Marconi (2010). Quanto à sua Natureza, a classifica-se como Pesquisa Aplicada, uma vez que busca aplicar os conhecimentos e resultados obtidos na pesquisa para contribuir à solução de problemas relacionados ao subsetor de Carnes e Derivados (eficiência). Quanto aos Objetivos, compreende-se como uma pesquisa de abordagem Exploratória, tendo em vista que se propõe a alcançar maior familiaridade com o tema no setor específico, a fim de proporcionar uma compreensão mais aprofundada das questões relacionadas à eficiência operacional e ambiental das empresas do subsetor.

Relativo aos Procedimentos necessários para o alcance dos objetivos delineados, a pesquisa foi operacionalizada através da Análise Documental das Demonstrações Contábeis e relatórios de sustentabilidade das empresas listadas no subsetor de Carnes e Derivados, abrangendo um período de três anos (2020 a 2022). A adoção dessa abordagem possibilitou coletar as variáveis sobre o desempenho operacional e ambiental das empresas, possibilitando,

assim, a condução da avaliação da eficiência das empresas do setor. Por fim, foi adotada uma abordagem quantitativa na análise dos dados, utilizando a técnica não paramétrica de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*) com orientação ao produto e retornos constantes (*CCR output*), a fim de mensurar a eficiência operacional e ambiental das firmas brasileiras.

Pautada na programação linear, a técnica não paramétrica DEA possibilita calcular a fronteira eficiente (“melhores práticas”) da amostra analisada (Farrell, 1957), possibilitando, assim, avaliar o desempenho relativo das empresas em relação a um conjunto de variáveis de entrada (*inputs*) e saída (*outputs*) (Joo, Nixon, & Stoeberl, 2011).

A técnica DEA possui duas abordagens clássicas: os Retornos Constantes de Escala (*Constant Returns to Scale - CRS*), também conhecidos como CCR (desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodese), aplicados quando uma alteração no *input* é seguida por uma modificação proporcional no *output*; e os Retornos Variáveis de Escala (*Variable Return to Scale - VRS*), também chamados de BCC (dos autores Banker, Charnes e Cooper), utilizados quando um aumento no *input* não necessariamente resulta em um aumento proporcional no *output* (LINS; MEZA, 2000). Na abordagem CCR, as Unidades de Tomada de Decisão (DMU) são comparadas independentemente do tamanho de cada uma, pressupondo que operam em escala ótima (HAAS, 2003), o que razoável para o propósito da presente pesquisa, que investiga a eficiência de empresas de capital aberto (que demanda operações operando em nível ótimo).

Após a escolha da abordagem, faz-se necessário determinar se a estimação será orientada aos *inputs*, quando o objetivo é maximizar o produto (no caso EBITDA), ou orientada aos *outputs*, quando se busca minimizar a quantidade dos insumos necessários para a produção (MACEDO; ALMEIDA, 2009). Nesse contexto, com o objetivo de otimizar a eficiência técnica, ou seja, minimizar a quantidade dos insumos necessários para alcançar a eficiência Operacional e Ambiental, optou-se por utilizar o modelo BCC orientado ao *output*.

Segundo Joo, Nixon e Stoeberl (2011), para a efetividade plena da técnica DEA, é imprescindível que os pesquisadores utilizem variáveis coerentes com o setor/contexto analisador, assim, pautado na literatura prévia. Nesse ponto, dado o objetivo de investigar o nível de eficiência Operacional (modelo 1) e Ambiental (modelo 2) das firmas brasileiras listadas no subsetor de Carnes e Derivados, foram coletadas as seguintes variáveis, conforme apresentado nas Figuras 1 e 2:

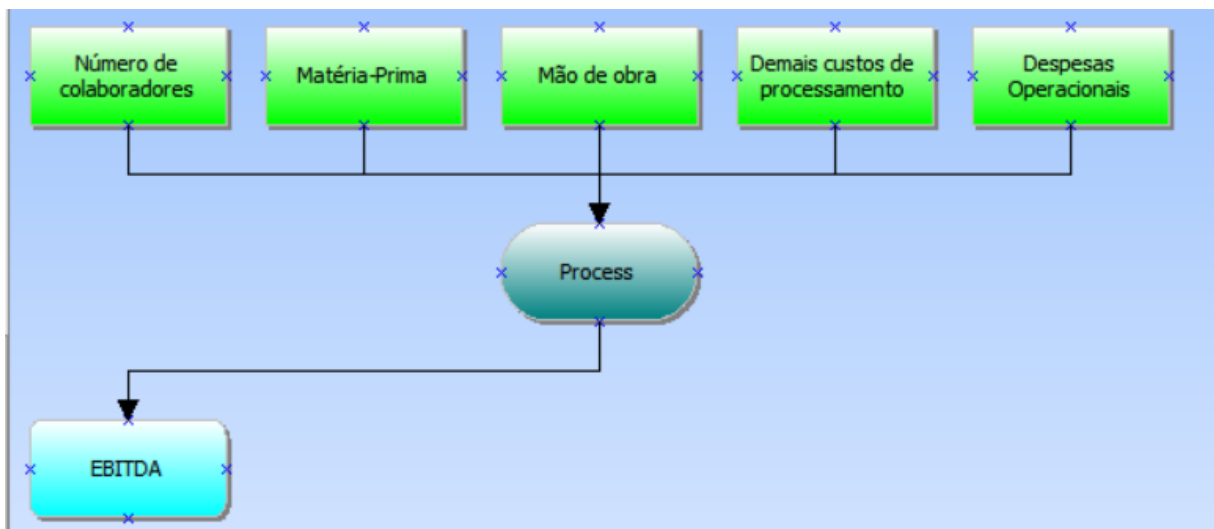


Figura 1 Modelo 1 - Eficiência Operacional

Fonte: dados da pesquisa.

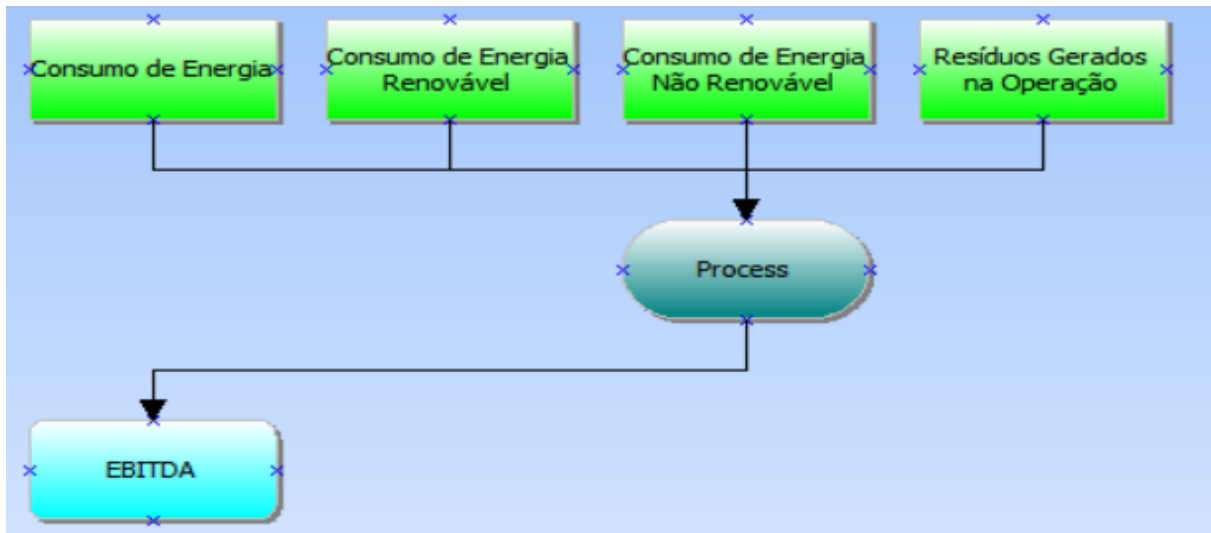


Figura 2 Modelo 2 - Eficiência Ambiental

Fonte: dados da pesquisa.

Para o Modelo 1 – Eficiência Operacional (Figura 1), os *inputs* incluem o Número de Colaboradores, Matéria-Prima, Mão de Obra, Demais Custos de Processamento e Despesas Operacionais, enquanto o *output* é o EBITDA. A escolha desses *inputs* é sustentada por estudos como o de Jhaveri, Sood e Shah (2021), que destaca a relação entre número de colaboradores e produtividade operacional, e Jiménez, Guajala, Abril e Miniguano (2022), que utiliza Matéria-Prima como input. O EBITDA é empregado como *output* devido à sua capacidade de refletir a eficiência econômica, conforme evidenciado por Jiménez, Guajala, Abril e Miniguano (2022).

Já para o Modelo 2 – Eficiência Ambiental (Figura 2), a seleção das variáveis de *inputs*, que incluem Consumo de Energia Renovável, Consumo de Energia Não Renovável e Resíduos Gerados, é fundamentada na premissa de que essas variáveis refletem efetivamente aspectos chave da sustentabilidade e do impacto ambiental. Embora não tenha sido encontrados estudos exatos sobre o setor de Carnes e Derivados, as variáveis escolhidas são apoiadas por pesquisas anteriores que tratam da eficiência operacional e ambiental em contextos semelhantes. Essa abordagem permite uma análise detalhada e prática da eficiência ambiental, alinhada com os desafios e práticas do setor.

Para a coleta das variáveis, foram acessadas as demonstrações contábeis e relatórios de sustentabilidade das empresas no site da CVM (<https://cvmweb.cvm.gov.br/SWB/Sistemas/SCW/CPublica/CiaAb/FormBuscaCiaAb.aspx?TipoConsult=c>), com as informações das variáveis coletadas disponíveis para os três anos analisados. Nesse ponto, não foram encontradas as informações relativas à empresa Minerva Foods (BEEF3), remanescendo, assim, 4 (quatro) empresas, a saber: JBS S.A.; Marfrig Global Foods S.A.; BRF S.A.; e MINUPAR Participações S.A..

4 Análise dos dados

4.1 Análise Descritiva dos Dados

Na Tabela 1 são reportados os valores brutos e as estatísticas descritivas das variáveis trabalhadas no modelo 1 (Eficiência Operacional):

Tabela 1

Valores Brutos e Estatísticas Descritivas do modelo 1 (Eficiência Operacional)

Ano	Firmas	Inputs					Output
		Número de colaboradores	Matéria-Prima	Mão de obra	Demais custos de processamento	Despesas Operacionais	EBITDA
2020	JBS	243.918	R\$ 168.739.416.750,00	R\$ 25.198.419.568,00	R\$ 31.048.052.682,00	R\$ 24.715.228.000,00	R\$ 28.287.021.000,00
	Marfrig	32.010	R\$ 44.607.960.800,00	R\$ 5.575.995.100,00	R\$ 5.575.995.100,00	R\$ 3.867.719.000,00	R\$ 9.248.125.000,00
	Minupar	2.887	R\$ 34.859.000,00	R\$ 53.113.000,00	R\$ 15.995.000,00	R\$ 2.041.150.000,00	R\$ 44.283.000,00
	BRF	101.009	R\$ 21.619.848.000,00	R\$ 4.046.054.000,00	R\$ 4.332.920.000,00	R\$ 6.624.085.000,00	R\$ 5.241.171,00
2021	JBS	247.745	R\$ 210.253.315.664,00	R\$ 29.589.099.904,00	R\$ 44.668.160.432,00	R\$ 33.914.882.000,00	R\$ 41.205.362.000,00
	Marfrig	31.779	R\$ 54.550.290.400,00	R\$ 6.818.786.300,00	R\$ 6.818.786.300,00	R\$ 4.589.462.000,00	R\$ 14.194.877.000,00
	Minupar	2.822	R\$ 48.228.000,00	R\$ 67.044.000,00	R\$ 22.247.000,00	R\$ 2.609.606.000,00	R\$ 61.921.000,00
	BRF	100.131	R\$ 29.279.943.000,00	R\$ 4.280.574.000,00	R\$ 4.617.092.000,00	R\$ 7.155.909.000,00	R\$ 5.756.141,00
2022	JBS	240.000	R\$ 239.368.507.752,00	R\$ 43.836.920.392,00	R\$ 32.168.099.856,00	R\$ 34.841.868.000,00	R\$ 34.429.519.000,00
	Marfrig	32.000	R\$ 75.713.087.210,00	R\$ 9.597.433.590,00	R\$ 21.327.630.200,00	R\$ 8.097.361.000,00	R\$ 15.291.650.000,00
	Minupar	2.729	R\$ 54.321.000,00	R\$ 69.854.000,00	R\$ 137.325.000,00	R\$ 3.314.182.000,00	R\$ 50.943.000,00
	BRF	96.227	R\$ 34.930.469,00	R\$ 4.690.868,00	R\$ 6.051.039,00	R\$ 8.268.941.000,00	R\$ 2.855.416,00
	Média	94.438	R\$ 70.358.725.670,42	R\$ 10.761.498.726,83	R\$ 12.561.529.550,75	R\$ 11.670.032.750,00	R\$ 11.902.296.144,00
	Desvio	97.245	R\$ 86.652.568.134,12	R\$ 14.291.882.301,20	R\$ 15.588.676.665,30	R\$ 12.164.599.295,54	R\$ 15.088.583.038,20
	Mínimo	2.729	R\$ 34.859.000,00	R\$ 4.690.868,00	R\$ 6.051.039,00	R\$ 2.041.150.000,00	R\$ 2.855.416,00
	Máximo	247.745	R\$ 239.368.507.752,00	R\$ 43.836.920.392,00	R\$ 44.668.160.432,00	R\$ 34.841.868.000,00	R\$ 41.205.362.000,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme Tabela 1, em média, o número de colaboradores das empresas do setor é de 94.438, com um desvio padrão de 97.245, indicando uma grande variabilidade nessa variável. O valor mínimo registrado é de 2.729 colaboradores (ocasionada pela Minupar), enquanto o máximo atinge 247.745 colaboradores (JBS), demonstrando que há uma grande disparidade na quantidade de funcionários entre as empresas analisadas.

Quanto aos *inputs* financeiros, as médias de investimento das empresas em Matéria-Prima, Mão de Obra, Demais Custos de Processamento e Despesas Operacionais foram, respectivamente, de cerca de R\$ 10.761.498.726,83, R\$ 12.561.529.550,75, R\$ 11.670.032.750,00 e R\$ 11.902.296.144,00. Os desvios padrão também são significativos, indicando que os investimentos dessas empresas em diferentes áreas variam consideravelmente.

Além disso, em relação ao output EBITDA, que representa a medida de lucratividade operacional, a média para as empresas do setor é de aproximadamente R\$ 11.902.296.144,00, com um desvio padrão de R\$ 15.088.583.038,20, indicando diferentes níveis de eficiência operacional ao longo dos anos analisados.

Ressalta-se que a grande variação nas variáveis decorre das diferenças no tamanho das entidades, o que levanta preocupações sobre a pertinência de comparar empresas tão distintas sem controle do tamanho. No entanto, a abordagem CCR utilizada no modelo DEA permite a comparação das DMUs independentemente do tamanho, pressupondo que operam em escala ótima (Haas, 2003). Esta metodologia é apropriada, pois todas as empresas analisadas são de capital aberto e operam sob rigorosos padrões de eficiência, maximizando sua performance.

A variação significativa nas variáveis é explorada pelo modelo DEA para identificar ineficiências e oportunidades de melhoria. O objetivo é avaliar a eficiência relativa, permitindo que cada empresa seja avaliada com base no desempenho ótimo esperado para sua estrutura específica. Essa análise fornece insights valiosos sobre a eficiência operacional e ambiental das

empresas no setor de Carnes e Derivados, justificando a escolha das variáveis e a metodologia aplicada.

Na Tabela 2, a seguir, reportam-se os valores brutos e as estatísticas descritivas das variáveis do modelo 2 (Eficiência Ambiental):

Tabela 2

Valores Brutos e Estatísticas Descritivas do modelo 2 (Eficiência Ambiental)

Ano	Firmas				Output	
		Consumo de Energia Renovável	Consumo de Energia Não Renovável	Resíduos Gerados na Operação	EBITDA	
2020	JBS	R\$ 32.225.506,20	R\$ 39.386.729,80	R\$ 1.946.217,00	R\$ 28.287.021.000,00	
	Marfrig	R\$ 894.884,00	R\$ 1.832.458,00	R\$ 264.490,00	R\$ 9.248.125.000,00	
	BRF	R\$ 6.960.281,99	R\$ 1.395.733,25	R\$ 287.043,07	R\$ 5.241.171,00	
2021	JBS	R\$ 31.662.467,35	R\$ 41.971.177,65	R\$ 2.019.636,00	R\$ 41.205.362.000,00	
	Marfrig	R\$ 1.091.974,00	R\$ 2.672.789,00	R\$ 283.000,00	R\$ 14.194.877.000,00	
	BRF	R\$ 7.061.228,90	R\$ 1.410.702,55	R\$ 280.591,57	R\$ 5.756.141,00	
Média		13.316.057	14.778.265	846.830	15.491.063.719	
Desvio		14.679.173	20.084.578	880.356	16.402.569.881	
Mínimo		894.884	1.395.733	264.490	5.241.171	
Máximo		32.225.506	41.971.178	2.019.636	41.205.362.000	

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 2 apresenta os valores brutos e estatísticas descritivas do modelo 2, relacionado à Eficiência Ambiental das empresas do subsetor de Carnes e Derivados, nos anos 2020 e 2021 (pelo fato da JBS S.A. não ter publicado, até o final de julho de 2023, o Relatório de Sustentabilidade, só foi possível analisar apenas esses dois anos). É possível notar que Consumo de Energia Renovável apresentou média de 13.316.057 Gigajoule (GJ), com um desvio padrão de 14.679.173 GJ, indicando uma diversidade significativa na utilização de fontes de energia renováveis pelas empresas. Já o Consumo de Energia Não Renovável apresentou uma média de aproximadamente 14.778.265 GJ, com um desvio padrão de 20.084.578 GJ, demonstrando que algumas empresas ainda dependem fortemente de fontes não renováveis para suas operações.

Quanto aos Resíduos Gerados na Operação, a média foi de cerca de 846.830 toneladas, com um desvio padrão de 880.356 toneladas, evidenciando, mais uma vez, diferenças significativas na gestão de resíduos entre as empresas. Por fim, em relação ao *output* EBITDA (das 3 empresas analisadas nesse período de 2 anos), a média para as empresas analisadas foi de aproximadamente R\$ 15.491.063.719,00, com um desvio padrão de R\$ 16.402.569.881,00.

Concluída essa breve análise descritiva, seguiu-se para a estimação dos níveis de eficiência Operacional e Ambiental das empresas analisadas.

4.2 Análise da Eficiência Operacional e Ambiental

Na Tabela 3, a seguir, são reportados, ano a ano, por modelo (Eficiência Operacional e Ambiental), os escores estimados.

Tabela 3*Estimação dos escores de Eficiência Operacional e Ambiental*

Unit name	Eficiência Operacional			Eficiência Ambiental	
	2022	2021	2020	2021	2020
BRF	55,99	0,1	0,1	0,1	0,1
JBS	100	74,9	80,4	40,7	41,6
Marfrig	100	100	100	100	100
Minupar	100	100	100	*	*

Nota: * valores não calculados em decorrência do não reporte, por parte da Minupar, das informações necessárias para estimação do escore de eficiência Ambiental.

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme Tabela 3, em termos de Eficiência Operacional, pode-se notar que, nos anos de 2020 e 2021, a empresa BRF apresentou um escore de eficiência operacional de 0,1, o que indica que ela utilizou apenas 1% dos recursos disponíveis de forma eficiente. Já as empresas Marfrig e Minupar obtiveram um escore de 100% para os 3 (três) anos analisados, demonstrando que elas utilizaram os recursos de maneira plenamente eficiente no período. Por outro lado, a empresa JBS apresentou melhora significativamente no período, alcançando o escore de 100% de eficiência no ano de 2022.

A empresa BRF, no ano de 2022, apresentou uma importante melhoria na eficiência operacional, alcançando o escore de 55,99, no entanto, o indicador ainda é comedido, indicando baixa eficiência operacional, quando comparado aos concorrentes. Nesse ano em específico, tudo o mais constante, para que a BRF alcançasse 100% de eficiência operacional (equiparando-se às demais empresas do setor), ela teria que: a) reduzir em -14,49% os gastos com Matéria-Prima; ou b) reduzir em -99,95% as despesas operacionais; ou c) reduzir em -99,98% o Número de colaboradores; ou d) incrementar em 78,62% o EBTIDA.

Apesar de o cenário isolado de corte de gastos ou aumento do EBITDA apresentar importantes desafios, a empresa BRF demonstrou um notável avanço na eficiência operacional em 2022, alcançando um escore de 55,99, conforme apresentado anteriormente. Ainda que esse indicador ainda seja comedido, quando comparado aos concorrentes do setor, a empresa pode trabalhar em várias frentes para aprimorar sua eficiência.

A DEA é uma técnica que mede a eficiência relativa das DMUs comparando-as com as melhores práticas observadas no conjunto de dados. A variação dos escores de eficiência operacional entre os anos de 2021 e 2022, como observado no caso da BRF, de 0,1% para 55,99%, pode ser atribuída a diversos fatores. Primeiramente, a empresa pode ter implementado melhorias operacionais significativas, como a redução de custos, o aumento de produtividade ou a adoção de novas tecnologias, resultando em uma utilização mais eficiente dos recursos.

Além disso, a DEA é sensível a alterações nos valores dos inputs e outputs de um ano para outro, especialmente quando há grande variabilidade nos dados. Como a eficiência é medida em relação às outras empresas do conjunto de dados, se outras empresas tiveram um desempenho relativamente pior em 2022, a BRF pode ter se destacado mais em comparação, elevando seu escore de eficiência. É fundamental entender que a DEA fornece uma medida relativa de eficiência, baseada no conjunto de dados disponível, e não uma medida absoluta, o que explica grandes variações nos escores de eficiência de um ano para outro.

Relativo à Eficiência Ambiental, no ano de 2020, a BRF apresentou um escore de eficiência ambiental de 0,1, o que sugere que elas estavam utilizando apenas 10% dos recursos ambientais de forma eficiente. Em seguida, a JBS aparece com um escore comedido de 41,6%, seguido de Marfrig, destaque positivo, também, na eficiência ambiental (Escore de 100%). No

ano de 2021, a BRF manteve seu escore de 0,10, a JBS apresentou leve oscilação negativa, alcançando, agora, um escore de 40,7%, enquanto que a Marfrig manteve seu escore de 100%.

Os resultados da estimação dos escores de eficiência operacional e ambiental indicam que a empresa Marfrig tem sido a mais eficiente na utilização de recursos e na adoção de práticas ambientais, enquanto a empresa BRF tem apresentado um desempenho inferior em ambos os aspectos. A empresa JBS, embora tenha alcançado nível de excelência operacional no ano de 2022, ainda apresente nível comedido de eficiência operacional, sinalizando a importância dos gestores reforçarem os investimentos/práticas de eficiência energética e tratamento dos resíduos gerados na operação. Já a empresa Minupar, embora tenha apresentado eficiência operacional máxima nos três anos analisados, pela indisponibilidade dos dados (não foi encontrado o relatório de Sustentabilidade/Relato Integrado da empresa), não é possível a compreensão completa da sua eficiência no período analisado.

Os dados sugerem, então, que a Marfrig pode ser considerada referência em eficiência operacional e ambiental dentro do setor, enquanto a BRF pode se beneficiar ao implementar melhorias em suas práticas operacionais e ambientais para aumentar a sua eficiência. A empresa JBS, enquanto maior empresa de proteína animal do mundo, deve direcionar esforços para, também, ser referência em termos de eficiência Ambiental, em linha ao compromisso ESG que a empresa adota. Ademais, o resultado apresentado não reflete os esforços declarados pela JBS no relatório de sustentabilidade, que expressa o compromisso de zerar as emissões de gases causadores do efeito estufa até o ano de 2040.

Nesse ponto, se faz urgente o delineamento de ações mais efetivas e coerentes com as metas da *Science-Based Targets initiative* (SBTi). Uma reflexão aprofundada dos resultados apresentados, ponderada à análise pormenorizada do *benchmark* Marfrig, potencialmente possibilitaria o delineamento de um plano de ação mais efetivo para alcançar o objetivo de zerar as emissões. Dessa forma, é fundamental acompanhar de perto as iniciativas e resultados da JBS para avaliar se as medidas estão de fato alinhadas com os compromissos assumidos e se o impacto ambiental do subsetor de carnes e derivados está sendo adequadamente mitigado.

Por fim, a Minupar pode ser vista como uma empresa que manteve altos níveis de eficiência operacional ao longo do período analisado, mas que não possibilita uma análise da sua eficiência ambiental.

5 Considerações Finais

O presente estudo buscou investigar o nível de eficiência Operacional e Ambiental das firmas brasileiras listadas no subsetor de Carnes e Derivados. Utilizando-se da técnica não paramétrica DEA, com orientação ao produto e retornos constantes (CCR *output*), foi notado que a empresa Marfrig se destaca como referência em eficiência, em todo o período analisado, tanto na utilização de recursos operacionais quanto nas práticas ambientais. Por outro lado, a empresa BRF demonstrou avanços significativos em sua eficiência operacional saindo de um patamar de 0,1% nos anos de 2020 e 2021, para um escore de 55,99% no ano de 2022. No entanto, a despeito desse avanço, ainda aparece muito distante do *benchmark* (Marfrig), evidenciando, assim, que ainda há espaço para melhorias.

Apesar da JBS ter alcançado um escore de 100% em eficiência operacional em 2022, são notados níveis intermediários de eficiência nos anos anteriores, e, principalmente, de níveis comedidos de eficiência ambiental (escores na casa dos 40% em ambos os anos), o que sinaliza a importância da empresa reforçar os investimentos em eficiência energética e tratamento de resíduos para melhorar seu desempenho geral. Torna-se relevante ressaltar, também, que a JBS

assumiu o compromisso de zerar as emissões de gases causadores do efeito estufa até o ano de 2040, o que contrasta com os escores de eficiência ambiental apresentados nesse estudo. Portanto, é essencial que a empresa busque um maior alinhamento das suas práticas operacionais e ambientais com as metas da *Science-Based Targets Initiative* (SBTi), de forma a incrementar a efetividade dos seus objetivos de sustentabilidade.

No caso da empresa Minupar, a indisponibilidade de dados (não foram localizados o Relatório de Sustentabilidade e/ou o Relato Integrado), impossibilitou uma análise abrangente de sua eficiência no período analisado. Muito embora a publicação do Relatório de Sustentabilidade/Relato Integrado não seja compulsória, pela relevância da empresa e, principalmente, por operar em um setor que naturalmente demanda importante nível de consumo de recursos naturais, contribuindo para o incremento das emissões de gases de efeito estufa, como óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) (D'aurea et al., 2021), seria de se esperar a publicitação desses documentos.

Diante desses resultados, sugere-se, à BRF, a imediata implementação de melhorias em suas práticas operacionais e ambientais, de forma a aumentar sua eficiência. À JBS, recomenda-se a avaliação da coerência de suas medidas frente aos compromissos assumidos e divulgados. Uma reflexão aprofundada dos resultados, combinada com a análise detalhada do *benchmark* Marfrig, pode fornecer informações valiosas para a elaboração de um plano de ação mais efetivo para alcançar as metas de sustentabilidade.

É imprescindível importante enfatizar que a DEA é uma técnica não paramétrica que possibilita a estimação do escore de eficiência, sendo utilizada para comparar a eficiência relativa de DMUs em um conjunto específico de dados, assim, os resultados alcançados não são passíveis da realização de generalizações estatísticas. Assim, os resultados apresentados devem ser interpretados dentro do contexto específico das empresas e períodos analisados, sem extrapolações para além das DMUs incluídas no estudo. Além disso, os escores de eficiência refletem a comparação relativa entre as empresas da amostra, e não uma medida absoluta de eficiência. Com isso, reforçamos que as conclusões são válidas para as condições e dados utilizados, e qualquer tentativa de generalização deve ser feita com cautela.

Quanto às limitações deste estudo, é importante ressaltar que foram analisados períodos relativamente curtos, com apenas 3 anos para o modelo 1 e 2 anos para o modelo 2. Ampliar o período de análise pode possibilitar uma compreensão mais abrangente das tendências e variações ao longo do tempo. Além disso, a amostra utilizada foi restrita, o que é uma característica comum no mercado de capitais brasileiro. Para pesquisas futuras, recomenda-se uma avaliação mais detalhada do *benchmark* Marfrig, buscando compreender as práticas que contribuíram para sua destacada performance. Dessa forma, poderão ser obtidas insights mais robustos e abrangentes sobre a eficiência operacional e ambiental no setor de Carnes e Derivados.

Referências

- Abbott, M. (2005). Determining levels of productivity and efficiency in the electricity industry. *The Electricity Journal*, 18(9), 62-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tej.2005.08.004>.
- Boente, D. R., & Lustosa, P. R. B. (2020). Efficiency of electricity distribution companies. *RAUSP Management Journal*, 55, 177-193. DOI: 10.1108/RAUSP-11-2018-0123

Buainain, A.M., 2007. *Cadeia produtiva da carne bovina*, 8, Bib. Orton IICA/ CATIE.

Cavalcanti, A., Teixeira, A., & Pontes, K. (2020). Evaluation of the efficiency of basic sanitation integrated management in Brazilian municipalities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), 9244. DOI: <https://doi.org/0.3390/ijerph17249244>.

EMBRAPA. *Qualidade da carne bovina*. Disponível em <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina>. Acesso em 24 julho 2023.

D'aurea, A. P., da Silva Cardoso, A., Guimarães, Y. S. R., Fernandes, L. B., Ferreira, L. E., & Reis, R. A. (2021). Mitigating greenhouse gas emissions from beef cattle production in Brazil through animal management. *Sustainability*, 13(13), 7207. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13137207>.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120, 253–290. DOI: <https://doi.org/10.2307/2343100>.

Ferraz, J.B.S., Felício, P.E., 2010. Production systems—An example from Brazil. *Meat Sci.* 84 (2), 238–243. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.006>.

Friedrich, M. P. A., Witt, C., Hein, N., & Hein, A. K. (2021). Eficiência das agências bancárias tradicionais sob a ótica da análise envoltória de dados. *Revista de Administração FACES Journal*, 20(3), 77-88.

FAZCOMEX. Entenda mais sobre a exportação de carne bovina. Disponível em <https://www.fazcomex.com.br/comex/exportacao-de-carne-bovina/>. Acesso em 24 julho 2023.

Goyal, J., Singh, R., Kaur, H., & Singh, K. (2018). Intra-industry efficiency analysis of Indian textile industry: a meta-frontier DEA approach. *International Journal of Law and Management*, 60(6), 1448-1469. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJLMA-05-2017-0108>

Haas, D. J. (2003). Productive efficiency of English football teams—a data envelopment analysis approach. *Managerial and decision economics*, 24(5), 403-410. DOI: <https://doi.org/10.1002/mde.1105>.

JBS (2023). Maior empregadora do Brasil, JBS chega a 151 mil colaboradores no país. Disponível em: < <https://mediaroom.jbs.com.br/noticia/maiorempregadorado-brasil-jbs-chega-a-mil-colaboradores-no-pais>>. Acesso em 10 nov 2023.

Jhaveri, C. A., Sood, G., & Shah, R. (2021). Efficiency Assessment of Indian Textile Units Using Data Envelopment and Regression Analysis. *Indian Journal of Finance*, 15(5-7), 9-25. DOI: <https://doi.org/10.17010/ijf/2021/v15i5-7/164490>

Jiménez, E. M., Guajala, M. E. R., Abril, C. M. M., & Miniguano, W. R. P. (2022). Factores productivos como determinantes de la eficiencia de las empresas del sector calzado. *Revista ENIAC Pesquisa*, 11(2), 222-234. DOI: <https://doi.org/10.22567/rep.v11i2.858>.

Joo, S. J., Nixon, D., & Stoeberl, P. A. (2011). Benchmarking with data envelopment analysis: a return on asset perspective. *Benchmarking: An International Journal*, 18(4), 529-542. DOI: <https://doi.org/10.1108/14635771111147623>.

Kistner, S. P., Ferreira, D. D. M., & Kazmirczak, G. J. (2022). Eficiência em empresas públicas e privadas do setor de saneamento básico: um estudo com aplicação da Data Envelopment Analysis (DEA). *Gestão & Regionalidade*, 38(115), 264-282. DOI:

<https://doi.org/10.13037/gr.vol38n115.7051>.

Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2010). *Metodologia científica*. São Paulo: Atlas.

Leite, L. S., Simões, J. C. F., Sousa, W. N., & Souza, J. C. F. (2021). Avaliação de Eficiência do Serviço de Internet Móvel no Brasil, Utilizando Análise Envoltória de Dados. *Revista Gestão & Tecnologia*, 21(1), 160-187. DOI: <https://doi.org/10.20397/2177-6652/2021.V21I1.1858>.

Lins, M. P. E., & MEZA, L. A. (2000). *Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão*. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ.

Macedo, M. A. S., & de Almeida, K. (2009). Análise do desempenho organizacional no agronegócio brasileiro: aplicando à agroindústria de papel e celulose. *Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade (REPeC)*, 3(1), 25-45. DOI: <https://doi.org/10.17524/repec.v3i1.39>.

Manikas, I., Sundarakani, B., & John, J. V. (2017). Analysis of operational efficiency of a meat processing supply chain: A case study from the UAE. *Agricultural Economics Review*, 18(2), 60-76.

MCTI. *Fourth National Communication of Brazil to the UNFCCC*. 2021. Available online: https://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2020/12/2020_12_22_4CN_v5_Ingles.pdf (accessed on 15 April 2021).

Moraes, R. K., & Wanke, P. F. (2019). Impacto do BNDES na Eficiência da Indústria Siderúrgica: Aplicação do Modelo Malmquist de Dois Estágios. *Cadernos EBAPE.BR*, 17(2), 229-246. DOI: <https://doi.org/10.1590/1679-395172140>.

Nielsen, H. (2017). Productive efficiency in the iron and steel sector under state planning: The case of China and former Czechoslovakia in a comparative perspective. *Applied Energy*, 185, 1732-1743. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.12.125>.

Pagan, B., & Prasad, P. (2007). The Queensland food eco-efficiency project: reducing risk and improving competitiveness. *Journal of Cleaner Production*, 15(8-9), 764-771. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.06.014>.

Petrovic, Z., Djordjevic, V., Milicevic, D., Nastasijevic, I., & Parunovic, N. (2015). Meat production and consumption: Environmental consequences. *Procedia Food Science*, 5, 235-238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.041>.

Pinchemel, A., Caetano, M., Rossi, R. M., & Silva, M. A. (2022). Indicadores de desempenho de companhias aéreas e seus impactos na eficiência operacional. *Brazilian Business Review*, 19(6), 642-665. DOI: <https://doi.org/10.15728/bbr.2022.19.6.4.pt>.

Poore, J., Nemecek, T., 2019. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360 (6392), 987–992. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>.