



ConBRepro

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



01 a 03
de dezembro 2021

Análise envoltória de dados (DEA) aplicada na logística no Brasil: uma revisão sistemática

Jéssica Carvalho da Silva

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina

Tiago Machado Castelli

Programa de Pós-graduação em Administração – Universidade Federal do Rio Grande

Carlos Manuel Taboada Rodriguez

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo: Este estudo apresenta a análise da literatura científica referente a aplicação da ferramenta DEA na logística no Brasil por meio de uma revisão sistemática. Metodologicamente, essa pesquisa é classificada como diagnóstico descritiva. No que tange a estrutura da revisão sistemática seguiu-se o protocolo PRISMA e para a análise dos dados, após a seleção do portfólio bibliográfico, realizou-se bibliometria e, posteriormente, metassíntese. Como principais resultados, percebeu-se que: (i) existe uma carência na produção científica sobre o tema investigado (18 artigos); (ii) a aplicação da ferramenta DEA é recente na logística brasileira, visto que os artigos que compuseram o portfólio bibliográfico final foram publicados nos últimos 10 anos; (iii) a aplicação da DEA na logística brasileira é frequente no que se refere a avaliação da eficiência relacionada ao transporte; e (iv) nos último 4 anos surgiu uma maior preocupação quanto ao transporte verde. A contribuição teórica desse estudo está na apresentação de um panorama atual da temática abordada, de forma a permitir identificar lacunas, apontando áreas em desenvolvimento para pesquisas futuras. Já a contribuição prática é dada através do conhecimento gerado para as empresas do setor logístico que desejam realizar análise de eficiência.

Palavras-chave: Logística, DEA, Avaliação de desempenho; Brasil, PRISMA.

Data envelopment analysis (DEA) applied to logistics in Brazil: a systematic review

Abstract: This study presents the analysis of the scientific literature regarding the application of the DEA tool in logistics in Brazil through a systematic review. Methodologically, this research is classified as descriptive diagnosis. Regarding the structure of the systematic review, the PRISMA protocol was followed, and for data analysis, after selecting the bibliographic portfolio, bibliometrics and, later, meta-synthesis were performed. As main results, it was noticed that: (i) there is a lack of scientific production on the investigated topic (18 articles); (ii) the application of the DEA tool is recent in Brazilian logistics, as the articles that made up the final bibliographic portfolio were published in the last 10 years; (iii) the application of DEA in Brazilian logistics is frequent with regard to the evaluation of transport-related efficiency; and (iv) in the last 4 years there has been a greater concern about green transport. The theoretical contribution of this study is the presentation of a current overview of the topic addressed, in order to allow the identification of gaps, pointing out areas under

development for future research. The practical contribution is given through the knowledge generated for companies in the logistics sector that wish to carry out an efficiency analysis.

Keywords: Logistics, DEA, Performance evaluation; Brazil, Prisma.

1. Introdução

Em consequência da constante evolução do mercado, a gestão logística aborda variáveis que acentuam a produtividade, competitividade e complexidade das operações logísticas, refletindo em novos desafios na busca por uma eficiência das atividades (SILVA et al., 2020), sem poder desconsiderar a natureza adaptativa do ambiente em que os negócios logísticos estão inseridos (NAIR; REED-TSOCHAS, 2019).

Analisando as variáveis que compõem o processo logístico, é possível identificar pontos que propiciam uma medição adequada das atividades logísticas, seja ela de um todo, ou analisada cada operação logística separadamente. A efetiva mensuração do desempenho permite às empresas acompanharem as evoluções do setor, e fornece suporte ao desenvolvimento das organizações (SKOWRON-GRABOWSKA, 2009).

A avaliação de desempenho é crucial à logística por destacar os processos que apresentam resultados satisfatórios e aquelas atividades que apresentam falhas (STOCK; LAMBERT, 2001), permitindo monitorar, organizar e otimizar o que é relevante ao funcionamento do processo (IRFANI et al., 2019), já que uma mensuração satisfatória causa melhorias no desempenho logístico das organizações (FUGATE et al., 2010).

Para Ballou (2007), a logística sempre esteve centrada na busca de eficiência, e para ter sucesso, as empresas devem planejar suas estratégias e ações com objetivos passíveis de monitoramento a partir de indicadores de desempenho que sejam avaliáveis, e no que tange ao interesse de avaliar a eficiência e eficácia do desempenho, uma ferramenta muito utilizada é a *Data Envelopment Analysis* ou Análise Envoltória de Dados (DEA) que define a eficiência como a razão entre entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) considerando o melhor benefício (ENSSLIN et al., 2018).

A eficiência é importante para criar vantagem competitiva e aumentar a produtividade, identificando também o que é ineficiente. Desde seu surgimento, a ferramenta DEA trouxe uma perspectiva única à avaliação de desempenho, a qual torna o desempenho relativo a fronteiras de eficiências, ou seja, as organizações não são eficientes livremente, elas precisam fazer ajustes entre o que utilizam como entrada e o que obtém como saída (SABBAG et al., 2021).

Na revisão da literatura dos mais de 40 anos de publicações com aplicação da ferramenta DEA, considerando desde o primeiro trabalho realizado por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) até o ano de 2016, Emrouznejad e Yang (2018) consideram a ferramenta como importante para a gestão, sendo um tópico de muito destaque e que recebe atenção dos mais variados setores de negócios. Assim, considerando a relação entre eficiência e a ferramenta DEA, e que a logística no Brasil é ineficiente, como mostram os dados do *Logistic Performance Index and its Indicators* (LPI), onde o Brasil ocupa a 56ª posição entre 167 países, possuindo uma nota 3 de 5 no quesito de competência Logística (ARVIS et al., 2018), o objetivo desse estudo é de investigar na literatura científica a aplicação da ferramenta DEA na logística no Brasil.

2. Referencial teórico

A logística é uma função ativa dentro de uma organização, um meio de aumentar o desempenho organizacional estabelecendo uma ligação desde fornecedores aos consumidores finais, ao mesmo tempo que mescla as atividades com processos de produção, de recursos humanos e de finanças (GASPAROTTI, 2017). Portanto, a logística

está intrínseca em todas as funções de uma organização, integrando diferentes agentes, como fornecedores e clientes, afim de atender às necessidades dos consumidores finais. Dessa maneira, são quatro interesses na avaliação de desempenho logístico: a mensuração do nível de satisfação dos clientes; a mensuração da satisfação de todos atores e interessados na cadeia logística; a avaliação das características das atividades realizadas e; a avaliação do desempenho dos processos logísticos (DRAŠKOVIĆ, 2009).

Colin (2017) classifica a DEA como uma ferramenta de avaliação de desempenho quantitativo, empírico, realista e não-paramétrico que usa programação linear para determinar as unidades mais eficientes em um determinado conjunto de unidades de tomada de decisão denominadas de DMU (*Decision Making Unit*). Ao contrário dos modelos paramétricos, que otimizam os dados a partir de uma reta de regressão, a DEA otimiza cada análise individual com o objetivo de determinar uma fronteira de eficiência que também destaca as DMU menos eficientes.

Popularmente existem dois modelos de DEA mais difundidos, e variações como os multiplicativos variante e invariante, o aditivo e o baseado em folga (SBM) (MARIANO et al., 2006). O primeiro, modelo com mais destaque, é o CCR originado na primeira aplicação de DEA publicada por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), onde o resultado da avaliação é constante à escala, isto é, variando as entradas (*inputs*), e proporcionalmente, as saídas (*outputs*) também variam. O outro modelo de destaque é o modelo BCC, desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), cuja premissa admite variações na escala, sejam crescentes, decrescentes ou constantes (LANDIVAR et al., 2014). Segundo Casado (2007), deve-se escolher entre aplicar um modelo orientado a saídas, no qual objetiva-se atingir o nível máximo de saídas mantendo as entradas fixas ou um modelo orientado a entrada, com o objetivo de ter um menor uso de entradas devido ao nível das saídas.

Meza et al. (2005) destaca que o funcionamento da DEA decorre a partir de três etapas, primeiramente na definição e seleção de DMU's, levando em consideração que devem ser unidades comparáveis, atuando sob mesmas condições e com a mesma utilização de entradas e saídas, variando apenas em intensidade e magnitude; a etapa seguinte é referente a seleção das variáveis do modelo que devem ser estipuladas a partir de uma ampla observação e caracterizadas em entradas e saídas, sendo condizentes com as unidades determinadas; e por fim, determina-se qual modelo do DEA a ser aplicado.

3. Metodologia

Este estudo baseia-se no enquadramento metodológico sugerido por Roesch (2013). No que tange ao propósito do projeto e ao delineamento, esse trabalho é apontado como uma pesquisa diagnóstico descritiva. Quanto à abordagem metodológica, caracteriza-se com uma pesquisa qualitativa e quantitativa, uma vez que foi realizada bibliometria e metassíntese para analisar os dados.

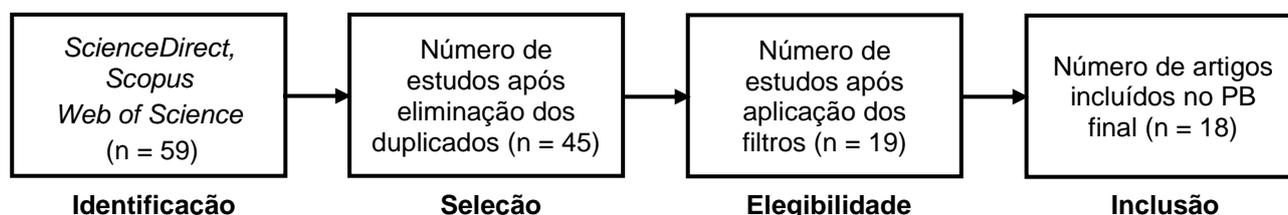
Visando atingir o objetivo deste estudo, realizou-se uma revisão sistemática seguindo o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) de revisão sistemática proposto por Moher et al. (2015). Salienta-se que, para selecionar a literatura sobre o tema objeto desse estudo, de forma a contribuir com pesquisas futuras, foram adotados os itens mais relevantes recomendados pelo PRISMA, principalmente aqueles relacionados a elegibilidade, análise e comunicação da pesquisa aplicáveis às revisões sistemáticas.

Para a condução da revisão sistemática, inicialmente definiu-se os eixos de pesquisa, que representam as áreas de conhecimento que retratam a temática investigada, estabelecidos em "Logística", "Ferramenta DEA" e "Brasil", e suas respectivas palavras-chave. E, então, foram realizadas combinações das palavras-chave através do uso das expressões booleanas AND e OR, utilizando-se da seguinte equação de pesquisa nas bases de dados:

("logistics") AND ("dea" OR "data envelopment analysis") AND ("brazil" OR "brazilian"). Os dados foram coletados em julho de 2021 nas bases: *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*. Cabe salientar que se determinou as bases de dados para consulta seguindo os requisitos de: constar no portal de periódicos da CAPES; notoriedade nas áreas de conhecimento das Ciências Sociais Aplicadas, Engenharias e Multidisciplinar e; adequar-se ao enquadramento teórico dos eixos de pesquisa determinados.

Todo o processo de seleção do Portfólio Bibliográfico (PB) (Figura 1) foi feito em par, incluindo identificação, seleção e análise da elegibilidade dos artigos. Para determinar a elegibilidade foram aplicadas filtragens em relação à análise dos títulos e resumos e leitura integral dos estudos para verificar o alinhamento do conteúdo com o tema investigado. Após as filtragens chegou-se a um PB final composto por 18 artigos, os quais foram analisados por meio de Bibliometria e Metassíntese, de forma investigar o conteúdo dos estudos quanto a aplicação da ferramenta Data Envelopment Analysis (DEA) na logística brasileira. Destaca-se que os estudos selecionados podem ser identificados na seção de Referências por meio de "A" seguido da numeração de 1 a 18 entre colchetes no final da referência de cada artigo - por exemplo: [A1] - nomenclatura adotada durante toda seção de metassíntese do estudo.

Figura 1 – Processo de seleção do PB



Fonte: Adaptado de Moher et al. (2015)

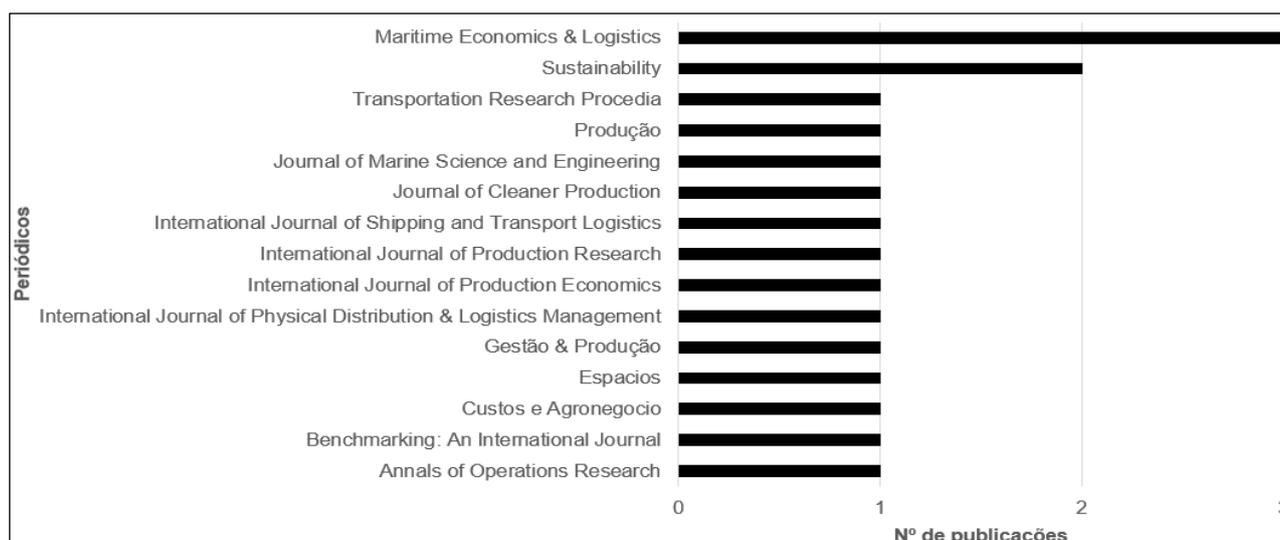
4. Bibliometria

Esta seção ilustra o mapeamento bibliométrico do PB final com a análise de interações entre as características das publicações seguindo os objetivos das leis bibliométricas de Lotka (1926), Bradford (1934) e Zipf (1949) que representam a produtividade dos autores, a dispersão da literatura científica investigada, e os temas com maior relevância, respectivamente.

Para investigar a dispersão da literatura analisou-se o período de publicações e os periódicos nos quais o PB final havia sido publicado. Com isso, notou-se que os 18 artigos que compõem o PB final foram publicados no período de 2011 a 2021, demonstrando a evolução sobre a aplicação da ferramenta Data Envelopment Analysis (DEA) na logística brasileira.

Esses estudos estão publicados em 15 periódicos, dentre os quais destaca-se: *Maritime Economics & Logistics* e *Sustainability*, com 3 e 2 publicações, respectivamente (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição do PB quanto à origem das publicações do PB



Fonte: Dados da pesquisa

Constatou-se um total de 52 autores responsáveis pelas 18 publicações que compuseram o PB final. No entanto somente 8 autores participaram da autoria de mais de uma publicação, são eles: Peter Fernandes Wanke; Paulo Nocera Alves Junior; Isotilia Costa Melo; Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto; José Vicente Caixeta-Filho, Lidia Ângulo Meza; Matheus Wemerson Gomes Pereira e Renato Luiz Sproesser.

Objetivando analisar a produtividade desses autores, pesquisou-se os mesmos no Semantic Scholar, uma vez que essa base de dados oferece informações como número de publicações, H-index, número de citações e número de citações altamente influentes. O H-index indica o impacto do estudo publicado com base nas citações realizadas. Já as citações altamente influentes são aquelas que impactam outras publicações de forma significativa, de forma a permitir compreender como as publicações se baseiam e se relacionam (SEMANTIC SCHOLAR, 2020).

A partir da pesquisa dos 8 autores destaques do PB final no Semantic Scholar, foi possível perceber que 3 deles também possuem destaque em produtividade, são eles: Peter Fernandes Wanke, Lidia Ângulo Meza e Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto (Tabela 1).

Tabela 1 - Produtividade dos autores destaques do PB final

| Autores destaque | Nº de publicações no PB final | Nº de Publicações total | H-index | Citações | Citações altamente influentes |
|--|-------------------------------|-------------------------|---------|----------|-------------------------------|
| Peter Fernandes Wanke | 5 | 187 | 29 | 2430 | 81 |
| Paulo Nocera Alves Junior | 3 | 14 | 3 | 32 | 0 |
| Isotilia Costa Melo | 3 | 15 | 3 | 23 | 0 |
| Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto | 3 | 55 | 11 | 458 | 11 |
| José Vicente Caixeta-Filho | 2 | 21 | 5 | 160 | 7 |
| Lidia Angulo Meza | 2 | 64 | 17 | 1087 | 44 |
| Matheus Wemerson Gomes Pereira | 2 | 25 | 2 | 14 | 2 |
| Renato Luiz Sproesser | 2 | 43 | 4 | 90 | 2 |

Fonte: Dados da pesquisa

Analisando os temas de maior importância sobre o assunto investigado, verificou-se as palavras-chave das 18 publicações que compuseram o PB final. A análise das palavras-chave das publicações possibilita a identificação de informações importantes a respeito da evolução do assunto estudado de forma a demonstrar as principais linhas de pesquisa dos

últimos anos ou do período analisado, oportunizando verificar a tendência de linhas de pesquisas e temáticas (CALAZANS, MASSON e MARIANO, 2015).

Dentre as 69 palavras-chave, 8 delas representaram os assuntos mais abordados no PB final: *Data Envelopment Analysis* (12 artigos); *Network Equilibrium Model* (NEM) (11 artigos); DEA (10 artigos); Brazil (6 artigos); Logística (4 artigos); e 3PL, Longitudinal study e Soybean (2 artigos, cada).

Além da identificação dos temas abordados, confirma-se que a escolha das palavras-chave buscadas para a seleção do PB final representou de forma eficiente o tema investigado nesse estudo.

5. Metassíntese

Através da literatura de aplicação da ferramenta DEA na logística brasileira, definiu-se parâmetros norteadores para detalhar de forma estruturada o conteúdo dos artigos do PB final, provocando comparações entre eles. Dessa forma, apresenta-se o Tabela 2 contendo os seguintes parâmetros de análise: Modelo de DEA aplicado no estudo; Contexto da logística em que a DEA foi aplicada; Entradas da DEA; e Saídas da DEA. Posteriormente discute-se os assuntos e objetivos abordados nos estudos do PB final. Cabe ressaltar que tanto na tabela quanto no texto foram utilizadas as identificações dos artigos, como explicado na seção de metodologia desse estudo.

Tabela 2 - Estado da Arte: DEA aplicado na logística no Brasil

| Id | Modelo | Contexto da Logística | Entradas | Saídas |
|----|------------|--|--|---|
| A1 | CCR | Transporte Marítimo | (i) Tempo (ii) Custo: - custo de armazenagem antes do embarque - custo de armazenagem durante a conexão - custo de transbordo com carga e descarga - custo de carregamento no porto de origem - custo de embarque no porto de destino - despesas de transporte marítimo | Não informado |
| A2 | BCC CCR | Operadores Logísticos (OLs) e Logística Terceirizada (3PL) | (i) Número de funcionários (ii) Área de armazenagem total (iii) Total de armazéns próprios (iv) Total de armazéns de clientes | (i) Número de clientes (ii) Receita bruta |
| A3 | BCC CCR | Operadores Logísticos (OLs) e Logística Terceirizada (3PL) | (i) Número de empregados (ii) Área total do armazém (iii) Total de armazéns próprios (iv) Total de depósitos do cliente | (i) Número de clientes (ii) Receita bruta |
| A4 | BCC | Logística Portuária e Transporte Multimodal/ Intermodal | (i) Capacidade de recepção (ton) (ii) Capacidade de expedição (ton) (iii) Número de funcionários | (i) Variável PROD - quantidade produzida dos grãos soja, milho e trigo (toneladas), no raio de 200 km no entorno do terminal (ii) Variável SARM - relação da capacidade estática de armazenagem à granel (toneladas) sobre a produção de grãos |

| | | | | |
|----|------------|-----------------------------------|--|---|
| | | | | (toneladas), no raio de 200 km no entorno do terminal (iii) Variável QUAL – qualidade das vias das estradas de acesso à cidade na qual o terminal está instalado (iv) Variável ESTR – estrutura de propriedade dos terminais (v) Variável PORT – terminais considerados portuários na amostra |
| A5 | CCR | Logística Marítima | (i) Diária de cada embarcação (US\$) (ii) Consumo de combustível da embarcação (ton/dia) | (i) Capacidade total de armazenamento de água potável (m ³) (ii) Capacidade total de armazenamento de óleo diesel (m ³) (iii) Capacidade total de armazenamento de carga de convés (m ²) (iv) Capacidade de freio da embarcação (BHP) (v) Velocidade máxima alcançada durante a navegação (nós) |
| A6 | BCC | Transporte Rodoviário | (i) Tamanho da frota (ii) Número de funcionários (iii) Consumo de combustível por ano (iv) Número de agências para coleta de cargas (v) Número de pneus usados por ano | (i) Carga total transportada (ton/ano) (ii) Distância percorrida (km/ano) |
| A7 | BCC | Transporte Multimodal/ Intermodal | (i) Quantidade máxima de grãos recebidas (ton/h) (ii) Quantidade máxima de grãos despachadas (ton/h) | (i) Quantidade de grãos transbordados no terminal (anual) |
| A8 | BCC CCR | Logística Portuária | (i) Comprimento do cais (m) (ii) Profundidade máxima do cais (m) (iii) Número de berços (iv) Área de armazenamento (m ²) (v) Área de pátio (m ²) (vi) Largura do canal (m) (vii) Profundidade do canal (m) | (i) Carregamento de granéis sólidos (horas/ano) (ii) Carregamento de contêineres (horas/ano) (iii) Movimentação de granéis sólidos (toneladas/ano) (iv) Movimentação de contêineres (contêineres/ano) (v) Frequência de granéis sólidos (embarques/ano) (vi) Frequência de contêineres (embarques/ano) |
| A9 | BCC SBM | Transporte Verde | (i) Emissões de CO2 | (i) Produto interno bruto [PIB] (ii) Eficiência do desembarço aduaneiro e de fronteira (Alfândega) (iii) Qualidade da infraestrutura de comércio e transporte (Infraestrutura) (iv) Facilidade de organizar remessas com preços competitivos (v) Competência e qualidade dos serviços de logística: transporte, trajeto e corretagem alfandegária (vi) Capacidade de rastrear remessas (vii) Frequência com que os embarques chegam aos consignatários dentro dos prazos de entrega programados ou previstos (Oportunidade) |

| | | | | |
|-----|------------|---|--|--|
| A10 | BCC CCR | Logística Portuária | (i) Capacidade de movimentação de carga (ton) (ii) Comprimento do cais (m) (iii) Profundidade máxima do cais (m) | (i) Capacidade de movimentação de carga (ton) (ii) Número de escalas de embarque |
| A11 | SBM | Transporte Multimodal/ Intermodal | (i) Consumo de combustível e área plantada (ii) Fatalidades (iii) Capacidade de armazenamento estático fora da fazenda (iv) Emissões (v) Fator de disposição | (i) Colheita transportada (ii) Capacidade de armazenamento estático dentro da fazenda |
| A12 | BCC CCR | Operadores Logísticos (OLs) e Logística Terceirizada (3PL) | (i) Número de funcionários (ii) Área total do depósito (iii) Número total de depósitos (próprios e terceirizados) | (i) Receita bruta (ii) Número de clientes |
| A13 | BCC | Transporte Verde | (i) Custo de acidente (ii) Emissões de CO2 | (i) Carga transportada (ton/US\$) |
| A14 | CCR | Transporte Ferroviário | (i) Trem-km (TRK) (ii) Vagões-hora (WH) | (i) Carga toneladas-km |
| A15 | CCR | Transporte Multimodal/ Intermodal | (i) Despesas com combustível (ii) Mão-de-obra (iii) Custos diretos e indiretos (iv) Aquisição de transporte | (i) Receita |
| A16 | SBM | Transporte Multimodal (terrestre) | (i) Preço do frete (ii) Perda logística (iii) Consumo de combustível | (i) Capacidade de armazenamento (ii) Capacidade de produção |
| A17 | BCC | Operadores Logísticos (OLs) e Logística Terceirizada (3PL) | (i) Número de funcionários (ii) Área de armazenamento total | (i) Receita bruta anual |
| A18 | BCC | Transporte Verde | (i) Profundidade (ii) Armazenamento (iii) Pavimentação (iv) Despesas | (i) Exportações (ii) CO2 (iii) Acidentes |

Fonte: Dados da pesquisa

Percebe-se que mais da metade do PB final é focado na atividade logística de transporte (A1; A4; A6; A7; A9; A11; A13; A14; A15; A16; e A18).

Possuindo preocupações similares, os estudos A9, A13 e A18 focam na sustentabilidade do transporte, abordando o transporte verde. O estudo A9 avalia a eficiência da relação entre o desempenho logístico do transporte e as emissões de CO2. Já o estudo A13 analisa a possível influência de uma hidrovía no desempenho sustentável de 19 rotas brasileiras de exportação de soja, com o objetivo de diminuir os problemas ambientais ocasionados pelo transporte rodoviário, com altas emissões de CO2. Corroborando com isso, o A18 avalia a eficiência de rotas, buscando alcançar soluções mais sustentáveis da utilização de transporte multimodal (rodovias, ferrovias e hidrovias).

Outros estudos que também abordam o transporte multimodal/intermodal são os artigos A4, A7, A11, A15 e A16. Os autores do artigo A7 avaliam a eficiência dos terminais intermodais de grãos no Nordeste no país. No artigo A11 foi medido e comparado a eficiência do transporte de soja no Brasil com a dos Estados Unidos, desde os produtores aos portos de exportação. Também no contexto do transporte de soja, no artigo A16, os autores propõem uma estrutura para a criação de um índice de desempenho do transporte

de cargas a distância, focando no transporte multimodal terrestre. No estudo A15, também foi proposto um modelo de análise multimodal, de forma a analisar a eficiência de atividades relacionadas aos modais logísticos, transporte e movimentação de cargas no país. E no artigo A4, além dos autores analisarem os determinantes da eficiência de terminais intermodais, eles sinalizaram a distinção a eficiência entre portos de administração pública e privada.

Os estudos A6 e A14 focaram no transporte terrestre. O objetivo do estudo A6 foi de determinar se os diferentes tipos de cargas e regiões geográficas atendidas impactavam significativamente os níveis de eficiência gerencial do transporte rodoviário. E no estudo A14 foi avaliada a eficiência operacional do serviço ferroviário após a fusão de duas transportadoras ferroviárias. Já o artigo A1 é focado no transporte marítimo, em que os autores fornecem uma ferramenta sistemática para a seleção de rota marítima mais adequada para cargas em contêineres entre diferentes conjuntos de portos. Nesse estudo, além do DEA são utilizados o método de Copeland e composição probabilística.

Os artigos A8 e A10 concentraram-se na logística portuária. Nos dois estudos, os autores avaliaram a eficiência de portos. No entanto, no segundo artigo, além de identificar o porto mais eficiente, eles analisaram se a natureza da carga movimentada ou o modelo de gestão adotado afetavam essa eficiência. Já o estudo A5 está relacionado a logística marítima, nesse estudo os autores utilizam a ferramenta DEA para o processo de contratação de embarcações de apoio marítimo *offshore* para a Petrobras.

Por fim, os estudos restantes (A2, A3, A12 e A17) focam nos Operadores Logísticos (OLs) e Logística Terceirizada (3PL). No artigo A17, os autores identificam pacotes de serviços logísticos oferecidos por operadores logísticos que levem à eficiência técnica das operações observadas no setor. Nos estudos A2 e A3, foram determinadas as variáveis que impactavam significativamente a eficiência de escala dos OLs e 3PLs. E de forma semelhante, o artigo A12 identificou as variáveis que afetavam a eficiência dos fornecedores terceirizados de serviços de refrigeração e propôs formas de melhorar a competitividade dos 3PLs especializados.

6. Conclusão

O objetivo dessa pesquisa, de investigar na literatura científica a aplicação da ferramenta DEA na logística no Brasil, foi integralmente atingido, permitindo identificar tanto características sobre os periódicos, autores e temas de maior relevância, a partir da bibliometria, como atributos relacionados ao conteúdo de cada uma das publicações pertencentes ao PB final, mediante metassíntese.

Como principais resultados, percebeu-se que: (i) existe uma carência na produção científica sobre o tema investigado, pois mesmo não ocorrendo limitação temporal, encontrou-se somente 18 artigos alinhados com a temática; (ii) a aplicação da ferramenta DEA é recente na logística brasileira, visto que os artigos que compuseram o PB final foram publicados nos últimos 10 anos e a ferramenta existe desde 1978; (iii) existente uma tendência de aplicação da DEA na logística brasileira no que se refere a avaliação da eficiência relacionada ao transporte; e (iv) nos último 4 anos surgiu uma maior preocupação quanto ao transporte verde.

A contribuição deste estudo ocorre em duas vertentes: a prática e a teórica. A contribuição prática é dada através do conhecimento gerado para as empresas do setor logístico que desejam realizar análise de eficiência. Já a contribuição teórica é realizada por meio da apresentação de um panorama atual do tema objeto de estudo, com a exibição de um portfólio bibliográfico de estudos que realizaram a aplicação da DEA na logística no Brasil, exibindo os periódicos, autores e temas mais relevantes para o assunto, além de possibilitar a identificação de lacunas de forma a apontar áreas em desenvolvimento para pesquisas

futuras. Por fim, as principais limitações desta pesquisa estão relacionadas a seleção do PB, levando em conta as delimitações impostas pelos pesquisadores e a utilização de três bases de dados para a busca dos artigos.

Referências

ALVES JUNIOR, P. N. et al. Which Green Transport Corridors (GTC) Are Efficient? A Dual-Step Approach Using Network Equilibrium Model (NEM) and Data Envelopment Analysis (DEA). **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 9, n. 3, p. 247, 2021. [A18].

ARVIS, J. F. et al. **Connecting to compete 2018: Trade Logistics in the Global Economy**. World Bank: Washington, DC, 2018.

BALLOU, R. H. The evolution and future of logistics and supply chain management. **European business review**, v. 19, n. 4, p. 332-348, 2007.

BANKER, R. D.; CHARNES A.; COOPER, W. W. Some models for estimation technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BEUREN, M. M. et al. On measuring the efficiency of Brazilian ports and their management models. **Maritime Economics & Logistics**, v. 20, n. 1, p. 149-168, 2018. [A10].

BRADFORD, S. C. Sources of Information on scientific subjects. **Engineering**, n. 137, 1934, p. 85-6.

CAILLAUX, M. A.; SANT'ANNA, A. P.; MEZA, L. A. Container logistics in Mercosur: choice of a transshipment port using the ordinal Copeland method, data envelopment analysis and probabilistic composition. **Maritime Economics & Logistics**, v. 13, n. 4, p. 355-370, 2011. [A1].

CALAZANS, A.T.S.; MASSON, E.T.S.; MARIANO, A.M. Uma revisão sistemática da bibliografia sobre inovação bancária utilizando o enfoque meta-analítico. **Revista Espacios**, v. 36, n. 15, 2015.

CASADO, F. L. Análise envoltória de dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na educação superior. **Revista Sociais e Humanas**, v. 20, n. 1, p. 59-71, 2007.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

COLIN, E. C. **Pesquisa Operacional: Aplicações em Estratégia, Finanças, Logística, Produção, Marketing e Vendas** (2ª ed.). Atlas, 2017.

DRAŠKOVIĆ, M. The role of logistics in performance management. **Montenegrin journal of economics**, v. 5, p. 145-151, 2009.

EMROUZNEJAD, A.; YANG, G. L. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. **Socio-economic planning sciences**, v. 61, p. 4-8, 2018.

ENSSLIN, L. et al. Seaport-performance tools: an analysis of the international literature. **Maritime Economics & Logistics**, v. 20, n. 4, p. 587-602, 2018.

IRFANI, D. P.; WIBISONO, D.; BASRI, M. H. Logistics performance measurement framework for companies with multiple roles. **Measuring Business Excellence**, v. 23, p. 93-109, 2019.

FUGATE, B. S.; MENTZER, J. T.; STANK, T. P. Logistics performance: efficiency, effectiveness, and differentiation. **Journal of business logistics**, v. 31, n. 1, p. 43-62, 2010.

GARCIA, B. T. G. et al. Analysis of the performance of transporting soybeans from Mato Grosso for export: A case study of the Tapajós-Teles Pires Waterway. **Sustainability**, v. 11, n. 21, 2019. [A13].

GASPAROTTI, C. The importance and purpose of the logistics in maritime transport. **Review of Management & Economic Engineering**, v. 16, n. 1, p. 1-14, 2017.

LANDIVAR, C. G. P.; SPROESSER, R. L.; PEREIRA, M. W. G. Determinantes da eficiência dos terminais intermodais dos corredores logísticos de grãos do Brasil. **Revista Espacios**, v. 35, n. 8, 2014. [A4].

LEPCHAK, A.; VOESE, S. B. Evaluation of the efficiency of logistics activities using Data Envelopment Analysis (DEA). **Gestão & Produção**, v. 27, p. 1-20, 2020. [A15].

LOTKA, A. J. The frequency distribution of scientific productivity. **Journal of the Washington academy of sciences**, v. 16, n. 12, 1926, p. 317-323, 1926.

MACIEL, G. da S.; MEZA, L. A.; SILVEIRA, V. L. F. Data envelopment analysis in a bidding process: Hiring offshore support vessels by Petrobras (Brazil). **Maritime Economics & Logistics**, v. 16, n. 2, p. 127-140, 2014. [A5].

MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. Peculiaridades da análise por envoltória de dados. In: **XII Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP)**, Bauru/SP, 2006.

MARIANO, E. B.; GOBBO, J. A.; CAMIOTO, F. D.; REBELATTO, D. CO₂ emissions and logistics performance: a composite index proposal. **Journal of Cleaner Production**, v. 163, p. 166-178, 2017. [A9].

MELO, I. C. et al. Benchmarking freight transportation corridors and routes with data envelopment analysis (DEA). **Benchmarking: An International Journal**, v. 25, p. 713-742, 2018. [A11].

MELO, I. C. et al. Framework for logistics performance index construction using DEA: an application for soybean haulage in Brazil. **Transportation Research Procedia**, v. 48, p. 3090-3106, 2020. [A16].

MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; MELLO, J. C. C. B. S. D.; GOMES, E. G. ISYDS-Integrated System for Decision Support (SIAD-Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G.; The PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Annals of internal medicine**, v. 24, n. 2, p. 355-342, 2015.

NAIR, A.; REED-TSOCHAS, F. Revisiting the complex adaptive systems paradigm: Leading perspectives for researching operations and supply chain management issues. **Journal of Operations Management**, v. 65, p. 80-92, 2019.

RODRIGUES, A. C.; MARTINS, R. S.; WANKE, P. F.; SIEGLER, J. Efficiency of specialized 3PL providers in an emerging economy. **International Journal of Production Economics**, v. 205, p. 163-178, 2018. [A12].

ROESCH, S. M. A. **Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração** (3a ed.). São Paulo: Atlas S.A, 2013.

SABBAG, O. J.; BERTOLINI, R. M. B.; BARBIERI, R. S. Análise envoltória de dados para avaliação diagnóstica de eficiência no cultivo de tilápias. **Exacta**, p. 1-23, 2021.

SANTOS, A. B. et al. Are the grain intermodal terminals in Brazil's Northeastern region efficient? **Custos e Agronegócio**, v. 12, n. 2, p. 64-83, 2016. [A7].

SEMANTIC SCHOLAR. Frequently asked questions. Allen Institute for AI (AI2), 2020.

SILVA, F. G. F.; OLIVEIRA, R. L. M.; MARINOV, M. An Analysis of the Effects on Rail Operational Efficiency Due to a Merger between Brazilian Rail Companies: The Case of RUMO-ALL. **Sustainability**, v. 12, n. 12, p. 4827, 2020. [A14].

SKOWRON-GRABOWSKA, B. Performance measurement in logistics centers. **Advanced Logistic systems**, v. 3, n. 1, p. 213-218, 2009.

STOCK, J. R.; LAMBERT, D. M. **Strategic Logistics Management** (4^a ed.). McGraw-Hill: Irwin, Boston, 2001.

ZIPF, G. K. **Human Behavior and the Principle of Least Effort**. Cambridge: Addison-Wesley, 1949.

WANKE, P. F. Determinants of scale efficiency in the Brazilian 3PL industry: A 10-year analysis. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 9, p. 2423-2438, 2012. [A3].

WANKE, P. F. Efficiency drivers in the Brazilian trucking industry: a longitudinal study from 2002-2010. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 44, p. 540-558, 2014. [A6].

WANKE, P. F.; AFFONSO, C. R. Determinantes da eficiência de escala no setor brasileiro de operadores logísticos. **Production**, v. 21, p. 53-63, 2011. [A2].

WANKE, P. F.; BARROS, C. P. New evidence on the determinants of efficiency at Brazilian ports: a bootstrapped DEA analysis. **International Journal of Shipping and Transport Logistics**, v. 8, n. 3, p. 250-272, 2016. [A8].

WOHLGEMUTH, M. et al. Assessment of the technical efficiency of Brazilian logistic operators using data envelopment analysis and one inflated beta regression. **Annals of Operations Research**, v. 286, n. 1, p. 703-717, 2020. [A17].