

**A eficiência das Capitanias Fluviais da Marinha do Brasil, sob a ótica de Custos,
baseada na Análise Envoltória de Dados**

**The efficiency of the Brazilian Navy's Riverine Captaincies from a Cost Perspective,
based on Data Envelopment Analysis**

Johnny Oliveira da Silva

Especialista em Gestão Pública pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Av. São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 20550-013
E-mail: johnny7308@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0531-3364>

José Francisco Moreira Pessanha

Doutor em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
(PUC-Rio)
Professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e da Universidade Estácio de
Sá (UNESA)
Av. São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 20550-013
E-mail: pessanha@ime.uerj.br e jose.pessanha@professores.estacio.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7134-2388>

Francisco Jose dos Santos Alves

Doutor em Controladoria e Contabilidade pela Universidade de São Paulo (USP)
Professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Av. São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 20550-013
E-mail: profranciscojose@gmail.com
Tel.: (21) 98592-8194
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6443-0728>

Luiz Sergio Carvalho de Mello

Mestre em Ciências Contábeis pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Av. São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 20550-013
E-mail: luiznvufrj@yahoo.com.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2257-5816>

Resumo

Este estudo mensurou e analisou a eficiência das Capitanias Fluviais da Marinha do Brasil, no exercício de suas atividades de segurança do tráfego aquaviário, no período de 2021 a 2023. Trata-se de uma pesquisa descritiva, de natureza quantitativa, com a aplicação de um modelo de análise envoltória de dados, baseado nas folgas e orientado aos insumos. Para tal, foram utilizados, como insumos, os dados de custos e valores líquidos dos ativos imobilizados relacionados à atividade operacional de segurança do tráfego aquaviário, além dos custos associados à manutenção e ao funcionamento da infraestrutura das unidades. Como produtos, foram consideradas a quantidade de inspeções e vistorias navais realizadas e a extensão da área sob jurisdição de cada organização. Verificou-se que, no geral, as Capitanias Fluviais obtiveram índice de eficiência médio de 0,8890, no período. Três unidades foram eficientes nos três anos, sendo apontadas como *benchmarking* para as demais. Também, foram demonstradas as folgas nos insumos, que geraram as ineficiências das unidades, e os valores ideais de cada elemento

de custo para que elas alcancem a fronteira de eficiência, mantendo o nível de produtos. Os resultados alcançados mostram-se úteis como parâmetros de alocação de recursos, bem como para o possível estabelecimento de metas de redução de custos anuais dessas organizações. Portanto, mensurar e avaliar a eficiência de organizações públicas, sob a ótica de custos, revela-se um indicador significativo para os gestores dessas unidades orientarem a administração dos limitados recursos postos sob suas responsabilidades. Academicamente, a pesquisa contribui ao adicionar à literatura um estudo sobre a eficiência de organizações militares, sobretudo no desenvolvimento de atividades de segurança do tráfego aquaviário. Do ponto de vista prático, esta pesquisa pode contribuir para aprimoramento da gestão de custos da Marinha do Brasil, o qual é um objetivo estratégico naval constante no Plano Estratégico da Força.

Palavras-Chave: Eficiência; Sistemas de Custos; Análise Envoltória de Dados; Capitânias; Marinha do Brasil.

Abstract

This study measured and analyzed the efficiency of the Brazilian Navy's River Captaincies in carrying out their waterway traffic safety activities between 2021 and 2023. This is a descriptive, quantitative study employing a data envelopment analysis slacks-based model and input oriented. In order to achieve this, cost data and the net value of fixed assets related to the operational activity of waterway traffic safety were employed as inputs, in addition to the costs associated with the maintenance and operation of the units' infrastructure. The number of naval inspections and surveys conducted, and the extent of the area under the jurisdiction of each organization were considered as outputs. The findings revealed that the River Captaincies exhibited an average efficiency index of 0.8890, over the study period. Three units demonstrated consistent efficiency across all three years and were identified as benchmarks for the others. The discrepancies in inputs that led to the observed inefficiencies in the units and the optimal values for each cost element, which would enable the units to reach the efficiency frontier while maintaining the level of outputs, were also demonstrated. The results achieved are useful as parameters for the optimal distribution of resources, as well as for the potential establishment of annual cost reduction targets for these organizations. Consequently, the assessment of public organization efficiency from a cost perspective represents a crucial indicator for the administrators of these units, providing guidance on the management of the limited resources under their purview. Academically, this research contributes to the existing literature on the efficiency of military organizations, particularly with regard to the development of waterway traffic safety activities. From a practical standpoint, this research can inform improvements in cost management within the Brazilian Navy, which is a strategic naval objective included in the Force's Strategic Plan.

Keywords: Efficiency; Cost Systems; Data Envelopment Analysis; Captaincies; Brazilian Navy.

1 Introdução

Em um ambiente globalizado, os centros de produção e consumo encontram-se cada vez mais distantes entre si, o que acarreta em uma rede complexa de fluxos comerciais entre diversos países. Nesse contexto, as hidrovias marítimas e fluviais figuram como uma alternativa importante para o comércio e para a sustentabilidade econômica de várias nações ao redor do mundo.

Em se tratando de hidrovias fluviais, o Brasil se destaca por abrigar, sob sua jurisdição, aproximadamente 21.000 km de rios navegáveis, além de diversos lagos, segundo dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ (2024). Esses importantes recursos são aproveitados para uma ampla gama de atividades, que incluem o turismo, a pesca, a

exploração mineral, os esportes náuticos, o uso militar e o transporte aquaviário (Moraes, 2020; Pimentel & Batista, 2021).

Embora a intensa utilização dos rios e lagos do país tenha o poder de impulsionar o desenvolvimento econômico e social, também acarreta em maiores desafios e ameaças à segurança da navegação, como acidentes com todos os tipos de embarcações, além de pescas e explorações ilegais dos recursos fluviais jurisdicionais brasileiros. Por conseguinte, a atuação estatal para a garantia da segurança do tráfego aquaviário (STA) nas hidrovias fluviais e lacustres é de considerável relevância. Nesse diapasão, a Marinha do Brasil (MB) tem como atribuição, subsidiária às suas funções constitucionais, o exercício das atividades conferidas à Autoridade Marítima Brasileira (AMB), conforme a Lei nº 9.537, de 11 de dezembro de 1997 (Lei de Segurança do Tráfego Aquaviário - LESTA) (Brasil, 1997). Entre os deveres da AMB, está a realização de inspeções e vistorias navais, a fim proteger vidas humanas, garantir a segurança da navegação e prevenir a poluição ambiental, em mar aberto ou em hidrovias internas (Barreto, 2019). No ambiente fluvial e lacustre, essas tarefas são exercidas pelas 14 Capitanias Fluviais (CF) e suas agências e delegacias diretamente subordinadas, as quais são distribuídas por todo o território nacional.

Para o exercício de suas atribuições legais nas hidrovias fluviais e lacustres, a AMB utiliza recursos públicos provenientes do orçamento do Estado, para aquisição de ativos voltados à atividade de STA. Além disso, anualmente, são gerados custos relacionados à manutenção desses ativos, à aquisição de combustível, à manutenção da infraestrutura das CF, dentre outros necessários para que essas Organizações Militares (OM) possam cumprir suas atividades precípuas. Porém, em um cenário marcado por austeridade e limitações, esses recursos devem ser aplicados com maior assertividade, de modo a se evitar desperdícios, primando pela eficiência.

Nesse sentido, a MB desenvolveu o Sistema de Custos da Marinha (SCM), por meio do qual são registrados os custos relacionados às diversas atividades desempenhadas pela Força, com o objetivo de realizar análises contábeis e proporcionar informações que possam subsidiar uma alocação mais eficiente de recursos. Contudo, apesar do SCM fornecer relatórios estruturados sobre os custos das atividades da Força Naval, Santos et al. (2023a) mencionam que, isoladamente, eles não são suficientes para mensurar a eficiência das diversas OM no desenvolvimento de suas atribuições. Soma-se a isso, o fato dos serviços das Forças Armadas serem prestados exclusivamente pelo Estado, o que deixa essas instituições sem informações de um mecanismo de preços na avaliação do uso eficiente desses recursos (Hanson, 2016).

Dessa maneira, faz-se necessária a adoção de abordagens e metodologias, com o emprego de ferramentas de análise de dados, que possam contribuir para a mensuração da eficiência de órgãos públicos (Alencar & Fonseca, 2016). Entre os diferentes modelos que utilizam dados para essa finalidade, a Análise Envolvória de Dados (*Data Envelopment Analysis* [DEA]) se destaca no setor público, devido às suas possibilidades de mensuração da eficiência, por meio de um modelo de programação matemática (Ibáñez et al., 2020). Essa abordagem surge como uma ferramenta de apoio à gestão, permitindo a realização de avaliações, que englobam a comparação e a classificação da eficiência entre organizações de um mesmo setor, com base nos recursos que utilizam (*inputs*) e nos produtos gerados (*outputs*) (Ferreira & Gomes, 2020).

Contudo, são exíguos os estudos que se dedicaram a mensurar a eficiência das atividades operacionais das Forças Armadas. No contexto da STA, foi encontrado somente o estudo de Santos et al. (2023a), que mensuraram a eficiência das inspeções e vistorias navais, tomando por base as áreas distritais sob responsabilidade da MB, englobando OM que atuam, tanto em áreas marítimas, quanto em fluviais e lacustres.

Face ao exposto, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: de que forma pode-se mensurar a eficiência das Capitanias Fluviais na execução das atividades de STA, com base na

DEA e sob a ótica do SCM? Portanto, o objetivo geral do presente estudo é mensurar e avaliar a eficiência das Capitâneas Fluviais, no exercício de suas atividades de segurança do tráfego aquaviário, baseado na abordagem DEA, com o emprego de dados extraídos do SCM.

O estudo mostra-se relevante, à medida em que mensurar e avaliar a eficiência de organizações públicas, sob a ótica de custos, apresenta-se como um indicador significativo para os gestores dessas unidades orientarem a administração dos limitados recursos postos sob suas responsabilidades. Do ponto de vista prático, esta pesquisa pode contribuir para o aprimoramento da gestão de custos da MB, o qual é um objetivo estratégico naval constante no Plano Estratégico da Marinha 2040 - PEM 2040 (Brasil, 2020a).

Ademais, além de contribuir com a literatura no que se refere à mensuração e análise da eficiência em atividades operativas de organizações militares, este estudo, ao se diferenciar da pesquisa de Santos et al. (2023a), por focar especificamente na eficiência de um grupo que opera exclusivamente em hidrovias fluviais e lacustres, contribui, também, para ampliar a literatura sobre a mensuração e análise da eficiência das atividades de segurança do tráfego aquaviário exercidas pela AMB.

2 Fundamentação Teórica

Esta seção tem o propósito de expor a sustentação teórica que embasa esta pesquisa, no que se refere à Eficiência na Administração Pública, ao Sistema de Custos da Marinha e à Mensuração da Eficiência com o emprego da Análise Envoltória de Dados.

2.1 Eficiência na Gestão Pública

A partir da década de 1980, iniciou-se um processo de reestruturação na administração pública em nível global. Esse movimento visava substituir os modelos burocráticos, por uma gestão com maior capacidade de governança e de atuação econômica, política e social, a fim de garantir direitos sociais e necessidades dos cidadãos (Oliveira & Paula, 2014).

Nesse contexto, emergia a *New Public Management* (NPM), que tinha como principais preceitos uma gestão profissional, a mensuração de desempenho, o incentivo à competição e a aplicação dos recursos públicos de forma racional, moderada, buscando pela eficiência (Hood, 1995). No Brasil, o conceito de eficiência é apresentado por diferentes nuances. Por exemplo, ao definir o princípio da eficiência na administração pública brasileira, Moraes (2016) afirma que os gestores devem pautar suas atividades visando o bem comum, primando pela qualidade e pela utilização adequada dos recursos públicos para maximizar a rentabilidade social. Camargo e Guimarães (2013) argumentam, que uma gestão pública eficiente deve se concentrar em melhorar seus processos administrativos, capacitar seus agentes e estar disposta a adotar as práticas de referência no seu campo de atuação. Para Gomes (2009), a eficiência na gestão pública está relacionada ao cumprimento de normas e à redução de custos, e sua finalidade é verificar se um serviço público foi prestado da maneira mais competente. De maneira semelhante, Ferradaes (2019) menciona que a eficiência pressupõe a aplicação criteriosa dos recursos públicos, de forma que o custo da atividade pública seja o realmente necessário para sua realização, evitando desperdícios.

Observando-se as definições dos autores, percebe-se que a eficiência na gestão pública engloba dimensões sociais e econômicas. Na dimensão social, a eficiência é manifestada pela habilidade da instituição em servir uma parte significativa da sociedade, aumentando, assim, a utilidade da organização dentro do seu ambiente (Mattos & Terra, 2015). Sob o prisma dos impactos sociais, a eficiência dos entes estatais está relacionada à efetividade das ações públicas (Pacheco, 2009). Já a dimensão econômica, engloba os conceitos de eficiência técnica e alocativa. A eficiência técnica está relacionada à capacidade das unidades de obter máxima

produção com os insumos que dispõe (Rosano-Peña & Gomes, 2018). Sob o prisma alocativo, a eficiência representa a habilidade das organizações utilizarem os insumos em proporções ótimas na execução das suas atribuições ou prestação de serviços, no sentido de Pareto (Silva et al., 2011). Alinhando os dois conceitos, Shaw (2009) sugere que a eficiência econômica está atrelada à manutenção dos níveis de custos, com o aumento da produção ou, ao contrário, à redução dos custos, mantendo-se a capacidade produtiva. Portanto, depreende-se que na dimensão social, a eficiência da gestão pública é analisada pelos impactos dos serviços postos à disposição da sociedade, enquanto a eficiência técnica e alocativa estão voltadas a analisar o uso eficiente dos recursos para a prestação de serviços à sociedade.

Atendo-se à eficiência sob a dimensão econômica, isto é, referente à utilização dos recursos públicos para a oferta de serviços à coletividade, a NPM preconizava a adaptação de conceitos, ferramentas, instrumentos e modelos de gestão, consagrados nas organizações privadas, para a esfera estatal (Aljuhmani et al., 2024). Entre essas abordagens e ferramentas, destaca-se a contabilidade de custos (Messias et al., 2018). Conforme Alqudah et al. (2022), a implementação de um sistema de gerenciamento de custos fornece atualizações contínuas sobre o comportamento e a estrutura das despesas públicas, auxiliando no processo de avaliação da eficiência, na prestação de serviços à coletividade. Alonso (2022) descreve bem a relevância desses sistemas, em relação à mensuração do desempenho na gestão pública, ao afirmar que, sem medição de custos, não há como se pensar em medidas de eficiência. Contudo, Taj et al. (2012) alertam que os conceitos de eficiência técnica e alocativa são relativos, pois somente é possível observar a fronteira de custos ideal, quando se comparam organizações que atuam no mesmo setor e utilizam os mesmos insumos. Nessa perspectiva, Machado e Holanda (2010) mencionam que os administradores públicos devem utilizar sistemas de informações de contábeis, para comparar os custos de serviços semelhantes, prestados por unidades diferentes.

Nesse íterim, Santos et al. (2023b) salientam que, no Brasil, o reconhecimento da relação entre custos e eficiência motivou vários órgãos do setor público, incluindo a MB, a desenvolverem sistemas de informações de custos, com propósito de fornecer suporte aos gestores, na administração dos recursos estatais, conforme será apresentado na próxima seção.

2.2 Sistema de Custos da Marinha

No Brasil, a despeito da administração pública gerencial ter iniciado partir da década de 1980, apuração de custos no setor público, como atividade compulsória, não é tema recente, visto que já havia sido preconizada na Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964 (Cardoso et al., 2011). Em que pese a obrigação legal, a manutenção de sistemas de custos foi por muito tempo negligenciada, por grande parte dos órgãos públicos, sendo consolidada apenas em 2011, com a criação do Sistema de Custos do Governo Federal (SIC) (Holanda et al., 2010).

Não obstante à morosidade de parcela significativa de entidades do Estado, a MB figura entre as instituições públicas pioneiras, no que se refere à gestão de custos (Mauss et al., 2015). Conforme Pereira et al. (2016), na Força Naval, a gestão de custos teve início em 1994, com a criação da sistemática das Organizações Militares Prestadoras de Serviços (OMPS), para o gerenciamento de custos nas áreas industrial, hospitalar e de ciência e tecnologia. Contudo, o controle gerencial proporcionado pela sistemática OMPS não era aplicado em todas as unidades da Instituição. Dessa forma, com o objetivo de ampliar a cultura da gestão de custos para toda a Força, a Alta Administração Naval autorizou, em 2017, a implementação do Sistema de Custos da Marinha (SCM), baseado nas funcionalidades do SIC (Albuquerque & Oliveira, 2017).

Dessa forma, a adoção do SCM possibilitou à MB ampliar a avaliação dos custos para abranger todas as suas atividades, fornecendo uma visão mais detalhada da distribuição dos recursos da Força (Santos et al., 2023a). Além do conhecimento dos custos de suas atividades,

de acordo com as Normas sobre o Sistema de Custos da Marinha do Brasil - SGM-307 (Brasil, 2020b), o SCM tem como objetivo, prestar informações à Alta Administração da MB, a fim de promover uma alocação mais eficiente de seus recursos, contribuindo com informações gerenciais que possam subsidiar o processo decisório. O Sistema funciona como um *data warehouse*, que reúne e processa uma gama de dados originadas de outros sistemas estruturantes do governo federal e de sistemas corporativos da MB, o que reduz a carga administrativa requerida à geração de informações (Mello et al., 2021). Além disso, o modelo adotado pelo SCM é baseado no método de custeio por atividades ou *Activity Based Costing* (ABC), o qual considera, que são as atividades que consomem os recursos da organização (Filgueiras, 2019). Assim, a estrutura do SCM é fundamentada no agrupamento de atividades afins, denominadas macroatividades, as quais se classificam em dois grupos, um relacionado às atividades finalísticas, e outro às atividades de apoio, conforme a sua contribuição para o alcance dos objetivos da MB (Filgueiras, 2019; Santos et al., 2023b).

Para apurar os custos dos serviços relacionados às atividades finalísticas de segurança do tráfego aquaviário (STA), a MB criou a macroatividade 04.00 – Serviço de Portos e Costas (Santos et al., 2023a). Essa macroatividade engloba os centros de custos relacionados às atividades das OM componentes do Sistema de Segurança do Tráfego Aquaviário (SSTA), quanto ao cumprimento da legislação marítima, prevenção à poluição no mar, segurança do tráfego aquaviário, e habilitação e qualificação do pessoal da Marinha Mercante (Brasil, 2020b). Outra macroatividade importante do SCM é a 59.00 – Atividades Administrativas que, segundo a norma SGM- 307 (Brasil, 2020b), são formadas por todos os centros de custos destinados a apropriar os custos relacionados ao funcionamento e à manutenção da infraestrutura de todas as OM da Força, no desenvolvimento de suas atividades. Cabe destacar, que o sistema de custos considera a movimentação patrimonial decorrente do desenvolvimento das atividades das organizações, como o consumo de estoque e a depreciação dos ativos imobilizados, o que possibilita a identificação efetiva da aplicação dos recursos, ao contrário de uma abordagem limitada à execução orçamentária (Filgueiras, 2019).

Assim, fica evidente a importância dos sistemas de informações, como o SCM, em termos gerenciais, sobretudo, no que se refere ao registro dos custos das atividades da MB. Porém, Hokkinen (2021) alerta que a apuração genérica dos custos da atividade pública não é suficiente, por si só, para identificar a eficiência das entidades. Soma-se a isso, o fato de alguns serviços públicos serem prestados exclusivamente pelo Estado, como os de STA. Nessa linha, Hanson (2016) argumenta que os serviços prestados unicamente por um ente estatal não contam com informações de preços de mercado e, assim, a avaliação da eficiência dessas instituições é dificultada.

Destarte, os registros dos custos públicos precisam ser analisados sob a ótica dos produtos gerados e pela disponibilidade de serviços para atendimento à parcela da sociedade, comparando-se unidades semelhantes, que atuam no mesmo setor, utilizando recursos congêneres. Nesse sentido, menciona-se a pesquisa de Carmo e Rosano-Peña (2019), que analisaram a eficiência dos custos nos contratos públicos de georreferenciamento, utilizando o tamanho da área atendida como produtos. Lu (2011) analisou a eficiência dos serviços de transporte de Taiwan, sob o prisma de custos, da quantidade de pessoas atendidas e da área coberta por cada linha rodoviária. Freitas (2020) mensurou a eficiência da segurança pública nas fronteiras do Brasil, com base nos custos apurados, por diversas unidades operacionais, para realizar operações. Souza et al. (2018) empregaram dados referentes aos ativos imobilizados e aos custos operacionais, para mensurar a eficiência de 31 hospitais brasileiros, no que concerne à obtenção de receitas e ao provimento de leitos, no período de 2006 a 2011.

Na MB, os dados gerados pelo SCM foram utilizados por Mello et al. (2021) na avaliação da eficiência do serviço de fornecimento de alimentos em navios da Força, com base na quantidade de refeições servidas ao longo do ano de 2019. Na mesma linha, Silva e Costa

(2023) também utilizaram informações extraídas do SCM e a média de alimentações fornecidas, para analisar a eficiência do serviço de fornecimento de alimentação em OM da MB. Considerando unidades próprias e terceirizadas, os autores identificaram que as unidades que mantinham serviços próprios foram mais eficientes na gestão de custos em 2021. Na avaliação de serviços hospitalares, Santos et al. (2023b) empregaram os custos coletados no SCM, para analisar a eficiência de dez OM da área de saúde, na realização de exames e consultas médicas. No que se refere às atividades operativas, mais especificamente no que se refere à STA, Santos et al. (2023a) se propuseram a analisar a eficiência das áreas distritais da MB, utilizando os custos apurados e investimentos realizados em 2021, para a realização de vistorias e inspeções navais.

Além da conjugação dos custos com os produtos gerados, faz-se necessário avançar na implementação de ferramentas para gerenciar e analisar a eficiência dos custos das unidades no setor público, visando a melhor utilização dos sistemas de informações já existentes (Pereira et al., 2018). Destarte, a aplicação de métodos analíticos de análise de dados, como a DEA, pode contribuir para melhorar a qualidade gerencial das informações extraídas dos sistemas de custos.

2.3 Mensuração da Eficiência com o emprego da Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de dados (DEA) é uma ferramenta matemática que permite avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão – *Decision Making Unities* (DMU), considerando múltiplos fatores de entrada e saída comuns, através de um processo de programação linear (Neuenfeldt et al., 2015). No processo de conversão das entradas e saídas, os resultados apresentam indicadores de eficiência que variam entre 0 e 1, isto é, de 0 a 100%, cuja a DMU que atinge o valor unitário é considerada eficiente (Pereira & Tavares, 2020).

O propósito da DEA é identificar uma fronteira de eficiência a partir dos dados das DMUs avaliadas, de modo que as unidades sejam categorizadas como eficientes ou ineficientes. Ademais, a fronteira de eficiência funciona como uma referência, a partir da qual diretrizes e metas podem ser estabelecidas, para que as DMUs ineficientes alcancem a eficiência (Almeida et al., 2006).

Para implementação da DEA, Lins e Meza (2000) indicam três fases importantes. Inicialmente, deve-se definir e selecionar as DMUs a serem analisadas, de forma que sejam semelhantes na utilização de insumos e fornecimento de produtos. Em seguida, devem ser selecionadas, entre as variáveis coletadas, aquelas mais apropriadas para mensurar a eficiência das unidades. Nesse ponto, Lorenzett et al. (2010) e Lu (2011) salientam que, nos modelos DEA, é desejável que as variáveis empregadas atendam ao pressuposto de isotonicidade, isto é, o incremento nos insumos deve provocar um aumento nos produtos desejados, ou um decréscimo, no caso de produtos indesejados. Finalmente, deve-se especificar o modelo de programação linear responsável pela quantificação da medida de eficiência.

Em relação aos modelos, há uma variedade, que deriva das abordagens clássicas desenvolvidas por Charnes et al. (1978), *constant returns to scale* (CRS), e por Banker et al. (1984), *variable returns to scale* (VRS). O modelo CRS, pressupõe que as unidades estão operando em sua capacidade ótima, considerando um aumento de produção linear, na qual um incremento na utilização dos insumos, resulta em um aumento proporcional constante na produção, independentemente do porte da DMU (Ferreira & Gomes, 2020). O pressuposto VRS considera que a escala de produção das unidades não está sob o controle dos gestores (Rosano-Peña & Gomes, 2018). Além disso, esse modelo permite que uma unidade ineficiente seja comparada com outras unidades eficientes de portes semelhantes, ou que operam em escalas similares, sendo indicado para análise de DMU com tamanhos diversos (Lobo et al., 2014).

Entretanto, Tayebi et al. (2024) criticam os modelos tradicionais, no que se refere à análise da relação entre insumos e produtos, pois por serem radiais, presume-se que eles sofram mudanças proporcionais e as folgas restantes não afetam a eficiência das pontuações. Em razão disso, uma DMU localizada na fronteira de eficiência, apesar de ser eficiente, pode apresentar folgas nos insumos ou produtos (Profeta et al., 2021). Consequentemente, a eficiência avaliada por modelos radiais é chamada de "eficiência fraca", na literatura que aborda a DEA (Cooper et al., 2011).

Com o avanço das pesquisas e novas necessidades de análises, a DEA passou a ser empregada e ampliada em uma variedade de modelos, como o não-radial, baseado em folgas ou DEA *Slack Based Measure* (SBM), proposto por Tone (2001). Neste modelo, dados um conjunto de n DMUs, onde cada uma consome quantidades $\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$ de m tipos de insumos (*inputs*) e produz quantidades $\{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ip}\}$ de p tipos de produtos (*outputs*), o modelo SBM usa as sobras de insumos (s^-) e as faltas de produtos (s^+), no cálculo do índice de eficiência ($0 \leq \theta \leq 1$) da DMU avaliada $j0$, conforme ilustrado no modelo de programação matemática da Equação (1):

$$\begin{aligned} & \text{Min} \\ & \lambda, s^-, s^+ \quad \theta = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{s_j^-}{x_{j0}}}{1 + \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p \frac{s_j^+}{y_{j0}}} \\ & \text{Sujeito a} \\ & \sum_{k=1}^n x_{jk} \lambda_k + s_j^- = x_{j0} \quad \forall j = 1, m \\ & \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k - s_j^+ = y_{j0} \quad \forall j = 1, p \\ & \lambda_k \geq 0 \quad \forall k = 1, n \\ & s_j^- \geq 0 \quad \forall j = 1, m \\ & s_j^+ \geq 0 \quad \forall j = 1, p \end{aligned} \quad (1)$$

A partir da função objetivo, conforme a Equação (1), pode-se concluir que a DMU avaliada $j0$ é eficiente se, e somente se, as variáveis de folga s^- (sobra de recursos) e s^+ (falta de produtos) forem nulas. Multiplicando as restrições, o numerador e o denominador da função objetivo da Equação (1) por t ($t > 0$), fazendo o denominador resultante igual a 1, e renomeando os produtos $t\lambda_k$, ts_j^- e ts_j^+ , respectivamente, para w_k , z_j^- e z_j^+ , obtém-se o problema de programação linear da Equação (2):

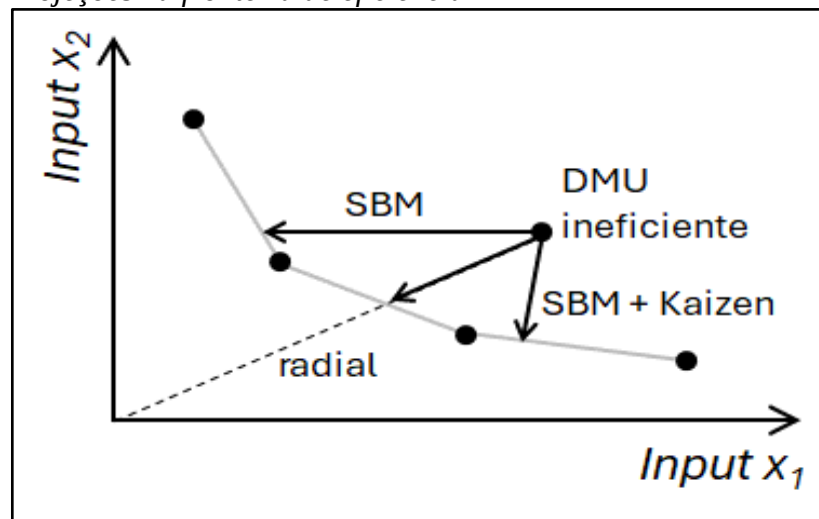
$$\begin{aligned} & \text{Min} \\ & w, z^-, z^+ \quad \theta = t - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{z_j^-}{x_{j0}} \\ & \text{Sujeito a} \\ & t + \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p \frac{z_j^+}{y_{j0}} = 1 \\ & \sum_{k=1}^n x_{jk} w_k + z_j^- = tx_{j0} \quad \forall j = 1, m \\ & \sum_{k=1}^n y_{jk} w_k - z_j^+ = ty_{j0} \quad \forall j = 1, p \\ & w_k \geq 0 \quad \forall k = 1, n \\ & z_j^- \geq 0 \quad \forall j = 1, m \\ & z_j^+ \geq 0 \quad \forall j = 1, p \end{aligned} \quad (2)$$

Denotando a solução ótima do problema (2) por θ^* , t^* , w_k^* , z_j^{-*} e z_j^{+*} , os valores correspondentes dos multiplicadores e variáveis de folga são, respectivamente, $\lambda_k^* = w_k^*/t^*$, $s_j^{-*} = z_j^{-*}/t^*$ e $s_j^{+*} = z_j^{+*}/t^*$. A DMU $j0$ é eficiente se, e somente se, $\theta^*=1$, neste caso as

variáveis de folga são nulas ($s_j^{-*} = 0 \forall j = 1, m$ e $s_j^{+*} = 0 \forall j=1, p$). Caso contrário, a DMU é ineficiente e deve reduzir o consumo dos insumos para $x_{j0} - s_j^{-*} \forall j=1, m$, e aumentar a produção para $y_{j0} + s_j^{+*} \forall j=1, p$, a fim de alcançar a fronteira de eficiência. Ademais, o conjunto de referência (*peer set*) ou *benchmarking*, de uma DMU ineficiente, é formado pelas demais DMU analisadas com $\lambda_k^* > 0 \forall k=1, n$.

Nos modelos DEA clássicos orientados (CRS e VRS), as melhorias que uma DMU ineficiente pode fazer para alcançar a fronteira de eficiência consistem na redução equiproporcional das quantidades de todos os insumos (orientação ao *input*) ou na expansão equiproporcional das quantidades de todos os produtos (orientação ao *output*). Assim, geometricamente, a versão melhorada de uma DMU ineficiente é dada por sua projeção radial na fronteira de eficiência, conforme indicado na Figura 1. Mas, diferentemente dos modelos DEA tradicionais, no modelo SBM não orientado, a versão melhorada de uma DMU ineficiente é determinada por sua projeção não-radial na fronteira de eficiência, isto é, as reduções (expansões) das quantidades de insumos (produtos) não são equiproporcionais. Contudo, conforme indicado na Figura 1, o modelo SBM pode projetar uma DMU ineficiente em um ponto na fronteira que seja demasiadamente distante, o que implica em um menor índice de eficiência. Para mitigar o problema, Tone (2016) propôs o algoritmo *Kaizen*, para projetar uma DMU ineficiente em um ponto da fronteira de eficiência que seja próximo, de tal forma que a versão melhorada da DMU seja alcançada com menores modificações nas quantidades de insumos e produtos.

Figura 1
Projeções na fronteira de eficiência



Fonte: Adaptado de Tone (2016).

No modelo SBM da Equação (2), os insumos e produtos são controláveis, mas o modelo pode acomodar insumos ou produtos não controláveis pelas DMU. Por exemplo, no caso de um insumo não controlável ($x_k^{NC} \forall k = 1, n$), a Equação (3) deve ser incluída como uma restrição do modelo:

$$\sum_{k=1}^n x_k^{NC} \lambda_k = x_0^{NC} \quad (3)$$

Ademais, o modelo DEA-SBM, conforme a Equação (2), assume rendimentos constantes de escala (CRS). No entanto, a consideração de rendimentos variáveis de escala (VRS) pode ser implementada, por meio da inclusão da Equação (4), como mais uma restrição do modelo:

$$\sum_{k=1}^n w_k = 1 \quad (4)$$

Resolvendo as equações do modelo DEA-SBM, obtém-se os índices de eficiência de cada DMU. Para as unidades consideradas ineficientes, são informadas as folgas nos recursos ou produtos, bem como as metas de insumos e produtos ideais, determinadas pelas projeções das DMUs ineficientes na fronteira de eficiência.

Importante mencionar, que o modelo DEA-SBM não-orientado, definido na Equação (2), pode ser adaptado para orientação ao *input* ou ao *output*, dependendo dos objetivos pretendidos (Tone, 2016). Assim, devido à sua abordagem, que leva em conta os excessos de entrada e faltas na saída, de modo que as folgas diferentes de zero passam a ser incluídas na avaliação da eficiência (Tone et al., 2020), e a habilidade de comportar variáveis não discricionárias e não controláveis (Esmaeili, 2009), Profeta et al. (2021) consideram o modelo DEA-SBM mais robusto, comparado aos modelos tradicionais, pois oferece maior capacidade de discriminação entre os índices de eficiências das DMU, além de indicar quais insumos apresentam excessos ou quais produtos apresentam faltas, gerando informações gerenciais mais precisas à gestão.

3 Metodologia

Conforme Silveira (2011), esta pesquisa caracteriza-se como descritiva, de natureza quantitativa, uma vez que se propõe demonstrar o processo empregado para a mensuração da eficiência das Capitâneas Fluviais (CF), no exercício das atividades de STA, sob a ótica de custos, por meio de um modelo matemático.

Para obtenção do modelo de mensuração da eficiência, foram considerados, como insumos das CF, os custos anuais das macroatividades 04.00 (serviço de portos e costas) e 59.00 (atividades administrativas). Essas macroatividades representam os custos mais relevantes associados às atividades da CF, como combustível, manutenção de equipamentos, viaturas e embarcações, diárias de pessoal militar e manutenção e funcionamento da infraestrutura das CF. Também, foram considerados o valor líquido dos ativos imobilizados (AIL), compostos por equipamentos, viaturas e embarcações que suportam a capacidade das CF executarem suas atribuições, registrados ao final de cada ano. A fonte de coleta dos dados, referentes aos insumos, foi o sistema Tesouro Gerencial, do governo federal, cujo o acesso foi concedido pela Diretoria de Finanças da Marinha. Salienta-se, que o valor líquido dos ativos imobilizados dos equipamentos é um *input* não discricionário, visto que sua redução está condicionada às possíveis transferências, baixas ou, o que é mais comum, ao processo de depreciação.

Como *outputs*, foram consideradas a extensão da área jurisdicional (AJ) de cada CF, obtidos nas Normas e Procedimentos das Capitâneas Fluviais, disponíveis no endereço eletrônico da Diretoria de Portos e Costas (DPC), bem como os dados quantitativos de vistorias e inspeções navais (IN/VST) realizadas anualmente pelas unidades, obtidos no Sistema de Gerenciamento de Vistorias e Inspeções da Marinha do Brasil (SISGEVI), por meio de acesso provisório concedido pela DPC. A escolha desses *outputs* baseia-se nos estudos citados no referencial teórico, como o de Santos et al. (2023a), que utilizaram a variável IN/VST e mencionam que a dimensão territorial de atuação das OM pode gerar diferenças consideráveis

entre elas, no que se refere ao desenvolvimento das atividades de STA. Destaca-se, que a variável AJ não é facilmente controlável pelas CF, pois dependem de alterações normativas e envolvem aspectos estratégicos da atuação da MB.

Importante mencionar que, durante a coleta de dados, foram observadas inconsistências em uma CF, sendo necessário excluí-la do estudo. Deste modo, a população alvo será composta por 13 CF. Para assegurar a transparência e a precisão das informações obtidas para a realização deste estudo, os nomes das CF, avaliadas na pesquisa, serão mantidos em sigilo.

Conforme Hanson (2016), os modelos DEA exigem que o número de DMU seja pelo menos três vezes maior que a quantidade de variáveis, a fim de se evitar problemas de dimensionalidade. Deste modo, dado à quantidade de variáveis selecionadas e assumindo a premissa de ausência de mudança tecnológica na gestão das CF no período de 2021 a 2023, optou-se por empregar a análise em painel (Pessanha & Mello, 2021). Esse procedimento tende a suavizar qualquer problema de dimensionalidade, já que cada CF será tratada como uma DMU diferente em cada ano, gerando 39 observações, além de proporcionar uma análise da eficiência das CF ao longo do tempo. Deste modo, os dados foram consolidados por CF, com os valores totais de cada variável registrados ao final de cada ano.

Considerando que o objetivo deste estudo é a mensuração da eficiência sob a ótica do SCM, o modelo DEA proposto visa indicar metas de redução de insumos das DMU, então será o utilizado o modelo DEA-SBM, orientado aos insumos, cuja especificação é indicada pela Equação (5):

$$\begin{aligned}
 & \underset{w, S^-}{\text{Min}} & \theta &= 1 - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{S_j^-}{x_{j0}} \\
 & \text{Sujeito a} & & \\
 & & \sum_{k=1}^n x_{jk} \lambda_k + S_j^- &= x_{j0} \quad \forall j = 1, m \\
 & & \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k &\geq y_{j0} \quad \forall j = 1, p \\
 & & \lambda_k &\geq 0 \quad \forall k = 1, n \\
 & & S_j^- &\geq 0 \quad \forall j = 1, m \\
 & & z_j^+ &\geq 0 \quad \forall j = 1, p
 \end{aligned} \tag{5}$$

Por fim, considerando a natureza dos cálculos matemáticos necessários, optou-se pelo uso do pacote *deaR* (Coll-Serrano et al., 2023), no *software R* (R Core Team, 2024), como ferramenta para o tratamento dos dados coletados, ao longo desta pesquisa.

4 Resultados e Análises

A análise da eficiência das CF baseou-se nos valores dos *inputs* e *outputs* consolidados por ano, do período de 2021 a 2023. Nesse aspecto, a Tabela 1 dispõe das médias dos custos apurados na macroatividade 04.00 (MA 04.00), na macroatividade 59.00 (MA 59.00), do valor líquido dos ativos imobilizados registrados nas contas contábeis de equipamentos, veículos e embarcações, utilizados na execução das atividades de STA (AIL), da quantidade de vistorias e inspeções navais (IN/VST), além da extensão da área jurisdicional de responsabilidade de cada CF em Km² (AJ), de forma a se observar, preliminarmente, a estrutura dos insumos e produtos de cada OM.

Tabela 1

Valores médios dos inputs e outputs das CF 2021 - 2023

DMU	Inputs			Outputs	
	MA 04.00	MA 59.00	AIL	IN/VST	AJ
CF-1	352.707,97	1.813.926,07	1.747.259,38	1.488	586.513,99
CF-2	63.531,52	17.011,29	922.435,22	1.863	115.066,58
CF-3	573.597,57	1.007.660,57	2.976.050,07	4.988	434.339,51
CF-4	333.232,49	1.570.007,96	2.122.828,25	504	135.114,95
CF-5	408.828,78	24.179,76	3.270.389,67	3.090	357.142,08
CF-6	169.321,43	136.312,59	2.674.880,51	3.419	99.136,01
CF-7	71.462,73	41.828,07	1.284.057,66	1.382	246.867,64
CF-8	249.603,35	78.579,61	3.131.374,47	3.561	277.423,63
CF-9	383.235,40	1.351.602,08	4.586.066,58	2.440	139.500,68
CF-10	553.065,86	400.954,07	2.333.402,86	1.612	156.482,43
CF-11	3.908.754,89	1.455.528,61	15.112.077,09	8.228	594.184,98
CF-12	1.077.711,21	1.604.135,77	9.212.471,02	6.681	237.754,17
CF-13	958.640,61	504.058,10	3.536.972,54	13.543	201.156,30

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Visando verificar a isotonicidade entre as variáveis, conforme Lorenzetti et al. (2010) e Lu (2011), foi realizado o teste de correlação de *Pearson* entre as variáveis de insumo e produtos. Conforme demonstrado na Tabela 2, todos os coeficientes de correlação entre as variáveis são positivos e, portanto, as variáveis empregadas no estudo atendem à premissa de isotonicidade, desejáveis para modelos DEA.

Tabela 2

Correlações de Pearson entre inputs e outputs

Variáveis	MA 04.00	MA 59.00	AIL
MA 59.00	0,399	-	-
AIL	0,930	0,458	-
IN/VST	0,541	0,073	0,509
AJ	0,563	0,424	0,456

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Em seguida, quanto à pressuposição dos rendimentos de escala a ser adotado, foram verificadas as estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs* das CF no triênio, conforme discriminado na Tabela 3.

Tabela 3

Estatísticas descritivas das variáveis

Variáveis	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Coeficiente de variação
MA 04.00	700.284,14	1.011.109,69	63.531,52	3.908.754,89	1,4439
MA 59.00	769.675,73	708.889,07	17.011,29	1.813.926,07	0,9210
AIL	4.070.020,41	3.910.002,21	922.435,22	15.112.077,09	0,9607

Variáveis	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Coefficiente de variação
IN/VST	4.061,38	3.611,35	504,00	13.543,00	0,8992
AJ	275.437,15	170.091,28	99.136,01	594.184,98	0,6175

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Os valores elevados das amplitudes (Valor máximo – Valor mínimo) e dos coeficientes de variação das variáveis apontam para expressivas diferenças entre as CF. Por exemplo, no que se refere aos custos da macroatividade MA 04.00 e dos valores dos AIL a CF-11 é a unidade que tem a maior média no período, com R\$ 3.908.754,89 apurados na MA 04.00, e R\$ 15.112.077,09 de AIL, enquanto a CF-2 apurou uma média de custos de R\$ 63.531,52 na MA 04.00 e possui AIL médio de R\$ 922.435,22. No que tange à macroatividade MA 59.00 a CF-1 tem a maior média, com R\$ 1.813.926,07, ao passo que a CF-2 é a OM que possui a menor média de custos de manutenção e funcionamento de infraestrutura administrativa, R\$ 17.011,29.

Nos *outputs*, a significativa diferença nas observações permanece. Enquanto a CF-4 é a unidade que tem a menor média de inspeções e vistorias no período, com 504, a CF-13 se destaca como a OM com a maior média, com 13.543. No que se refere à extensão da área jurisdicional, a CF-11 cobre uma área de 594.184,98 km², área consideravelmente superior à da CF-6, que atua em uma área de 99.136,01 km².

A heterogeneidade nos portes das CF, semelhante ao observado por Santos et al. (2023a) e Santos et al. (2023b), sugere um modelo DEA-SBM orientado aos insumos, sob a pressuposição VRS. Contudo, o modelo VRS classifica como eficiente qualquer DMU com o valor máximo em uma variável *output* ou com o valor mínimo em uma variável *input*. Assim, no caso em tela, a CF-11, por exemplo, seria classificada como eficiente, apenas por apresentar a maior área jurisdicional, sem considerar os níveis das variáveis *inputs*, resultando em uma avaliação inadequada. Portanto, optou-se pela premissa de rendimentos constantes de escala (CRS).

Além disso, empregou-se o algoritmo *kaizen*, de acordo com Tone (2016), a fim de que a projeção de qualquer CF ineficiente seja possibilitada com menores modificações nas quantidades de insumos. A Tabela 4 apresenta os resultados, com os índices de eficiência anuais, bem como a média geral de cada CF, no período.

Tabela 4
Eficiências das Capitanias Fluviais 2021-2023

DMU	Ano			Média por CF
	2021	2022	2023	
CF-1	1,0000	1,0000	0,8670	0,9557
CF-2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CF-3	0,8147	0,8271	0,7430	0,7949
CF-4	0,7237	0,7209	0,7763	0,7403
CF-5	1,0000	0,8914	1,0000	0,9638
CF-6	1,0000	1,0000	0,9334	0,9778
CF-7	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CF-8	1,0000	0,9312	0,9200	0,9504
CF-9	1,0000	0,6658	0,6272	0,7643
CF-10	0,8715	1,0000	0,9574	0,9430

DMU	Ano			Média por CF
	2021	2022	2023	
CF-11	0,7856	0,8607	0,8021	0,8161
CF-12	0,7918	0,5726	0,5862	0,6502
CF-13	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Média Anual	0,9221	0,8823	0,8625	0,8890

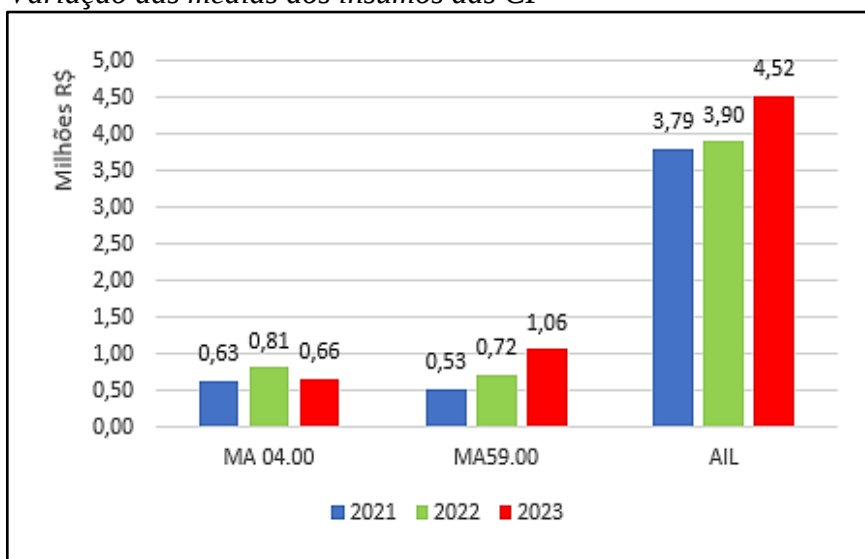
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

O conjunto das 13 CF apresentou um índice médio de eficiência geral de 0,8890, porém com tendência de decréscimo ao longo do triênio. Nesse contexto, é interessante analisar as variações das médias dos insumos e produtos ao longo do tempo, a fim de verificar a possível influência dessas mudanças na queda dos índices de eficiência geral das CF.

Conforme ilustrado na Figura 2, a macroatividade MA 04.00 apresentou um acréscimo de 29%, de 2021 para 2022, tornando este, o ano com a maior média de custos no período. Em 2023, houve redução dos custos apurados nesta macroatividade, mas ainda assim, aproximadamente 6% superior aos de 2021. Em contrapartida, foram observados aumentos nas médias dos AIL ao longo do período, com uma variação de 3%, de 2021 para 2022, e 16%, de 2022 para 2023. Tendo em vista que os ativos tendem a sofrer depreciação ao longo do tempo, esses aumentos denotam que as CF realizaram investimentos para aquisição de equipamentos, veículos ou embarcações que dão suporte às suas atividades de STA no decorrer do triênio. Com maior destaque, observa-se crescimento constante e significativo da MA 59.00. Nessa macroatividade, em 2022, houve um incremento de 36%, em relação ao ano de 2021, e um acréscimo de 47% em 2023, quando comparado aos valores médios do ano anterior. Como resultado, a média dos custos referentes à manutenção e ao funcionamento da infraestrutura das CF apurados de 2023 representam quase o dobro do valor de 2021.

Figura 2

Variação das médias dos insumos das CF



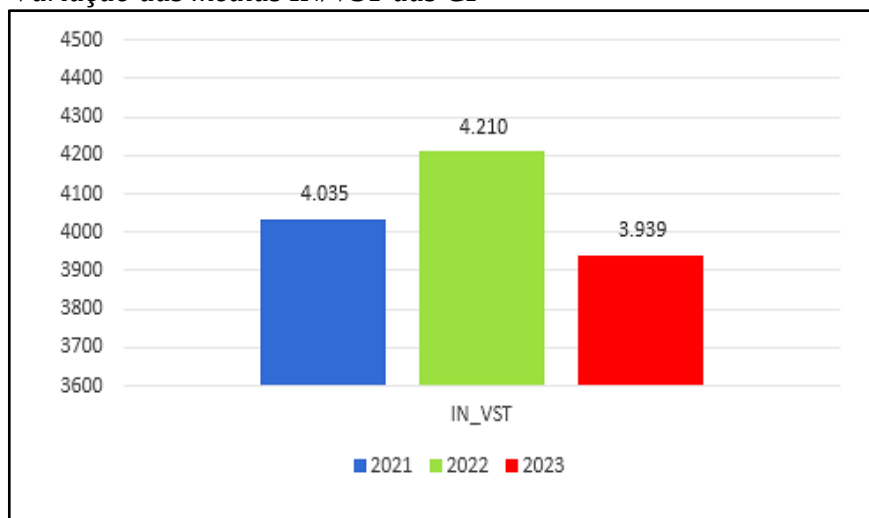
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Em relação aos produtos, ressalta-se que as áreas jurisdicionais (AJ), sob responsabilidade das CF, não sofreram alterações no período. Já no que se refere às médias de IN/VST realizadas, nota-se um comportamento distinto em comparação aos insumos, uma vez que não houve variações expressivas ao longo do triênio. Conforme ilustrado na Figura 3, a

maior variação registrada foi uma redução de 6% em 2023, quando comparada à quantidade média registrada em 2022. Entretanto, é interessante observar que a menor média de IN/VST realizadas foi em 2023, ano em que, de maneira geral, foram registrados os maiores valores dos insumos das CF. Portanto, em linhas gerais, depreende-se que o aumento significativo dos insumos, principalmente dos custos da MA 59.00 e dos investimentos realizados não geraram aumento proporcional nos produtos das CF.

Figura 3

Variação das médias IN/VST das CF



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Em se tratando do desempenho individual de cada OM, as CF-3, CF-4, CF-9 e a CF-12 são as OM que apresentam as maiores ineficiências no período, com médias de 0,7949; 0,7403; 0,7643; e 0,6502, respectivamente. Entre estas OM, destaca-se o caso da CF-9, que foi eficiente em 2021, mas obteve reduções nos índices, chegando a 0,6272 em 2023. Relewa mencionar, que esta CF apresentou aumentos bastante significativos nos seus custos em 2022 e 2023, quando comparados a 2021. Na macroatividade MA 04.00, a CF-9 apurou custos de R\$ 69.003,11 em 2021, R\$ 575.804,26 em 2022, e R\$ 504.898,84 em 2023. Na macroatividade MA 59.00, os custos apurados no primeiro ano foram de R\$ 1.095.400,92, e no último ano da análise, de R\$ 1.559.199,72. Além do aumento dos custos, esta CF registrou R\$ 4.125.529,24 de AIL em 2021, e R\$ 5.387.728,83, em 2023, o que representa um acréscimo de 30% nessa variável. Ao mesmo tempo em que houve esse incremento nos custos e no valor do AIL, foram reduzidas as quantidades de IN/VST de 2872 em 2021, para 2366 em 2022, chegando a 2083 em 2023, e mantida sua AJ de atuação.

Por outro lado, as CF-2, CF-7 e CF-13 foram as que mais se destacaram no período, por terem alcançado o grau máximo de eficiência nos três anos analisados. Esses resultados indicam uma consistência dos custos incorridos nas macroatividades MA 04.00 e MA 59.00, bem como dos valores líquidos dos ativos imobilizados empregados nas atividades de STA dessas CF, com o volume de inspeções e vistorias navais realizadas e com a extensão das suas áreas de jurisdição, ao longo do tempo. Interessante observar, que a entre as CF com os maiores índices de eficiência médio, a CF-2 possui a menor média nos três *inputs* no período, mas é quinta OM que realizou menor média de IN/VST, e é a segunda com menor AJ. Por outro lado, a CF-13 está entre aquelas que possuem maiores custos e AIL no período, enquanto tem a maior média de IN/VST, e é apenas oitava unidade com maior área jurisdicional. Assim, evidencia-se que somente os dados do SCM não se revelam suficientemente adequados para demonstrar a

eficiência das CF, o que corrobora as considerações de Hokkinen (2021) e Santos et al. (2023a). Ainda sobre os índices de eficiência, vale mencionar as CF-1, CF-5, CF-6, CF-8, e CF-10, que obtiveram índices médios elevados, acima de 0,9. Não obstante aos altos índices, essas unidades não foram eficientes durante o período analisado, por terem apresentado folgas em pelo menos um de seus insumos, em um ou mais dos anos analisados.

Tomando-se por base o ano de 2023, isto é, o mais recente empregado nesta pesquisa, a Tabela 5 apresenta as folgas e os valores ideais dos insumos para que as CF, tidas como ineficientes, alcancem a fronteira de eficiência, mantendo suas respectivas áreas de jurisdição e a média de inspeções e vistorias realizadas.

Tabela 5

Folgas e valores ideais das Capitanias Fluviais em 2023

DMU	Eficiência	Folgas			Ideal		
		MA 04.00	MA 59.00	AIL	MA.04.00	MA 59.00	AIL
CF-1	0,8670		894.227,16		229.499,52	1.347.396,33	2.139.079,33
CF-2	1,0000				73.067,47	27.210,60	1.036.004,35
CF-3	0,7430		1.605.968,53		552.220,96	476.803,89	3.410.766,03
CF-4	0,7763		1.012.070,53		427.913,79	496.274,44	2.529.837,80
CF-5	1,0000				536.578,06	15.106,70	3.260.138,16
CF-6	0,9334			620.006,43	142.451,11	199.522,97	2.483.467,29
CF-7	1,0000				104.386,24	28.588,85	1.183.732,67
CF-8	0,9200			711.084,32	247.696,85	21.326,49	2.251.997,94
CF-9	0,6272		949.869,79	2.743.218,68	504.898,84	609.329,93	2.644.510,15
CF-10	0,9574	105.256,35			718.152,32	388.609,67	2.605.179,95
CF-11	0,8021	834.814,10		5.481.361,56	2.362.938,38	2.460.138,60	10.990.612,28
CF-12	0,5862		1.480.142,96	6.573.695,89	1.057.332,60	841.461,71	4.313.500,93
CF-13	1,0000				743.028,49	905.606,42	3.763.649,20
Total		940.070,45	5.942.278,97	16.129.366,89	7.700.164,63	7.817.376,60	42.612.476,07

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Em termos agregados, as reduções propostas para as despesas nas macroatividades MA 04.00 e MA 59.00 representam, respectivamente, 10,88% e 43,19%, dos montantes registrados em 2023. Já no que tange aos valores dos ativos imobilizados (AIL), a redução proposta é da ordem de 27,46%.

A CF-1 não foi considerada eficiente em 2023, por ter um excesso nos insumos, mas somente na macroatividade MA 59.00. Fato semelhante é observado nas CF-3 e CF-4, que também apuraram custos acima do necessário, nesta macroatividade. Em relação às CF-6 e CF-8, a ineficiência está no excesso da variável AIL, ao passo que na CF-10 está na folga apresentada na macroatividade MA 04.00. Já nas demais CF, a ineficiência é gerada pelas folgas em duas variáveis *inputs*. De maneira geral, pode-se observar que os *inputs* com maiores folgas, absolutas e relativas, são aqueles relacionados aos custos da macroatividade MA 59.00, bem como ao valor líquido dos ativos imobilizados voltados às atividades de STA. Além de apontar uma necessidade de redução substancial, esses *inputs* impactaram a maior parte das CF ineficientes, tanto em 2023, quanto nos anos de 2021 e 2022, conforme indicado pelas correlações negativas significativas (Tabela 6), entre os índices de eficiência obtidos pelas CF

no triênio e os seus *inputs*, indicando que maiores níveis dos *inputs* estão associados com menores níveis de eficiência anuais.

Tabela 6

Correlações entre índices de eficiência e inputs

	MA 04.00	MA 59.00	AIL
Eficiência	-0.303	- 0.676*	- 0.482*

Nota: * $p < .05$

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Não obstante aos resultados gerados pelo modelo DEA-SBM, é importante salientar que antes de se tomar qualquer decisão sobre a redução de insumos, é fundamental analisar e considerar detalhadamente as especificidades operacionais de cada unidade.

Assim, resguardadas as peculiaridades específicas de cada área de atuação das CF, bem como os aspectos estratégicos inerentes às ações da MB, que podem influenciar os índices de eficiência alcançados, os resultados apresentados indicam para a Força Naval e para as CF os insumos, aos quais devem ser dados maior atenção, de modo que elas possam melhorar seus processos, buscando a otimização de suas aplicações, evitando desperdícios, a fim de alcançar a eficiência, conforme mencionado por Ferradaes (2019). Uma das medidas a serem adotadas pelas CF, que não obtiveram o grau máximo de eficiência, é a utilização da técnica de *Benchmarking*, sugerido por Camargo e Guimarães (2013). Nesse sentido, as OM que não alcançaram a eficiência no período podem se basear nos modelos de administração das CF-2, CF-7 e CF-13, que mantiveram consistência de seus custos e AIL com seus produtos, durante todo o triênio analisado, de modo a identificar quais elementos da gestão dessas OM podem ser reproduzidos, para contribuir com o processo de otimização dos insumos empregados em suas atividades.

Ademais, os valores ideais indicados pelo modelo DEA-SBM podem ser utilizados pela Alta Administração Naval para o estabelecimento de metas de redução de custos anuais das CF, bem como parâmetros para alocação de recursos para essas unidades.

5 Considerações Finais

Este estudo teve por objetivo geral mensurar e avaliar a eficiência das Capitâneas Fluviais no exercício de suas atividades de segurança do tráfego aquaviário, baseado na abordagem DEA, com o emprego de dados extraídos do Sistema de Custos da Marinha. Considerando os resultados apresentados, depreende-se que este objetivo foi alcançado.

A análise das correlações entre as variáveis demonstrou que a conjugação dos custos apurados, relacionados diretamente às atividades de segurança do tráfego aquaviário (MA 04.00), à manutenção da infraestrutura administrativa (MA 59.00) e dos valores líquidos dos ativos imobilizados diretamente empregados na atividade-fim (AIL), com a quantidade de vistorias e inspeções navais realizadas (IN/VST) e com a extensão da área jurisdicional de atuação de cada CF (AJ), apresentam-se como indicadores adequados à mensuração da eficiência dessas OM. Já a análise baseada em dados em painel, além de melhorar a robustez do modelo DEA, reduzindo qualquer problema de dimensionalidade em relação à quantidade de variáveis e DMUs, possibilitou uma análise mais abrangente da gestão de custos das Capitâneas Fluviais, demonstrando a evolução dos seus índices de eficiência ao longo do tempo. Em que pese a heterogeneidade dos dados apontar a utilização da pressuposição de rendimentos variáveis de escala (VRS), o modelo DEA-SBM, orientado aos *inputs* e sob a pressuposição de rendimentos constantes de escala (CRS) mostrou-se adequado para a obtenção dos índices de eficiência, dado que a abordagem VRS tende a indicar como eficientes aquelas DMUs que

A eficiência das Capitâneas Fluviais da Marinha do Brasil, sob a ótica de Custos, baseada na Análise 122

Envoltória de Dados

apresentam os menores insumos ou os maiores produtos da amostra, o que poderia prejudicar a análise.

Nesse sentido, com os resultados da pesquisa foi possível identificar as Capitânicas Fluviais que demonstraram maior consistência na relação custos apurados e produtos gerados, sendo, neste caso, as CF-2, CF-7 e CF-13 indicadas como referências (*benchmarks*), para que as OM ineficientes possam aperfeiçoar seus processos de gestão de custos, no que se refere ao desenvolvimento das atividades de segurança do tráfego aquaviário.

Os resultados também indicaram, especificamente, quais os insumos são aplicados em excesso pelas Capitânicas Fluviais, podendo ser um elemento balizador para que essas OM possam dedicar maior atenção aos aspectos de gestão, que possam estar gerando esses custos adicionais, de modo a implementar estratégias que visem a otimização da utilização desses recursos, sem comprometer a capacidade de realizarem as inspeções de vistorias navais em suas respectivas áreas de jurisdição. Desta forma, os resultados alcançados mostram-se úteis como parâmetros de alocação de recursos, bem como para o possível estabelecimento de metas de redução de custos anuais dessas OM.

Assim, não restam dúvidas de que a criação do Sistema de Custos da Marinha (SCM) foi um grande avanço da Força Naval, no sentido de efetuar o acompanhamento e o registro dos custos de suas atividades, ampliando o escopo gerencial dessa vertente da contabilidade para todas as suas unidades. Contudo, os resultados desta pesquisa vão ao encontro do mencionado por Hokkinen (2021) e Santos et al. (2023), quando mencionam que somente os relatórios dos custos apurados pode não indicar, com clareza, a eficiência das OM na aplicação dos escassos recursos públicos provenientes do orçamento do Estado. Nesse sentido, depreende-se que o grau de eficiência das unidades não depende apenas do volume de custos apurados, mas de como elas otimizam a utilização dos seus insumos para a geração de produtos, independente dos valores empregados.

Assim, resta claro, que a eficiência, quando analisada em um contexto mais amplo, com o uso de modelos matemáticos, os quais possibilitam integrar os dados disponibilizados pelos sistemas de gerenciamento de custos, com os produtos gerados pelas unidades, podem auxiliar significativamente na geração informações mais robustas, para auxiliar na gestão das organizações. Portanto, demonstrou-se, neste estudo, que o emprego da DEA pode ser um elemento interessante para potencializar os dados gerenciais fornecidos pelo SCM, visto que tem a capacidade de proporcionar informações que permitam aos gestores da Força efetuarem a comparação entre as OM, que possuem as mesmas atribuições e utilizam dos mesmos recursos, indicando os pontos específicos que demandam maiores atenções.

Ressalta-se que, a despeito da possível utilidade gerencial, os resultados apresentados pelo modelo DEA-SBM, utilizado neste estudo, limitam-se aos dados de *inputs* e *outputs* do conjunto das treze Capitânicas Fluviais analisadas, no período de 2021 a 2023. Portanto, não se pretende generalizar seus resultados para outras OM da MB, nem a períodos diversos ao utilizado nesta pesquisa. Além disso, as reduções de custos indicadas não devem ser analisadas de forma isolada, principalmente por se tratar de uma atividade operacional exercida por uma Força Militar, que abrange aspectos ambientais, estratégicos, e de segurança e defesa dos interesses nacionais, que fogem ao escopo deste trabalho. Destarte, os resultados podem ser utilizados com um dos subsídios norteadores da Força, no que se refere à gestão de custos dessas OM.

Por fim, sugere-se, como pesquisas futuras, o emprego da DEA para análise das Capitânicas dos Portos, que atuam no ambiente marítimo, a fim de ampliar os estudos sobre a mensuração da eficiência, sob ótica de custos, das OM operativas da MB, sobretudo das que se dedicam às atividades de segurança do tráfego aquaviário no Brasil.

Referências

- Agência Nacional de Transportes Aquáticos. (2024). *Estatístico Aquaviário: Transporte Via Longo Curso*. <https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/transplongocurso.html#pt>
- Albuquerque, N. A., & Oliveira, N. P. (2017). Sistema de custos: um diagnóstico da implementação nas Forças Armadas brasileiras. [Anais] Congresso CONSAD de Gestão Pública, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 10. http://consad.org.br/wp-content/uploads/2017/05/Painel-42_02.pdf
- Alencar, C. O., & Fonseca A. C. P. D. (2016). Excelência na gestão pública: a contribuição do controle interno da Marinha do Brasil. *Revista de Gestão*, 23(2), 172-184. <https://revistas.usp.br/rege/article/view/121141>
- Aljuhmani, H. Y., Ababneh, B., Emeagwali, L., & Elrehail, H. (2024). Strategic stances and organizational performance: Are strategic performance measurement systems the missing link? *Asia-Pacific Journal of Business Administration*, 16(2), 282-306. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/APJBA-09-2021-0445/full/html>
- Almeida, M. R., Mariano, E. B., & Rebelatto, D. A. N. (2006). Análise por envoltória de dados -evolução e possibilidades de aplicação. [Anais] Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, São Paulo, Brasil, 9. <https://repositorio.usp.br/item/002405446>
- Alonso, M. (2022). Custos no serviço público. *Revista do Serviço Público*, 73(b), 127-152. <https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/8726>
- Alqudah, O. M., Mansor, N., & Salleh, S. I. M. (2022). Difficulties in accounting system implementation for service costs in the public sector. *Cogent Business and Management*, 9(1), 1-29. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311975.2022.2150119>
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical ad scale efficiency in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. <https://www.jstor.org/stable/2631725>
- Barreto, B. (2019). A importância da inspeção naval para a prevenção de acidentes no mar. *Revista Marítima Brasileira*, 139(1/03), 199-209. <https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/revistamaritima/article/view/113>
- Brasil. (1997). Casa Civil. *Lei nº 9.537, de 11 de dezembro de 1997*. Dispõe sobre a segurança do tráfego aquaviário em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 dez. 1997. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19537.htm
- Brasil. (2020a). Marinha do Brasil. *Plano Estratégico da Marinha 2040*. Brasília, DF. https://www.marinha.mil.br/sites/all/modules/pub_pem_2040/book.html
- Brasil (2020b). Marinha do Brasil. *Normas sobre o sistema de custos da Marinha do Brasil – SGM-307*. 1a ed. Brasília, DF.
- Camargo, F.O., & Guimarães, K. M. S. (2013). O princípio da eficiência na gestão pública. *Revista CEPPG – CESUC – Centro de Ensino Superior Catalão*, 28, 133-145. https://www.portalcatalao.com/painel_clientes/cesuc/painel/arquivos/upload/downloads/376b38ef01c9b0caae5d67f8c6bf4d03.pdf
- Cardoso, R. L., Aquino, A. C. B., & Bitti, E. J. S. (2011). Reflexões para um framework da informação de custos do setor público brasileiro. *Revista de Administração Pública*, 45, 1565-1586. <https://www.scielo.br/j/rap/a/gPBjvCp73CfLQSkpxzwqbMf/?lang=pt>
- Carmo, O. M., Jr., & Rosano-Peña, C. (2019). Análise envoltória de dados: eficiência dos contratos de georreferenciamento na Administração Pública. *Revista de informação legislativa*, 56(223), 213-234. <https://www2.senado.leg.br/bdsf/item/id/564633>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. D. (1978). Measurement the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377221778901388>

- Coll-Serrano, V., Bolós, V., & Suarez, R. B. (2023). deaR: Conventional and fuzzy data envelopment analysis. R package version 1.4.1. <https://CRAN.R-project.org/package=deaR>
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). *Handbook on data envelopment analysis* (2nd ed.). Londres, UK: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-6151-8>
- Esmaeili, M. (2009). A slacks-based measure of efficiency for the case of exogenously fixed factors. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4822-4825. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417408002765>
- Ferradaes, A. G. (2019). Uma síntese da importância dos indicadores para a avaliação da gestão pública. *Coletânea de Pós-Graduação Instituto Serzedello Corrêa*, 2(1). <https://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/uma-sintese-da-importancia-dos-indicadores-para-a-avaliacao-da-gestao-publica.htm>
- Ferreira, C. M. C., & Gomes, A. P. (2020). *Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações* (2nd ed.). Viçosa, MG: UFV.
- Filgueiras, M. V. (2019). Apoio logístico integrado e gestão do ciclo de vida dos meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais. *Caderno de Ciências Navais*, 3(1), 313-345. <https://www.portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/cadernodecienciasnavais/article/view/2246>
- Freitas, M. L. G. (2020). Vigilância da fronteira brasileira: uma aplicação do Método de análise envoltória de dados. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, 12(2), 112-137. <https://periodicos.unir.br/index.php/rara/article/view/5581>
- Gomes, E. G. M. (2009). *Gestão por resultados e eficiência na administração pública: uma análise à luz da experiência do governo de Minas Gerais* (Tese de Doutorado). Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, Brasil. <https://repositorio.fgv.br/items/962cf5e9-ff9e-4edf-8c65-7aaa9100a0bc>
- Hanson, T. (2016). Efficiency and productivity in the operational units of the armed forces: A Norwegian example. *International Journal of Production Economics*, 179, 12–23. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092552731630086X>
- Hokkinen, S. (2021). *Cost accounting methods supporting public sector organizations and decision-making: an analysis of the Finnish rescue services* (Master thesis). Abo Academy University, Turku, Finlândia. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/181380/hokkinen_senja.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Holanda, V. B., Lattman-Weltman, F., & Guimarães, F. C. (2010). *Sistema de informação de custos na administração pública federal: uma política de Estado*. Rio de Janeiro, RJ: FGV. <https://repositorio.fgv.br/items/e3fa9f5c-94e3-4861-b105-cea1f32078f8>
- Hood, C. (1995). The “new public management” in the 1980s: Variations on a theme. *Accounting, organizations and society*, 20(2-3), 93-109. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0361368293E0001W>
- Ibáñez, J. S., Garratón, M. C., & Meca, A. S. (2020). A literature review of DEA efficiency methodology in defence sector. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, 33(3/4), 381-403. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ARLA-11-2019-0228/full/html>
- 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, RJ: COPPE / UFRJ.
- Lobo, M. S. C., Lins, M. P. E., & Menegolla, I. A. (2014). A new approach to assess the performance of the Brazilian National Immunization Program (NIP). *Socio-Economic Planning Sciences*, 48(1), 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2013.12.003>
- Lorenzetti, J. R., Lopes, A. L. M., & LIMA, M. V. A. (2010). Aplicação de método de pesquisa operacional (DEA) na avaliação de desempenho de unidades produtivas para área de

- educação profissional. *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, 3(1), 168-190. <https://doi.org/10.19177/reen.v3e12010168-190>
- Lu, W. M. (2011). Benchmarking management in military organizations: A non-parametric frontier approach. *African Journal of Business Management*, 5(3), 915-923. DOI: 10.5897/AJBM10.659
- Machado, N., & Holanda, V. B. (2010). Diretrizes e modelo conceitual de custos para o setor público a partir da experiência no governo federal do Brasil. *Revista de Administração Pública*, 44(4), 791-820. <https://www.scielo.br/j/rap/a/sYYrhjhyGpwryFBcPP7xjz/?format=pdf>
- Mattos, E., & Terra, R. (2015). Conceitos de Eficiência. In: R. Boueri, F. Rocha, & F. Rodopoulos (Orgs.) *Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência* (pp. 211-233). Brasília, DF: Secretaria do Tesouro Nacional. https://sisweb.tesouro.gov.br/apex/f?p=2501:9:::9:P9_ID_PUBLICACAO:28263
- Mauss, C. V., Diehl, C. A., & Bleil, C. (2015). A gestão de custos como instrumento da eficiência pública no Brasil e em outros países. *Revista Eletrônica de Administração e Turismo*, 6(3), 595-609. <https://revistas.ufpel.edu.br/index.php/ReAT/article/view/1161>
- Mello, L. S. C., Cardoso, L. F., & Pessanha, J. F. M. (2021). Análise envoltória de dados na avaliação de eficiência da gestão contábil de alimentos em navios da Marinha do Brasil. [Anais] Congresso UFG de Contabilidade, Controladoria e Finanças, Goiânia, Goiás, Brasil, 2. <https://even3.blob.core.windows.net/anais/412843.pdf>
- Messias, D., Ferreira, J. C., & Soutes, D. O. (2018). Gestão de custos no setor público: um panorama de experiências internacionais. *Rev. Serv. Público Brasília*, 69(3), 585-604. <https://doi.org/10.21874/rsp.v69i3.2961>
- Moraes, A. (2016). *Direito constitucional* (33a ed). São Paulo, SP: Atlas.
- Moraes, F. P. (2020). Novos paradigmas para a segurança marítima na Amazônia Azul. *Revista Passadiço*, 33(40), 4-14. <https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/passadico/article/view/2314>
- Neuenfeldt, A. L., Jr., Machado, C. M., Siluk, J. C. M., Soliman, M., Hupfer, N. T., & de Paris, S. R. (2015). Comparativo entre as metodologias MCDA-C, DEA e AHP. *Revista da FAE*, 18(1), 6-19. <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/27>
- Oliveira, K. P., & Paula, A.P.P. (2014). Herbert Simon e os limites do critério de eficiência na nova administração pública. *Cadernos de Gestão Pública e Cidadania*, 19(64), 113-126. <https://doi.org/10.12660/cgpc.v19n64.12605>
- Pacheco, R. S. (2009). Mensuração de desempenho no setor público: os termos do debate. *Cadernos Gestão Pública e Cidadania*, 14(55), 149-161. <https://doi.org/10.12660/cgpc.v14n55.44208>
- Pereira, D. A., Sauerbronn, F. F., Fonseca, A. C., & Macedo, M. A. (2016). Práticas Estratégicas de Orçamentação e Faturamento na Administração Pública: Um Estudo de Caso na Marinha do Brasil. *Revista Ibero-Americana de Estratégia*, 15(2), 71-89. <https://www.redalyc.org/pdf/3312/331246238006.pdf>
- Pereira, N. A., & Tavares, M. (2020). Eficiência do setor sucroenergético com base na análise de janelas. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 13(1), 59-82. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n1p59-82>
- Pereira, R. S., Vieira, S. F. A., & Madkur, F. N. (2018). A Eficiência na alocação dos recursos de escolas municipais de São José dos Pinhais/PR: um estudo a partir da análise envoltória de dados (DEA). *Revista Interdisciplinar de Gestão Social*, 7(3), 157-177. <http://dx.doi.org/10.9771/23172428rigs.v7i3.25902>
- Pessanha, J.F.M., & Melo, A.C.G. (2021). Benchmarking the operational expenditures of Brazilian transmission utilities by using DEA models. *Electric Power Systems Research*, 190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106675>

- Pimentel, V. H. P., & Batista, B. B. (2021). Levantamento das principais infrações cometidas pelas embarcações na região oeste do Pará. *Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos*, 2, 150–163. <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/210805715.pdf>
- Profeta, G. A., Campos, S. A. C., Barroso, P. S., & Ney, V. S. P. (2021). Eficiência dos municípios da Região Norte Fluminense no uso dos recursos públicos: uma análise de 2011 a 2016. *Petróleo Royalties e Região*, 18(68), 4-24. <https://boletimpetroleoroyaltieseregiao.ucam-campos.br/index.php/bpr/article/view/95>
- R Development Core Team (R Core Team). (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>
- Rosano- Peña, C., & Gomes, E. B. (2018). Eficiência e produtividade no setor público: conceitos e medidas. In: A. Maduro-Abreu (Org.). *Gestão judiciária: conteúdos e disciplina* (pp.188-249). Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS). http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/32449/3/CAPITULO_EficienciaProdutividadeSetorPublico.pdf
- Santos, M. T., Jr., Mello, L.S.C., Alves, F.J.S., Pessanha, J.F.M., & Filgueiras, M.V. (2023a). Avaliação da Eficiência na Realização de Inspeções e Vistorias Navais sob o prisma do Sistema de Custos da Marinha (SCM) e da Análise Envoltória de Dados (DEA). [Anais] Encontro Brasileiro de Administração Pública, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 10. https://www.repositorio.mar.mil.br/bitstream/ripcmb/846566/1/Artigo_Mauro.pdf
- Santos, M. T., Jr., Mello, L.S.C., Cardoso, I.L.S., Miras, T.F., & Pessanha, J.F.M. (2023b). Eficiência nas Organizações Militares de Saúde da Marinha do Brasil: Um Estudo dos Custos com Atendimentos Médicos e Hospitalares por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA). *Pensar Contábil*, 25(88), 49-59. <http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/pensarcontabil/article/view/4246/2938>
- Shaw, E. H. (2009). A general theory of systems performance criteria. *International Journal of General Systems*, 38(8), 851-869. <https://doi.org/10.1080/03081070903270543>
- Silva, A. S., Leal, R. B., & Ferreira, A. C. de S. (2011). Avaliação de desempenho sob as perspectivas financeira e não-financeira: a gestão estratégica de uma organização militar prestadora de serviços da Marinha. *Revista Contabilidade e Controladoria*, 3(2), 38-56. <http://dx.doi.org/10.5380/rcc.v3i2.20918>
- Silva, T. B., & Costa, J. A. (2023). Utilização da metodologia DEA (Data Envelopment Analysis) para avaliar a eficiência do Municípiamento em Organizações Militares da Marinha do Brasil. *Acanto em Revista*, 10(10), 34-51. <https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/acantoemrevista/article/view/5238>
- Silveira, C. R. (2011). *Metodologia da pesquisa* (2nd ed.). Florianópolis, SC: Publicação do IF-SC. https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/206318/2/Pos_Ciencias_-_Metodologia_da_Pesquisa_-_MIOLO.pdf
- Souza, A. A., Avelar, E. A., Lara, A. L., Gonçalves, M. R., & Souza, C. U. (2018). Análise dos padrões de investimentos dos hospitais brasileiros com base na análise envoltória de dados (DEA). *Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria*, 11(3), 701-720. <https://doi.org/10.5902/1983465913055>
- Taj, S., Shirvani, H., Mirshab, B., & Ziya, A. A. (2012). Bank efficiency in Turkey during the recent global crisis. *Banks & bank systems*, 7(2), 5-10. https://www.researchgate.net/publication/283504920_Bank_Efficiency_in_Turkey_during_the_Recent_Global_Crisis
- Tayebi, A., Lila, A., Cheikh, S., & Lutfi, B. (2024). Technical efficiency measurement in insurance companies by using the slacks-based measure (SBM-DEA) with undesirable outputs: analysis case study. *Competitiveness Review*, 34(1), 229-243. <https://doi.org/10.1108/CR-01-2023-0012>

- Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European journal of operational research*, 130(3), 498-509. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5)
- Tone, K. (2016). Data envelopment analysis as a Kaizen tool: SBM variations revisited. *Bulletin of Mathematical Sciences and Applications*, 16(3), 49-61. <http://dx.doi.org/10.18052/www.scipress.com/BMSA.16.49>
- Tone, K., Toloo, M., & Izadikhah, M. (2020). A modified slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 287(2), 560-571. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.04.019>