



X Encontro Brasileiro de Administração Pública.
ISSN: 2594-5688
secretaria@sbap.org.br
Sociedade Brasileira de Administração Pública

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)

Mauro Tavares Dos Santos Junior, Luiz Sérgio Carvalho De Mello, Francisco José Dos Santos Alves, José Francisco Moreira Pessanha, Marcelo Vallim Filgueiras

[ARTIGO] GT 3 Gestão de Organizações Públicas

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)

Resumo:

O planejamento na Administração Pública tem se tornado um elemento prioritário na busca por maior redução dos custos nas instituições públicas. Nesse sentido, a Análise Envoltória de Dados (DEA) apresenta-se como uma opção de ferramenta capaz de contribuir para maior efetividade nas análises do Sistema de Custos da Marinha (SCM). Assim, este trabalho possui como objetivo avaliar a eficiência na realização de inspeções e vistorias navais nas nove Áreas Distritais da Marinha do Brasil (MB) em 2021, por meio da abordagem DEA. Esta pesquisa possui abordagem quantitativa e avaliou o desempenho das Áreas Distritais, quando da realização de inspeções e vistorias navais em embarcações, considerando como insumos os dados de custos e investimentos atrelados à área operativa da segurança do tráfego aquaviário (STA). Como resultado, o estudo avaliou que as Áreas 1, 3, 6, 7 e 9 foram consideradas eficientes, bem como identificou os *benchmarks* de cada Área considerada ineficiente.

Palavras-chave: Eficiência. Sistema de Custos da Marinha. Análise Envoltória de Dados. Marinha do Brasil.

Introdução:

O planejamento na Administração Pública tem se tornado um elemento prioritário na busca por maior precisão na alocação de recursos, bem como na redução dos custos nas instituições públicas. Desta forma, o alcance por resultados eficientes passa pela necessidade do emprego de metodologias e tecnologias que deem suporte aos gestores nos diversos processos decisórios.

Conforme Pérez-Lopes, Prior e Afra-Gómez (2015), diante de cenários de restrições orçamentárias e financeiras, se faz necessária a adoção de soluções inovadoras que viabilizem o gerenciamento dos serviços públicos, de forma que a eficiência seja maximizada na entrega dos produtos à sociedade.

Nesse contexto, a Marinha do Brasil (MB), como órgão da administração direta do Governo Federal, desenvolve diversas atividades preceituadas na sua missão constitucional. Dentre elas, destacam-se as tarefas vinculadas ao provimento da segurança da navegação, que através das inspeções e vistorias navais nas embarcações contribuem para a salvaguarda da vida humana, maior segurança da navegação, além de prevenir a poluição ambiental no mar aberto e hidrovias interiores (FERREIRA, 2019).

As diversas inspeções e vistorias navais buscam disseminar as regras e preceitos previstos nas legislações e normas publicadas pela MB, além de exercer a devida fiscalização nas embarcações, no intuito de se alcançar os requisitos mínimos exigidos

para a segurança da navegação, salvaguarda da vida humana no mar e prevenção da poluição ambiental (FERREIRA; SILVA, 2021).

Sendo assim, para a consecução das referidas atividades, são realizados investimentos anuais nas embarcações e equipamentos da MB, sobretudo nas 64 Capitânicas, Delegacias e Agências distribuídas em nove Áreas Distritais de atuação da Força. Além disso, para o desenvolvimento de tais atividades, são apurados custos relacionados ao consumo de combustíveis, manutenção de equipamentos dentre outros.

Cabe destacar que, as análises contábeis de custos da MB, passam pelo Sistema de Custos da Marinha (SCM), que consolida os registros de custos apurados em centros de custos atrelados a atividades específicas, além de prover conteúdo informacional para subsidiar decisões de alocação mais eficiente de recursos, indicando as condições para a melhoria da qualidade do gasto e identificando custos considerados estratégicos para a Força Naval.

Desta forma, no contexto das atividades da segurança do tráfego aquaviário (STA), cabe aos gestores das Organizações Militares (OM) a alocação dos investimentos e apropriação dos custos da maneira mais eficiente possível, de forma que seja obtida a maximização de realização das inspeções e vistorias navais em cada Área Distrital. A mensuração das eficiências no desenvolvimento destas atividades passa pela necessidade de disponibilização de soluções e ferramentas tecnológicas que possam gerar informações gerenciais precisas e que subsidiem as análises e tomadas de decisão por parte dos gestores (ALENCAR; FONSECA, 2016).

Nesse diapasão, a Análise Envoltória de Dados (DEA) (*Data Envelopment Analysis*) apresenta-se como uma opção de ferramenta de auxílio gerencial, cujo mecanismo propicia a realização de análises que englobam a obtenção e o ranqueamento de eficiências entre organizações em um determinado ramo de atividade, selecionados os seus insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*) (BEHR, 2015; GAVIÃO *et al.*, 2019). Adicionalmente, por meio da citada ferramenta é possível valer-se da técnica de *Benchmarking*, que possibilita a identificação de organizações congêneres de excelência com capacidade contributiva ao aperfeiçoamento da gestão das organizações consideradas ineficientes (FERREIRA; GOMES, 2020).

Com isto, esta pesquisa tem o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: Como avaliar a eficiência na realização de inspeções e vistorias navais nas nove Áreas Distritais da MB, utilizando-se dados do SCM, a partir da abordagem DEA? O objetivo do trabalho consiste em avaliar a eficiência na realização de inspeções e vistorias

navais nas nove Áreas Distritais da MB, utilizando-se dados do SCM, por meio da abordagem DEA.

No que tange à relevância, o estudo se alinha ao destacado por Caetano, Borinelli e Rocha (2019), que enfatizam a importância do setor público em prover aos seus gestores soluções e técnicas que possam gerar eficiência, eficácia e efetividade na aplicação dos recursos públicos. Compartilhando da mesma ideia, Souza e Macedo (2008) salientam que a DEA é um instrumento propício à definição de estratégias vinculadas ao *Benchmarking*, passíveis de serem utilizadas, no caso deste estudo, na transformação de Áreas Distritais consideradas ineficientes em eficientes, quando da alocação de investimentos e custos atrelados às inspeções e vistorias navais realizadas pelas Capitâneas, Delegacias e Agências.

Sem perda de generalidade, o estudo proposto realiza a aplicação da DEA ilustrada por meio da análise da eficiência na realização de inspeções e vistorias navais executadas em 2021 por Capitâneas, Delegacias e Agências da MB situadas em nove Áreas Distritais no território nacional, não englobando outros tipos de inspeções e vistorias realizadas por outras OM da Força.

Em paralelo, cabe destacar alguns estudos que empregaram modelos DEA na análise de eficiência, como no caso do fornecimento de alimentação em navios da MB (MELLO; CARDOSO; PESSANHA, 2021); análise da eficiência entre municípios (PRATA; ARRUDA, 2007); clínicas de odontologia (SOUZA; MACEDO, 2008); investimentos em modernização de portos (GAVIÃO *et al.*, 2019); custos operacionais das empresas de transmissão do setor elétrico brasileiro (PESSANHA *et al.*, 2010). Não foram identificados estudos que abordassem a eficiência na realização de inspeções e vistorias navais realizadas por Capitâneas, Delegacias e Agências da MB.

1. Eficiência na Administração Pública

A partir da década de 1980 a administração pública no mundo começa a ser repensada, iniciando um movimento de reformulação em diversos países. O modelo até então burocrático dava espaço a um modelo mais dinâmico, dirigido para o resultado e para o cidadão, em detrimento à formalidade e rigidez dos processos (BRESSER PEREIRA, 2000).

De acordo com Borges, Mario e Carneiro (2013), esse movimento se originou das crises vividas na década de 1970 por grandes países capitalistas, que comprovaram a ineficiência do modelo burocrático na gestão pública. Surgia assim o conceito de

Administração Pública Gerencial que, sob uma nova concepção de gestão pública, propunha mudar a forma de participação do Estado na sociedade, exigindo dos gestores mais eficiência, eficácia, ética e transparência na aplicação dos recursos públicos (BRESSER PEREIRA, 2000).

O modelo de Administração Pública Gerencial preconizava a adaptação de conceitos e ferramentas gerenciais consagrados na esfera privada para o contexto estatal, de forma a tornar a Administração Pública mais eficiente. Uma destas ferramentas é a contabilidade de custos que, em função de sua capacidade de suportar a mensuração de resultados e a tomada de decisão, ganhou relevância na gestão pública orientada ao modelo gerencialista (MARTINS, 2010).

De acordo com Alonso (1999), o conhecimento dos custos relacionados à condução dos serviços públicos é fundamental para uma alocação eficiente dos recursos. Ainda segundo o autor, a ignorância quanto a estes custos é um indicador indiscutível de ineficiência no fornecimento dos serviços públicos.

O emprego da contabilidade de custos no Setor Público é uma tentativa da administração de tornar a sua gestão mais clara para os contribuintes, mostrando-lhes onde e de que forma os recursos públicos são empregados, além de demonstrar a sua eficiência enquanto gestor (MACHADO; HOLANDA, 2010). Ainda de acordo com os autores, a utilização de um sistema de custos permite aos gestores públicos demonstrar à sociedade a correlação entre custos e resultados, possibilitando a comparação entre o montante que o contribuinte recolheu ao tesouro e os reais de serviços recebidos do ente público.

Dentro do viés de avaliação do Estado, o uso de indicadores na mensuração do atingimento de metas e objetivos é uma realidade consolidada em sistemas gerenciais de custos. Segundo Alonso (1999) a utilização de sistemas de custos e a mensuração da eficiência estão intimamente ligados, pois não há medição de desempenho se não houver apuração de custos. No Brasil, o reconhecimento da relação entre custos e eficiência levou com que diversos órgãos da Administração pública buscassem desenvolver sistemas de custos, dentre eles a MB, cujo sistema de custos será apresentado na próxima subseção.

2. Sistema de Custos da Marinha (SCM)

Apesar do conceito de Administração Pública Gerencial só ter começado a ser discutido no Brasil na década de 1980, a obrigatoriedade de medir custo no setor público

já existia desde a década de 1960, com a promulgação da lei 4.320/64 (SLOMSKI *et al.*, 2010).

Em 2009, o Governo Federal promoveu o desenvolvimento do Sistema de Informações de Custos do Governo Federal (SIC), o qual foi disponibilizado às Setoriais de Custos dos Órgãos a partir de 2010 (KLADI; FERRARI, 2011).

Em 2017, buscando agregar à gestão da Marinha as vantagens gerenciais das informações de custos e utilizando como base as funcionalidades do SIC, a Alta Administração Naval autorizou a criação do Sistema de Custos da Marinha (SCM) (BRASIL, 2020). Conceitualmente, o SCM pode ser definido como um conjunto de conceitos e procedimentos, que visam registrar, calcular e organizar os custos incorridos pelas diversas OM da MB na execução de suas atividades, com o objetivo de gerar informações gerenciais que subsidiem o processo de tomada de decisão (BRASIL, 2020; MELLO; SANTOS JUNIOR; PESSANHA, 2021).

Diferente de outros sistemas corporativos da MB, o SCM não é um sistema transacional: funcionando como um “*Data Warehouse*”, efetua a coleta e tratamento de dados produzidos em outros sistemas estruturantes, minimizando a carga administrativa necessária à produção das informações (BRASIL, 2020). Em comparação à informação orçamentária, a informação de custos possui algumas vantagens: considera os impactos patrimoniais do desenvolvimento das atividades, tais como o consumo de estoques e a depreciação; e permite a identificação da aplicação efetiva dos gastos, em oposição à visão estritamente orçamentária que, em geral, evidencia a aplicação planejada dos recursos (FILGUEIRAS, 2019; MACHADO; HOLANDA, 2010).

O SCM possui como um de seus principais atributos a separação dos custos em grandes agrupamentos de atividades correlatas, denominadas Macroatividades. As Macroatividades se classificam em duas séries, relacionadas às atividades finalísticas e atividades de apoio ou suporte, em consonância com a sua contribuição para o atingimento dos objetivos da Força (FILGUEIRAS, 2019).

As Macroatividades se desdobram em Atividades e Centros de Custos. Os Centros de Custos representam a menor célula acumuladora da informação de custos, enquanto as Atividades constituem um agrupamento de Centros de Custos de mesma natureza. De acordo com a publicação SGM-307 – Normas para o Sistema de Custos da Marinha (BRASIL, 2020), o SCM está estruturado em função do modelo de custeio por atividades, em que cada Centro de Custos representa uma atividade ou produto desenvolvido pela MB, conforme exposto na Figura 1.

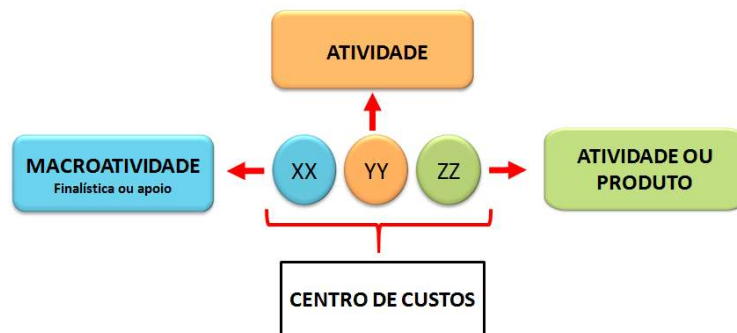
Figura 1 – Estrutura básica do SCM



Fonte: Brasil (2020)

Para ordenar o conjunto e facilitar a identificação dos Centros de Custos empregados no SCM, adotou-se uma codificação composta por seis números que indicam, além do Centro de Custos, a Atividade e a Macroatividade a que se refere (BRASIL, 2020). A Figura 2 ilustra a composição da codificação de um Centro de Custos:

Figura 2 – Codificação dos Centros de Custos do SCM



Fonte: SGM-307 (Brasil, 2020)

Em meados de 2017, se iniciaram os estudos conjuntos entre a Diretoria de Finanças da Marinha (DFM), Setorial de Custos da Força, e a Diretoria de Portos e Costas, para determinação da estrutura de Centros de Custos que atenderia a mensuração de custos do setor de portos e costas (SANTANA; CORREA, 2015). Como resultado destes estudos, foi criada a Macroatividade - 04.00 – Serviço de Portos e Costas, que além da atividade de STA, englobava Centros de Custos relacionados ao Ensino Profissional Marítimo (EPM); à prevenção e controle da poluição do meio ambiente; e à atuação da MB como autoridade marítima na Organização Marítima Internacional (IMO) (BRASIL, 2020).

Neste sentido, a aplicação de métodos quantitativos à massa de dados de custos mostra-se uma ferramenta plausível para as análises gerenciais do SCM, em especial as técnicas não-paramétricas, como a DEA.

3. Análise Envoltória de Dados (DEA)

A Análise Envoltória de Dados (DEA - *Data Envelopment Analysis*) desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Banker, Charnes e Cooper (1984), é uma metodologia que possui a finalidade de mensurar a eficiência das unidades produtivas e dos processos, além de ser um instrumento de avaliação de desempenho.

De acordo com Gavião *et al.* (2019), a DEA é uma metodologia não paramétrica baseada em programação linear, que considera como unidade produtiva aquela capaz de tomar decisões e possui como finalidade utilizar da melhor maneira os recursos do processo produtivo, tais unidades são denominadas Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision Making Units – DMU*).

Prata e Arruda (2007) destacam que a metodologia é utilizada em diversos ramos de atuação, dentre eles: transportes, saúde, operações logísticas, serviços essenciais, educação, bancos e serviços financeiros, indústrias e prestadores de serviços.

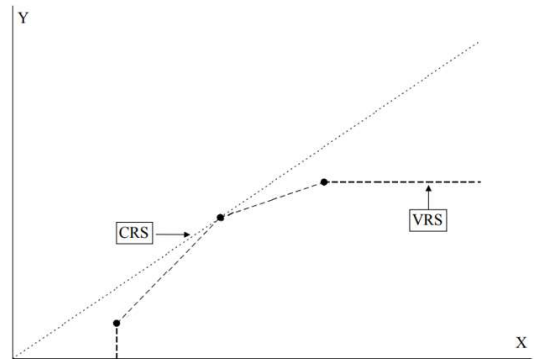
Em resumo, a DEA identifica uma fronteira de eficiência a partir dos dados das DMU avaliadas, cujas eficiências são calculadas com base nas respectivas distâncias até a fronteira. A abordagem DEA fornece uma estrutura ideal para estratégias de comparação de resultados, pois além de avaliá-los permite comparar os padrões de desempenho (*benchmark*) (BOGETOFT; NIELSEN, 2003).

Sob a ótica de orientação ao insumo, uma DMU buscará reduzir os insumos e manter os *outputs* para alcançar a eficiência (SOUZA; MACEDO, 2008). Assim, dado o nível de produção vigente, a eficiência técnica de uma DMU é definida pela razão entre a menor quantidade de insumos para alcançar esta produção (informada pela fronteira) e a quantidade de insumos atualmente em uso. Decorre desta razão que a eficiência assume valores entre 0 e 1, onde 1 indica que não é possível reduzir a quantidade de insumos sem reduzir o nível de produção, ou seja, a DMU está na fronteira de eficiência sendo classificada como tecnicamente eficiente (FERREIRA; GOMES, 2020).

A forma da fronteira não é conhecida, mas é determinada pelo regime de rendimentos de escala, conforme indicado na Figura 3 pelas fronteiras CRS (*Constant Returns to Scale*) e VRS (*Variable Returns to Scale*). Assim, os modelos DEA clássicos disponibilizam duas alternativas: DEA CRS (*Constant Returns to Scale*) e DEA VRS (*Variable Returns to Scale*), o primeiro refere-se aos rendimentos constantes e o último aos rendimentos variáveis de escala (FERREIRA; GOMES, 2020). Em relação ao CRS, a redução ou expansão de insumos promoverá a mesma proporção de mudança nos

produtos, independentemente do tamanho da DMU (CHEN; DELMAS; LIEBMAN, 2015). Já em relação ao VRS, o incremento de determinado *input* é capaz de levar a retornos crescentes ou decrescentes de *outputs* (GAVIÃO *et al.*, 2019).

Figura 3. Fronteiras de eficiência segundo diferentes premissas para o rendimento de escala



Fonte: Adaptado de Ferreira e Gomes (2020).

Conforme indicado na Tabela 1, os modelos clássicos da DEA são formulados como Problemas de Programação Linear (PPL), onde o índice da DMU avaliada (DMU_{j0}) é representado por $j0 \in \{1, 2, \dots, N\}$ (PESSANHA *et al.*, 2010). Ainda na Tabela 1, os PPL apresentados são orientados ao insumo, i.e., a função objetivo é o escore de eficiência θ (eficiência $0 \leq \theta \leq 1$), cujo valor quantifica a máxima proporção de contração dos insumos capaz de gerar a mesma quantidade atual de produtos da DMU avaliada. As restrições do PPL representam o conjunto de possibilidade de produção, cujo contorno é a fronteira de eficiência, na qual cada ponto corresponde à uma combinação linear dos vetores de insumos X_j e produtos $Y_j \forall j=1, N$ das N DMU avaliadas (MELLO; CARDOSO; PESSANHA, 2021). Ademais, no modelo VRS as ponderação das combinações lineares devem atender a restrição de soma unitária, i.e., $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N = 1$.

Cada DMU avaliada requer a formulação e a resolução de seu próprio PPL. Após resolver o modelo ótimo de solução para cada PPL, a DMU será classificada como eficiente quando $\theta^*=1$ e as variáveis de folgas das restrições forem nulas (FERREIRA; GOMES, 2020). Mello, Cardoso e Pessanha (2021) depreendem ainda que as DMU ineficientes serão representadas por $\theta^*<1$ ou $\theta^*=1$, porém com folgas positivas. Ainda segundo os autores, as DMU eficientes constituirão o conjunto de referência (*peer set*) ou *benchmarks* das ineficientes.

Tabela 1 – Modelos DEA com orientação ao insumo na formulação envelope

Modelo CRS	Modelo VRS
<p>eficiência $DMU_{j_0} = \text{Min } \theta$</p> <p>s.a.</p> $\theta X_{j_0} \geq \sum_{j=1}^N \lambda_j X_j$ $Y_{j_0} \leq \sum_{j=1}^N \lambda_j Y_j$ $\lambda_j \geq 0 \forall j = 1, \dots, j_0, \dots, N$ $\theta \geq 0$	<p>eficiência $DMU_{j_0} = \text{Min } \theta$</p> <p>s.a.</p> $\theta X_{j_0} \geq \sum_{j=1}^N \lambda_j X_j$ $Y_{j_0} \leq \sum_{j=1}^N \lambda_j Y_j$ $\sum_{j=1}^N \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0 \forall j = 1, \dots, j_0, \dots, N$
<p>$m+s$ restrições</p> <p>$N+1$ variáveis</p>	<p>$m+s+1$ restrições</p> <p>$N+1$ variáveis</p>

Fonte: Adaptado de Pessanha *et al.* (2010).

Após resolver os modelos da Tabela 1 para cada DMU, os analistas observam os índices de eficiência de cada unidade. A partir destes, é possível realizar um ranking por nível de eficiência com as DMU e, posteriormente, estabelecer metas para redução de insumos, visando tornar as DMU eficientes (PESSANHA *et al.*, 2010).

4. Metodologia

Conforme Malhotra (2012), o presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva, haja vista que traz à tona o processo empregado na obtenção das eficiências dos conjuntos de OM que representam as Áreas Distritais de atuação da MB na realização das inspeções e vistorias navais. Adicionalmente, a pesquisa configura-se como quantitativa, uma vez que vale-se da DEA, método estatístico adotado para o tratamento dos dados.

Para a obtenção do modelo DEA, foram utilizados os dados consolidados referentes às nove Áreas Distritais onde a MB atua no território nacional, pelas quais se distribuem 64 Capitâneas, Delegacias e Agências, cujas atribuições contemplam a realização de vistorias e inspeções navais em embarcações nacionais e estrangeiras que trafegam nas águas jurisdicionais brasileiras (FERREIRA, 2019).

Com isto, foram coletados no sistema Tesouro Gerencial os dados inerentes aos investimentos e custos voltados à atividade de STA no exercício de 2021, por Área Distrital. Os dados de inspeções e vistorias navais realizadas por Área Distrital foram obtidos na página da DPC na *internet*.

Os dados de custos registrados no SCM evidenciam o efetivo consumo de recursos relacionado à execução de determinada atividade desempenhada pela MB, neste caso, a atividade de fiscalização de embarcações. Os custos mais relevantes associados a esta

atividade estão relacionados à combustível, manutenção de viaturas e embarcações e diárias de pessoal militar.

Já os investimentos representam os gastos efetuados com a aquisição de equipamentos e bens duráveis, que suportarão a capacidade da Marinha em executar as tarefas de fiscalização de embarcações. São gastos ativados e se diferenciam dos custos por terem seu consumo relacionado à obsolescência e exaustão evidenciadas pela depreciação ao longo do tempo, e não no momento de sua aquisição (MACHADO; HOLANDA, 2010). Os principais investimentos relacionados à atividade de fiscalização de embarcações são aqueles destinados à aquisição de viaturas, botes, embarcações e equipamentos de segurança náutica.

Desta forma, para o modelo DEA a ser empregado neste estudo, estabeleceu-se como insumos os investimentos realizados em cada Área Distrital (*input 1*) e os custos apurados referentes à Macroatividade – 04.00 (*input 2*), no ano de 2021, nas 64 Capitânicas, Delegacias e Agências. Como produto, foi estabelecido o total de inspeções e vistorias navais (*output 1*) realizadas em cada Área Distrital em 2021.

Os dados dos *inputs* e *output* foram consolidados por área de atuação da MB, configurando os valores totais do exercício de 2021 das variáveis das nove DMU utilizadas nos modelos DEA deste estudo. Cabe destacar que cada Área Distrital possui uma dimensão de atuação que difere das demais áreas. Com isto, foram analisados os resultados oriundos do modelo DEA-VRS orientados ao insumo, tendo em vista o propósito de estimar o nível mínimo de emprego dos insumos, mantendo-se as quantidades de produtos (FERREIRA; GOMES, 2020).

O tratamento dos dados foi operacionalizado por meio do *software* R (R CORE TEAM, 2021), através do pacote *Benchmarking* (BOGETOFT; OTTO, 2020), que viabilizou a obtenção dos índices de eficiência das Áreas Distritais, bem como os *peer set* de cada Área.

5. Análise dos Resultados

Para a realização da análise dos resultados desta pesquisa, foram utilizados os dados de *inputs* e *output* referentes às nove DMU, dispostos na Tabela 2. Com o propósito de se manter o sigilo das áreas analisadas neste estudo, a ordem da numeração foi propositalmente estabelecida de modo a não corresponder à numeração dos Distritos Navais que as compõem.

De forma preliminar, foi efetuada uma análise exploratória dos dados, em que foi possível obter, através do *software* R, as correlações dos insumos (*inputs*) com o produto (*output*). A correlação entre a variável “Custo” (*input 1*) com a variável “Fiscalizações” (*output*) foi de 0.78, enquanto a correlação entre a “Investimentos” (*input 2*) com a variável “Fiscalizações” (*output*) foi de 0.34, conforme disposto na Figura 4.

Figura 4 – Matriz de correlações das variáveis

```
> round(cor(matrizdados), 2)
          Custo Investimento Fiscalizacoes
Custo      1.00      0.05      0.78
Investimento 0.05      1.00      0.34
Fiscalizacoes 0.78      0.34      1.00
```

Fonte: Os autores (2023)

Com isto, foi possível identificar que as variáveis que representam os *inputs* possuem uma relação direta e positiva com a variável que representa o *output*, atendendo, conforme Dourado (2009) ao pressuposto de isotonicidade quando da obtenção de modelos DEA, ou seja, a partir do incremento dos insumos espera-se uma elevação no nível dos produtos.

Em seguida, a Tabela 2 dispõe das variáveis que denotam o custo anual inerente às atividades de STA registrado no centro de custo específico pelas OM de cada Área Distrital, investimentos realizados nas aquisições de embarcações e equipamentos voltados às atividades operativas vinculadas às vistorias e inspeções navais realizadas pelas Capitânicas, Delegacias e Agências localizadas em cada Área Distrital, e as fiscalizações, que denotam as quantidades de vistorias e inspeções navais realizadas em cada Área Distrital no ano de 2021.

Tabela 2 – Insumos e Produto das Áreas em 2021

DMU	<i>inputs</i>		<i>output</i>
	Custo (R\$)	Investimento (R\$)	Fiscalizações
1	15.533.340,61	891.218,15	66709
2	927.095,85	1.000.006,16	22870
3	1.029.623,15	390.174,61	35423
4	1.902.731,34	1.462.937,97	10876
5	791.990,50	1.025.245,88	15213
6	485.393,11	490.003,40	7453
7	750.718,23	205.297,80	8155
8	2.035.502,63	567.835,38	27064
9	2.014.572,18	2.342.323,30	48308

Fonte: Os autores (2023)

Na sequência foi executada a DEA-VRS orientado ao insumo por meio do pacote Benchmarking do *software* R, em que foi possível identificar as DMU eficientes e ineficientes, bem como seus possíveis benchmarks. Os escores de eficiência das DMU são apresentados na Figura 5.

Figura 5 – Eficiência das Áreas

```
> # modelo DEA VRS com orientação ao input
> respostal=dea(X,Y,RTS="vrs",ORIENTATION="in",DUAL=T)
> efici1=respostal$eff
> efici1
      AD1      AD2      AD3      AD4      AD5      AD6      AD7      AD8      AD9
1.0000000 0.8471308 1.0000000 0.3049487 0.8035252 1.0000000 1.0000000 0.5873193 1.0000000
```

Fonte: Os autores (2023)

Desta forma, foi possível obter os valores das eficiências de cada área quanto à realização de fiscalizações (vistorias e inspeções navais), bem como as possíveis reduções nos custos e nos investimentos realizados para que as Áreas consideradas ineficientes possam performar de modo similar àquelas que compõem a fronteira de eficiência, conforme disposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultado da Análise de Desempenho das Áreas – Modelo DEA-VRS

DMU	EFF	Atual		Ideal		Redução necessária	
		Input 1	Input 2	Input 1	Input 2	Input 1	Input 2
1	100,00	15.533.340,60	891.218,20	15.533.340,60	891.218,20	*	*
2	84,71	927.095,80	1.000.006,20	785.342,85	847.105,25	141.752,95	152.900,95
3	100,00	1.029.623,20	390.174,60	1.029.623,20	390.174,60	*	*
4	30,49	1.902.731,30	1.462.938,00	580.142,77	446.049,79	1.322.588,53	1.016.888,21
5	80,35	791.990,50	1.025.245,90	636.364,37	675.963,89	155.626,13	349.282,01
6	100,00	485.393,10	490.003,40	485.393,10	490.003,40	*	*
7	100,00	750.718,20	205.297,80	750.718,20	205.297,80	*	*
8	58,73	2.035.502,60	567.835,40	1.195.450,68	333.489,73	840.051,92	234.345,67
9	100,00	2.014.572,20	2.342.323,30	2.014.572,20	2.342.323,30	*	*

Fonte: Os autores (2023)

Diante dos resultados obtidos, conforme apresentado na Tabela 3, observou-se que as DMUs consideradas eficientes, ou seja, as que compõem a fronteira de eficiência do modelo DEA-VRS, foram as DMUs 1,3,6,7 e 9, tendo em vista que os índices de eficiência foram de 100%, enquanto as demais Áreas Distritais foram consideradas ineficientes.

Cabe ressaltar que as DMUs 2 e 5 obtiveram eficiências de 84,71% e 80,35%, respectivamente, aproximando-se assim daquelas que compuseram a fronteira de eficiência. De uma forma geral, as DMUs 4 e 8 foram as que mais se afastaram do desempenho das demais, registrando índices de eficiência de 30,49% e 58,73%, respectivamente.

De acordo com os resultados expressos na Tabela 3, após a execução do modelo DEA-VRS, foi possível mensurar as reduções ou economias necessárias dos *inputs*, valendo-se da diferença entre os valores dos custos e investimentos no exercício de 2021 e os níveis necessários para passarem a integrar a fronteira de eficiência.

A partir dos resultados analisados, as OM que compõem as Áreas Distritais podem buscar ações que possam elevar o desempenho das atividades de vistoria e inspeções

navais, bem como aperfeiçoar os processos que englobam a aplicação dos recursos públicos de forma mais eficiente, o que se alinha ao mencionado por Lopes, Prior e Zafra-Gómez (2015).

Os resultados obtidos, bem como as mensurações das possíveis economias na alocação dos insumos, possibilitam a composição de um ranqueamento entre as DMU, resguardadas as peculiaridades de cada Área Distrital que, em função das características inerentes a região em que atuam, podem de alguma forma influenciar nos desempenhos alcançados. Conforme Pessanha *et al.* (2010), antes de qualquer decisão pela redução de insumos, as peculiaridades operacionais de cada DMU devem ser analisadas pontualmente e levadas em consideração.

A Tabela 4 apresenta os resultados dos *peer set*. Os mencionados resultados correspondem aos pesos λ nas combinações lineares que aparecem no lado direito das restrições dos PPL na Tabela 1. As combinações lineares representam a projeção da DMU avaliada na fronteira de eficiência. Uma DMU eficiente está na fronteira e, portanto, sua projeção na fronteira é a própria DMU, caracterizada pelos seus vetores de insumos (X) e produtos (Y). Portanto, neste caso, $\lambda=1$ para a DMU avaliada e $\lambda=0$ nas demais DMU. Já a projeção de uma DMU ineficiente na fronteira é dada por uma combinação linear das DMU eficientes, i.e., as DMU que formam o *peer set* da DMU avaliada. O *peer set* de cada Área Distrital é apresentado ao longo da respectiva linha da Tabela 4, cujas colunas correspondem às Áreas classificados como eficientes. Mais precisamente o *peer set* de uma DMU na linha $j \forall j=1, N$ é formado pelas Áreas Distritais eficientes com $\lambda > 0$. Assim, no caso do modelo VRS, as Áreas Distritais consideradas ineficientes, poderão observar as práticas de gestão das Áreas 1, 3, 6, 7 e 9, consideradas eficientes na realização de inspeções e vistorias navais, e por conseguinte, são *benchmarks* no que tange aos procedimentos da gestão de custos e investimentos voltados à realização de fiscalizações.

Tabela 4 – *Benchmarks* das DMU ineficientes

DMU	<i>Benchmarks</i>				
	1	3	6	7	9
1	1	0	0	0	0
2	0	0,5512	0,4488	0	0
3	0	1	0	0	0
4	0	0,1196	0,7682	0,1122	0
5	0	0,2774	0,7226	0	0
6	0	0	1	0	0
7	0	0	0	1	0
8	0	0,6935	0	0,3065	0
9	0	0	0	0	1

Fonte: Os autores (2023)

Conforme Souza e Macedo (2008), as Áreas Distritais que não performaram entre as DMU eficientes poderão valer-se da técnica de *Benchmarking* em que, as OM sediadas nas Áreas Distritais consideradas não eficientes podem, por exemplo, copiar rotinas de manutenção de equipamentos ou técnicas de aproximação e abordagem de embarcações empregadas pelas OM das Áreas consideradas eficientes, uma vez identificado que estes procedimentos operacionais colaboram para que estas Áreas tenham desempenho superior às demais, contribuindo para a redução de custos dos insumos empregados.

Considerações finais

O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência na realização de inspeções e vistorias navais nas nove Áreas Distritais da MB, no ano de 2021, por meio da abordagem DEA. O modelo DEA proposto tem orientação ao insumo e inclui três variáveis, sendo dois *inputs* (os custos de operações atrelados à STA e os investimentos realizados na área operativa das Capitânicas, Delegacias e Agências) e apenas um *output* (o total de inspeções e vistorias navais realizadas nas nove Áreas Distritais em 2021).

Como resultado da pesquisa, foi possível identificar através dos dados inerentes ao Sistema de Custos da Marinha (SCM) e da metodologia empregada, cinco Áreas Distritais que compuseram a fronteira de eficiência do modelo DEA VRS (DMUs 1, 3, 6, 7 e 9). Adicionalmente, foram elencados os *peer sets* ou *benchmarks* de cada Área Distrital considerada ineficiente no processo de realização de inspeções e vistorias navais, considerando-se os aspectos de custos e investimentos como insumos atrelados à referida atividade. Com isto, cada Área Distrital pode espelhar-se nas práticas das Áreas Distritais em seu *peer set* com o objetivo de aperfeiçoar a sua própria prática de gestão de custos frente as inspeções e vistorias navais.

A criação do SCM e o gradual desenvolvimento da gestão de custos na MB permitiu que a Marinha identificasse o real sacrifício financeiro demandado para o desempenho de suas atividades, um avanço notável da força naval rumo à administração gerencial. Entretanto, por vezes apenas a disponibilidade de dados de custos pode não ser suficiente para subsidiar os gestores em decisões mais eficientes de alocação de recursos. O emprego da técnica DEA mostrou, nesta pesquisa, que os registros de custos, analisados por ferramentas adequadas, podem proporcionar aos gestores da MB informações de eficiência e comparabilidade entre unidades que desempenham a mesma atividade, indicando possíveis gargalos a serem aperfeiçoados.

Embora os resultados tenham indicado a necessidade de redução de gastos ou de investimentos para o atingimento da eficiência por parte das Áreas Distritais ineficientes, tais valores não devem ser avaliados isoladamente, servindo apenas como balizadores para avaliação de futuros ajustes, caso necessário. Cabe aos gestores das OM que atuam nas atividades de fiscalizações de embarcações estabelecerem parâmetros adequados às realidades operativas de cada Área Distrital, as quais dispõem de especificidades geográficas distintas, o que pode influenciar nos diferentes volumes de insumos utilizados.

Além disso, um dos benefícios do emprego da DEA é a possibilidade de obtenção de um ranqueamento das unidades que atuam em mesmo tipo de atividade. No estudo em lide foram utilizados os dados de fiscalizações das Capitânicas, Delegacias e Agências de nove Áreas Distritais. Sugere-se como pesquisas futuras a utilização da DEA em processos de OM de Ensino, Hospitais Navais, dentre outras.

Referências:

ALENCAR, C. O.; FONSECA, A. C. P. D. da. Excelência na gestão pública: a contribuição do controle interno da Marinha do Brasil. **REGE-Revista de Gestão**, v. 23, n. 2, p. 172-184, 2016.

ALONSO, M. Custos no serviço público. **Revista do Serviço Público**, v. 50, n. 1, p. 37-63, 1999.

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

BEHR, A. **Production and Efficiency Analysis with R**. Springer International Publishing Switzerland, 2015.

BOGETOFT, P. OTTO, L. **Benchmarking with DEA and SFA**. R package version 0.29, 2020.

BRESSER-PEREIRA, L. C. A reforma gerencial do Estado de 1995. **Revista de administração pública**, v. 34, n. 4, p. 7 a 26-7 a 26, 2000.

BRASIL. Secretaria-Geral da Marinha. **SGM-307 Normas sobre o Sistema de Custos da Marinha do Brasil**. 1 ed. Brasília, DF, 2020.

BOGETOFT, P.; NIELSEN, K. **DEA based yardstick competition in natural resource management**. *In: Recent accomplishments in applied forest economics research*. Springer, Dordrecht, p. 103-125, 2003.

BORGES, T. B.; MARIO, P. C.; CARNEIRO, R. A implementação do sistema de custos proposto pelo governo federal: uma análise sob a ótica institucional. **Revista de Administração Pública**, v. 47, p. 469-491, 2013.

CAETANO, R. D.; BORINELLI, M. L.; ROCHA, W. Processo de aquisições na gestão pública brasileira: aplicação da metodologia de cálculo do custo total de propriedade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, XXVI, Curitiba, 2019. **Anais...**, Curitiba, 2020.

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.

CHEN, C; DELMAS, M. A.; LIEBERMAN, M. B. Production frontier methodologies and efficiency as a performance measure in strategic management research. **Strategic Management Journal**, v. 36, p. 19-36, 2015.

DOURADO, A. **Aplicação da Data Envelopment Analysis na determinação da eficiência empresarial em ambientes colaborativos**, Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.

FERREIRA, R. J. A Marinha do Brasil na Amazônia Oriental: história, atualidade e perspectivas. **Revista do IGHMB**, v. 78, n. 106, p. 129-150, 2019.

FERREIRA, C. M. de C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2020.

FERREIRA, L. da S.; SILVA, B. L. de P. Fiscalização da Capitania Fluvial do Pantanal na Atividade Pesqueira e os Riscos de Segurança dos Pescadores na Fronteira Brasil/Bolívia. **Revista GeoPantanal**, v. 31, n. 2, p. 153-164, 2021.

FILGUEIRAS, M. V. Apoio logístico integrado e gestão do ciclo de vida dos meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais. **Caderno de Ciências Navais**, v. 3, n. 1, p. 313-345, 2019.

GAVIÃO, L. O.; MEZA, L. A.; LIMA, G. B. A.; GARCIA, P. A. de A.; KOSTIN, S. Avaliação de investimentos em modernização dos portos por Análise Envoltória de Dados. In: Simpósio de pesquisa operacional e logística da Marinha, 19., 2019, Rio de Janeiro, RJ. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, p. 1-16, 2019.

KLADI, M. C. E.; FERRARI, A. L. S. **O Sistema de Custo do Governo Federal e o Macro Processo Orçamentário e Financeiro da Administração Pública Federal**. Brasília, mai.2011.

LAMOGLIA, F. R.; OHAYON, P.; DA COSTA MARQUES, J. A. V. A Demonstração do Resultado Econômico como Indicador de Eficiência na Gestão do Gasto Público. **Revista Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 15, n. 4, p. 160-177, Rio de Janeiro, 2020.

MACHADO, N.; HOLANDA, V. B. de. **Diretrizes e modelo conceitual de custos para o setor público a partir da experiência no governo federal do Brasil**. Revista de Administração Pública, v. 44, p. 791-820, 2010.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MELLO, L. S. C. de; CARDOSO, L. F.; PESSANHA, J. F. M. Análise envoltória de dados na avaliação de eficiência da gestão contábil de alimentos em navios da Marinha do Brasil. *In: Anais do Congresso UFG de Contabilidade, Controladoria e Finanças. Anais...Goiânia*, 2021.

MELLO, L. S. C. de; SANTOS JUNIOR, M. T. dos; PESSANHA, J. F. M. Um modelo de regressão linear múltipla para a gestão contábil de alimentos dos navios da Marinha do Brasil. *In: Simpósio de Engenharia, Gestão e Inovação*, 4, Juazeiro do Norte, 2021. *Anais...*, Juazeiro do Norte, 2021.

PÉREZ-LÓPEZ, G.; PRIOR, D.; ZAFRA-GÓMEZ, J. L. Rethinking New Public Management Delivery Forms and Efficiency: Long-Term Effects in Spanish Local Government. *Journal of Public Administration Research And Theory*, v. 25, n. 4, p.1157–1183, 2015.

PESSANHA, J. F. M.; MELLO, M. A. R. F.; BARROS, M.; SOUZA, R. C. Avaliação dos custos operacionais eficientes das empresas de transmissão do setor elétrico brasileiro: uma proposta de adaptação do modelo DEA adotado pela ANEEL. **Pesquisa Operacional**, v.30, p. 521-545, Rio de Janeiro, 2010.

PRATA, B. de A.; ARRUDA, J. B. F. Aplicação da análise envoltória de dados na avaliação de eficiência de municípios: o caso do Estado do Ceará. *In: XXXIX SBPO: A pesquisa operacional e o desenvolvimento sustentável*. Fortaleza, 2007.

SANTANA, E. C. de; CORRÊA, C. R. O emprego do Sistema de Informação de Custos (SIC) do Governo Federal na Marinha do Brasil: Uma análise gerencial dos custos no setor público. **Pensar Contábil**, v. 16, n. 61, 2015.

SILVA, C. A. G.; CROZATTI, J. A demonstração do resultado econômico na gestão de políticas públicas: avaliação da aplicabilidade pelos auditores da Secretaria Municipal de Finanças da Prefeitura de São Paulo. **Revista Contabilidade e Controladoria**, v. 5, n. 2, São Paulo, 2013.

SLOMSKI, V. *et al.* A demonstração do resultado econômico e sistemas de custeamento como instrumentos de evidenciação do cumprimento do princípio constitucional da eficiência, produção de governança e accountability no setor público: uma aplicação na Procuradoria-Geral do Município de São Paulo. **Revista de Administração Pública**, v. 44, p. 933-937, 2010.

SOUZA, M. W.; MACEDO, M. A. da S. Análise da eficiência utilizando a metodologia DEA em organização militar de saúde: o caso da odontoclínica central do exército. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 3, n. 2, p. 88-103, 2008.