



# EFICIÊNCIA DOS PRINCIPAIS TERMINAIS BRASILEIROS DE GRANÉIS SÓLIDOS: UMA ANÁLISE COM DEA

## EFFICIENCY OF BRAZIL'S MAIN SOLID BULK TERMINALS: AN ANALYSIS WITH DEA

**MÁRCIA SOARES DE ALMEIDA** | [marcia.almeida3@fatec.sp.gov.br](mailto:marcia.almeida3@fatec.sp.gov.br) | FATEC de São José dos Campos /SP

**MARIA CLARA MORAIS MARTINS** | [maria.martins26@fatec.sp.gov.br](mailto:maria.martins26@fatec.sp.gov.br) | FATEC de São José dos Campos /SP

**MARCUS VINICIUS DO NASCIMENTO** | [nascimento.mv@fatec.sp.gov.br](mailto:nascimento.mv@fatec.sp.gov.br) | FATEC de São José dos Campos /SP

**LUIZ ANTONIO TOZI** | [luizantoniotozi@gmail.com](mailto:luizantoniotozi@gmail.com) | FATEC de São José dos Campos /SP

### RESUMO

Este artigo compara a eficiência de terminais brasileiros de granéis sólidos entre 2020 e 2024 a partir de microdados da ANTAQ organizados em painel terminal-ano. Tomaram-se três indicadores: capacidade (número de berços) e desempenho (prancha média anual e número de atracações). Com base nesses indicadores, aplicou-se DEA para construir um benchmark anual de eficiência relativa e um ranking por terminal. Os resultados mostram diferenças consistentes entre terminais, além de trajetórias de evolução ao longo do período, permitindo identificar referências de desempenho e padrões de mudança. A principal contribuição é um procedimento transparente e replicável para comparação entre terminais de granéis sólidos, demonstrando que, quando padronizados, os dados oficiais permitem leituras confiáveis de eficiência e apoiam o acompanhamento gerencial.

**Palavras-chave:** Eficiência portuária. Granéis sólidos. Benchmarking. DEA. ANTAQ. Terminais brasileiros.

### ABSTRACT

This article compares the efficiency of Brazilian bulk cargo terminals between 2020 and 2024 using microdata from ANTAQ (Brazilian National Agency for Waterway Transportation) organized in a terminal-year panel. Three indicators were considered: capacity (number of berths) and performance (average annual traffic volume and number of berths). Based on these indicators, DEA (Digital Elevation Analysis) was applied to construct an annual benchmark of relative efficiency and a ranking by terminal. The results show consistent differences between terminals, as well as evolutionary trajectories over the period, allowing the identification of performance benchmarks and patterns of change. The main contribution is a transparent and replicable procedure for comparing bulk cargo terminals, demonstrating that, when standardized, official data allows for reliable efficiency readings and support management monitoring.

**Keywords:** Port efficiency Solid bulk cargo. Benchmarking. DEA; ANTAQ. Brazilian terminals.

## 1 INTRODUÇÃO

A logística portuária desempenha papel estratégico na cadeia de suprimentos, visto que grande parte das exportações e importações brasileiras depende do transporte aquaviário. Esse modal se consolidou como o principal responsável pelo escoamento de cargas para o exterior, em razão do baixo custo relativo e da capacidade de movimentar grandes volumes a longas distâncias. Estimativas recentes confirmam essa tendência: aproximadamente 80% do comércio internacional é transportado por via marítima, evidenciando a relevância do modal para a economia global (UNCTAD, 2023).

Nesse contexto, os portos brasileiros se configuram como elos importantes da logística, conectando o transporte marítimo ao terrestre e garantindo a integração eficiente dos fluxos de materiais e informações (Oliveira *et al.*, 2025).

A importância do setor portuário é reforçada pelo fato de que a maior parte das trocas internacionais ocorre pelo mar, sustentando o desenvolvimento econômico das nações. No Brasil, essa relevância aumenta em função da competitividade do agronegócio e da mineração, setores que possuem papel fundamental no comércio exterior do país.

Dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários apontam que, no primeiro semestre de 2025, os portos brasileiros atingiram 653,7 milhões de toneladas movimentadas, sendo 387,1 milhões de toneladas apenas de granéis sólidos, o maior volume já registrado para o período. Esse resultado mostra o peso dos granéis sólidos na pauta de exportações do país, representando parcela significativa da movimentação portuária nacional (ANTAQ, 2025).

Os granéis sólidos podem ser classificados em dois grandes grupos: agrícolas e minerais. Entre os agrícolas, soja e milho se destacam como principais produtos de exportação, enquanto no setor mineral, o minério de ferro representa sozinho uma expressiva participação nas vendas externas.

Essa dinâmica confirma a análise de Vianen, Ottjes e Lodewijks (2013) segundo os quais os terminais de granéis sólidos se dividem entre exportadores e importadores, de forma que países produtores com maior disponibilidade de grãos e reservas minerais, como o Brasil, atendem à demanda de outras regiões do globo (Moura *et al.*, 2024). Nesse cenário, o transporte aquaviário atua não apenas como um meio logístico, mas como indutor de desenvolvimento econômico planejado e abrangente, assegurando a circulação de insumos e produtos de forma segura e eficiente (Alfredini; Arasaki, 2014).

Diante dessa relevância, a eficiência portuária torna-se aspecto decisivo para reduzir custos logísticos, otimizar operações e fortalecer a competitividade. A literatura mostra que metodologias como a Análise Envoltória de Dados (DEA) têm se consolidado como ferramentas eficazes para mensurar a eficiência relativa entre terminais portuários, permitindo identificar aqueles que utilizam melhor seus recursos e os que apresentam espaço para melhorias (Wang *et al.*, 2002; Benevides *et al.*, 2025).

Assim, avaliar o desempenho dos principais terminais brasileiros especializados em granéis sólidos possibilita realizar um *benchmarking* destacando quais operam de forma mais eficiente em relação aos recursos disponíveis, o que contribui para uma compreensão mais clara do cenário portuário nacional e evidencia os terminais que se aproximam das melhores práticas de eficiência.

Nesse cenário, o artigo tem por objetivo aplicar a DEA para comparar no período de 2020 até 2024 a eficiência dos cinco principais terminais brasileiros de granéis sólidos, construindo o ranking correspondente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 EFICIÊNCIA PORTUÁRIA

A eficiência portuária é um tema relevante no comércio internacional, com ligações diretas a logística, pois é por meio dos processos logísticos que as mercadorias, de fato, são transportadas, gerando riquezas aos países por meio de uma operação otimizada e maximizada dos portos, reduzindo custos e tempo de operação.

Falcão e Correia (2012) comentam que a eficiência dos portos traz maior atenção e preocupação, em razão do “Custo Brasil”, que afeta diretamente a competitividade e a eficiência da indústria nacional, ressaltando as dificuldades estruturais, burocráticas e econômicas do país. De modo geral, a eficiência é a medida de quanto um sistema aproveita seus recursos, comparando o desempenho alcançado com o melhor que seria possível (Almeida *et al.*, 2006).

No ambiente portuário, essa definição se divide em dois cenários: a eficiência técnica, que trata de tudo o que é físico, como a movimentação de cargas, o tempo que os navios passam no cais e a utilização da infraestrutura; e a eficiência econômica, que foca nos custos, nas receitas e na viabilidade financeira de todas as operações (Peña, 2008).

Segundo Coelli, Rao e O'Donnell (2005) explicam o crescimento da produtividade em portos pode ter várias origens. Esse aumento, segundo eles, é resultado de melhorias na eficiência, de avanços técnicos ou de ganhos de escala. Por isso, um porto que se destaca é aquele que consegue tirar o máximo proveito de sua infraestrutura.

Para entender a competitividade dos portos, é fundamental medir a eficiência. Como destacam Bensassi *et al.* (2015), a eficiência vai muito além das operações físicas, como carregar e descarregar navios. Ela também envolve os processos de bastidores, como a parte administrativa e todas as outras transações do comércio internacional. Essa visão mais completa mostra que a eficiência de um porto não se resume apenas a quanto rápido ele movimenta a carga. Ela reflete também a qualidade da gestão e a integração logística.

A localização geográfica, possui influência significativa. Portos localizados próximos a polos industriais ou regiões estratégicas tendem a apresentar maior competitividade, pois facilitam o acesso ao mercado e impulsionam o desenvolvimento econômico (Celik *et al.*, 2009; Goulart *et al.*, 2024). A eficiência portuária transcende o espaço operacional, contribuindo para o dinamismo da cadeia logística e o enriquecimento do país (Langen; Pallis, 2006; Brooks, 2007).

## 2.2 VARIÁVEIS PARA A ANÁLISE DE EFICIÊNCIA PORTUÁRIA

A escolha das variáveis em modelos DEA (Análise Envoltória de Dados) é necessário para garantir que a análise de eficiência seja confiável. De maneira geral, essas variáveis se dividem em *inputs*, que representam os recursos disponíveis nos portos, e *outputs*, que indicam os resultados alcançados com esses recursos. É essa relação que permite avaliar se os portos conseguem converter o que têm em desempenho operacional de forma eficiente.

A literatura acadêmica mostra que não existe uma lista única de variáveis que sirva para todos os casos. Cada estudo define suas variáveis com base nas características específicas do porto em análise e na disponibilidade de dados.

Roll e Hayuth (1993), por exemplo, focaram na capacidade operacional dos portos. Eles utilizaram como *inputs* o capital investido, o número de funcionários e o tipo de carga movimentada, e como *outputs* a movimentação total e o nível de serviço. A visão de Martinez-Budría *et al.* (1999)

foi diferente, priorizando variáveis econômicas como despesas operacionais e taxas de depreciação. Esse ponto de vista mostra que, além da operação física, a gestão de recursos financeiros impacta diretamente na eficiência de um porto.

Tongzon (2001), destaca a infraestrutura e a mão de obra. Ele considerou inputs como o número de berços, guindastes e funcionários, associando à produtividade medida em TEU por navio. Essa análise comprova que, em operações complexas, a combinação entre a capacidade da infraestrutura e o capital humano é necessário para o desempenho.

Essa visão é reforçada por autores como Itoh (2002) e Cullinane *et al.* (2004), que mostram a importância das variáveis ligadas à dimensão física do terminal e à quantidade de equipamentos de carga. A eficiência, para eles, está ligada à capacidade instalada e à disponibilidade de recursos físicos. O Quadro 1 mostra um resumo dos estudos revisados, destacando de forma clara os inputs, outputs e o foco principal de cada pesquisa.

**Quadro 1 | Resumo dos Estudos sobre Eficiência Portuária.**

Autor(es)	Ano	Inputs	Outputs	Observações
Roll & Hayuth	1993	Capital, funcionários, tipo de carga	Movimentação, nível de serviço	Ênfase operacional
Martinez-Budría <i>et al.</i>	1999	Despesas operacionais, depreciação	Produtividade econômica	Análise econômica
Tongzon	2001	Berços, guindastes, rebocador, funcionário	TEU por navio	Infraestrutura e produtividade
Itoh	2002	Tamanho do terminal, equipamentos	Produtividade	Eficiência física

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

Apesar das diferenças metodológicas e do foco de cada pesquisa, percebe-se uma ligação de conceitos. Os inputs geralmente refletem os recursos e a infraestrutura disponíveis, enquanto os outputs medem o desempenho operacional, com indicadores como movimentação de carga, produtividade e qualidade do serviço. Além disso, alguns estudos vão além, incluindo variáveis de eficiência no atendimento, como tempo de espera e utilização de equipamentos, o que amplia a nossa compreensão sobre a operação portuária.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho detalha os fundamentos teóricos, a formulação matemática do modelo adotado, as escolhas metodológicas e a forma como os dados foram estruturados.

#### 3.1 FUNDAMENTOS DO DEA

Segundo Charnes, Cooper e Rhodes (1978) é uma ferramenta de programação linear voltada a lógica central é comparar unidades que desempenham funções semelhantes, avaliando a capacidade de cada uma em transformar recursos (inputs) em resultados (outputs).

O DEA se consolidou como alternativa a métodos tradicionais de mensuração de eficiência, por permitir trabalhar simultaneamente com múltiplas variáveis de entrada e saída sem a necessidade de assumir uma função de produção pré-definida (Favero *et al.*, 2024). Essa característica torna o método particularmente adequado a setores complexos, como o portuário, onde diferentes fatores interagem e influenciam o desempenho.

Ao longo do tempo, o DEA evoluiu em diferentes formulações. Já o BCC, desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), admite retornos variáveis de escala em muitos casos o crescimento dos recursos não gera resultados proporcionais.

#### 3.2 ORIENTAÇÃO DO MODELO

Além da escolha entre CCR e BCC, o DEA pode ser orientado a inputs ou a outputs. Quando orientado a inputs, o modelo busca identificar em que medida os recursos utilizados podem ser minimizados sem comprometer o nível de produção. Quando orientado a outputs, o foco está em maximizar os resultados obtidos a partir de um nível fixo de recursos.

No caso deste estudo, optou-se por aplicar o modelo BCC orientado a outputs. Essa escolha se justifica porque, no setor portuário, especialmente em operações de granéis sólidos, os terminais têm pouca influência sobre a demanda (quantidade de carga disponível para movimentação). Por outro lado, possuem maior controle sobre a gestão de seus recursos operacionais, como tempo de espera, utilização de berços e eficiência da operação de carga e descarga. Assim, a análise de eficiência será conduzida sob a ótica de como cada terminal administra seus recursos para atender a volumes de carga já determinados pelo mercado.

### 3.3 FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

O modelo DEA padrão orientado a *input* segue a formulação matemática expressa pela Equação 1.

$$\max h_0 = \sum_{r=1}^m u_r y_{ro} - u_0$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - u_0 \leq 0 \quad (j = 1, \dots, N)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n) \quad (1)$$

Onde:

- $h_0$  = eficiência da DMU em análise;
- $y_{rj}$  = quantidade do output  $r$  para a  $j$  DMU;
- $x_{ij}$  = quantidade do input  $i$  para a  $j$  DMU;
- $u_r$  = peso atribuído ao output  $r$ ;
- $v_i$  = peso atribuído ao *input*  $i$ ;
- $u_0$  = fator de escala que distingue retornos variáveis de escala.

Interpretação dos resultados é direta, pois:

- Se  $E0 = 1$ , a DMU é considerada eficiente, servindo como benchmark para as demais;
- Se  $E0 < 1$ , DMU é ineficiente, indicando espaço para melhorias no uso dos recursos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

A primeira fase do estudo concentrou-se em organizar e preparar as informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), com foco em avaliar sua adequação a modelos de fronteira de eficiência. Foram trabalhados dados de 2020 a 2024, agrupados em quatro conjuntos principais: Atracação, Taxa de Ocupação, Tempos de Atracação e Carga. Esses grupos sintetizam, sob diferentes perspectivas, o uso da infraestrutura e o desempenho das operações portuárias exatamente os elementos que, em princípio, seriam candidatos a representar insumos e produtos em uma função de produção portuária (Farrell, 1957; Coelli *et al.*, 2005).

Os arquivos originais da ANTAQ são disponibilizados em formato .txt, comprimidos em arquivos .zip. Isso exigiu uma etapa prévia de conversão e padronização para uso em ferramentas de análise. Inicialmente, os arquivos foram organizados por ano e armazenados no Google Drive; em seguida, foram processados no Google Colab (Python), ambiente mais adequado ao tratamento de grandes volumes de dados.

O processamento foi realizado por meio de um script desenvolvido para esta pesquisa, utilizando, principalmente, as bibliotecas pandas e zipfile. O código descompactou os arquivos .zip, leu os .txt e os converteu para .csv, além de padronizar os nomes das variáveis (remoção de acentos, espaços e caracteres especiais). Quando o campo “ano” não aparecia explicitamente no conteúdo, a informação foi inferida na correta identificação temporal dos registros.

O Quadro 2 mostra um resumo dessas bases consolidadas, com o número de registros e de colunas para o período analisado.

**Quadro 2 | Bases consolidadas após limpeza e padronização dos dados 2020-2024.**

Base	Número de Linhas	Número de Colunas	Descrição
Atracação	2,22 mi	34	Informações de berços, portos, tipo de operação e características de atracação.
Taxa de ocupação	3,17 mi	7	Percentual de utilização das infraestruturas portuárias.
Tempos de atracação	1,28 mi	12	Durações médias das etapas de atracação e operação.
Carga	7,96 mi	6	Volume movimentado e tipos de carga associados às operações.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

Após a limpeza e padronização, os dados foram consolidados por categoria, originando quatro bases finais: Atracação, Taxa de Ocupação, Tempos de Atracação e Carga. Esse processo eliminou inconsistências de formatação, permitiu o cruzamento entre as bases e preparou a construção de uma base em nível terminal–ano, a partir da qual se discutem, mais adiante, os limites dos indicadores da ANTAQ para uso em modelos de fronteira de eficiência (Coelli *et al.*, 2005; Ferreira; Gomes, 2009).

## 4.2 CONSTRUÇÃO DA BASE TERMINAL-ANO E SELEÇÃO DOS TERMINAIS ANALISADOS

Na segunda etapa, os microdados foram organizados de forma a permitir uma visão integrada das operações por terminal e ano, unidade analítica escolhida para o estudo. O recorte empírico concentrou-se em terminais portuários brasileiros especializados em granéis sólidos, entre 2020 e 2024, alinhando-se à relevância desse segmento para o comércio exterior nacional.

A construção da base partiu dos arquivos de carga tratados. Primeiramente, os registros foram filtrados para o tipo “granéis sólidos” e organizados por terminal. Em seguida, procedeu-se à unificação dos nomes dos terminais, corrigindo variações de grafia e codificação. Uma vez padronizada a identificação, o volume movimentado foi somado por terminal e por ano, formando a tabela “terminal × ano × toneladas”. Essa tabela permitiu identificar, ano a ano, o quanto cada terminal movimentou no período.

Com base nesse painel de movimentação, somou-se o volume total de granéis sólidos por terminal no intervalo 2020–2024 e ordenaram-se os terminais do maior para o menor volume total. Para fins de ilustração e aprofundamento da análise, foram selecionados os cinco terminais com maior movimentação de granéis sólidos: Paranaguá, Santos, Itaqui, Rio Grande e São Francisco do Sul.

## 4.3 INDICADORES DO ESTUDO (INPUT E OUTPUTS) E CONSOLIDAÇÃO POR TERMINAL-ANO

Esta seção apresenta os indicadores usados na comparação entre terminais e como eles foram reunidos por terminal × ano no recorte de granéis sólidos (2020–2024). Como input, utilizou-se o número de berços que efetivamente operaram granéis sólidos em cada ano. Para cada terminal e ano, contou-se quantos berços tiveram registros de operação no período, com base na tabela de Atracação. Esse indicador representa a capacidade física disponível para atender as escalas.

Como outputs, adotaram-se a prancha média e a quantidade de atracações. A prancha média foi calculada, por terminal e ano, como toneladas movimentadas no ano divididas pelo tempo total de atracação do ano. A quantidade de atracações corresponde ao total de escalas registradas no ano. A organização dos dados seguiu o seguinte caminho: a partir das bases de Atracação (e Carga, as informações foram reunidas por terminal e por ano em uma única planilha.

O processamento foi feito no Google Colab (junções e somas/contagens por terminal–ano) e o Power BI foi usado para localizar, por terminal e ano, os valores de berços, atracções. Como resultado, obteve-se uma tabela única com as colunas terminal, ano, berços (input), prancha e atracções (output), que será utilizada na etapa seguinte de modelagem.

#### 4.4 APLICAÇÃO DO DEA

Aplicou-se o método tomando cada DMU como terminal × ano. O input foi o número de berços e os outputs foram a prancha média anual e a quantidade de atracções. A base foi consolidada por terminal e ano e o problema de eficiência foi resolvido por programação linear em planilha, produzindo escores entre 0 e 1.

Ao longo de 2020–2024, observou-se alternância na fronteira, mas com lideranças recorrentes. O Porto de Itaqui foi o principal destaque: eficiente em 4 de 5 anos (2020–2023) e ainda 91% em 2024. São Francisco do Sul também se sobressaiu, na fronteira em 2020, 2022 e 2024 (100% nesses anos). Paranaguá permaneceu muito próximo da fronteira em todo o período, por exemplo, 100% em 2021 e 95% em 2024, enquanto Rio Grande exibiu desempenho intermediário ( $\approx 64\%-78\%$ ). Santos apresentou as maiores distâncias na amostra, com escores entre 61% e 70% conforme o ano.

Em termos interpretativos, com a capacidade instalada dada (berços), os terminais abaixo da fronteira precisariam elevar proporcionalmente seus outputs para alcançar as melhores práticas observadas no respectivo ano.

A leitura dos multiplicadores indica maior influência da prancha média na construção da fronteira, com a contagem de atracções atuando como reforço quando alinhada à capacidade. Em conjunto, os resultados estruturam um benchmarking anual claro: identificam quem é referência em cada ano e quão perto os demais estão dessa referência, oferecendo uma visão comparável e replicável do desempenho relativo entre os terminais analisados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo indica que a eficiência portuária não depende apenas do volume movimentado, mas do equilíbrio entre a capacidade disponível e a forma de operar. Ao comparar terminais com um mesmo conjunto de indicadores, capacidade física associada à operação e resultados de desempenho, foi possível identificar quem entrega mais por unidade de infraestrutura e onde estão os pontos críticos do processo.

O benchmarking entre terminais forneceu uma referência clara e comparável. Essa linha de base ajuda a definir metas factíveis, sustenta negociações e orienta prioridades. Os achados sugerem que os ganhos costumam vir primeiro de melhorias operacionais, organização de janelas, redução de tempos e maior giro por berço, antes de grandes ampliações físicas. Em síntese, processo bem gerido tende a gerar retorno mais rápido do que apenas aumentar a capacidade.

Do ponto de vista da gestão, o painel por terminal e por ano oferece uma leitura dinâmica: mostra avanços, quedas e momentos de virada, apoiando decisões de curto e médio prazo. O trabalho também reforça o valor de dados públicos tratados com cuidado: quando integrados e padronizados, transformam-se em instrumento prático para priorizar investimentos, acompanhar resultados e dar transparência.

Como continuidade, recomenda-se manter a série histórica atualizada, incorporar novos insumos sempre que disponíveis (por exemplo, medidas estruturais e de equipamentos) e estender o benchmarking a outros terminais e perfis de carga. Assim, a avaliação deixa de ser um retrato pontual e passa a ser rotina de gestão, aproximando os terminais de padrões mais altos de desempenho e dando base técnica para decisões melhores.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente o nosso agradecimento a Deus, que nos conduziu nesse caminho. Também aos nossos Orientadores, Professor Antonio Luiz Tozi, Professor Marcus Vinicius do Nascimento, ao nosso Coorientador Professor Rubens Barreto da Silva e aos nossos familiares que nos apoiaram durante essa trajetória.

## REFERÊNCIAS

- ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. **Engenharia portuária**: a técnica aliada ao enfoque logístico. **São Paulo**: Edgard Blucher, 2014.
- ALMEIDA, M.; REBELATTO, D. Sistematização das técnicas para avaliar a eficiência: variáveis que influenciam a tomada de decisão estratégica. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, 3., 2006, Resende. *Anais* [...]. Resende: AEDB, 2006.
- BENEVIDES, K. D. G.; RUFINO, L. J. G. C.; DOS SANTOS, D. F. A.; BENEVIDES, M. P.; PIMENTA, C. D.; DE OLIVEIRA, M. R.; DE MOURA, R. A. (2025). Inteligência Artificial na educação de indivíduos adultos: uma abordagem assistiva. *ARACÊ*, [S. I.], v. 7, n. 8, p. e7160. DOI: .
- BENSASSI, S. *et al.* Port access and trade: empirical evidence from Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Oxford, v. **78**, p. 347–361, 2015.
- BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Metodologia de cálculo dos indicadores do Estatístico Aquaviário**. Brasília, 2023. Disponível em: [https://web3.antaq.gov.br/ea/txt/Metodologia\\_de\\_calcudo\\_dos\\_Indicadores\\_do\\_EA.pdf](https://web3.antaq.gov.br/ea/txt/Metodologia_de_calcudo_dos_Indicadores_do_EA.pdf). Acesso em: 6 nov. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Movimentação de cargas atinge recorde no primeiro semestre do ano**. Brasília, 13 ago. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/antaq/pt-br/noticias/2025/movimentacao-de-cargas-atinge-recorde-no-primeiro-semestre-do-ano>. Acesso em: 6 nov. 2025.
- BROOKS, M. R. The governance structure of ports. *Review of Network Economics*, v. **6**, n. 2, p. 168–183, 2007.
- CELIK, E.; KAVSAOGLU, T.; ERDOGAN, M. The importance of logistics performance in international trade. *International Journal of Logistics Systems and Management*, v. **5**, n. 2, p. 147–165, 2009.
- 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.
- COELLI, T. J. *et al.* *An introduction to efficiency and productivity analysis*. 2. ed. New York: Springer, 2005.
- CULLINANE, K. *et al.* The technical efficiency of container ports: comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. **40**, n. 4, p. 354–374, 2006.
- FALCÃO, V. A.; CORREIA, A. R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *Journal of Transport Literature*, São Paulo, v. **6**, n. 4, p. 133–146, 2012.
- FARRELL, M. J. Measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, London, v. **120**, n. 3, p. 253–290, 1957.
- FAVERO, R. V. C., COSTA, J. C. L., OLIVEIRA, M. R. & MOURA, R. A. (2024). Kanban production control for an aluminum profile solutions factory using the Notion digital platform. *RGSA*, **18** (12), e010273.
- FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. *Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações*. Viçosa: UFV, 2009.
- FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. (ed.). *The measurement of productive efficiency and productivity growth*. New York: Oxford University Press, 2008.
- GREENE, W. H. *Econometric analysis*. 7. ed. Harlow: Pearson Education, 2012.
- GOULART, R. A. S.; SAMPAIO, M. F.; COSTA, J. C. L.; MOURA, R. A. (2024). Comparativo de treinamentos imersivos com realidade aumentada e virtual aplicadas em ambientes para eliminar riscos ocupacionais. *Revista Exatas*, [S. I.], v. 30, n. .

2. DOI: 10.69609/1516-2893.2024.v30.n2.a3913.

ITOH, H. Efficiency changes at major container ports in Japan: a window application of data envelopment analysis. *Review of Urban and Regional Development Studies*, v. **14**, n. 2, p. 133–152, 2002.

KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, C. A. K. *Stochastic frontier analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

LANGEN, P. W. de; PALLIS, A. A. Analysis of the benefits of intra-port competition. *International Journal of Transport Economics*, v. **33**, n. 1, p. 69–85, 2006.

MARTÍNEZ-BUDRÍA, E. et al. A study of the efficiency of Spanish port authorities using data envelopment analysis. *International Journal of Transport Economics*, Pisa, v. **26**, n. 2, p. 237–253, 1999.

MOURA, RA DE, SANTOS, DFA, BENEVIDES, MP, RICHEITTO, MRS, OLIVEIRA, MR DE, & SILVA, MB (2024). Neurociência e ergonomia aplicadas como ciências comportamentais profissionais para longevidade saudável. *Revista de Gestão - RGSA*, 18 (12), e09741.

OLIVEIRA JUNIOR, H. S.; VIAGI, A. F.; MOURA, R. A. Aplicações dos conceitos da neuroengenharia na agroindústria: monitoramento, manutenção e autossustentabilidade. *Revista Ciências Exatas, [S. I.]*, v. 31, n. 2, 2025. DOI: 10.69609/1516-2893.2025.v31.n2.a4033.

PEÑA, C. R. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através da análise envoltória de dados (DEA). *Revista de Administração Contemporânea*, Curitiba, v. **12**, n. 1, p. 95–116, 2008.

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port performance comparison applying data envelopment analysis. *Maritime Policy and Management*, London, v. **20**, n. 2, p. 153–161, 1993.

TONGZON, J. L. Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Oxford, v. **35**, n. 2, p. 107–122, 2001.

UNCTAD. United Nations Conference on Trade and Development. *Review of Maritime Transport 2023: towards a green and just transition*. Geneva: United Nations, 2023.

VAN VIANEN, T.; OTTJES, J. A.; LODEWIJKS, G. Simulation-based determination of the required stockyard size for dry bulk terminals. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. **47**, p. 178–195, 2014.

WANG, T.; SONG, D.; CULLINANE, K. The applicability of Data Envelopment Analysis to efficiency measurement of container ports. In: **International Association of Maritime Economists (IAME) Conference**, 2002, Panama. *Proceedings* [...]. Panama: IAME, 2002.



**fapeti**

FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA,  
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO



**UNITAU**  
Universidade de Taubaté