

Mensuração da eficiência portuária na região norte aplicando a análise envoltória dos dados (DEA)

Measurement of port efficiency of the north region applying the data envelopment analysis – DEA

Gecineide de Oliveira Barros¹

Ely Sena de Almeida²

Resumo

Este trabalho apresenta uma proposta de demonstrar o fluxo da movimentação de carga através das operações portuárias na região norte com foco no porto de Manaus, e com isso poder ter uma melhor visualização de sua utilização e eficiência quando comparado a outros portos. Inicialmente são apresentados uma visão geral dos Portos e os elementos que configuram uma operação portuária com ênfase na movimentação de cargas e os recursos necessários para o devido funcionamento e atendimento aos clientes no tempo estimado. Para metodologia adotou-se o uso das ferramentas da qualidade para criar uma base sólida ao estudo. O tratamento de dados foi realizado utilizando o método da análise envoltória de dados para se pudesse ter uma visualização da capacidade e utilização reais bem como fazer um estudo futuro das possibilidades de diminuição de custos logísticos melhorando o nível de serviço durante as transações e evitando a saturação ou ociosidade do porto. Constatou-se, através da DEA, que as instalações no porto de Manaus, possuem instalações ociosas, podendo ter sido resultado problemas de gestão no planejamento do porto.

Palavras-chave: Logística. DEA. Hidrovias.

Abstract

This paper present an accompanying and controlling proposal for port operations in the northern region of Brazil, focusing in Manaus. At first a general view of ports and its configuring operations are shown, emphasising the cargos movimentation and necessary resources for the best functioning and client attendance, in the estimated time. For methodology, the use of quality tools was adopted to create a solid basis for study. A review of literature and bibliographic research was used. Data processing was performed using the data envelopment analysis method, thus helping to optimize the port of Manaus, in order to reduce logistical costs, improving the level of service during the transactions and avoiding the saturation or idleness of the port. It was verified through the DEA that the facilities in the port of Manaus have idle facilities, and may have been a result of negligence in the planning of the port. It is expected that there will be infrastructure improvements to enable full use.

Keywords: Logistics. DEA. Waterways.

¹ Graduanda em Engenharia de Produção Universidade Federal do Amazonas (UFAM) geciramon@gmail.com

² Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Experiências nas áreas de gestão da produção, pesquisa operacional e simulação computacional. Desenvolve pesquisas na área de gestão da produção, planejamento de logístico e transporte valendo-se da ferramenta de simulação computacional. Atualmente é professora assistente e atua na vice-coordenação do curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Universidade Federal do Amazonas (UFAM) elysena@ufam.edu.br

1 Introdução

O território geográfico brasileiro dispõe de aproximadamente 48 mil km de rios navegáveis, cujo potencial portuário instalado compreende a implantação de 16 hidrovias e 20 portos fluviais. Todavia, em que pese à expressividade de tráfego de suas bacias hidrográficas, o transporte fluvial do Brasil corresponde a meros 13% da matriz de transporte do país (Confederação Nacional do Transporte [CNT], 2014).

Estes números representam a importância no que toca o emprego do transporte fluvial em nossa experiência aquaviária, a qual, por sua vez, embora holística e proporcionalmente diminuta, destaca-se, ainda assim, em larga representatividade na Região Norte do país.

A Região Norte, frise-se, ostenta dimensões espaciais gigantescas – em se traçando um paralelo com as de outras regiões do Brasil –, e essa vastidão representa um desafio logístico, que, ao longo dos anos, vem sendo alvo de deliberações no intento de se convencionar um modo de amenizar os custos com logística de transporte de cargas.

Os ostensivos custos logísticos demonstram à notória imperatividade de que se idealizem e implementem políticas públicas de ordem municipal que repercutam em áreas de construção naval, de estruturas portuárias e de vias fluviais, tendo em vista que o transporte fluvial no Amazonas goza de uma relevância econômica demasiadamente significativa, cujos reflexos resvalam a toda região.

Nesse compasso, a edificação de novos portos, bem como a ampliação e a revitalização dos já existentes, deve ser mentalizado e maturado enquanto um empreendimento que importará em crescimento econômico contundente. No entanto, face à escassez de investimentos provenientes dos poderes públicos instituídos nesses segmentos, inibem-se, em igual medida, investimentos de caráter privado mais pungentes, visto que a baixa expec-

tativa de retorno do capital a ser eventualmente investido nesse viés assombra o empresariado, e com razão.

Dessa feita, objetivando demonstrar a eficiência dos portos erguidos na Região Norte do país, procurou-se empreender comparações e análises de eficiência visando a que se estivesse habilitado a dimensionar os déficits que os caracterizam, bem como a sugerir melhorias ao fluxo de carga, de forma a que se atenda a uma medida salutar de efetividade em suas atuações.

No trajeto a que se propõe o vigente ensaio, erigiram-se vários questionamentos, tais quais: A quantidade de portos é suficiente para satisfazer ao fluxo de carga recorrente? A localização dos portos está estrategicamente adequada ao melhor fluxo de escoamento? Os portos estão sendo utilizados em sua capacidade máxima?

Este trabalho demonstra por meio de comparações a eficiência do controle das operações portuárias na região norte com foco no porto de Manaus. Inicialmente são apresentados uma visão geral dos Portos e os elementos que configuram uma operação portuária com ênfase na movimentação de cargas e os recursos necessários para o devido funcionamento e atendimento aos clientes no tempo estimado.

2 Referencial Teórico

2.1 Transportes de cargas no Brasil

A grande extensão do território brasileiro demanda uma rede de transporte ágil e eficaz que consiga levar suprimentos, conectar pessoas e alavancar o desenvolvimento econômico das regiões. Com a intenção de integrar o território nacional a essa rede de suprimentos, busca-se fazer uma configuração mista dos modais de transportes, afim de que os mesmos sejam complementares.

A importância dos transportes para o desenvolvimento de uma nação constata-se através de características que demonstram o quanto dependente é desse segmento, ao exemplo de um segmento industrial, se para por algum tempo, a população se manterá com os estoques existentes, do mesmo modo, se algum setor de comércio entrar em crise, as pessoas poderão tratar diretamente com os produtores, mas se o setor de transportes parar, as mercadorias não poderão chegar até os consumidores, contudo, o transporte é um meio fundamental para qualquer economia (Mello, 1984 *apud* Schmidt, 2011).

Existem cinco modais de transporte de cargas: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo, com características operacionais e custos específicos, que os tornam adequados para determinados produtos e operações (Colavite, 2015)

Tabela 1: Matriz do transporte de carga no Brasil

Modal	Milhões (T.K.U*)	Participação (%)
Rodoviário	485.625	61,1
Ferrovário	164.809	20,7
Aquaviário	108.000	13,6
Dutoviário	33.300	4,2
Aéreo	3.169	0,4
Total	794.903	100

*TKU – Toneladas transportadas por quilômetro útil.
Fonte: CNT (2014), adaptado.

O crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) é também impulsionado pelo sistema de transportes, ao movimentar as riquezas nacionais, facilitar exportações brasileiras e ligar áreas produtoras a mercados consumidores. Estimulando investimentos públicos e privados nos diferentes modais, com o próprio incentivo que o desenvolvimento do PIB oferece a expansão dos sistemas de transporte no país, se fecha esse círculo virtuoso (CNT, 2014).

O transporte aéreo tornou-se um dos setores mais ativos da econômica mundial, para o Brasil

representa 0,31% da matriz de cargas, mesmo sendo o setor de transportes mais ativo no mercado nacional (CNT, 2014). Com esse aquecimento do setor, o transporte aéreo, hoje, não é apenas transporte de passageiros, mas uma opção ágil para o transporte de carga (Rocha, 2015).

O transporte aéreo deixou apenas de ser um meio de locomoção de passageiros, e teve uma alta exponencial, passando a fazer tráfego com os correios, transporte de cargas com peso elevado, oferecendo uma gama de possibilidade para os serviços que podem carregar produtos frágeis, como a alta demanda de exportação e importação.

O transporte ferroviário é realizado pelas linhas férreas, e transporta mercadorias com baixo valor agregado. A mesma apresenta grande eficiência energética, ainda que, com um custo fixo de implantação e manutenção elevado. O transporte sobre trilhos, no Brasil, representa aproximadamente 19,46% da matriz de cargas e 1,37% da matriz de passageiros, considerando transporte metro e ferroviário (CNT, 2006).

O transporte rodoviário é o mais utilizado no Brasil. Realizado através das avenidas, e estradas nacionais, e através de veículos automotores, sendo assim o principal meio de transporte utilizado.

A matriz de transporte no Brasil é predominantemente rodoviária, representando aproximadamente 96,2% da matriz de transporte de passageiros e 61,8% da matriz de transporte de cargas. A rede rodoviária é parte fundamental nas cadeias produtivas, dado que, aproxima mercados promovendo a integração de regiões e estados (Rocha, 2015).

Oferece rapidez e agilidade na entrega, para curtas e médias distâncias, mas a altos custos de manutenção (CNT, 2006).

2.1.1 Transporte aquaviário

Esse modal de transporte é um meio mais antigo, utilizado desde a antiguidade, até os dias

atuais. Em um país como o Brasil que possui grande parte de seu território com extensões marítimas, e com larga escala de integração marítima, é mais utilizado na região norte do Brasil, favorecendo-se da grande extensão de sua bacia hidrográfica. Além de ser usado amplamente em toda costa brasileira, utilizando sua extensão. (CNT, 2006).

Com características de transporte para grandes volumes e longas distancias, o sistema aquaviário inclui preservação ambiental e custos inferiores aos demais modais de transporte, também possibilita o comercio internacional de mercadorias. Incluindo o transporte fluvial, de cabotagem e de longo curso, o sistema aquaviário, no Brasil, responde por aproximadamente 13,8% da matriz de cargas transportadas (Rocha, 2015).

Esse modal pode ser marítimo ou fluvial. O marítimo, realizado em mar aberto, ou no litoral brasileiro, divide-se em: de longo curso, cabotagem, apoio marítimo e apoio portuário. O Fluvial, chamado de navegação interiorana, é aquele que é realizado em rios, lagos, lagoas, igarapé. (CNT, 2014)

Tem como características: grande capacidade de transporte de cargas, baixo custo, baixo custo de manutenção, transporte mais lento que outros modais.

2.1.2 Transporte fluvial na Amazônia

Os investimentos em transporte hidroviário em vias interiores são motivados não por uma questão meramente geográfica natural, em que pese alguma relevância da localização geográfica, mas sim devido aos custos comparativos dos preços entre modais de transporte, pois o rodoviário é o segundo mais caro, só perdendo para modal aéreo.

Os investimentos em transporte hidroviário, terminais interiores e portos na Amazônia apresentam como motivação não apenas a integração

física/espacial sul-americana, a defesa do território amazônico e o aumento na eficiência e nos fluxos de mercadorias entre países sul-americanos (Rodrigues, 2015).

Para Rodrigues (2011), o modal apresenta vantagens de custo como mão de obra empregada, onde para se transportar 10000 toneladas de carga são necessários 556 homens para operar uma frota de 278 caminhões (sendo cada caminhão com capacidade média de 36 toneladas e considerando motorista e ajudante), enquanto que um comboio fluvial com a mesma capacidade necessita de apenas 12 homens em sua tripulação, além de causar menor dano ambiental.

Segundo a CNT (2014), cerca de 22 milhões de toneladas de carga/ano são transportadas pelas hidrovias, do qual 81,4% pela bacia amazônica. Ainda que parte dos rios navegáveis esteja na Amazônia, por não existir nessa parte do País mercados produtores e consumidores de peso, o transporte nessa região ainda não tem grande peso econômico.

A economicidade das hidrovias também pode ser explicada pela necessidade de menores intervenções para a sua instalação e manutenção e maior durabilidade da infraestrutura e dos equipamentos. Enquanto o custo médio para implantar uma hidrovia é de um dólar americano por quilômetro, as rodovias e ferrovias custam em média treze dólares por quilômetro, respectivamente (santos, 2011).

Ainda que haja grande potencial de trafego fluvial na região amazônica, percebe-se que existe pouco investimento em infraestrutura.

Para Medeiros (2011), as embarcações são o principal meio de transporte na maioria das comunidades do interior da região, porém ainda sofrem com a ausência de condições mínimas para atracação e permanência de embarcações nestas comunidades, tanto as mais próximas quanto as mais afastadas das capitais da região.

2.2 Da análise envoltória de dados

A fim de habilitar e traçar um comparativo entre a eficiência dos objetos de corrente estudo recorreu-se à principal ferramenta vocacionada à obtenção de dados concretos, a Análise Envoltória de Dados (DEA, sigla em inglês), a qual, por meio da aplicação tanto de *inputs* quanto de *outputs*, se erige enquanto um instrumento apto a avaliar o porto mais eficiente em suas operações.

O DEA objetiva medir a eficiência de unidades tomadoras de decisão, designadas por *Decision Making Units* (DMUS), na presença de múltiplos *inputs* (entradas, recursos, ou fatores de produção) e múltiplos *outputs* (saídas, ou produtos).

Para Macedo (2004), a resposta que se ergue mais relevante diante da execução dessa metodologia é a consequente caracterização de uma medida de eficiência, a qual proporciona a que a decisão reste norteada por um único indicador construído a partir de distintas abordagens de desempenho.

As hidrovias eficientes são tomadas como *benchmarks*, das práticas gerenciais, para as ineficientes, e os modelos fornecem metas tangíveis e realistas, para que estas possam alcançar a fronteira de eficiência (Santos, 2012).

Ressalte-se, oportunamente, que tal cenário otimiza o processo decisório, assumindo que, em vez de se considerar uma pluralidade de índices visando concluir a respeito do desempenho da empresa ou da unidade analisada, o gestor emprega apenas a medida de eficiência estabelecida por via da DEA.

No mais, há uma multiplicidade de formulações de modelos de DEA revelada e convencionada por meio da literatura pertinente, a qual se mostra suscetível a serem categorizadas, sobremaneira, sob duas óticas, quais sejam:

- CCR - Concebido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978). Modelo cuja operabilidade pressupõe o retorno constante à escala de

produção. Implicando que qualquer alteração nos insumos provoque alteração análoga aos produtos derivados.

- BCC – Concebido por Banker, Charnes e Cooper (1984). Modelo cuja operabilidade pressupõe o advento de retornos variáveis, desconsiderando a proporcionalidade entre os insumos e os produtos.

2.2.1 Do modelo CCR

O modelo CCR foi o arquétipo metodológico pioneiro em DEA (1978), operando com constantes retornos de escala. Esse modal, embora hábil em maximizar o quociente entre a combinação linear dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, padece da restrição de que, para qualquer DMU, esse quociente não poderá superar o índice “1”, quando a unidade analisada goze de eficiência relativa de 100% (Yeung, 2012).

A definição do modelo DEA CCR assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* na fronteira, ou seja, se uma atividade (x,y) é viável, para um escalar t positivo, a atividade (tx, ty) também o será. Assim, impõe-se que os hiperplanos suportem que formam a fronteira eficiente passem pela origem dos planos coordenados (Carvalho, 2016).

Em virtude de o referido modelo estabelecer um retorno constante de escala, atesta-se, por meio da Figura 1, que os dados observados projetam uma reta.

A Figura 1 representa o gráfico da razão entre dados de entrada (*input*) e dados de saída (*output*); os pontos que figuram do gráfico simbolizam as DMUS analisadas: no objeto de estudo deste artigo, oito DMUS os *inputs* (entradas, recursos, ou fatores de produção) e múltiplos *outputs* (saídas, ou produtos).

A T2, por sua vez, encontra-se na fronteira de produção, atuando enquanto uma DMU eficiente; enquanto as demais, em comparação à T2, revelam-se ineficientes.

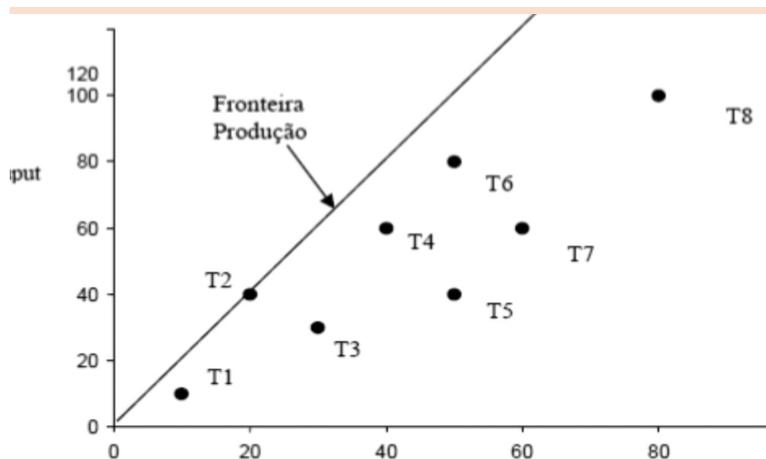


Figura 1: Fronteira de produção do modelo CCR

Fonte: Wang et al. (2004)

2.2.2 Do modelo BCC

Em Freaza, Guedes e Gomes (2008), nota-se que o modelo BCC, desenvolvido por Banker, Charnes, Cooper (1984), imergiu enquanto uma forma resultante da partição da eficiência do modelo CCR em duas componentes são elas: a eficiência técnica e a eficiência de escala. A medida de eficiência técnica, resultante do modelo BCC, identifica a correta utilização dos recursos à escala de operação da DMU.

A eficiência de escala, por sua vez, é igual ao quociente da eficiência BCC com a eficiência CCR, conferindo, ao fim, uma medida da distância da DMU em análise até uma DMU fictícia, que opera com o tamanho de escala mais produtiva (Spenassato, 2013).

Pelo fato de assumir retorno variável de escala, antes, o que era uma reta, modifica-se adotando uma silhueta em cone convexo. Na Figura 2, T1, T2 e T8 encontram-se na fronteira de produção e são consideradas eficientes, já as outras DMUS, as que não estão sobrepostas à linha, são consideradas ineficientes.

Ademais, um exemplo de melhoria da eficiência é notável nos pontos T3I

e T3O, dentre os quais, no cálculo da eficiência relativa, a DMU T3 não possui eficiência máxima, mas se seguir as orientações voltando-se ao *input* (diminuir o *input* para se manter produzindo a mesma quantidade de *output*), ela atinge a fronteira e, assim, alça os 100% de eficiência. O referido processo pode ser empregado orientando-se ao *output*, o qual, associado a um mesmo *input*, viabiliza o aumento do próprio *output*, atingindo, logo, a fronteira de eficiência máxima.

Consoante leciona Paiva (2000), afigura-se enquanto algumas das diferenças elementares entre os dois modelos à superfície de envelopamento e o tipo de projeção do plano ineficiente à fronteira. Com efeito, recorrendo a diversos retornos de escala, geram-se fronteiras distintas e valores de eficiência relativa. Frise-se, a propósito, que ambos os modelos citados dispõem de talento a serem orientados tanto a insumos quanto a produtos.

A aplicação do DEA deu-se via utilização do Sistema de Administração de materiais e serviços

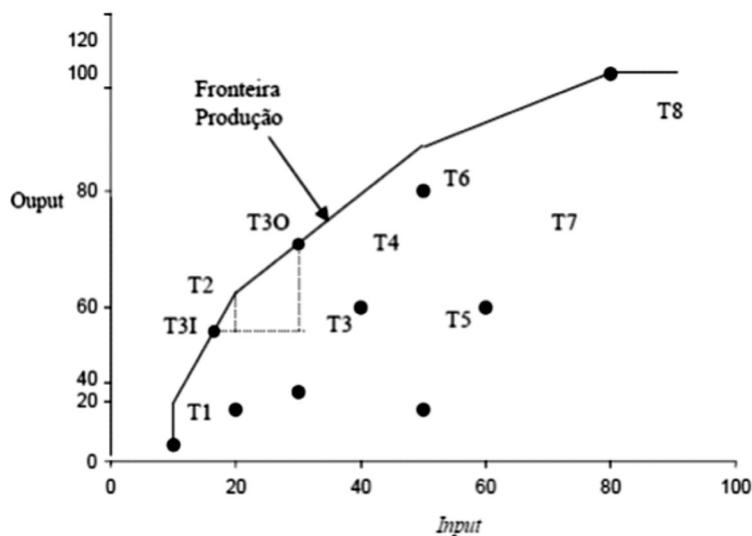


Figura 2: Fronteira de produção do modelo BCC

Fonte: Wang et al. (2004)

(MEZA *et al.*, 2004) desenvolvido, primariamente, no intento de calcular todos os resultados dos modelos DEA clássicos (eficiência, pesos, alvos, benchmarks e folgas); todavia, gradativamente, outros módulos de DEA vêm sendo incorporados, como o que possibilita adicionar restrições aos pesos (dos tipos Regiões de Segurança e *Inputs/Outputs* Virtuais) e mensurar os resultados da fronteira invertida.

3 Procedimentos metodológicos

A base deste artigo se deve a uma pesquisa exploratória, para identificar características dos trabalhos realizados sobre a atividade de seleção de portos e observações sobre o DEA, nos referidos, evidenciando os métodos mais recentemente desenvolvidos na literatura.

Souza (2010) afirma que, a finalidade desse tipo de metodologia é construir uma ideia inicial sobre um tema, fornecendo base para estudos mais detalhados, isto é, para o aprimoramento das técnicas atualmente disponíveis.

A pesquisa foi realizada por meio de uma revisão bibliográfica, na qual foram levantados artigos publicados em periódicos de referência relacionados a temas de produção, pesquisa operacional e gestão da cadeia de suprimentos. Foram utilizadas como palavras-chave: DEA, Portos, cadeia de suprimentos.

Na concepção de Souza (2010), a pesquisa bibliográfica/revisão da literatura permite identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento de determinado campo de conhecimento, levantando perspectivas e sugestões para futuros trabalhos. Na presente pesquisa, a revisão literária foi inicialmente realizada para contextualizar o problema ora estudado, sendo em seguida utilizada para mapear trabalhos nesse campo de conhecimento e levantar hipóteses para futuras pesquisas.

Utilizou-se a análise BCC por sua eficiência e correta utilização dos recursos à escala de operação da DMU.

3.1 Definição das variáveis

Para definir com precisão as variáveis do estudo, buscou-se na literatura trabalho cujo teor abordasse temas similares utilizando o modelo DEA para aferição da eficiência de portos. Com efeito, evidenciou-se possível identificar referências a *inputs* e a *outputs* (Pires e Silva, 2010; Silva, 2010).

No Quadro 1, identificamos as variáveis de entrada e de saída a serem usadas neste artigo, objetivando as macros informações.

Dados de Entrada	Dados de Saída
Número de máquinas (Tratores, caminhões, empilhadeiras).	Carga movimentada (em ton.)
Número de Guindastes	
Área Total do Porto	
Comprimento dos berços de atracação	

Quadro 1: Dados de entrada e saída para realização do estudo

Fonte: As autoras, (2017).

3.2 Portos selecionados para estudo

Um porto existe em razão, por um lado, de sua utilidade para a navegação e o tráfego em si mesmo e, por outro, dos serviços que presta à atividade econômica de uma região. Deve, portanto, localizar-se na vizinhança das correntes de intercâmbio marítimo, isto é, na proximidade das rotas marítimas; mas sua existência pode também depender das necessidades e riquezas do interior e compreende-se que sua posição esteja então sob esta influência (Célérier, 1962).

É a denominação geral dada ao complexo composto por vários terminais, equipamentos

portuários, fundeadouro, canal de acesso ao porto, vias de acesso ferroviários, rodoviários e fluviais, dentre outros (Keedi, 2003).

As áreas de um Porto são compreendidas pelas instalações portuárias, quais sejam, ancoradouros, docas, cais, pontes e píeres de atracação e acostagem, terrenos, armazéns, edificações e vias de circulação interna, bem como pela infraestrutura de proteção e acesso aquaviário ao porto, tais como guias-correntes, quebra-mares, eclusas, canais, bacias de evolução e áreas de fundeio que devam ser mantidas pela Administração do Porto (Lei 8.630/93) (ANTAQ, 2009).

De acordo com a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2014) existem dois modelos de cargas a graneis.

Granel líquido é toda a carga líquida transportada diretamente nos porões do navio, sem embalagem e em grandes quantidades e que é movimentada em dutos por meio de bombas, como petróleo e seus derivados, óleos vegetais, sucos de laranja, etc. (ANTAQ, 2009).

Granel sólido é toda carga seca fragmentada, minérios, grãos, transportada em grandes quantidades diretamente nos porões do navio, sem embalagem (*dray bulk*). (ANTAQ, 2009).

Elegeram-se os principais portos de cargas de variados graneis edificados na Região Norte. Tais portos desfrutam de grande influência econômica na região, que, conquanto precária em logística terrestre, é farta de rios. Além de haver maior base

de dados para pesquisa e análise. Dessarte, os portos selecionados são os instalados em Manaus (AM), em Porto Velho (RO), em Santarém (PA), em Macapá (AP), em Belém (PA), bem como e Vila do Conde (PA). Subscreve-se na Tabela 2, discriminando os valores e os parâmetros empregados na modelagem e coletados. Tais dados foram retirados do Plano CNT de Transporte e Logística 2014 e compilados na Tabela 2.

3.3 Aplicação do Ishikawa

Para facilitar a identificação dos problemas importantes utilizou-se o digrama de causa e efeito, Figuras 4 e 5, utilizando os 6M's para mapear as causas facilitando assim as ações a serem tomadas.

Identificando que os métodos possuem o maior número de causas, porém os efeitos relacionados ao meio ambiente, máquinas e equipamentos possuem causas severas. As avaliações em relação ao meio ambiente são as mais preocupantes. O acesso logístico e localização são fatores importantes em relação ao custo de serviço e tomados de decisão estratégica, conforme Figuras 3 e 4.

No Quadro 2, observa-se todas as entradas e pontos de melhoria.

- a) Materiais: tipos de carga e capacidade de TEUs
- b) Métodos: alcance de rotas, disposição de contêineres, uso de máquinas, e movimentação de carga.

Tabela 2: Infraestrutura Portuária dos Selecionados

DMUs	Nº de máquinas	Nº de Guindastes	Área total do porto (m ²)	Comprimento dos berços (m)	Movimentação de Carga (ton.)
Santarém	22	3	500.000	520	2.500.000
Manaus	22	3	94.423,53	1057,3	1.309.800
Porto Velho	8	3	2.703,03	110	2.500.000
Macapá	22	1	23.800	350	1.100.000
Belém	36	16	333.297	1305	3.884.117
Vila do Conde	22	2	392.0347	1036	1.826.470

Fonte: CNT, (2014).

Causas relacionadas às Máquinas e Equipamentos	
Descrição	Nota
Ex: Máquinas Sujas	1
Quantidade de Máquinas	8
Quantidade de Berços	9
Média	8,5

Causas relacionadas ao Meio Ambiente	
Descrição	Nota
Ex: Frio Excessivo	8
Condições de Acessos Logísticos	9
Estrutura dos Armazéns	7
Localização (região) da Planta	10
Média	8,7

Causas relacionadas à Medida	
Descrição	Nota
Ex: Inexistência de Medidores	9
Dimensionamento Estrutural (Pátio)	8
Tamanho do Berço	7
Controle de refugo de material	6
Média	7,0

Figura 3: Diagrama de causa e efeito x 6M's - Parte I

Fonte: As autoras, (2017).

Causas relacionadas aos Materiais	
Descrição	Nota
Ex: Quantidade limitada de material	5
Capacidade de TEUs	10
Tipo de Carga	6
Média	8

Causas relacionadas ao Método	
Descrição	Nota
Ex: Método inexistente	7
Movimentação de Cargas	10
Utilização do Maquinário	7
Disposição de Contêineres	6
Alcance das Rotas	8
Média	7,8

Causas relacionadas à Mão de Obra	
Descrição	Nota
Ex: Funcionários desqualificados	2
Quantidade de Funcionários	5
Nível de Qualificação	7
Média	6,0

Figura 4 - Diagrama de causa e efeito x 6M's - Parte II

Fonte: As autoras, (2017).

- c) Mão de Obra: qualificação e quantidade de funcionários
- d) Máquinas e equipamento: quantitativo de máquinas, quantidade berços.
- e) Meio ambiente: estrutura de armazéns e acesso logístico.
- f) Medidas: estrutura de pátio, tamanho do berço e controle de refugo.

4 Resultados

4.1 Do resultado do modelo BCC pautado nos outputs

Escolheu-se o modelo BCC baseado no princípio de que os portos não pretendem de investir em equipamentos, uma vez que a análise CCR necessita de estudo de investimento de maquinário e não há previsão de incentivos financeiros para os portos. O estudo mostra a quantidade ideal de carga movimentada utilizando a mesma infraestrutura para chegar a um nível rentável de atividade baseada nos *benchmarks* gerados pela modelagem.

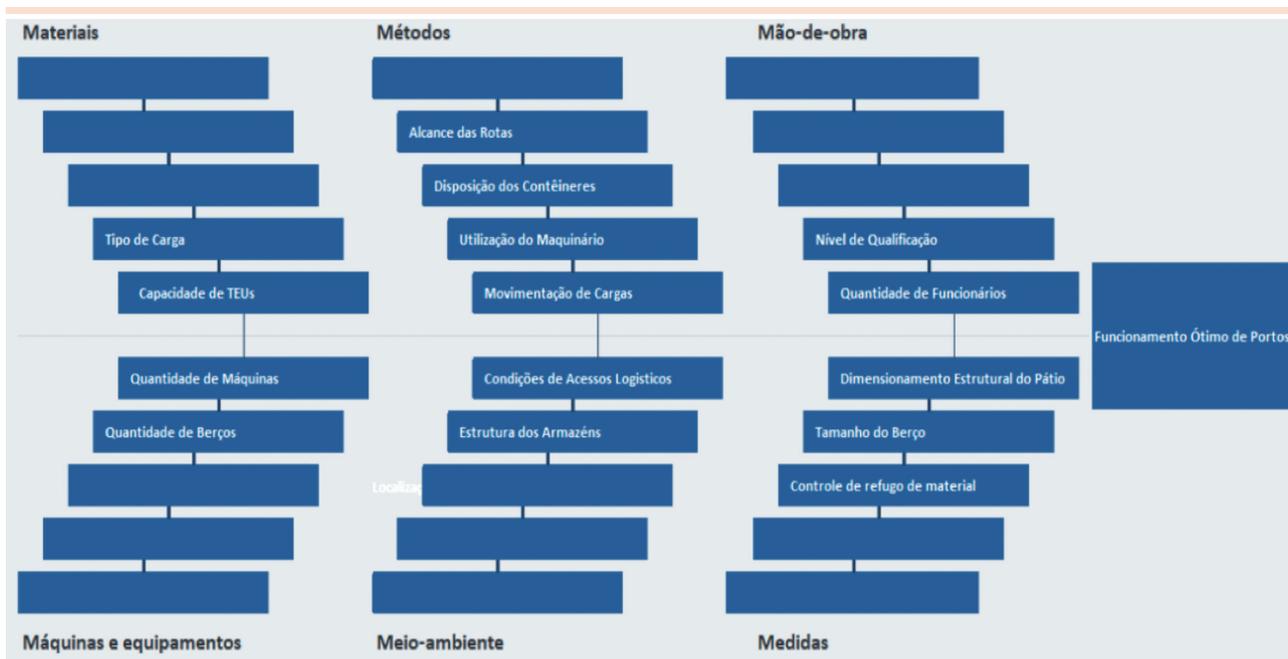
Ao inserir os dados de entrada e saída no programa SIAD, chegou aos seguintes resultados quanto ao nível de eficiência dos portos, conforme Tabela 3:

Tabela 3: Tabela de eficiência do modelo BCC

DMUs	Eficiência	Condição
Santarém	100%	
Manaus	52,39%	
Porto Velho	100%	
Macapá	100%	
Belém	100%	
Vila do Conde	100%	

Fonte: As autoras, (2017).

Conforme avaliado acima nos resultados da modelagem, o Porto de Manaus foi o único que mostrou eficiência abaixo de 100%, com 52,39%. Para se chegar à fronteira de eficiência ideal o Porto de Manaus deve aumentar sua carga movi-



Quadro 2: Diagrama de Ishikawa

Fonte: As autoras, (2017).

mentada em 90,8%. As condições de acessibilidade logística são fatores que podem modificar essa previsão. Com esse aumento nas cargas movimentadas, o uso ficará dentro da eficiência aceitável. A modelagem também mostra que se pode atuar na diminuição do *input* “tamanho do berço” em 4,68 vezes para o enquadramento eficiente.

Tabela 4: Condições Atuais x Alvo a ser Atingido

Movimentação de carga	
Atual	Alvo
1.309.800	2.500.000
Tamanho do berço	
Atual	Alvo Sugerido
1.057m	185,6m

Fonte: As autoras, (2017).

A Figura 6 ilustra o número de máquinas do porto de Manaus. O estudo informou que com apenas 19,9 máquinas já seria o ideal, e Manaus possui 22 máquinas, assim sendo existe ociosidade quanto ao dimensionamento de máquinas e equipamentos além de uma maior receita para as devidas manutenções e operações das máquinas.

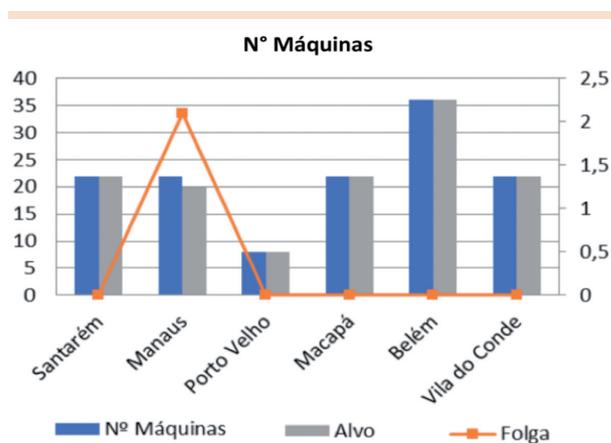


Figura 6: Número de máquinas Porto Manaus.

Fonte: As autoras, (2017).

A Figura 7 mostra que Manaus necessita apenas de 1,299 ou dois guindastes e, possui três, mostrando recursos ociosos na infraestrutura que gera desperdício de recursos e área. A preocupação com a ociosidade deve ser circunstancial. No estudo, idealizamos que não houve paradas para manutenção de máquinas e equipamentos, bem como não houve afastamento de funcionários no cenário estudado.

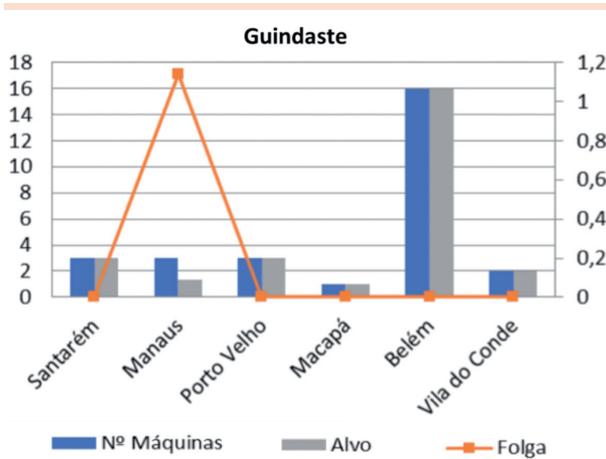


Figura 7: Quantitativo de Guindastes
Fonte: As autoras, (2017).

Constatou-se que, em termos de eficiência, apenas Manaus apresenta valor menor que 100% (90,8%), ou seja, a um grande desperdício de recursos comparando com outros portos da região norte, esse desperdício é passado como custo na taxa de serviço, conforme Figura 8.

Manaus necessita de 20.638 m² para funcionar, com folga de 64.780 m² em relação ao que já possui outra ineficiência quando ao aproveitamento da sua área total, de acordo com os dados da Figura 9.

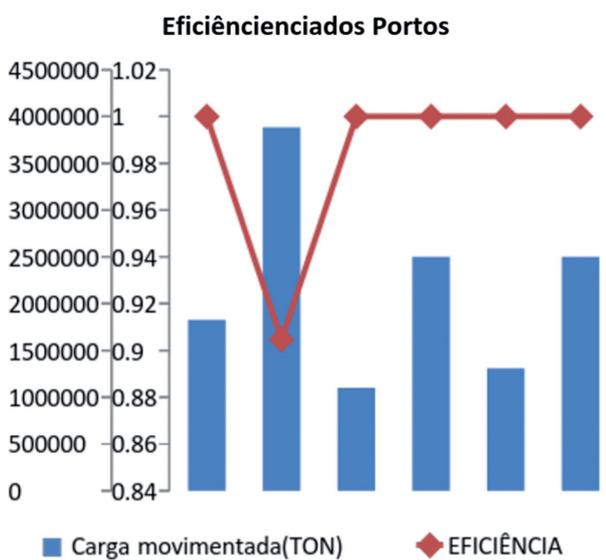


Figura 8: Eficiência Portuária
Fonte: As autoras (2017).

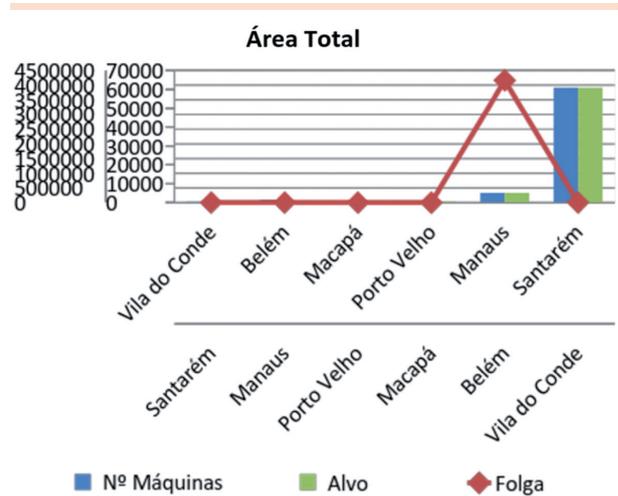


Figura 9: Área Dimensionada Total
Fonte: As autoras, (2017).

O custo de manutenção desta área afeta os resultados do porto. De modo geral o custo de oportunidade não se compensa, visto que, o maquinário, área são dimensionados de forma errônea.

O Comprimento total dos Berços é de 1.057,3m, porém o valor ideal para se garantir um funcionamento ótimo no porto de Manaus é de 314,03m, obtendo assim uma folga (ociosidade) de 614,166m uma folga que se aproxima de 100% maior do que o tamanho ideal, conforme demonstrado na Figura 10:

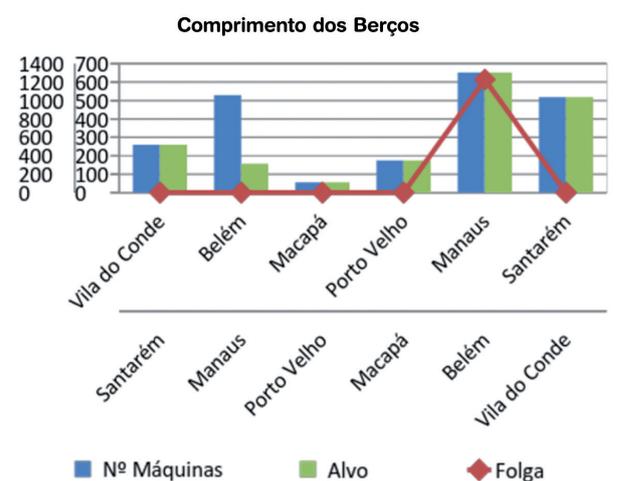


Figura 10: Comprimento dos Berços
Fonte: As autoras, (2017).

5 Conclusões

Com as observações, foi possível perceber a ineficiência do Porto de Manaus frente a outros portos da Região Norte. Atualmente, o porto conta com o maior pátio dentre as amostras, porém é um dos que menos apresenta movimentação de carga, além de possuir um maior número de maquinário que é maior que o necessário externando possíveis problemas no planejamento, além do setor operacional do porto. As condições de acessibilidade e logística podem favorecer sua melhora.

Diante disso, utilizou-se o Diagrama de Ishikawa, onde é possível encontrar possíveis causas para um problema, e posteriormente fez-se um diagnóstico, onde se identificou que as principais causas estão relacionadas a medidas e métodos, a exemplo do pátio, que é superdimensionado, e o maquinário, ocioso. Existe um berço que é aproximadamente 500% maior do que o necessário, o que mostra a falta de planejamento e gestão de demanda futura.

Além de pátio ocioso, maquinário também está nesta situação, não havendo documentos que corroborem para uma futura atividade dos mesmos.

Observou-se que, a baixa eficiência no setor hidroviário na região amazônica pode ser atribuída às questões ambientais, que podem possibilitar maior eficiência na atividade de manutenção quando estão corretamente executadas. As hidrovias com maiores índices de ineficiência apresentam os piores desempenhos no licenciamento ambiental. É perceptível o descumprimento de medidas legais para a proteção.

Se aceita que, medidas ambientais protetivas e melhor dimensionamento de atividades podem favorecer o melhor uso dos recursos no Porto de Manaus, no mais os outros portos es-

tudados estavam eficientemente segundo os parâmetros adotados.

De acordo com o diagnóstico apresentado, faz-se necessário que o Porto viabilize alguns pontos que podem melhorar o acompanhamento e controle:

Avaliação das locações dos pátios para melhor dimensionamento e utilização de toda a área disponível; Distribuição eficiente de máquinas e equipamentos para utilização 100% da disponibilidade; Montagem de mapa logístico para utilização de 100% do pátio, e máquinas.

As análises deste limitam-se a uma pesquisa exploratória, que buscou identificar características dos trabalhos realizados sobre a atividade de seleção de portos e observações sobre o DEA como apontados na metodologia.

Referências

- Agência Nacional De Transportes Aquaviários (2016). *Anuário Estatístico Aquaviário*. Recuperado em 14 junho, 2017, de <http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Anuario2016/index.htm>
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). (2018) Terminologias portuárias. Recuperado em 05 maio 2018, de <http://antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Portuario2009/termos.htm>
- Agência Nacional De Transportes Aquaviários (ANTAQ). (2009). Seminário Internacional sobre hidrovias: Brasil - Holanda. Brasília.
- Angulo Meza, L.; Biondi Neto, L.; Soares De Mello, J.C.C.B.; Gomes, E.G.; Coelho, P.H.G. FSDA – Free Software for Decision Analysis (SLAD – Software Livre de Apoio à Decisão): A Software Package for Data Envelopment Analysis Models. In: *Xii Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa*, 12. 2004, La Habana. Memorias, La Habana, 2004.
- Azevedo, G. H. Uso de análise envoltória de dados para mensurar eficiência temporal de rodovias federais concessionadas. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 1, p. 37-56, 2012.
- Banker, R. D.; Charnes, A.; Cooper, W. W. Some Models For Estimating Technical And Scale Inefficiencies In Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, p. 1078- 1092, 1984.

- Bezerra, T.; Carvalho, M.V.; Carvalho, I.; Peres, W.; Barros, K. (2012). Aplicação Das Ferramentas Da Qualidade Para Diagnóstico De Melhorias Numa Empresa De Comercio De Materiais Elétricos. In: Encontro Nacional De Engenharia de Produção - Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção, 32, 2012, Bento Gonçalves. *Anais do XXXII Encontro Nacional De Engenharia De Produção*. Bento Gonçalves.
- Campos, V. F. (1999). *Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia-a-dia*. Minas Gerais; INDG Tecnologia e Serviços Ltda.
- Carvalho, N. P. (2016). Relative size and csw-efficiency: Two new concepts based on DEA to guide management of capital. Federal Fluminense University.
- Cauchick, M. P. A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, 17(1), p. 216-229, 2007.
- Célerier, Pierre. Os Portos Marítimos. São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1962.
- Charnes, A.; Cooper, W.W. E Rhodes, E. (1978). Measuring The Efficiency Of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, p. 429-444.
- CNT. (2017). *Pesquisa Aquaviária-Relatório Gerencial*. Brasília: Confederação Nacional do Transporte. Recuperado em 14 junho de www.cnt.gov.br
- CNT. (2014). *Confederação Nacional do Transporte*. Pesquisa CNT de Rodovias 2014. Disponível em: <http://www.cnt.org.br>.
- Colavite, A. S.; Konishi, F. (2015) A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade. In: *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, XII*. Resende.
- Cullinane, K.; Song, D. W.; Ping, J.; Wang, T. F. (2004). An Application Of DEA Windows Analysis To Container Port Production Efficiency. *Review of network economics*, 3, p. 184-206.
- Falcão, V. A.; Correia, A. R. (2012). Port efficiency: analysis of the main approaches for the Brazilian ports. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 4, p. 133-146.
- Godoy, M. H. C. (2001). *Brainstorming*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- Keedi, Samir. (2003). Transportes, Unitização e Seguros Internacionais de Carga. São Paulo: Aduaneiras.
- Macedo, M. A. S. A. (2004a) Utilização Da Análise Envoltória De Dados (DEA) Na Consolidação De Medidas De Desempenho Organizacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 11, 2004, Porto Seguro. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Custos*. Porto Seguro: ABC.
- Macedo, M. A. S. A. (2004b). Indicadores De Desempenho: Uma Contribuição Para O Monitoramento Estratégico Através Do Uso De Análise Envoltória De Dados (DEA). In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 7, 2004, São Paulo. *Anais do VII SIMPOI*. São Paulo: FGVSP, 1 CD.
- Freaza, F.P.; Guedes, Luis Eduardo Madeiro; GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro. (2008). A Eficiência da Gestão Estratégica No Brasil: O Caso do Sistema Bancário. Vitória, Espírito Santo. *Brazilian Business Review*. 5(1), jan- abril.
- Papini, M., Rodrigues, L. (2016). Análise envoltória de dados: aplicação do modelo ccr e do modelo bcc para a avaliação do desempenho de bibliotecas universitárias de uma ifes. *Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace*. 6. . 10.13059/racef.v6i2.332.
- Paiva, F. C. (2000). *Eficiência Produtiva De Programas De Ensino De Pós-Graduação Em Engenharias: uma aplicação do método DEA*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Périco, A. E.; Rebelatto, D.A.N.; Santana, N.B. (2008). Eficiência Bancária: Os Maiores Bancos São Os Mais Eficientes? Uma Análise Por Envoltória De Dados. *Gestão e Produção*, São Carlos, 15(2), p. 421-431, maio-agosto.
- Pinto, A.C., Holanda, M. (2009). Utilização Do Diagrama De Ishikawa E Brainstorming Para Solução Do Problema De Assertividade De Estoque Em Uma Indústria Da Região Metropolitana De Recife. In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção - A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão*, 29, 2009, Salvador. *Anais do XXIX ENEGEP*. Salvador.
- Pires, G., Silva, V. (2016). Análise da Eficiência Portuária usando a Metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA). In: Congresso Internacional de Desempenho Portuário, 3, 2016, Santa Catarina. *Anais do III CIDESPORT*. Santa Catarina.
- Pires, F., Silva, C. (2010). Potencial de Aplicação de Simulação de Processos Industriais à Construção Naval. In: 23º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, 23, 2010, Rio de Janeiro. *Anais do 23º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore*. Rio de Janeiro.
- Rocha, C. F. (2015). *O transporte de cargas no Brasil e sua importância para a economia*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Econômicas) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.
- Rodrigues, J. (2011). *Transporte hidroviário, portos e terminais interiores na Amazônia brasileira: uma análise sobre seus papéis na política pública territorial*. Geo UERJ.



Rodrigues, J.C. (2015) Política Pública Portuária e ajuste fiscal de 2015 no Brasil. *Revista ESPACIOS* Vol. 36 (Nº 22).

Santos, A., Guimarães, E., Brito, G. (2013). Gestão Da Qualidade: Conceito, Princípio, Método E Ferramentas. *Revista Científica Intermeio*. FAECE. Fortaleza.

Santos, J. T. A. N., Cardoso, P. , Moita, M. H. V. (2012). Análise envoltória de dados como mecanismos de avaliação e monitoramento do desempenho do programa de manutenção de hidrovias interiores. *Journal of Transport Literature*, 6(2), p. 66-86.

Silva, C. (2010). *Simulação de Processos Industriais como Ferramenta de Apoio à Gestão de Estaleiros*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Slack, N.; Chambers, S.; Harland, C.; Harrison, A.; Johnston, R. (2009). *Administração da Produção*; Revisão técnica Henrique Corrêia, Irineu Giarresi. São Paulo: Atlas.

SPENASSATO, D. (2013). Métodos quantitativos na gestão de custos: levantamento exploratório da produção científica no Congresso Brasileiro de Custos. *In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC*.

Souza, M.T., Silva, M.D., Carvalho, R. (2010). Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein, Morumbi*, v. 8, n. 1, p. 102-106.

TUBINO, D. F. (2000). Manual de Planejamento e Controle Da Produção. São Paulo: Atlas.

Yeung, L.L. T.; Azevedo, P.F. (2012) Além dos “achismos” e das evidências anedóticas: medindo a eficiência dos tribunais brasileiros. *Economia Aplicada, Economia Aplicada*, 16(4), 643 –663.

Recebido em 18 out. 2017 / aprovado em 23 mai. 2018

Para referenciar este texto

Barros, G. O., & Almeida, E. S. Mensuração da eficiência portuária na região norte aplicando a análise envoltória dos dados (DEA). *Exacta*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 105-118. abr./jun. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v17n2.8004>>