



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA NAVAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NAVAL**

EMANNUEL SANT' THIAGO PEREIRA LOUREIRO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MODICIDADE DO
TRANSPORTE HIDROVIÁRIO DE PASSAGEIROS NA AMAZÔNIA:
UMA ABORDAGEM VIA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Belém, PA
2021

EMANNUEL SANT' THIAGO PEREIRA LOUREIRO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MODICIDADE DO
TRANSPORTE HIDROVIÁRIO DE PASSAGEIROS NA AMAZÔNIA:
UMA ABORDAGEM VIA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Naval pela Universidade Federal do Pará sob a orientação do Prof. D.Sc. Nélcio Moura de Figueiredo.

Belém, PA
2021

Loureiro, Emmanuel Sant'Thiago Pereira.

Análise da Eficiência Energética e Modicidade do Transporte Hidroviário de Passageiros na Amazônia: Uma Abordagem via Análise Envoltória de Dados. Emmanuel Sant'Thiago Pereira Loureiro - 2021.

123 f.: il. color.

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval - Faculdade de Engenharia Naval, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

Orientação: Prof. D. Sc. Nelio Moura de Figueiredo

1. Análise Envoltória de Dados. 2. Transporte Fluvial. 3. Transporte.

EMANNUEL SANT' THIAGO PEREIRA LOUREIRO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MODICIDADE DO
TRANSPORTE HIDROVIÁRIO DE PASSAGEIROS NA AMAZÔNIA:
UMA ABORDAGEM VIA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Dissertação de Mestrado apresentada à
Universidade Federal do Pará, como requisito
parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Naval pela Universidade Federal do
Pará sob a orientação do Prof. D. Sc. Nelio
Moura de Figueiredo.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. D. Sc. Nelio Moura de Figueiredo
(Orientador)

Prof. D. Sc. Hito Braga de Moraes
(Membro interno)

Prof. D. Sc. Pedro Igor Dias Lameira
(Membro interno)

Prof. D. Sc. Rui Carlos Botter
(Membro externo)

Belém - PA
2021

RESUMO

Ao analisar questões relacionadas ao gerenciamento de transporte fazendo uso dos mais diversos modais existentes, evidencia-se que o estudo da eficiência operacional se apresenta como de fundamental importância para o aprimoramento do transporte. Dentro dessa perspectiva, apresenta-se neste trabalho a aplicação de um modelo de análise de eficiência relativa para as embarcações empregadas no transporte fluvial de passageiros na região Amazônica, tendo por base um banco de dados com informações relativas a estas embarcações nas linhas estaduais, interestaduais e de travessia que realizam o transporte de passageiros na referida região. O estudo em questão propõe a utilização de uma ferramenta matemática para análise das embarcações a partir da eficiência relativa envolvendo parâmetros de *input* e *output* para dois cenários de análise: Análise de Eficiência Energética e Análise de Modicidade, sendo analisadas variáveis como potência, consumo, tempo total de viagem, distância total da linha de atuação, capacidade de passageiros e preço da passagem. Para isto, verificaram-se os dados de 652 embarcações utilizadas na região amazônica, registradas, entre os estados do Pará, Amazonas, Amapá e Rondônia e a partir destes dados, selecionou-se um espaço amostral de 148 embarcações a partir do nível de utilização das mesmas. Com os referidos dados, desenvolveu-se um modelo através da metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA), com o auxílio do software DEA-Solver. Posterior a aplicação do solver, obtiveram-se os índices de eficiência relativa de cada embarcação, possibilitando o ranqueamento e a aferição das Unidades de Decisão (DMU'S) eficientes e ineficientes. Por fim foram feitas análises das características gerais das embarcações eficientes com o intuito de estratificar os parâmetros que podem as ter transformado em DMU's eficientes, possibilitando traçar um perfil do tipo de embarcação empregada em um determinado tipo de linha, ajudando na tomada de decisão de novos projetos.

Palavras-Chaves: Análise Envoltória de Dados. Transporte Fluvial de Passageiros. Eficiência Energética. Modicidade.

ABSTRACT

When analyzing issues related to transport management using the most diverse existing modes, it is evident that the study of operational efficiency is of fundamental importance for the improvement of these transports. Within this perspective, this work presents the application of a model of relative efficiency analysis for vessels used in river passenger transport in the Amazon region, based on a database with information related to these vessels on state, interstate lines, and crossing that carry out the transportation of passengers in that region. The study in question proposes the use of a mathematical tool for vessel analysis, based on the relative efficiency involving input and output parameters for two analysis scenarios: Energy Efficiency Analysis and Modality Analysis, with variables such as power, consumption, total travel time, total line distance, passenger capacity and ticket price. For this, the data of 652 vessels used in the Amazon region were verified, registered, between the states of Pará, Amazonas, Amapá and Rondônia and from these data, a sample space of 148 vessels was selected from the level of use the same. From these data, a model was developed using the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology, with the aid of the DEA-Solver software. After the application of the solver, the relative efficiency indexes of each vessel were obtained, making it possible to rank and measure the efficient and inefficient Decision Units (DMU'S). Finally, analyzes were made of the general characteristics of efficient vessels in order to stratify the parameters that may have transformed them into efficient DMU`s, making it possible to trace a profile of the type of vessel employed in a given type of line, helping in decision making new projects.

Keywords: Data Envelopment Analysis. Fluvial Passenger Transport. Energy Efficiency. Moderity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da DMU.....	22
Figura 2 - Recursos, Produtos e Fronteira de Eficiência.....	23
Figura 3 - Detalhamento Metodológico	32
Figura 4 - Fluxograma Metodológico - Análise de Eficiência Energética.....	43
Figura 5 - Fluxograma Metodológico - Análise de Modicidade.....	44
Figura 6 - Área de Estudo	47
Figura 7 - Perfil do Usuário - Sexualidade.....	48
Figura 8 - Perfil do Usuário - Grupo de Idade	49
Figura 9 - Perfil do Usuário - Escolaridade.....	49
Figura 10 - Perfil do Usuário - Renda Familiar	50
Figura 11 - Perfil do Usuário - Ocupação/Atividade	51
Figura 12 - Embarcações de Passageiros e Mistas.....	51
Figura 13 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Eficiência Energética.....	66
Figura 14 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Travessia - Eficiência Energética	67
Figura 15 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Eficiência Energética	68
Figura 16 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Travessia - Modicidade	80
Figura 17 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Modicidade	81
Figura 18 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Modicidade .	82
Figura 19 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Eficiência Energética.....	85
Figura 20 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Eficiência Energética.....	86
Figura 21 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Interestaduais - Eficiência Energética	87

Figura 22 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Modicidade .	88
Figura 23 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Modicidade .	90
Figura 24 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Interestaduais - Modicidade	91
Figura 25 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Eficiência Energética	93
Figura 26 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Eficiência Energética	94
Figura 27 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Estaduais - Eficiência Energética	95
Figura 28 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Modicidade	97
Figura 29 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Modicidade	98
Figura 30 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Estaduais - Modicidade	99
Figura 31 - Recorrência das Características dos Benchmarks – Travessia - Eficiência Energética	100
Figura 32 - Recorrência das Características dos Benchmarks – Travessia – Eficiência Energética	101
Figura 33 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Travessia - Eficiência Energética	102
Figura 34 - Recorrência das Características dos Benchmarks – Travessia – Modicidade	103
Figura 35 - Recorrência das Características dos Benchmarks – Travessia – Modicidade	105
Figura 36 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Travessia - Modicidade	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Etapas da abordagem DEA	24
Tabela 2 - Referências Bibliográficas - Eficiência de Embarcações	28
Tabela 3 - Dados retirados da pesquisa de campo	34
Tabela 4 - Informações dos DMU's do tipo travessia	36
Tabela 5 - Informações dos DMU's do tipo estadual	38
Tabela 6 - Informações dos DMU's do tipo interestadual.....	40
Tabela 7 - Dimensões Principais - Embarcações de Passageiros e Mistas	52
Tabela 8 - Dados de input e output de eficiência energética dos DMU's do tipo travessia	53
Tabela 9 - Dados de input e output de eficiência energética dos DMU's do tipo estadual	55
Tabela 10 - Dados de input e output de eficiência energética dos DMU's do tipo interestadual	56
Tabela 11 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de eficiência energética para as DMU's do tipo travessia	59
Tabela 12 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de eficiência energética para as DMU's do tipo estaduais.....	59
Tabela 13 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de eficiência energética para as DMU's do tipo estaduais.....	59
Tabela 14 - Eficiência energética dos DMU's do tipo travessia.....	60
Tabela 15 - Eficiência energética dos DMU's do tipo estaduais.....	61
Tabela 16 - Eficiência energética dos DMU's do tipo interestaduais.....	63
Tabela 17 – Níveis de Eficiência Adotados	65
Tabela 18 - Dados de input e output de modicidade dos DMU's do tipo travessia.....	69
Tabela 19 - Dados de input e output de modicidade dos DMU's do tipo estaduais.....	70
Tabela 20 - Dados de input e output de modicidade dos DMU's do tipo interestaduais.....	72
Tabela 21 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de modicidade para as DMU's do tipo travessia.....	74

Tabela 22 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de modicidade para as DMU's do tipo estadual	74
Tabela 23 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de modicidade para as DMU's do tipo interestadual	74
Tabela 24 - Modicidade dos DMU's do tipo travessia	75
Tabela 25 - Modicidade dos DMU's do tipo estadual	76
Tabela 26 - Modicidade dos DMU's do tipo interestadual.....	78
Tabela 27 - Embarcações Benchmark's.....	83
Tabela 28 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações Interestaduais	87
Tabela 29 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações Interestaduais - Modicidade.....	90
Tabela 30 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações Estaduais – Energética	95
Tabela 31 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações Estaduais – Modicidade	99
Tabela 32 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações de Travessia – Energética.....	102
Tabela 33 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações de Travessia – Modicidade.....	106

LISTA DE SIGLAS

ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
BCC	Banker, Charnes e Cooper
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DMU	Decision Making Unit
DEA	Development Envelopment Analysis
EBN	empresa brasileira de navegação
ETC	Estação de Transbordo de Carga
MT	Ministério dos Transportes
PIB	Produto Interno Bruto
PNLP	Plano Nacional de Logística
PPL	Problema De Programação Linear
SNA	Sociedade Nacional de Agricultura
SNP/MTPA Civil	Secretaria Nacional dos Portos do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação

LISTA DE SÍMBOLOS

Eff_0	Eficiência da DMU
k	Valor que representa cada DMU
u_j	Pesos de inputs
v_i	Pesos de outputs
y_{jk}	Valor que representa cada input da DMU k
x_{ik}	Valor que representa cada output da DMU k
y_{j0}	Valor que representa cada input da DMU 0
x_{i0}	Valor que representa cada output da DMU 0

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	OBJETIVOS	16
1.1.1.	Objetivo Geral	16
1.1.2.	Objetivos Específicos	16
1.2.	JUSTIFICATIVA	16
1.3.	HIPÓTESE	17
1.4.	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2.	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	18
2.1.	PANORAMA DO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO	18
2.2.	TRANSPORTE HIDROVIÁRIO DE PASSAGEIROS NA AMAZÔNIA	19
2.3.	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS – DEA	20
2.3.1.	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO DEA	24
2.3.2.	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS APLICADA AO TRANSPORTE	25
2.3.3.	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS APLICADA AO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO	26
2.3.4.	DEA APLICADO À EFICIÊNCIA DE EMBARCAÇÕES	27
2.3.5.	DEA APLICADO À SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO	28
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1.	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	30
3.2.	DESENVOLVIMENTO E ESTRUTURAÇÃO METODOLÓGICA	31
3.3.	FONTES DE DADOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA	33
3.4.	TRATAMENTO E SELEÇÃO DE DADOS UTILIZADOS	35
3.5.	FORMALIZAÇÃO DO DEA	42
3.5.1.	Seleção das Variáveis – Eficiência Energética	42

3.5.2.	Seleção das Variáveis – Modicidade	43
3.5.3.	Modelo matemático CCR	44
3.5.4.	Modelo CCR orientado à inputs	45
4.	ESTUDO DE CASO	47
4.1.	PERFIL DO USUÁRIO – PASSAGEIROS.....	47
4.2.	PERFIL DAS EMBARCAÇÕES.....	51
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
5.1.	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	53
5.2.	MODICIDADE	69
6.	ANÁLISE DE RESULTADOS	83
6.1.	ANÁLISE DO PERFIL DAS EMBARCAÇÕES <i>BENCHMARKS</i>	83
6.1.1.	Embarcações Interestaduais.....	84
6.1.2.	Embarcações Estaduais	91
6.1.3.	Embarcações de Travessia	99
7.	CONCLUSÃO	107
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

1. INTRODUÇÃO

Portos e terminais ao redor do mundo se desenvolveram rapidamente e se tornaram polos importantes de crescimento da economia, impulsionados pela globalização e pelo comércio cada vez mais liberal (Li et al., 2018). Não diferente, a navegação fluvial da Amazônia tem sido, de modo incontestável, o principal alicerce de sustentação para o desenvolvimento da logística de transporte e, conseqüentemente, da economia amazônica.

Na região norte do Brasil, que abrange a região Amazônica, os rios são considerados verdadeiras estradas para o deslocamento de passageiros e cargas. A conexão entre grandes centros urbanos; municípios interioranos; e comunidades ribeirinhas apresentam grandes dificuldades nessa região, em virtude de vários fatores, entre eles a grande faixa territorial, criando localidades extremamente remotas e, por muitas vezes, tendo o transporte aquaviário como única alternativa. Desta forma, a malha hidroviária de aproximadamente 16 mil quilômetros de rios navegáveis é de grande importância para a realização da ligação desses locais. Esses rios também são solução logística para o desenvolvimento social, econômico e cultural da população local. Tais fatos estabelecem uma linha tênue entre o transporte fluvial na Amazônia e o desenvolvimento da região, apresentando este um papel social, muito mais forte que somente o econômico.

Do ponto de vista econômico, o modal hidroviário constitui um suporte para toda a atividade produtiva da região. A bacia hidrográfica amazônica configura-se como a maior bacia do mundo, drenada por um rio e seus afluentes, descarregando anualmente cerca de um quinto do suprimento água doce global (Kunert et al., 2017; Wohl, 2007). Portanto, a navegação amazônica é estratégica não só pela sua eficiência, sendo o meio de transporte mais eficiente para distâncias mais extensas (Smith, 2012; Talluri et al., 2016), emitindo baixos custos para seu sustento, mas também pela disponibilidade efetiva e natural que a região entrega. Por outro lado, no setor de transporte de cargas, a navegação interior brasileira se encontra em constante crescimento, correspondendo a 33% do total transportado em 2016, equivalentes à 83,8 milhões de toneladas de carga (Menescal et al., 2016). À vista disso, a navegação amazônica também auxilia no consumo dos produtos produzidos na região, fazendo com que esses produtos possam chegar ao mercado consumidor com preços competitivos.

Do ponto de vista social, o transporte hidroviário se estabelece, de maneira regular, como meio responsável de garantia do direito fundamental de locomoção de populações

ribeirinhas, viabilizando o acesso dessa população a bens e produtos e serviços públicos básicos, como saúde e educação. A utilização desse tipo de transporte se mostra viável ao apresentar custos compatíveis com o baixo ganho da população ribeirinha, na região com menor rendimento domiciliar per capita do Brasil (IBGE, 2018).

Um estudo realizado pela ANTAQ (2018) destaca a oferta e demanda do transporte de passageiros na Região Amazônica em 2017. O mesmo revela que ao todo, incluindo as instalações portuárias de pequeno porte, existem 196 terminais hidroviários operantes na região Norte, sendo 129 só no estado do Pará. De acordo com o levantamento, no ano de 2017, foram transportados, pelos rios da região, 9,7 milhões de passageiros e cerca de 3,4 milhões de toneladas de cargas. Estes dados demonstram a expressiva importância que o transporte fluvial tem na região amazônica.

Entretanto, devido ao arranjo federativo brasileiro e ao arcabouço jurídico que incide sobre o setor aquaviário, verificam-se distintos padrões de conduta, regulamentos e matrizes de planejamento do serviço de transporte na navegação interior. A legislação que rege o transporte hidroviário é de competência de vários órgãos públicos de diferentes esferas de governo (ANTAQ, 2018). Tal contexto propicia assimetrias na qualidade da prestação dos serviços, na fiscalização e no desempenho dos operadores que atuam regularmente em linhas de percurso interestadual, internacional ou estaduais.

Nesse contexto, apesar da imensa importância da navegação fluvial para a região amazônica, sendo um transporte praticamente de subsistência para boa parte da população, possuindo uma magnitude de aproximadamente dez milhões de passageiros por ano (ANTAQ, 2018), uma preocupação latente é a qualidade do serviço ofertado por esse transporte. Por ser um transporte voltado, principalmente, para pessoas de baixa renda, a qualidade dos serviços prestados pelas embarcações e terminais acabam tendo uma qualidade muito aquém do satisfatório para o usuário.

Pelo caráter social que o transporte fluvial apresenta, bem como pela importância do mesmo como uma das poucas alternativas de transporte na região, ele deve ser prestado de forma eficiente a fim de gerar atratividade tanto para o prestador do serviço como para o usuário. E no contexto do desenvolvimento de pesquisas de aprimoramento desta área de abrangência, evidenciam-se poucos estudos disponíveis mesmo tendo-se a ciência de que criar parâmetros e informações técnicas caracteriza-se como um aspecto fundamental para o desenvolvimento do setor que hoje se vê carente de tais ações. Nesse sentido, a pesquisa em

questão apresenta-se como uma forma de associar dados reais de frota de embarcações de transporte estadual, interestadual e de travessia à metodologias científicas de impacto capazes de auxiliar no processo de determinação de eficiência do transporte e, por conseguinte, levantar, categorizar e traçar um perfil de embarcação eficiente para a região, a fim de desenvolver de forma célere e eficaz este modal.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma análise da eficiência energética e modicidade do transporte fluvial de passageiros na Amazônia, como forma de gerar a identificação das embarcações eficientes e observar suas características a fim de traçar um perfil destas empregadas em diferentes rotas.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Aplicação da metodologia DEA no banco de dados;
- Identificação das DMU's eficientes;
- Estratificar o perfil das embarcações eficientes.

1.2. JUSTIFICATIVA

Para o entendimento da relevância deste trabalho, faz-se necessária a compreensão da importância do transporte hidroviário para a população da Região Amazônica, sendo este responsável por movimentar, segundo ANTAQ (2018), aproximadamente 9,8 milhões de passageiros e 3,4 milhões de toneladas de cargas distribuídos pelo transporte longitudinal estadual e interestadual e de travessia. Entretanto, apesar da grande importância, tem-se a existência de diversos gargalos referentes às condições das vias e das embarcações que realizam determinadas rotas.

Nesse sentido, fazendo-se necessária a existência de projetos e pesquisas capazes de aprimorar a eficiência de transportes, a presente pesquisa apresenta-se como uma metodologia capaz de verificar e analisar a eficiência no transporte fluvial, tornando possível a verificação e análise de parâmetros de aprimoramento e, por conseguinte, possibilitando ganhos de eficiência e reduções de custos para um serviço tão importante para população da região.

1.3. HIPÓTESE

As hipóteses de desenvolvimento desta dissertação fundamentam-se nas seguintes assertivas:

O transporte fluvial de passageiros na Amazônia não é eficiente. O perfil das embarcações empregadas no transporte pode ser otimizado.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta seção visa apresentar a estrutura deste trabalho de pesquisa, com destaque para a divisão dos capítulos, conforme a disposição abaixo.

No Capítulo 1, já exposto, faz-se a apresentação do trabalho através da introdução, objetivos gerais e específicos, assim como sua estrutura. Retratando ao leitor a importância do estudo a respeito do modal hidroviário e a necessidade de estudos de eficiência operacional voltados ao transporte de passageiros e cargas na região amazônica.

No Capítulo 2 destaca-se a revisão bibliográfica, buscando contextualizar as temáticas norteadoras do presente trabalho, como o panorama do transporte aquaviário, a relevância do conhecimento hidroviário à logística de transporte nacional e o cenário do transporte de passageiros na Região Amazônica. Concomitante ao referencial atrelado ao transporte fluvial, observa-se também neste capítulo a abordagem referente à utilização da metodologia de análise envoltória de dados, com as abordagens matemáticas, vantagens, desvantagens e aplicações da referida metodologia no transporte aquaviário.

O Capítulo 3 apresenta o detalhamento da metodologia utilizada na pesquisa, com a classificação da pesquisa, apresentação das fontes de dados e formalização do modelo de análise envoltória de dados.

O Capítulo 4 destaca-se por ser o estudo de caso. Tendo a apresentação de diversas características e particularidades da região de estudo. Discorrendo sobre a região de estudo e suas características, bem como caracterizando os trechos das viagens analisadas, descrevendo os cenários de análise e selecionando as variáveis envolvidas no estudo de eficiência.

O Capítulo 5 apresenta as considerações finais do trabalho. O Capítulo 6 informa as referências bibliográficas utilizadas na pesquisa.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1. PANORAMA DO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO

A escolha entre alternativas de transporte leva em consideração atributos mensuráveis, como tempo e custo, bem como atributos como conforto e segurança. O transporte aquaviário, nesse sentido, adquire importância inquestionável e de destaque nas relações comerciais mundiais, uma vez que em virtude de suas potencialidades, destaca-se como uma alternativa aos modais de transporte tradicionais, além de ser o meio responsável pela maior parte da movimentação de cargas ao analisar o cenário do comércio em escala global (MIHIC, 2011 & HAURELHUK, 2015).

A movimentação de mercadorias por meio aquaviário tem como características as menores necessidades de combustível e é significativamente mais barato por tonelada em relação aos demais modais (AHADI, 2018). Dentro da análise do cenário do transporte aquaviário, destaca-se o sistema de navegação interior como parte importante deste, haja vista que as vias interiores são sistemas compostos por rios naturais e canais artificiais, utilizados principalmente para o transporte de passageiros e cargas (SEGOVIA, 2019).

O modal de transporte aquaviário é considerado o mais eficiente para grandes volumes de carga e longas distâncias (Smith, 2012; Talluri et al., 2016; Zhao et al., 2016). No Brasil, a navegação interior está em constante crescimento, correspondendo a 33% do total de cargas transportadas no país em 2016, o equivalente a 83,8 milhões de toneladas de carga (Menescal et al., 2016). Segundo Teixeira et al. (2018), apesar de seu potencial estar longe de ser plenamente explorado, grande parte do volume de carga está sendo transportada via fluvial para os portos que irão redirecionar essas cargas para o mercado externo, principalmente devido à expansão do agronegócio no Brasil.

Como características principais do referido modal, destacam-se vantagens relacionadas ao contexto ambiental, com impactos reduzidos e capacidade de se adequar às tendências e perspectivas mundiais relacionadas ao viés da sustentabilidade (LINDSTAD & SANDAAS, 2016; LING-CHIN & ROSKILLY, 2016). Da mesma forma, observam-se impactos técnico-econômicos decorrentes da capacidade estrutural para grandes quantidades de carga (Dedes et al., 2016), que demonstraram grande possibilidade de economia em virtude de ter uma relação capacidade/custo muito superior aos demais modais. Outra variável que contribui significativamente para o modal hidroviário são os custos operacionais (Sakalis e

Frangopoulos, 2018), que são reduzidos em comparação aos demais modos tradicionais de transporte.

Torna-se evidente que o transporte hidroviário apresenta vantagens preponderantes em relação aos modais rodoviário e ferroviário. Entretanto, mesmo diante do conhecimento das características positivas deste modal, o Brasil vai em contrapartida à países da Europa, por exemplo. Estes que, em vias gerais, consideram os custos dos serviços de transporte como o fator de maior destaque na escolha do modal, o que pode ser confirmado por pesquisas científicas atreladas a tal assunto (BERGANTINO ET AL., 2013; DANIELIS E MARCUCCI, 2007).

2.2. TRANSPORTE HIDROVIÁRIO DE PASSAGEIROS NA AMAZÔNIA

A utilização dos rios da bacia amazônica pautou o processo de ocupação da Região Norte do país, inclusive nos seus ciclos econômicos, cumprindo, até os dias atuais, papel de destaque na dinâmica econômica e social da região. Foram determinantes para isso a presença da densa floresta equatorial de difícil penetração humana, as grandes distâncias entre as localidades, a disponibilidade de uma ampla rede hidroviária naturalmente configurada, acompanhados da ausência de recursos financeiros e de capital humano para a abertura de caminhos terrestres que viabilizassem a plena ocupação territorial da Amazônia.

Destarte, o transporte hidroviário se estabelece, de maneira regular, como meio de conexão das poucas cidades existentes na floresta, a exemplo de Manaus, Belém, Macapá, Cametá, Gurupá (TAVARES, 2011), viabilizando o acesso de suas populações a bens de consumo, de subsistência e a serviços públicos básicos, como educação e saúde. Mesmo com a recente ampliação dos centros urbanos, das fronteiras agrícolas e a implementação de projetos de exploração mineral e industrial relevantes, com conseqüente expansão da rede de transportes terrestre e aéreo, a navegação interior de passageiros e misto permanece como a principal alternativa de transporte para a Região Amazônica.

Os estudos mais recentes no âmbito do planejamento federal, como o Plano Nacional de Integração Hidroviária (PNIH) e o Plano Hidroviário Estratégico (PHE), enaltecem a importância das hidrovias como parte necessária da solução logística do país. No entanto, não consideram no planejamento do transporte de passageiros e misto a magnitude e as peculiaridades das vias navegáveis da Região Amazônica.

Devido ao arranjo federativo brasileiro e ao arcabouço jurídico que incide sobre o setor aquaviário, verificam-se distintos padrões de conduta, regulamentos e matrizes de planejamento do serviço de transporte na navegação interior. A legislação que rege o transporte hidroviário é de competência de vários órgãos públicos de diferentes esferas de governo. Assim, o transporte realizado entre duas Unidades da Federação ou entre uma Unidade da Federação e o exterior é de competência da ANTAQ, enquanto o transporte realizado no âmbito de uma mesma Unidade da Federação é de responsabilidade daquele governo estadual. Tal contexto propicia assimetrias na qualidade da prestação dos serviços, na fiscalização e no desempenho dos operadores que atuam regularmente em linhas de percurso interestadual, internacional ou estaduais.

Neste sentido, um dos maiores desafios para o transporte de passageiros na Região Amazônica é garantir o mesmo padrão e critérios de serviço adequado estabelecidos pelos órgãos reguladores do setor, almejando níveis satisfatórios de segurança, regularidade, modicidade e conforto.

As assimetrias na qualidade da prestação dos serviços de transporte estadual, interestadual e de travessias no Amapá, Amazonas, Pará e Rondônia foram captadas por um estudo realizado pela UFPA/FENAV por solicitação da ANTAQ, intitulado de Caracterização da Oferta e da Demanda de Transporte Fluvial de Passageiros e Misto na Região Amazônica. Foram coletadas informações sobre as linhas de transporte, a quantidade e as características das embarcações e dos terminais hidroviários que integram o sistema de transporte de passageiros e misto. Não obstante, o foco do estudo reside na caracterização do transporte longitudinal de passageiros e misto na área de abrangência definida.

2.3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS – DEA

No trabalho em questão, para a análise de eficiência fez-se uso da metodologia de Análise Envoltória de Dados, utilizada como uma ferramenta de apoio a tomada de decisão no transporte aquaviário em Douma et al. (2009, 2011), Verdonck et al. (2014), Vestergaard et al (2000), Pascoe et al. (2001), Pascoe et al. (2001), Tongzon (1995), (Akhtar e Utne, 2014).

A metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA) consiste em uma de ferramenta de apoio à tomada de decisão que faz uso de conceitos básicos como os de Produtividade e Eficiência (WIEGMANS, 2017). No que concerne ao conceito de Produtividade, tem-se que segundo Mello et al. (2015), este pode ser definido como a relação entre os recursos (*inputs*) e

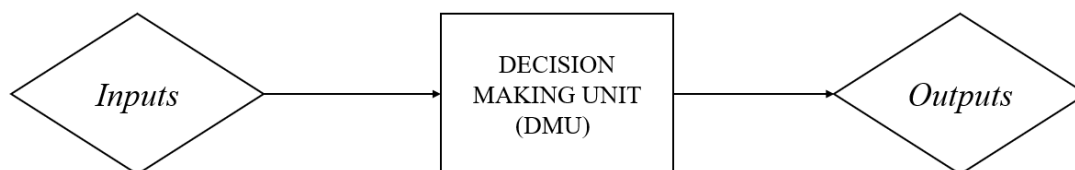
os produtos (*outputs*) de um processo, podendo relacionar diferentes unidades de medida e assumir qualquer valor real (MARIANO, 2007).

Quanto ao conceito de eficiência, tem-se que este pode ser definido, segundo Mello et al. (2015), como a razão entre o que foi produzido com uma certa quantidade de determinado recurso e a maior quantidade que poderia ter sido produzida considerando a mesma quantidade desse recurso. Para Mariano (2007), a eficiência pode ser definida como a capacidade de um sistema conseguir seu melhor rendimento. Desse modo, tem-se que a eficiência refere-se a quão bem os recursos gastos são utilizados (KIM E MARLOW, 2001), sendo sempre um valor entre 0 e 1, haja vista que é uma relação entre o desempenho atual de um sistema e o desempenho máximo que o mesmo pode alcançar.

De acordo com Ockwell (2001), a eficiência é um conceito minimizador ou maximizador. A minimização é aplicada às entradas, enquanto a maximização é aplicada às saídas.

A medição do desempenho de um processo durante um estudo de eficiência caracteriza-se por ser de fundamental importância para a avaliação desse processo e para tomada de decisões no que concerne ao aumento da eficiência (BICHOU, 2013). Diante desse cenário, Charnes et al. (1978) elaboraram o conceito de Decision Making Unit (DMU), que consiste em unidades de tomada de decisões, haja vista que ao analisar dois processos de uma mesma atividade, estes podem ter diferentes níveis de eficiência em virtude desta eficiência estar intrinsecamente ligada às decisões tomadas para um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (AHAMED ET AL., 2015; KUTIN ET AL., 2017; ALMAWSHEKI & SHA, 2015)

Uma DMU pode ser definida como todo tipo de sistema produtivo que processa um conjunto de entradas (inputs) e um conjunto de saídas (outputs), conforme evidenciado no fluxograma da Figura 1, detalhado por Dyson (2000) e Luna et al (2018) os quais . Durante a aplicação da metodologia DEA, cada DMU compara sua capacidade de produção com a capacidade de produção da fronteira de eficiência ótima (DYSON, 2000; LUNA et al., 2018).

Figura 1 - Representação da DMU

Fonte: Dyson (2000) e Luna et al (2018).

Para a utilização e para o melhor entendimento da metodologia DEA, Camp (1998) e Lindau et al. (2001) destacam a necessidade de explicitar a diferença existente entre os conceitos de Benchmarking e Benchmark. Segundo Macharis (2015), o Benchmarking caracteriza-se por ser um processo contínuo e sistemático utilizado para investigação de resultados relacionados à eficiência de uma Unidade Tomadora de Decisão (ou DMU), com uso de processos e técnicas comuns de gestão. Assim, o Benchmarking visa garantir a descoberta das melhores DMU's (AHAMED, 2015). O Benchmark, para Lindau (2001) pode ser definido, durante a aplicação da metodologia DEA, como a DMU de maior eficiência do processo analisado.

A partir dos conceitos inicialmente definidos que são de fundamental importância para o entendimento da Análise Envoltória de Dados, tem-se, então, que esta pode ser definida como uma abordagem de programação matemática não paramétrica utilizada para a medição de eficiências relativas de DMUs comparáveis tendo por base múltiplas entradas e saídas (CHARNES et al., 1978).

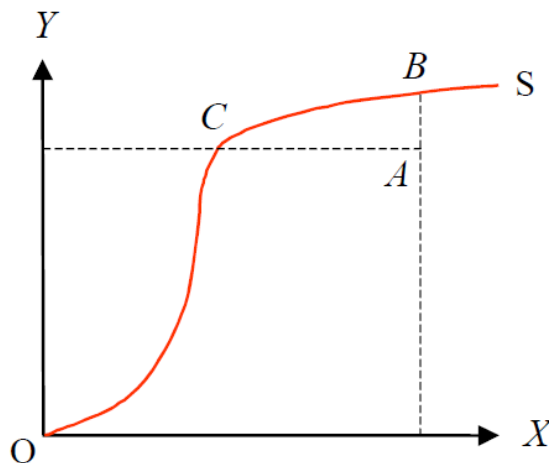
A referida metodologia, segundo Santos (2013), começou a se destacar a partir do ano de 1990, sendo, a partir de então, amplamente utilizada em pesquisas relacionadas aos setores de transporte e logística. Li (2008) afirma que a DEA é a ferramenta de tomada de decisão mais utilizada e difundida no mundo, sendo um dos métodos de pesquisa mais importantes para avaliar a eficiência do desempenho individual e organizacional (LAMPE E HILGERS, 2015). Ela vem sendo aplicada de forma constante como forma de avaliar a performance de DMUs que consomem *inputs* e produzem *outputs* (LIN et al., 2011).

No que concerne às definições descritas pela literatura à respeito da DEA, tem-se que Almawshaki & Shah (2015) afirmam que a Data Envelopment Analysis (DEA) caracteriza-se por ser uma ferramenta de apoio à tomada de decisão baseada na programação linear aplicada a dados observacionais que fornecem uma nova maneira de obter dados empíricos,

desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes na década de 70. Sendo amplamente utilizado em pesquisas operacionais, a DEA destaca-se, principalmente, quando não há a possibilidade de agrupamento de recursos e produtos em uma mesma unidade (MOITA, 2002).

Ângulo-Meza et al. (2005) e Garcia (2013) conceituam a metodologia DEA como uma abordagem não parametrizada capaz de permitir a comparação de eficiências relativas de entidades homogêneas (isto é, unidades decisórias), por intermédio da elaboração da fronteira de eficiência. A fronteira de eficiência, segundo Cooper et al. (2007), é a curva de eficiência (ou produtividade máxima) que considera a relação ótima entre entradas e saídas das DMUs em análise, conforme evidenciada na Figura 2.

Figura 2 - Recursos, Produtos e Fronteira de Eficiência



Fonte: Mello et al. (2015).

Em que o eixo das abscissas representa os recursos (*inputs*); o eixo das ordenadas representa os produtos (*outputs*); B e C são pontos que representam DMU's com eficiências máximas; a curva S representa a fronteira de eficiência, que indica o máximo que foi produzido para cada valor de *input* e tudo que se encontra abaixo representa o conjunto viável de produção.

A partir da interpretação do gráfico denotado na Figura 2, tem-se que esta técnica de pesquisa operacional tem como objetivo a construção de uma função de fronteira de produção (S, na Figura 2), que, segundo Garcia (2013), é a curva de eficiência cujos pontos que estão na fronteira (C e B, na Figura 2) representam combinações eficientes de uma dada entrada/*input* e uma dada saída/*output*, e são capazes de fornecer os parâmetros necessários para avaliar o que uma DMU ineficiente deve fazer para ser corrigida e se tornar eficiente.

No que concerne à otimização das DMUS ineficientes, tem-se que existem duas formas básicas desta tornar-se eficiente (KUTIN et al., 2017; MACHARIS & BERNARDINI, 2015; WANKE, 2015): A primeira é por intermédio da redução dos recursos, mantendo os produtos constantes, sendo denominada de orientada à inputs; A segunda é pela aumento dos produtos mantendo os recursos constantes, sendo denominada de orientada à outputs. Ahamed e Reddy (2015) destacam ainda a existência de formas híbridas que não são tão usuais.

Angulo-Meza (2019) e Kutin (2017) afirmam que a modelagem utilizada na metodologia DEA envolve etapas a serem seguidas para o desempenho correto da mesma. Na Tabela 1, evidenciam-se os passos a serem seguidos segundo a literatura.

Tabela 1 - Etapas da abordagem DEA

Etapa	Descrição	Orientação Necessária
1 ^a	Seleção e definição de DMU's	Definição das unidades tomadoras de decisão e verificação se os parâmetros de entrada e saída são compatíveis em todas as DMU's
2 ^a	Seleção de Inputs e outputs	Seleção de inputs e outputs capazes de definir e descrever o problema de forma objetiva
3 ^a	Escolha do modelo, orientação e aplicação	CCR ou BBC orientados à <i>inputs</i> ou <i>outputs</i> de acordo com a aplicação

Fonte: de Angulo-Meza (2019) e Kutin (2017), adaptado pelo autor.

No que tange aos modelos clássicos de DEA existentes, Kutin (2017) destacam a existência de dois: O Modelo CCR, conhecido também como CRS ou Constant Return to Scale, desenvolvido por Charnes et al. (1978), e o Modelo BBC, também conhecido como VRS ou Variable Return to Scale, desenvolvido por Banker et al. (1984).

2.3.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO DEA

Tem-se que a grande amplitude do campo de aplicação da DEA se dá em virtude das vantagens que esta metodologia é capaz de proporcionar. Para tanto, há a existência de vantagens da Análise Envoltória de Dados, destacadas como os diferenciais deste método, que podem explicar sua ampla utilização na avaliação de desempenho (WU, 2015). Chen & Du (2015) destaca como vantagem o fato do referido método não exigir a congruência entre as entradas e saídas, não necessitando que as variáveis possuam a mesma unidade e/ou magnitude. Outra vantagem está relacionada às técnicas utilizadas na programação matemática, que não

necessitam de um grande esforço computacional, fazendo uso de programação linear (Asmild et al., 2007).

Outra vantagem destaca-se por ser a possibilidade de aumentar a eficiência do processo por intermédio da análise generalizada do mesmo (Li et al., 2016). Leal et al. (2012) destaca que a DEA é uma abordagem não-paramétrica, não sendo necessário o conhecimento da função de produção, necessitando apenas do conhecimento do gráfico de eficiência da fronteira formada pelas DMU's eficientes.

No que concerne às desvantagens apresentadas pelo modelo, tem-se que a DEA retorna um único parâmetro de análise, baseado nas entradas e saídas, podendo ocorrer erros (WU, 2015). Outra característica negativa é quanto à dependência dos valores finais de eficiência em relação ao número de DMU's, entradas e saídas, tendo valores de eficiência mais precisos em processos com maiores números de parâmetros de análise (Barnum et al., 2011). Concomitante a isso, tem-se que ao inserir uma nova DMU no sistema, o processo deve ser refeito, haja vista que as eficiências são dependentes da amostra analisada (BARROS, 2006).

2.3.2. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS APLICADA AO TRANSPORTE

Em relação às aplicações da DEA, tem-se relatos de utilização nas mais variadas áreas do conhecimento e nos mais variados setores industriais. Cooper & Seiford (2007), destacam em sua pesquisa algumas das principais aplicações desde o momento de apresentação da metodologia em Charnes et al. (1978). Leal et al. (2012) destaca o uso de análise envoltória de dados para análise de eficiência e evidencia a forte tendência de aplicação da metodologia DEA em produções científicas.

Segundo De Borger et al. (2002), o referido modelo de auxílio a tomada de decisão possui amplo índice de utilização em pesquisas operacionais em todos os modais de transporte. Como um importante meio de promoção a eficácia operacional e a qualidade dos serviços de transporte e sistemas, a análise de eficiência é um dos métodos mais amplamente investigados na áreas de pesquisa em transportes (Li et al., 2016).

As aplicações têm sido usadas em estudos de eficiência do transporte de diferentes modais, como para avaliações de aeroportos (Oum et al., 2008), do transporte marítimo (Cullinane et al., 2006) e do modal ferroviária (Coelli e Perelman, 1999).

No que concerne ao transporte ferroviário, Oum e Yu (1994) mediram a eficiência produtiva dos sistemas ferroviários em 19 países e compararam a eficiência de sistemas com dependências em subsídios públicos e com dependência em subsídios do capital privado e puderam evidenciar os maiores índices de eficiência no capital privado. Cantos et al. (1999) examinaram e avaliaram a evolução da produtividade em ferrovias de diversos países durante o período 1970-1995, como a Suécia, Suíça, Finlândia e Holanda.

Com relação ao transporte rodoviário, Viton (1998) examinou a eficiência técnica do modal rodoviário nos Estados Unidos e discutiu os desafios tecnológicos enfrentados nesse setor industrial. Barnum et al. (2011) propôs um DEA baseado em procedimento para estimar a eficiência geral e técnica da autoridade de trânsito de Maryland, Estados Unidos. Shi et al. (2010) avaliou a eficiência energética dos modais de transporte regional da China usando o modelo DEA.

2.3.3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS APLICADA AO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO

No que tange ao transporte aquaviário, o amplo índice de aceitação da referida metodologia perante a comunidade científica pode ser evidenciado pelo grande número de pesquisas desenvolvidas utilizando esta.

Nos últimos anos, a DEA tem sido usada para analisar os processos de operação portuária, haja vista que esta metodologia tem a capacidade de fornecer uma avaliação global do desempenho portuário (CULLINANE, 2004). Ainda segundo Cullinane et al. (2002) a eficiência caracteriza-se por ser uma questão importante na gestão do setor aquaviário.

No contexto da aplicação dessa metodologia em análises práticas dentro deste setor, tem-se que Savolainen (2007) avaliou a eficiência dos modais ferroviário, rodoviário e hidroviário usando DEA, e apresentou variações entre as eficiências do modal hidroviário entre os países avaliados, mostrando a necessidade de maiores estudos para o modal hidroviário. Bonilla et al. (2002) empregam DEA para medir a eficiência do tráfego de mercadorias dos portos marítimos na Espanha. Wu e Lin (2008) realizaram uma comparação internacional de operações portuárias logísticas, com foco na Índia.

Martinez-Budria et al (1999), classificaram 26 portos em grupos e examinaram a eficiência utilizando modelos DEA-BCC, chegando a conclusão de que os portos de "alta complexidade" estão associados a alta eficiência, em comparação com a eficiência média e baixa encontrada em outros grupos de portos. Tongzon (2001) usou o modelo DEA-CCR para analisar a eficiência de 4 portos australianos e 12 outros internacionais de contêineres. Valentine e Gray (2001) aplicaram o modelo DEA-CCR a 31 portos de contêineres dos 100 maiores portos de contêineres do mundo para o ano de 1998.

Managi (2007) analisou o fator de produtividade total da indústria naval do Japão a partir da análise de fronteira de eficiência, não paramétrica, com a identificação das ineficiências das unidades de produção. Caillaux (2005) fez a seleção de uma rota marítima fazendo uso da Análise Envoltória de Dados e avaliou a eficiência de rotas marítimas de contêineres já existentes utilizando a mesma metodologia. Costa (1990) fez um trabalho de análise de produtividade de navios baseado em DEA, com avaliação de produtividade do transporte marítimo, obtendo as relações de crescimento da produtividade como mudanças na função de custo ao longo do tempo.

2.3.4. DEA APLICADO À EFICIÊNCIA DE EMBARCAÇÕES

Douma et al. (2009, 2011) constataram por intermédio da aplicação da DEA que o alinhamento das operações por meio compartilhamento de informações de viagens das embarcações com os terminais resulta em mais eficiência para o transporte hidroviário interior. A pesquisa de Verdonck et al. (2014) teve enfoque na operação de um terminal intermodal de barcaças, mostrando as influências no desempenho do terminal por meio de mudanças no tamanho da frota.

Pascoe et al. (2001) e Vestergaard et al (2000) usaram o DEA para avaliar embarcações da indústria pesqueira, usando várias medidas para definir a produção das embarcações e associando a capacidade de pesca, e concluíram que capacidade física está ligada a gestão eficaz dessas embarcações. Guyader et al. (2005) avaliou produtividade, capacidade de utilização e a escala de ineficiência da frota francesa para pesca, utilizando várias combinações de entradas, mas com apenas uma informação de saída, concluindo que apenas pequenas ou grandes embarcações operavam na escala ótima.

Luna et al. (2018) utilizaram uma abordagem DEA para avaliação da eficiência de operações de movimentação de carga em um terminal e estudaram os fatores que a influenciam, objetivando fornecer recomendações que aumentem a produtividade interna do terminal. Tongzon (1995) analisou os determinantes da eficiência e do desempenho dos portos de contêineres e dos terminais, e encontrou os seguintes fatores: mistura de contêineres, práticas de trabalho, eficiência de carga, tamanho de embarcação e troca de carga. Tongzon (2001) também descobriu que a área do terminal é uma das principais variáveis que influenciam a eficiência de um porto.

Na Tabela 2 evidenciam-se referências bibliográficas que serviram de base na pesquisa em questão, bem como as DMU's, os *inputs* e *outputs*.

Tabela 2 - Referências Bibliográficas - Eficiência de Embarcações

Referência	Dmu's	Inputs	Outputs
Pascoe, S. (2001). Physical versus harvest-based measures of capacity: the case of the United Kingdom vessel capacity unit system.	Embarcação	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de Carga • Potência do Motor • Distância Total 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de Trajeto • Velocidade da embarcação
Vestergaard, N., Squires, D., & Kirkley, J. (2003). Measuring capacity and capacity utilization in fisheries: the case of the Danish Gill-net fleet.	Embarcações	<ul style="list-style-type: none"> • Potência • Tipo de Carga • Número de Viagens • GRT 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade • Total de Desembarques
Tongzon, J. (2001). Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis.	Embarcações	<ul style="list-style-type: none"> • Potência • Capacidade de Carga 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissão de CO2 • GDP

Fonte: Autor (2021).

2.3.5. DEA APLICADO À SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO

No que diz respeito à eficácia do controle da segurança marítima, a DEA pode ser apropriado, uma vez que tem sido amplamente utilizado na avaliação de desempenho com

múltiplas variáveis de entradas e saídas (WU, 2015). Hänninen e Kujala (2012) concluíram que o problema do nível marítimo de segurança é complexo e deve considerar os fatores de condição do navio, ambiente de navegação, sistema regulador marítimo e confiabilidade humana.

Além da confiabilidade humana em relação à gestão da segurança (Prabhu Gaonkar et al., 2013), uma grande quantidade de pesquisas tem focado as variáveis que influenciam a segurança marítima (Akhtar e Utne, 2014). Ainda no contexto de segurança da navegação, a DEA aplicada à avaliação do impacto ambiental das atividades e operações portuárias é necessária em um processo de tomada de decisão em relação ao conceito de ecoeficiência aquaviária (WU, 2015).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Como forma de compreender e analisar a problemática a fim de promover e procurar soluções para o objeto de estudo, o presente trabalho, ao final de seu desenvolvimento, poderá ser caracterizado e classificado metodologicamente em razão de sua natureza como uma pesquisa aplicada, pois tem como objetivo a geração de conhecimentos para aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos (PERDIGÃO; HERLINGER; WHITE, 2012).

Concernente ao tipo de pesquisa, tem-se que esta apresenta-se, como uma pesquisa exploratória, em virtude de buscar estudar determinada problemática levantada e determinar a natureza da mesma a partir do estabelecimento de métodos e técnicas, sendo também caracterizada como uma pesquisa explicativa, tendo em vista que este tipo de pesquisa, segundo Wazlawick (2014), visa o registro de determinado processo de modo a ser possível analisá-lo, interpretá-lo e identificar as problemáticas envolvidas neste processo, bem como suas causas.

Quanto ao tipo de abordagem metodológica e aos objetivos, tem-se que esta pode ser denominada de quantitativa e qualitativa. Na abordagem quantitativa, consideram-se todas as informações quantificáveis, traduzindo opiniões e informações em valores numéricos por intermédio de técnicas matemáticas e recursos estatísticos (percentagem, desvio padrão, média, mediana, análise de regressão, etc.), no intuito de classificá-las e analisá-las (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2009). Em contrapartida, na abordagem qualitativa, evidencia-se um vínculo entre o mundo objetivo e a subjetividade, não podendo haver a tradução em números, não requerendo técnicas estatísticas e exigindo a interpretação dos fenômenos, com a atribuição de significados (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2009).

No que tange aos procedimentos do trabalho em questão, este poderá ser classificado como um estudo de caso, fazendo-se uso da pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica é realizada a partir de levantamentos de fontes bibliográficas constituídas principalmente de livros, artigos científicos, teses, dissertações e relatórios técnicos e procedimentos utilizados para sustentação desse trabalho (PERDIGÃO; HERLINGER; WHITE, 2012; WAZLAWICK, 2014). O estudo de caso em questão foi dividido em cinco fases principais. A primeira sendo exploratória, seguida da sistemática coleta de dados, com a posterior aplicação da metodologia utilizada, seguida da análise e interpretação das descobertas que antecedeu a geração da estratificação do perfil das embarcações analisadas.

3.2. DESENVOLVIMENTO E ESTRUTURAÇÃO METODOLÓGICA

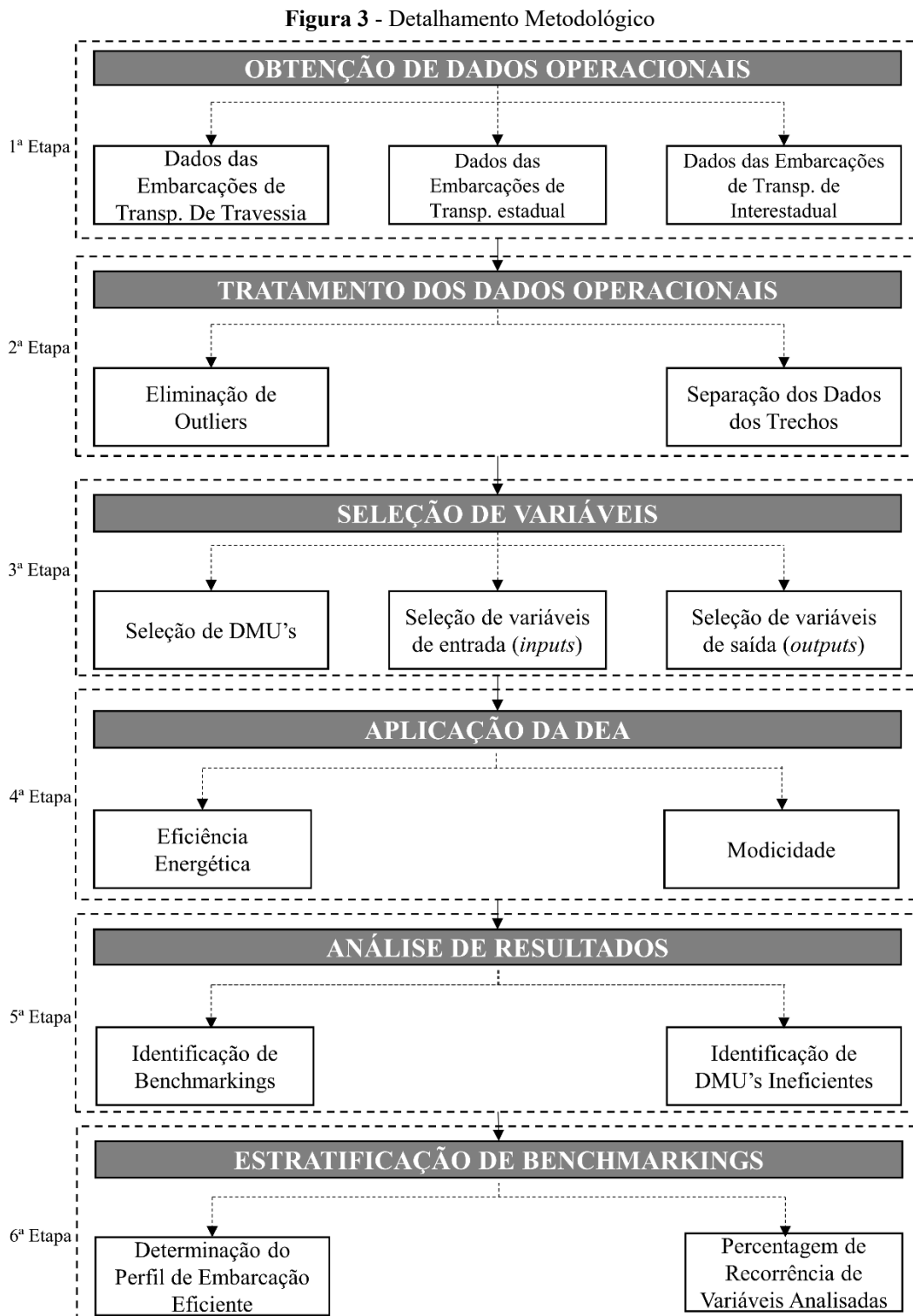
Conforme mencionado no tópico supracitado, a pesquisa em questão trata-se de estudo qualitativo e quantitativo de análise de eficiências relativas aplicado à navegação fluvial amazônica, fazendo-se uso de um banco de dados referente às embarcações que realizam o transporte interestadual, estadual e de travessia na região, sendo-se possível, por intermédio deste, determinar os benchmarks de cada tipo de transporte sob a ótica da eficiência energética e da modicidade a partir de uma sequência metodológica de cinco etapas descrita nos parágrafos aludidos posteriormente a este.

Esta seção, por sua vez, visa apresentar a estruturação metodológica deste trabalho de pesquisa, diferindo-se da estruturação geral da pesquisa apresentada anteriormente. Segundo Lakatos e Marconi (2003) para entendermos o contexto e significado de uma pesquisa científica, devemos primeiramente fazer o correto uso do método científico, que basicamente é constituído por etapas pré-determinadas, na intenção de resolver determinada problemática.

Concernente a estas etapas, como forma de ilustrá-las de modo geral, tem-se o fluxograma metodológico da Figura 3, subdividido em:

- **Obtenção de Dados:** Tem-se que a primeira consistiu na obtenção dos dados operacionais de acordo com o tipo de transporte analisado (transporte de travessia, transporte estadual e interestadual), com a obtenção das características das embarcações que realizam estes transportes, bem como das características operacionais de cada rota, como tempo de viagem, custos e outras informações.
- **Tratamento de Dados:** A segunda etapa correspondeu a separação dos dados de acordo com os tipos de transporte e os trechos analisados, bem como a eliminação de variáveis consideradas *outliers*.
- **Seleção de Variáveis:** No que tange à terceira etapa, esta consistiu na seleção das variáveis, com a definição das DMU's e definição das variáveis de *input* e *output* para cada análise realizada.
- **Aplicação Metodológica e Análise de Resultados:** Posterior a etapa citada, teve-se a quarta etapa, que se resumiu à aplicação do método DEA – CCR orientado aos inputs e a análise dos resultados encontrados.
- **Estratificação de Benchmarks:** A partir dos resultados obtidos com a aplicação metodológica, pôde-se, então, fazer a estratificação e tratamento dos resultados a fim de obter o perfil de embarcação eficiente para cada tipo de transporte.

Dessa forma, a fim de ilustrar as etapas supracitadas, tem-se o detalhamento metodológico evidenciado no fluxograma da Figura 3 como forma de ilustrar e melhor evidenciar estas etapas.



Fonte: Autor (2020).

Para tanto, evidencia-se que o estudo em questão se destaca como uma pesquisa de auxílio à tomada de decisões, por intermédio da identificação das DMU's mais eficientes dentre o

conjunto de dados analisado. A partir da identificação destas, foi-se possível analisar e destacar quais características em comum havia entre as embarcações mais eficientes, fato este que possibilitou a obtenção de detalhes característicos e soluções logísticas pontuais relacionadas à identificação dessas DMU's mais eficientes e possibilitou o levantamento dos possíveis fatores que tornaram estas os *Benchmarkings* da pesquisa, com a análise das características geométricas, operacionais e propulsivas das embarcações.

3.3. FONTES DE DADOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA

A escassez de dados relativos as embarcações de passageiros utilizadas na região amazônica é um dos principais obstáculos superados nesta pesquisa. Por intermédio de dados levantados pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) em parceria com a Universidade Federal do Pará (UFPA) no estudo de Caracterização da Oferta e da Demanda do Transporte Fluvial de Passageiros na Região Amazônica, foi-se possível obter o levantamento das embarcações com a área de abrangência do estudo compreendendo às principais Unidades da Federação geradoras de fluxo fluvial na Região Hidrográfica Amazônica: Pará (PA), Amapá (AP), Amazonas (AM) e Rondônia (RO).

No estudo em questão implementado por ANTAQ/UFPA, buscou-se caracterizar a oferta e a demanda do transporte de passageiros e misto regulados pela agência em questão no transporte fluvial da Região Amazônica, identificando as linhas e o fluxo de transporte, e a oferta do transporte, identificando a frota de embarcações, podendo subsidiar a formulação e o aprimoramento de políticas públicas de transporte, infraestrutura e bem-estar social da região, sendo capazes de reduzir as assimetrias identificadas no estudo e de viabilizar a prestação de do serviço de transporte de passageiros e misto com qualidade, regularidade, modicidade, segurança e conforto, em equilíbrio com o meio ambiente e alinhado com o interesse público.

Na pesquisa de campo realizada na área de abrangência do estudo, foram identificados 3 tipos de transporte fluvial de passageiros e misto:

- **Linhas de Transporte Longitudinal de Passageiros Estaduais:** são as linhas que trafegam entre os municípios e localidades de uma mesma Unidade da Federação;
- **Linhas de Transporte Longitudinal de Passageiros Interestaduais:** são aquelas que trafegam entre municípios e localidades de duas ou mais Unidades da Federação;

- **Linhas de Travessia:** a navegação realizada transversalmente aos cursos dos rios e canais; entre 2 pontos das margens em lagos, lagoas, baías, angras e enseadas; entre ilhas e margens de rios, de lagos, de lagoas, de baías, de angras e de enseadas, numa extensão inferior a 11 milhas náuticas; entre 2 pontos de uma mesma rodovia ou ferrovia interceptada por corpo d'água.

No que concerne ao conjunto de dados obtido e utilizado no presente estudo, tem-se que os mesmos foram quantificados, levantados e categorizados por intermédio de pesquisa de campo realizada em dois momentos distintos (a primeira no período de julho a setembro de 2015 e a segunda entre março e agosto de 2017), sendo trabalhados e analisados a partir dos programas SPSS (Statistic Package for Social Sciences) e Excel, levando em conta variáveis homogêneas, descritas na Tabela 3. Os questionários incluíram características que avaliem cada critério com a finalidade de assegurar a validade dos dados de output. A coleta de dados incluiu as características individuais de cada critério. Ela foi realizada através de um questionário aberto aplicado aos proprietários das embarcações. Primeiramente, foi explicado o significado e a motivação da utilização da metodologia e, em seguida, instruído o procedimento para o desenvolvimento individual das pesquisas, a fim de que as alternativas no nível mais baixo sejam comparadas conforme os padrões da metodologia proposta.

Tabela 3 - Dados retirados da pesquisa de campo

Análise 1	Eficiência Energética	Potência pelo consumo por hora Potência pela capacidade de passageiros Potência pela capacidade de carga Potência pela velocidade Potência pelo porte da embarcação
Análise 2	Modicidade	Valor médio da passagem pela distância Valor médio da passagem por hora

Fonte: Autor (2020).

Como pode ser visto, os dados foram divididos em duas grandes áreas: eficiência energética a qual visa analisar dados técnicos da embarcação, voltando-se para o quanto este DMU é eficiente ao realizar seu objetivo, sempre ligada ao consumo de combustível, potencializando a capacidade de transporte de passageiro e carga, e modicidade, o qual procura analisar o valor da tarifa. A metodologia utilizada propõe analisar cada área citada relacionada a cada finalidade da embarcação, as quais serão apresentadas na seção seguinte e, por fim, compará-las a fim de analisar a eficiência relativa.

A partir das referidas informações destacadas, pôde-se extrair as unidades de tomada de decisão e as variáveis de entrada e saída para a posterior aplicação na Análise Envoltória de Dados.

3.4. TRATAMENTO E SELEÇÃO DE DADOS UTILIZADOS

Esse estudo utilizou dados de 652 embarcações utilizadas na região amazônica, registradas entre os estados do Pará, Amazonas, Amapá e Rondônia. A partir deste espaço amostral, foram selecionadas 148 embarcações. A seleção das embarcações partiu do nível de utilização das embarcações, sendo adotadas as cinquenta embarcações mais atuantes dentre todo espaço amostral com a finalidade de obter a maior variação possível dentre os DMU's analisados, sendo divididas, a partir de sua finalidade, em três tipos: embarcações de travessia (50 embarcações), tendo como característica principal curtas distancias de viagem e consequentemente viagens de curta duração, embarcações estaduais (50 embarcações), aquelas que fazem percurso de médio a grande duração, sendo todas feitas dentro do mesmo estado e embarcações interestaduais (48 embarcações) que, em geral, possuem rotas de grande duração e percorrem mais de um estado.

Por intermédio deste levantamento das embarcações por tipo de transporte, foi possível a verificação da existência de outliers e dados que não representavam fidedignamente o perfil e as variáveis das embarcações, a exemplo dos preenchimentos e compilação de dados equivocados. Para a verificação, filtragem e eliminação destes dados, fez-se uso da ferramenta computacional MS Excel, sendo adotada para determinação de faixas limite (*ranges*) para as variáveis consideradas na análise como principais. Os ranges considerados variaram de acordo com a particularidade de cada variável, sendo estas faixas limites consideradas geralmente grandes, tendo em vista a variedade muito grande do perfil das embarcações pertencentes ao espaço amostral levantado, categorizado e analisado.

Vale ressaltar que para as do tipo interestadual, foram selecionadas apenas 48, pois a distância entre os graus de utilização das embarcações excluídas e as que permaneceram na pesquisa era de um valor maior comparando-o aos outros tipos, o que poderia deixar os resultados inconclusivos. Os dados gerais das amostras selecionadas foram expostos nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4 - Informações dos DMU's do tipo travessia

No.	DMU	Linha de Atuação	Distância (km)	Estado de origem / destino
1	Ana Cunha	Belém / Arapari	16	Pará / Pará
2	Comandante Marcos	Belém / Arapari	16	Pará / Pará
3	Merru	Belém / Arapari	16	Pará / Pará
4	Deus e Amor De Boa Vista	Belém / Boa Vista do Acará	6	Pará / Pará
5	Galileu	Belém / Boa Vista do Acará	6	Pará / Pará
6	Expresso Dona Lourdes	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
7	Expresso Dona Terezinha	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
8	Expresso Jamily Leticia	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
9	Expresso Samueli IX	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
10	Expresso Silas Correa I	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
11	Adriana I	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
12	Água Branca II	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
13	Amanda Minha XI	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
14	Amanda Minha XII	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
15	Amazônia XII	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
16	Androrinha VIII	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
17	Deus Me Deu I	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
18	Dhulia II	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
19	Princesa Yasmim II	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
20	Ramo Garcia	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
21	Samuelly V	Manaus / Careiro da Várzea	32	Amazonas / Amazonas
22	Expresso Campinho	Belém / Barcarena	19	Pará / Pará
23	Expresso Força Da Fé	Belém / Barcarena	19	Pará / Pará
24	Expresso Karen	Belém / Barcarena	19	Pará / Pará

25	Expresso Regional II	Belém / Barcarena	19	Pará / Pará
26	Sophia Cabral II	Belém / Barcarena	19	Pará / Pará
27	Barãozinho	Tabatinga / Benjamin Constant	18	Amazonas / Amazonas
28	Comandante Carlos Henrique	Tabatinga / Benjamin Constant	18	Amazonas / Amazonas
29	Comandante Guilber	Tabatinga / Benjamin Constant	18	Amazonas / Amazonas
30	Comandante Pericles	Tabatinga / Benjamin Constant	18	Amazonas / Amazonas
31	Comandante Walter	Tabatinga / Benjamin Constant	18	Amazonas / Amazonas
32	Daniele II	Tabatinga / Benjamin Constant	18	Amazonas / Amazonas
33	Atlântico V	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
34	Apostolo Paulo	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
35	Comandante Cabral	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
36	Comandante Leonardo	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
37	Comandante Teixeira	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
38	Deus Te Guie	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
39	Dominik	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
40	Dominik I	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
41	El Nino	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
42	Expresso Brasileira	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
43	Expresso Mangabeira	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
44	Souza Nunes	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
45	Vitória De Cotijuba	Belém / Cotijuba	14	Pará / Pará
46	Expresso Jiboia	Manaus / Cacau Pereira	10	Amazonas / Amazonas
47	Lancha Estrela Sá	Manaus / Cacau Pereira	10	Amazonas / Amazonas
48	Lancha Gisa	Manaus / Cacau Pereira	10	Amazonas / Amazonas
49	Lancha Mãe Maria Lopes	Manaus / Cacau Pereira	10	Amazonas / Amazonas
50	Natureza II	Manaus / Cacau Pereira	10	Amazonas / Amazonas

Fonte: Autor (2020).

O ponto de maior atenção para os DMU's do tipo travessia analisados é a pequena distancia total de seus trajetos, média de aproximadamente 20 quilômetros, tendo uma variação entre 6 quilômetros (Belém / Boa Vista do Acará) até 32 quilômetros (Manaus / Careiro da Várzea), caracterizando embarcações mais simples, com tempo de viagem reduzida e de baixo custo tanto ao armador quanto ao usuário.

Tabela 5 - Informações dos DMU's do tipo estadual

No.	DMU	Linha de Atuação	Distância (km)	Estado de origem / destino
1	Comandante Zeca	Belém - Acará	92	Pará / Pará
2	Duca Siqueira	Belém - Afuá	338	Pará / Pará
3	Fb Amazonas I	Belém - Almeirim	525	Pará / Pará
4	Bianca Beatriz X	Belém - Cachoeira do Arari	50	Pará / Pará
5	Freitas Teixeira	Belém - Cachoeira do Arari	50	Pará / Pará
6	Alziane Cunha	Belém - Camará	85	Pará / Pará
7	Abençoado II	Belém - Cametá	180	Pará / Pará
8	Miranda Junior	Belém - Chaves	382	Pará / Pará
9	Principe Da Paz	Belém - Currealinho	170	Pará / Pará
10	Baluarte II	Belém - Oeiras do Pará	185	Pará / Pará
11	Marajo Norte	Belém - Oeiras do Pará	185	Pará / Pará
12	Comandante Thiago	Belém - Oeiras do Pará	185	Pará / Pará
13	Custódio III	Belém - Portel	285	Pará / Pará
14	Cunha Filho	Belém - Santa Cruz Do Arari	180	Pará / Pará
15	Cidade de Santarém II	Belém - Santarém	830	Pará / Pará
16	Águia I	Belém - São Francisco	93	Pará / Pará
17	Expresso Golfinho I	Belém - Soure	88	Pará / Pará
18	Gabriela III	Belém - Vitória do Xingu	640	Pará / Pará
19	Bom Socorro	Manaus - Boa Vista do Ramos	623	Amazonas / Amazonas
20	Denes Coimbra	Manaus - Borba	322	Amazonas / Amazonas
21	Comandante Lucas	Manaus - Caapiranga	170	Amazonas / Amazonas

22	Neto Silva VI	Manaus - Coari	421	Amazonas / Amazonas
23	Príncipe da Paz	Manaus - Itacoatiara	211	Amazonas / Amazonas
24	Servo do Rei	Manaus - Itacoatiara	211	Amazonas / Amazonas
25	Comandante Bindá	Manaus - Itamarati	1930	Amazonas / Amazonas
26	14 de outubro	Manaus - Japurá	1054	Amazonas / Amazonas
27	Nr da Silva	Manaus - Manaquiri	79	Amazonas / Amazonas
28	Amazônia Rum	Manaus - Manicoré	616	Amazonas / Amazonas
29	J. Candido	Manaus - Manicoré	616	Amazonas / Amazonas
30	F B Estrela Pp	Manaus - Maués	698	Amazonas / Amazonas
31	Coronel Tavares	Manaus - Parintins	475	Amazonas / Amazonas
32	Expresso Nova Aliança II	Manaus - Parintins	475	Amazonas / Amazonas
33	Voyager III	Manaus - Tabatinga	1573	Amazonas / Amazonas
34	A. Nunes II	Manaus - Tefé	631	Amazonas / Amazonas
35	Comandante Marcos André	Santarém - Alenquer	93	Pará / Pará
36	São Bartolomeu II	Santarém - Almeirim	305	Pará / Pará
37	Comandante Israel V	Santarém - Arapiuns	62	Pará / Pará
38	Da Silva Castro III	Santarém - Arapiuns	62	Pará / Pará
39	Gavião II	Santarém - Arapiuns	62	Pará / Pará
40	Araguaia III	Santarém - Aveiro	135	Pará / Pará
41	Comandante Marinho	Santarém - Aveiro	135	Pará / Pará
42	Bonanza	Santarém - Cachoeira so Aruã	148	Pará / Pará
43	Cidade Terezinha III	Santarém - Itaituba	250	Pará / Pará
44	Ana Vitória	Santarém - Juruti	154	Pará / Pará
45	Barão do Uruari	Santarém - Lago Grande	108	Pará / Pará
46	Miranda Dias	Santarém - Monte Alegre	110	Pará / Pará
47	Príncipe de Óbidos	Santarém - Óbidos	109	Pará / Pará

48	Vip	Santarém - Óbidos	109	Pará / Pará
49	Cidade De Oriximiná II	Santarém - Oriximiná	150	Pará / Pará
50	F B Moçada	Santarém - Oriximiná	150	Pará / Pará

Fonte: Autor (2020).

O segundo tipo analisado foram as linhas estaduais (Tabela 5) que possuem uma maior variação em relação as distâncias percorridas, já que umas das principais características da região amazônica são os vastos territórios de seus estados. A média da distância percorrida é de aproximadamente 333 quilômetros variando em seu menor valor de 50 quilômetros (Belém - Cachoeira do Arari) até em sua maior rota de 1930 quilômetros (Manaus – Itamarati), esta última, sendo a rota de maior distância analisada por este trabalho. Esta variação entre as distâncias analisadas nos proporciona uma maior variedade na complexidade das embarcações caracterizando desde embarcações simples de custos relativamente mais baixos até embarcações complexas e de custos mais elevados. Este trabalho visa medir a eficiência relativa entre todas as embarcações deste grupo afim de chegar ao ponto da embarcação mais eficiente para este tipo de transporte.

Tabela 6 - Informações dos DMU's do tipo interestadual

No.	DMU	Linha de Atuação	Distância (km)	Estado de origem / destino
1	Amanda Leticia II	Alenquer - Manaus	555	Pará / Amazonas
2	Monte Cristo	Alenquer - Manaus	555	Pará / Amazonas
3	Amazon Star	Belém - Manaus	1646	Pará / Amazonas
4	Catamarã Rondônia	Belém - Manaus	1646	Pará / Amazonas
5	Nelio Correa	Belém - Manaus	1646	Pará / Amazonas
6	San Marino III	Belém - Manaus	1646	Pará / Amazonas
7	Iluminado	Laranjal do Jari - Belém	696	Amapá / Pará
8	Pedro Junior	Laranjal do Jari - Belém	696	Amapá / Pará
9	Espírito Santo II	Laranjal do Jari - Belém	409	Amapá / Pará
10	Hanna Janessa	Laranjal do Jari - Santarém	409	Amapá / Pará
11	Almte. Moreira IX	Manaus - Porto Velho	1348	Amazonas / Rondônia
12	Stenio Araújo	Manaus - Porto Velho	1348	Amazonas / Rondônia
13	Vieira I	Manaus - Porto Velho	1348	Amazonas / Rondônia
14	F B São Bartolomeu IV	Monte Alegre - Manaus	866	Pará / Amazonas
15	Luís Afonso	Monte Alegre - Manaus	866	Pará / Amazonas
16	F B Obidense II	Óbidos - Manaus	650	Pará / Amazonas
17	F B Obidense III	Óbidos - Manaus	650	Pará / Amazonas

18	Cidade de Oriximiná III	Oriximiná - Manaus	680	Pará / Amazonas
19	Lancha Oriximiná	Oriximiná - Manaus	680	Pará / Amazonas
20	Leticia S3f3ia	Oriximiná - Manaus	680	Pará / Amazonas
21	Almirante Paulo Arnold	Porto Velho - Manicor3	557	Rond3nia / Amazonas
22	Marcos Filho III	Porto Velho - Manicor3	557	Rond3nia / Amazonas
23	S3o Sebast3o	Porto Velho - Manicor3	557	Rond3nia / Amazonas
24	Bruno	Santana - Santar3m	165	Amap3 / Par3
25	Luan	Santana - Santar3m	165	Amap3 / Par3
26	Quirino Neto	Santana - Santar3m	165	Amap3 / Par3
27	S3o Bartolomeu II	Santana - Santar3m	165	Amap3 / Par3
28	S3o Benedito	Santana - Santar3m	165	Amap3 / Par3
29	S3o Francisco De Assis	Santana - Santar3m	165	Amap3 / Par3
30	Seamar IV	Santana - Santar3m	165	Amap3 / Par3
31	Alice	Santana - Vit3ria do Xingu	261	Amap3 / Par3
32	Ana Beatriz V	Santana - Vit3ria do Xingu	261	Amap3 / Par3
33	Darcy Junior de S3o Benedito I	Santana - Vit3ria do Xingu	261	Amap3 / Par3
34	Napole3o	Santana - Vit3ria do Xingu	261	Amap3 / Par3
35	S3o Pedro	Santana - Vit3ria do Xingu	261	Amap3 / Par3
36	Seamar II	Santana - Vit3ria do Xingu	261	Amap3 / Par3
37	Anna Karoline II	Santar3m - Manaus	514	Par3 / Amazonas
38	Cisne Branco	Santar3m - Manaus	514	Par3 / Amazonas
39	Expresso Golfinho I	Santar3m - Manaus	514	Par3 / Amazonas
40	F B Ana Beatriz V	Santar3m - Manaus	514	Par3 / Amazonas
41	Golfinho do Mar II	Santar3m - Manaus	514	Par3 / Amazonas
42	S3o Bartolomeu III	Santar3m - Manaus	514	Par3 / Amazonas
43	Boa F3 II	Santar3m - Parintins	243	Par3 / Amazonas
44	Cidade de Nhamund3	Santar3m - Parintins	243	Par3 / Amazonas
45	Cidade de Nhamund3 III	Terra Santa - Manaus	496	Par3 / Amazonas
46	Cidade de Terra Santa	Terra Santa - Manaus	496	Par3 / Amazonas
47	Sereia	Terra Santa - Manaus	496	Par3 / Amazonas
48	Rita Helena	Terra Santa - Parintins	75	Par3 / Amazonas

Fonte: Autor (2020).

Por fim, a característica principal das embarcações do tipo interestadual (Tabela 6) são as distâncias relativamente elevadas e, mesmo contando com rotas de 75 e 165 km (Terra Santa – Parintins e Santana - Santar3m), a média das distancias percorridas pelo DMU's deste tipo é de

aproximadamente 595 km já que contam com rotas de até 1648 km (Belém - Manaus). A característica principal deste tipo de DMU's são custos para usuários relativamente mais altos que os anteriores e viagens demasiadamente mais longas, durando mais de um dia.

3.5. FORMALIZAÇÃO DO DEA

Segundo Golany e Roll (1989), em um estudo de eficiência utilizando o método DEA, devem ser executadas quatro etapas principais:

- i. Identificação e seleção dos fatores relevantes;
- ii. Definição e seleção de DMU's para entrar na análise.
- iii. Determinação dos fatores de entrada e saída que são relevantes e adequados para avaliar a eficiência relativa das DMU's selecionadas.
- iv. Aplicação dos modelos DEA e análise de resultados.

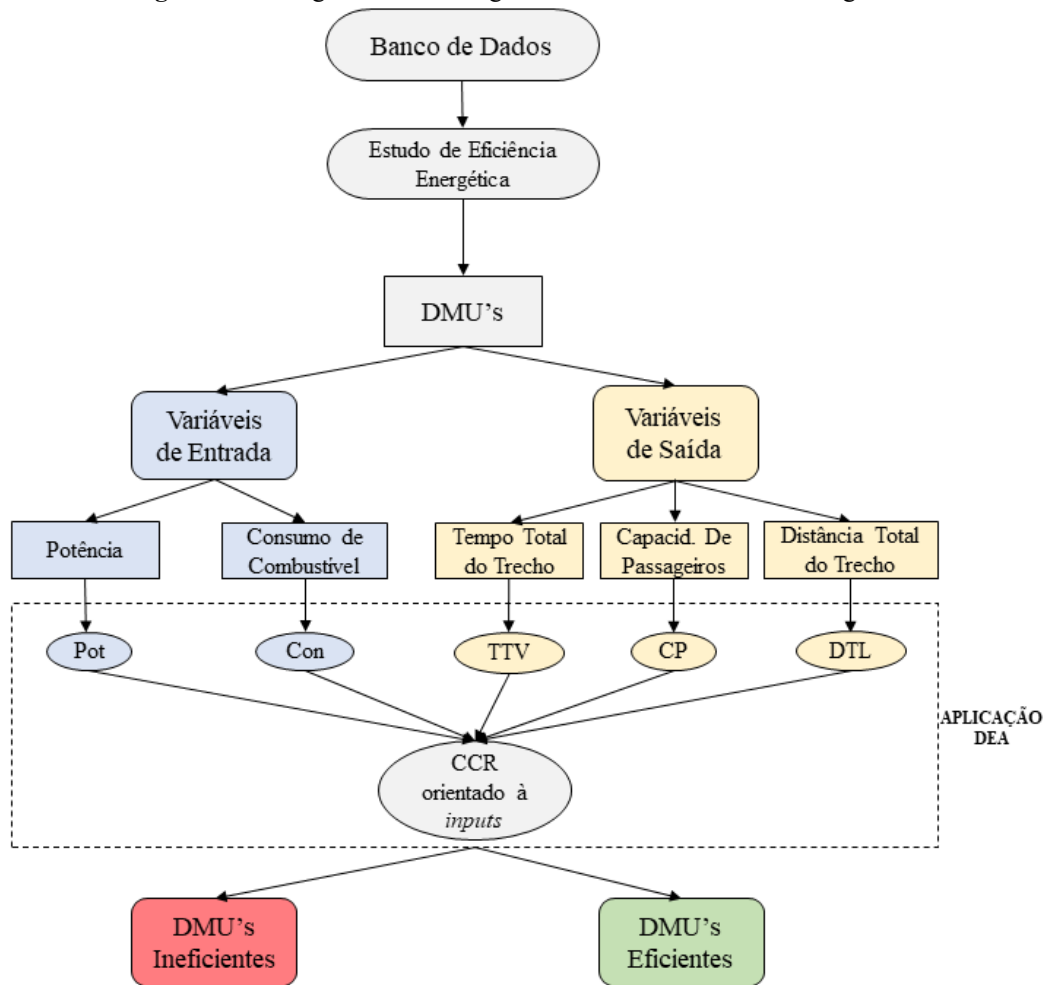
Na etapa de seleção de unidades tomadoras de decisão, fez-se necessária a consideração de um grupo homogêneo e com similaridades relacionadas a quantidade e tipo das variáveis de entrada e saída, excetuando sua intensidade e importância. No que concerne à relação entre o tamanho da amostra e a quantidade de variáveis incluídas, analisou-se um vasto número de DMU's, haja vista que se este número for pequeno em relação à quantidade de variáveis, pode ocorrer uma elevação dos indicadores de desempenho, tornando um grande número de DMUs eficiente. Para Golany e Roll (1989) o número de unidades tomadoras de decisão deve ser pelo menos duas vezes o número de variáveis.

As pesquisas científicas aplicadas na literatura em Verdonck et al. (2014), Akhtar e Utne (2014), Wu (2015), Hänninen & Kujala (2012), Luna et al. (2018) e Douma et al. (2009, 2011) tem em comum a análise de parâmetros de eficiência intrínsecos ao transporte aquaviário. Tendo em vista isso, a partir da análise da bibliografia utilizada, aplicou-se a metodologia DEA tendo por base as abordagens das literaturas pesquisadas.

3.5.1. Seleção das Variáveis – Eficiência Energética

Neste estudo, para a análise de eficiência energética, a potência (Pot) e o consumo (Con) foram consideradas as variáveis de input e como outputs foram utilizados o tempo total da viagem (TTV), distância total da linha de atuação (DTL) e a capacidade de passageiros (CP), conforme evidenciado no fluxograma da Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma Metodológico - Análise de Eficiência Energética

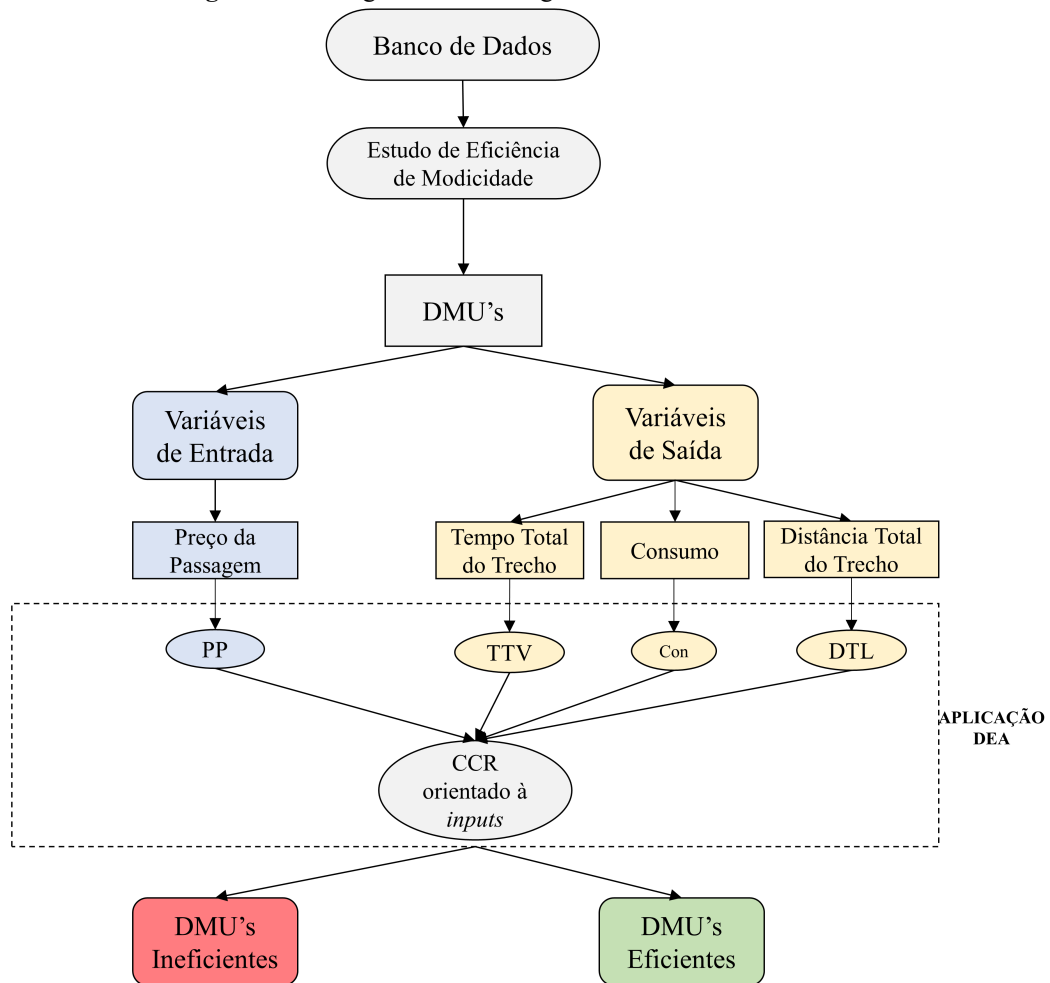


Fonte: Autor (2020).

3.5.2. Seleção das Variáveis – Modicidade

Para a análise de modicidade, foi utilizada como input o preço da passagem (PP) e como output consumo (Con), tempo total da viagem (TTV) e a distância total da rota (DTR), conforme evidenciado na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma Metodológico - Análise de Modicidade



Fonte: Autor (2020).

Portanto, as variáveis podem refletir diretamente o desempenho das DMU's pesquisada. O objetivo desta pesquisa é minimizar a variável de entrada da pesquisa, portanto, o modelo aplicado de DEA é o CCR *input-oriented*.

3.5.3. Modelo matemático CCR

Apresentado por Charnes et al. (1978), o modelo CCR caracteriza-se por ser uma extensão dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos por Farrel (1957). O modelo constrói, a partir dos dados em análise, uma superfície linear por partes não paramétrica. Conhecido também como modelo CRS – Constant Returns to Scale, este faz uso de retornos constantes de escala, haja vista que as variações ocorridas nas entradas (*inputs*) produzem variações proporcionais nas saídas (*outputs*), tendo, então, um crescimento à taxas constantes.

3.5.4. Modelo CCR orientado à inputs

O modelo CCR orientado à inputs determina a eficiência por meio da otimização da razão entre a soma ponderada das saídas pela soma ponderada das entradas (Mello et al., 2015). O modelo em questão permite a determinação de pesos para cada variável em cada DMU, desde que estes não gerem uma razão maior que 1, sendo que o resultado de cada DMU está intrinsecamente ligado ao peso adicionado a cada variável. Nesse sentido, a Equação 1 representa a formalização do modelo e a Equação 2 e Equação 3 representam as restrições.

$$\mathbf{Max} \dots \mathbf{Eff}_0 = \left(\frac{\sum_{j=1}^s u_j \cdot y_{jo}}{\sum_{i=1}^s v_i \cdot x_{io}} \right) \quad (1)$$

Sujeito a

$$\left(\frac{\sum_{j=1}^s u_j \cdot y_{jk}}{\sum_{i=1}^s v_i \cdot x_{ik}} \right) \leq 1, \mathbf{k} = 1, \dots, \mathbf{n} \quad (2)$$

$$\mathbf{u}_j, \mathbf{v}_i \geq 0, \forall \mathbf{i}, \mathbf{j} \quad (3)$$

Em que \mathbf{Eff}_0 é a eficiência da DMU; \mathbf{k} é o valor que representa cada DMU; \mathbf{i} representa cada input; \mathbf{j} representa cada output; \mathbf{v}_i e \mathbf{u}_j são os pesos de inputs e outputs, respectivamente; \mathbf{x}_{ik} e \mathbf{y}_{jk} são os inputs \mathbf{i} e outputs \mathbf{j} da DMU \mathbf{k} , \mathbf{x}_{io} e \mathbf{y}_{jo} são os inputs \mathbf{i} e outputs \mathbf{j} da DMU \mathbf{o} .

Tendo em vista que o problema descrito nas Equações 1, 2 e 3 é um problema de programação fracionária, faz-se necessária a transformação para um problema de programação linear (PPL) por intermédio da linearização, feita ao tornar o denominador da função uma constante. A formulação do modelo CCR transformado em um problema de programação linear é evidenciada na Equação 4, com as restrições descritas na Equação 5, Equação 6 e Equação 7. No referido modelo, as variáveis de decisão agora são os pesos \mathbf{u}_j e \mathbf{v}_i .

$$\mathbf{Max} \dots \mathbf{Eff}_0 = \sum_{j=1}^s \mathbf{u}_j \cdot \mathbf{y}_{jo} \quad (4)$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^s \mathbf{v}_i \cdot \mathbf{x}_{io} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^s \mathbf{u}_j \cdot \mathbf{y}_{jk} - \sum_{i=1}^s \mathbf{v}_i \cdot \mathbf{x}_{ik} \leq 0, \forall \mathbf{k} \quad (6)$$

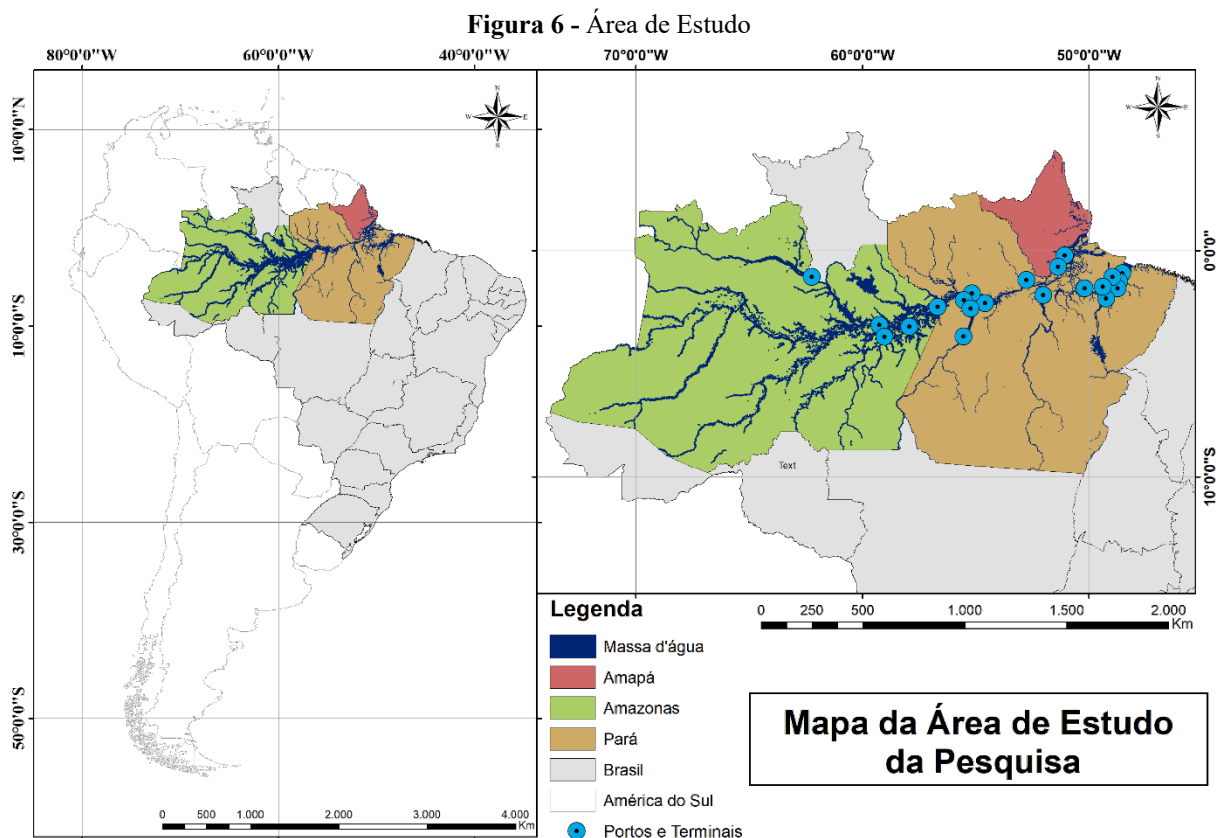
$$u_j, v_i \geq 0, \forall i, j \quad (7)$$

Também é necessário dizer que, em outras aplicações do método aqui proposto, deve-se atentar na quantidade de DMUs avaliadas. Um número insuficiente de DMUs avaliadas em um modelo DEA tende a classificar um maior número de DMUs com 100% de eficiência, devido a utilização de um número não-adequado de grau de liberdade (Sun et al., 2017).

4. ESTUDO DE CASO

A área de abrangência do estudo compreendeu as principais Unidades da Federação geradoras de fluxo fluvial na Região Hidrográfica Amazônica, a saber: Pará (PA), Amapá (AP), Amazonas (AM) e Rondônia (RO).

A Região Hidrográfica Amazônica é a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, com 7.008.370 km², que se distribuem pelos territórios do Brasil (63%), Peru (17%), Bolívia (11%), Colômbia (5,8%), Equador (2,2%), Venezuela (0,7%) e Guiana (0,2%) (ANA, 2017). As 4 Unidades da Federação estudadas concentram 37,4% do território brasileiro (3.187.694 km²) e 7,2% da população brasileira, cerca de 15 milhões de habitantes estimados para 2017 (IBGE, 2017). Na Figura 6 evidencia-se a área de abrangência do estudo, destacando os Estados analisados, as rotas de navegação e os portos e terminais responsáveis por receberem as embarcações que realizam as rotas analisadas.



Fonte: Autor (2021).

4.1. PERFIL DO USUÁRIO – PASSAGEIROS

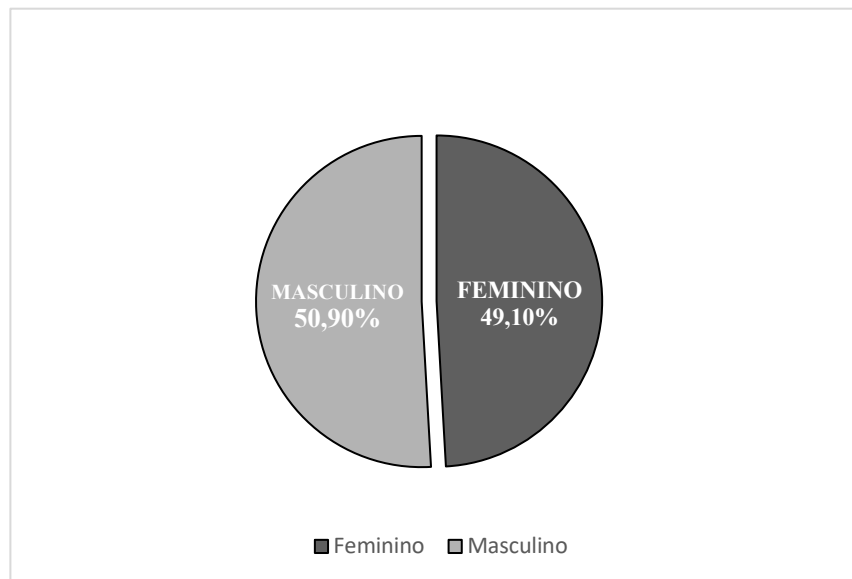
A extensa malha hidroviária e os reduzidos trechos rodoviários e ferroviários na Região Amazônica fizeram com que o desenvolvimento das cidades ocorresse pelo transporte fluvial,

com aumento e escoamento da produção extrativista e abastecimento das cidades ribeirinhas de alimentos e bens manufaturados, além da movimentação de passageiros (PIRES JR.; ASSIS, 2011). Para a grande maioria da população da Região Amazônica, o transporte fluvial é a única alternativa viável (MEDEIROS, 2011).

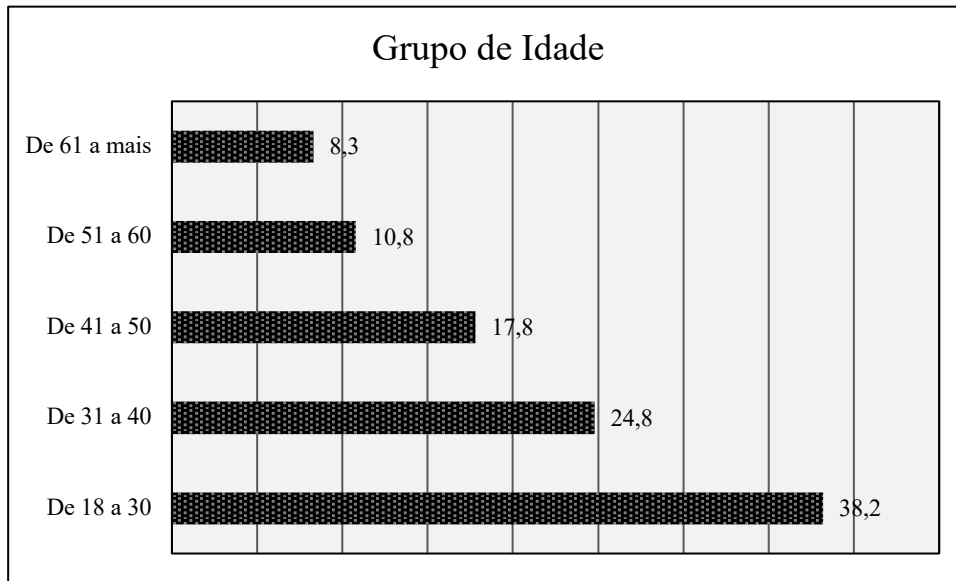
Concernente ao perfil dos usuários do transporte hidroviário na Região Amazônica, tem-se que ANTAQ (2018) realizou um estudo de caracterização de oferta e demanda do referido transporte na região e, por meio deste, foi possível levantar as características dos usuários, com informações referentes a sexo, idade, escolaridade, ocupação e renda, conforme evidenciado nos gráficos que seguem.

Conforme evidenciado na Figura 7 e Figura 8, pode-se observar que as mulheres correspondem a 49,1% dos entrevistados e os homens 50,9%. Quanto ao perfil de idade, pode-se observar na Figura 8 que entre 18 e 30 anos estão 38,2% dos entrevistados, 24,8% têm entre 31 e 40 anos, 17,8% estão na faixa entre 41 e 50, 10,8% têm entre 51 e 60 anos e 8,3% 60 anos ou mais.

Figura 7 - Perfil do Usuário - Sexualidade

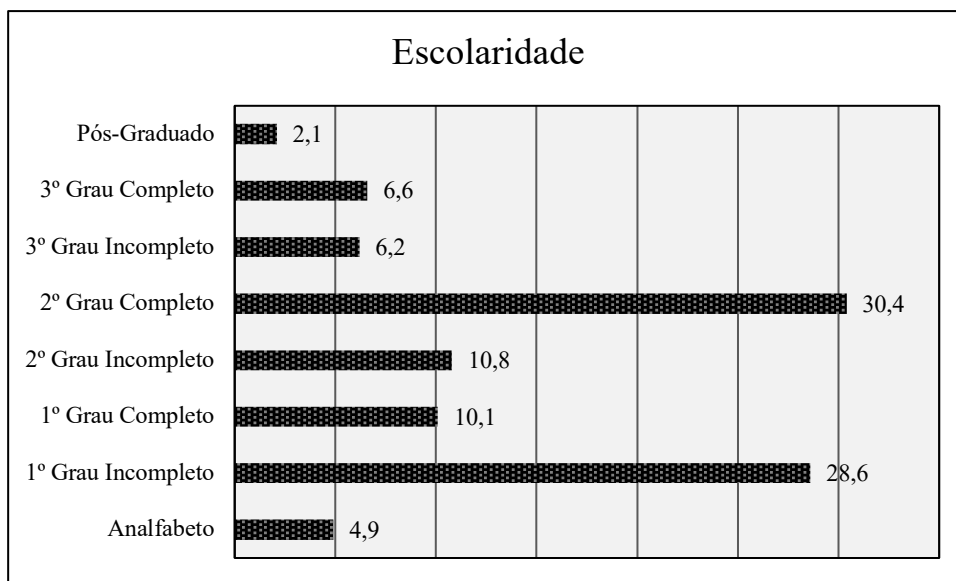


Fonte: Autor (2020).

Figura 8 - Perfil do Usuário - Grupo de Idade

Fonte: Autor (2020).

De acordo com ANTAQ (2018) os usuários de transporte fluvial que não tiveram acesso à educação formal constituem 4,9% do espaço amostral utilizado e os que frequentaram a escola e não foram além do 1º grau completo somam 38,7%. Do universo pesquisado, 41,2% estudaram até o segundo grau completo ou não, outros 12,8% chegaram ao 3º grau e 2,1% declararam ser pós-graduados.

Figura 9 - Perfil do Usuário - Escolaridade

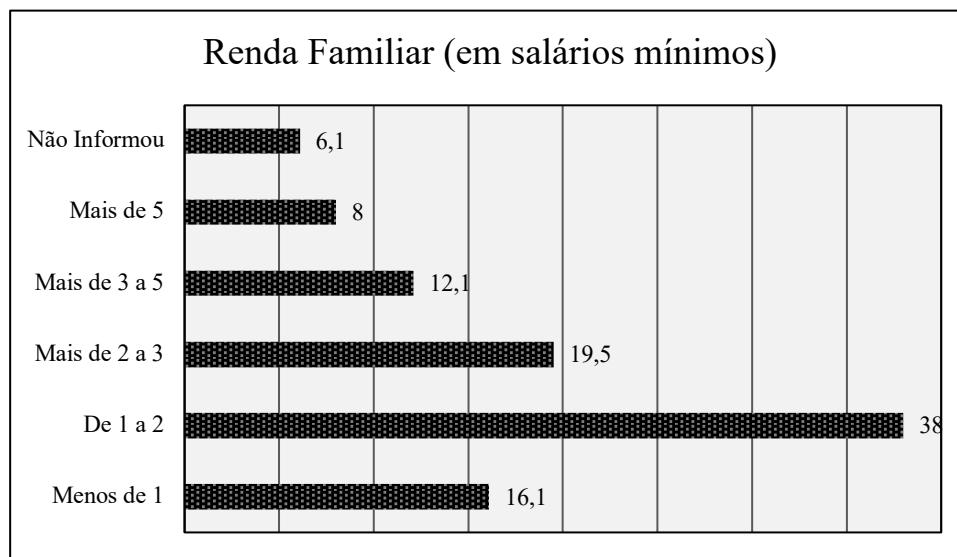
Fonte: Autor (2020).

Concernente à renda familiar média dos indivíduos que fazem uso do transporte aquaviário, tem-se que, segundo ANTAQ (2018) a maioria recebe de 1 a 2 salários-mínimos

(38%), enquanto 19,5% recebem de 2 a 3, 12,1% recebem mais de 3 a 5, 8% recebem mais de 5 e 16,1% recebem menos de 1 salário-mínimo.

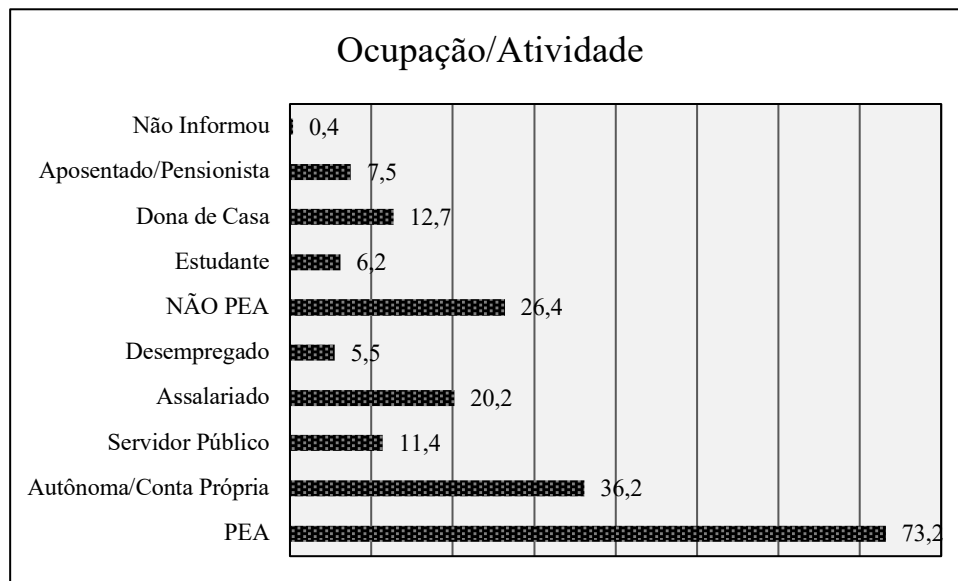
A partir das estatísticas supracitadas constatadas em ANTAQ (2018) a respeito do salário médio das famílias (Figura 10), pode-se perceber que mais de 50% não possuem boas condições financeiras, fatos estes que, eventualmente, refletem nos preços das passagens de determinados trechos e, por conseguinte, refletem negativamente na qualidade do transporte.

Figura 10 - Perfil do Usuário - Renda Familiar



Fonte: Autor (2020).

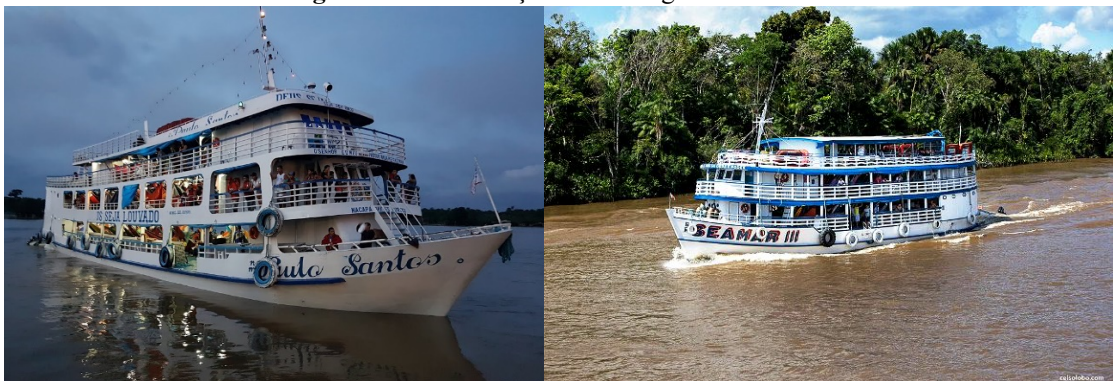
Em consonância com o exposto no gráfico da Figura 10 referente aos salários médios, tem-se também como estatística apresentada por ANTAQ (2018) as ocupações dos usuários do transporte em questão, estatística essa que pode refletir consideravelmente nas condições de transporte ofertadas à população. A partir da análise da Figura 11, pode-se perceber que a maioria se apresenta como autônoma/conta própria, que representam 36,2% da amostra utilizada. 22% se apresentam como assalariados, 5,5% se apresentam como desempregados, 11,4% são servidores públicos, 12,7% são donas de casa, 7,5% são pensionistas e 6,2% são estudantes.

Figura 11 - Perfil do Usuário - Ocupação/Atividade

Fonte: Autor (2020).

4.2. PERFIL DAS EMBARCAÇÕES

Estas embarcações destacam-se pelo transporte somente de passageiros ou como o transporte de cargas e passageiros (mistas). Estes barcos são amplamente utilizados na região amazônica e realizam inúmeras rotas estaduais e interestaduais. Na Figura 12 evidenciam-se embarcações típicas da região.

Figura 12 - Embarcações de Passageiros e Mistas

No que tange às dimensões principais das referidas embarcações, tem-se que estas dependem de diversos fatores, relacionados, principalmente, ao tipo de carga e a rota que a embarcação irá navegar (interestadual e estadual). Denota-se, na Tabela 7 as dimensões médias deste tipo de embarcação.

Tabela 7 - Dimensões Principais - Embarcações de Passageiros e Mistas

Dimensões Principais - Embarcações Mistas de Linhas Interestaduais e Estadual				
Tipo de Embarcação	Boca Média (m)	Comprimento Médio (m)	Calado Médio (m)	TPB médio (ton)
Linha Interestadual	8	34	2	267
Linha Estadual	6	26	1	142

Fonte: ANTAQ (2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com auxílio da ferramenta computacional DEA-Solver, foi possível aplicar a programação linear utilizando a DEA e conseqüentemente obter os índices de eficiência.

5.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

No intuito de analisar, em primeiro lugar, a eficiência energética das embarcações utilizadas na região amazônica, com base na metodologia proposta, as Tabelas 8, 9 e 10 apresentam os dados de *input* e *output* para cada embarcação divididas em linhas de travessia, estaduais e interestaduais.

Tabela 8 - Dados de input e output de eficiência energética dos DMU's do tipo travessia

DMU	Variáveis de Input		Variáveis de Output		
	Potência (kW)	Consumo (l)	Tempo Total de Viagem (h)	Distância Total da Rota (km)	Capacidade de Passageiros (Unidade)
1	800	250	0,5	16	135
2	618	750	1	16	650
3	367	20	0,8	16	271
4	190	7	0,5	6	45
5	114	8	0,5	6	35
6	550	70	1	32	91
7	290	70	1	32	54
8	400	200	1	32	56
9	250	150	1	32	70
10	210	200	1	32	56
11	420	150	2	32	65
12	200	250	2	32	60
13	420	150	2	32	60
14	460	150	2	32	60
15	460	150	2	32	60
16	480	150	2	32	45
17	460	150	2	32	60
18	400	150	2	32	60
19	400	150	2	32	70
20	460	150	2	32	50
21	380	150	2	32	55
22	420	60	0,8	19	70
23	125	80	0,8	19	90
24	480	60	0,8	19	80
25	410	60	0,8	19	58

26	450	70	0,7	19	60
27	150	45	0,5	18	16
28	200	50	0,5	18	16
29	200	40	0,5	18	22
30	200	45	0,5	18	14
31	150	45	0,5	18	14
32	250	40	0,5	18	18
33	350	40	1	14	85
34	120	18	0,8	14	70
35	270	20	0,6	14	66
36	150	30	0,8	14	88
37	125	30	0,6	14	80
38	160	30	0,8	14	68
39	270	30	0,8	14	100
40	170	40	0,8	14	100
41	190	30	0,8	14	60
42	220	50	0,8	14	50
43	580	100	1,7	14	95
44	200	20	0,7	14	100
45	190	20	0,8	14	43
46	250	10	0,3	10	56
47	290	10	0,3	10	50
48	390	9	0,3	10	49
49	294	10	0,3	10	64
50	294	10	0,5	10	40

Fonte: Autor (2020).

As DMU's utilizadas para o grupo de travessia, apesar das rotas possuírem distâncias de valores relativamente próximos, possuem uma grande variedade em relação às variáveis de input e output. Em primeiro lugar, a variável de potência possui uma média de 290 kW variando entre 114 kW 800 kW, a outra variável de input, consumo, possui uma média de 50 litros de combustível com uma elevada variação ente 7 e 650 litros. Para as variáveis de output temos para o Tempo Total de Viagem a média de 0,8 horas de viagem, variando entre 0,3 e 2 horas, para a Capacidade de Passageiros, a média é de 60 pessoas, variando entre 15 e 650 pessoas. Pode-se perceber uma grande pluralidade entre aos dados apresentados apresentando diversos perfis de DMU's.

Por conseguinte, na Tabela 9 evidenciam-se os dados de input e output de eficiência energética dos DMU's do tipo estadual.

Tabela 9 - Dados de input e output de eficiência energética dos DMU's do tipo estadual

DMU	Variáveis de Input		Variáveis de Output		
	Potência (kW)	Consumo (l)	Tempo Total de Viagem (h)	Distância Total da Rota (km)	Capacidade de Passageiros (Unidade)
1	350	60	3	92	25
2	290	1000	36	338	96
3	900	4000	60	525	346
4	600	250	2,5	50	79
5	280	350	6	50	98
6	830	250	1,5	85	140
7	420	800	10	180	175
8	180	350	18	382	15
9	114	400	10	170	60
10	450	1000	10	185	451
11	1000	1200	12	185	436
12	114	70	4	62	15
13	450	3500	14	285	176
14	200	250	5	180	40
15	520	4000	64	830	265
16	580	180	0,8	93	100
17	1600	600	2	88	171
18	450	4000	45	640	95
19	315	1700	24	623	50
20	270	700	23	322	93
21	160	400	12	170	64
22	450	2200	38	421	199
23	360	300	12	211	78
24	306	550	18	211	95
25	315	8000	216	1930	70
26	550	1000	20	1054	192
27	600	280	2	79	63
28	600	2500	45	616	142
29	550	2000	45	616	170
30	824	2000	20	698	550
31	600	2300	36	475	338
32	360	800	7	475	100
33	500	7500	120	1573	200
34	829	3200	40	631	372
35	360	200	5	93	142
36	600	500	7	305	352
37	156	200	8	62	77

38	160	250	8	62	25
39	500	350	10	62	50
40	420	800	14	135	88
41	373	600	14	135	100
42	160	400	10	148	45
43	477	1600	14	250	130
44	377	1000	12	154	137
45	114	60	6	108	40
46	420	250	5	110	135
47	600	1500	14	109	310
48	800	800	10	109	420
49	600	700	10	150	266
50	829	800	11	150	405

Fonte: Autor (2020).

Como o esperado, a partir da maior variação entre as distâncias das rotas do grupo, analisando os dados dos DMU's do tipo estadual, percebe-se inicialmente que é o grupo que possui a maior variedade entre os dados apresentados. Para as variáveis de input Potência e Consumo obteve-se uma média de 450 kW variando entre 114 e 1600 kW e 750 litros variando entre 60 e 8000 litros de óleo diesel respectivamente. Para as variáveis de output temos para o Tempo Total de Viagem uma média de 12 horas e variação entre 0,8 e 216 horas e para a Capacidade de Passageiros temos uma média de 115 passageiros e um intervalo entre 15 e 550 pessoas.

Por fim, na Tabela 10 evidenciam-se os dados de input e output de eficiência energética dos DMU's do tipo interestadual.

Tabela 10 - Dados de input e output de eficiência energética dos DMU's do tipo interestadual

DMU	Variáveis de Input		Variáveis de Output		
	Potência (kW)	Consumo (l)	Tempo Total de Viagem (h)	Distância Total da Rota (km)	Capacidade de Passageiros (Unidade)
1	915	5000	31	555	836
2	818	5000	28	555	490
3	600	9000	72	1646	756
4	600	16000	96	1646	838
5	367	10000	96	1646	254
6	800	13000	96	1646	763
7	300	2500	40	696	276
8	175	2250	58	696	90
9	180	1200	24	409	91
10	420	1400	24	409	93

11	830	8000	126	1348	95
12	315	7000	124	1348	175
13	360	7000	124	1348	135
14	820	9000	32	866	1324
15	600	9000	30	866	300
16	1200	350	26	650	1330
17	915	3600	24	650	821
18	800	2500	25	680	770
19	950	400	12	680	90
20	915	3000	30	680	1002
21	360	800	15	557	124
22	315	400	13	557	134
23	240	2400	36	557	124
24	600	3600	30	165	680
25	420	2000	36	165	280
26	290	4000	30	165	100
27	600	4500	36	165	290
28	315	2500	40	165	228
29	570	2500	36	165	340
30	600	2000	28	165	200
31	220	800	22	261	250
32	440	800	24	261	151
33	180	900	20	261	155
34	190	500	20	261	98
35	300	1600	30	261	170
36	220	1400	20	261	100
37	829	7500	28	514	520
38	400	9000	27	514	231
39	1800	5000	13	514	171
40	829	8000	30	514	1400
41	440	10000	28	514	700
42	840	6500	28	514	650
43	200	825	7	243	65
44	315	700	7	243	96
45	697	2400	27	496	258
46	600	2000	28	496	362
47	550	2000	32	496	513
48	500	120	2,5	75	43
49	600	700	10	150	266
50	829	800	11	150	405

Fonte: Autor (2020).

Para os DMU's do tipo interestadual, temos uma média de potência de 560 kW variando entre 175 e 1800 kW e para a segunda variável de input, consumo, temos uma média de 2500 litros entre o intervalo de 120 e 16000 litros de óleo diesel. Para as variáveis de output foi obtido, para o Tempo Total de Viagem uma média de 28 horas variando entre 2,5 e 126 horas de viagem e para a variável Capacidade de Passageiros temos uma média de 256 pessoas variando entre 43 e 1400 passageiros. Podemos citar a partir destes resultados, que as médias para as variáveis do tipo interestaduais são, obviamente, já que as distâncias de trajeto são as de maior média, as de maior valor. Pode-se perceber também, que, assim como os grupos anteriores, existe uma grande variedade dentro das informações, o que torna a comparação necessária para a região.

A Tabelas 11, 12 e 13 exibem as correlações entre as variáveis de inputs e outputs. O fato das correlações entre os inputs e os outputs entre si sugerem validade para o modelo proposto (Hair et al., 2013). É observado que as maiores relações para o grupo de travessias são entre a Distância Total Rota e o Tempo Total de Viagem (0,79), entre a Capacidade de Passageiros e o Consumo (0,75), percebe-se que estas correlações entre estas variáveis são bastantes pertinentes, já que são parcialmente dependentes entre si. Em contra partida, para os dois outros grupos, percebe-se que as variáveis com maior correlação são Distância Total Rota e o Tempo Total de Viagem, assim como para o grupo de travessias, porém as outras variáveis de maior correlação são Distância Total Rota e Consumo, sendo estas, variáveis parcialmente dependentes também.

As menores correlações, para o grupo de travessia, são entre Capacidade de Passageiros e Distância Total Rota sendo aparentemente variáveis independentes, para o grupo estadual e interestadual, a menor correlação apurada foi entre Tempo Total de Viagem e Potência, este fato por si só mostra parcialmente uma tendência a ineficiência do transporte, já que as mesmas são variáveis parcialmente dependentes.

Tabela 11 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de eficiência energética para as DMU's do tipo travessia

	Potência	Consumo	Tempo Total de Viagem	Distância Total da Rota	Capacidade de Passageiros
Potência	1				
Consumo	0,5308832	1			
Tempo Total de Viagem	0,4227572	0,411377942	1		
Distância Total da Rota	0,3703855	0,406864071	0,797507683	1	
Capacidade de Passageiros	0,3773539	0,749508177	0,019881609	-0,086814188	1

Tabela 12 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de eficiência energética para as DMU's do tipo estaduais

	Potência	Consumo	Tempo Total de Viagem	Distância Total da Rota	Capacidade de Passageiros
Potência	1				
Consumo	0,150129998	1			
Tempo Total de Viagem	-0,008365506	0,904039141	1		
Distância Total da Rota	0,040678214	0,877648651	0,896917203	1	
Capacidade de Passageiros	0,626904	0,229374217	0,048209647	0,135910124	1

Tabela 13 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de eficiência energética para as DMU's do tipo interestaduais

	Potência	Consumo	Tempo Total de Viagem	Distância Total da Rota	Capacidade de Passageiros
Potência	1				
Consumo	0,247776042	1			
Tempo Total de Viagem	-0,044210576	0,62789929	1		
Distância Total da Rota	0,179702304	0,731938986	0,81400515	1	
Capacidade de Passageiros	0,534060508	0,424743566	0,041419872	0,269134067	1

A eficiência final é produto das eficiências relativas de cada variável do estudo, logo, as DMUs que se mostraram mais eficientes no estudo são as que se apresentaram com valores mais altos de eficiência em variáveis de entrada e saída. A partir dos dados apresentados de cada DMU e as correlações entre cada variável, o modelo DEA-SBM foi executado para

encontrar os DMU's mais eficientes energeticamente para os três grupos. Os índices de eficiências das DMUs são apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16.

Tabela 14 - Eficiência energética dos DMU's do tipo travessia

No.	Nome da embarcação	Score	Rank
2	Comandante Marcos	1	1
3	Merru	1	1
4	Deus e Amor De Boa Vista	1	1
5	Galileu	1	1
12	Água Branca II	1	1
23	Expresso Força Da Fé	1	1
34	Apostolo Paulo	1	1
37	Comandante Teixeira	1	1
46	Expresso Jiboia	1	1
48	Lancha Gisa	1	1
50	Natureza II	1	1
49	Lancha Mãe Maria Lopes	0,9418	12
47	Lancha Estrela Sá	0,8734	13
36	Comandante Leonardo	0,8447	14
44	Souza Nunes	0,8146	15
40	Dominik I	0,7633	16
38	Deus Te Guie	0,7334	17
10	Expresso Silas Correa I	0,5994	18
41	El Nino	0,5967	19
39	Dominik	0,5935	20
45	Vitória De Cotijuba	0,5881	21
9	Expresso Samueli Ix	0,5658	22
35	Comandante Cabral	0,554	23
7	Expresso Dona Terezinha	0,4758	24
42	Expresso Brasileira	0,4684	25
33	Atlântico V	0,4531	26
19	Princesa Yasmim II	0,4503	27
11	Adriana I	0,414	28
18	Dhulia II	0,4122	29
21	Samuely Vii	0,4088	30
13	Amanda Minha XI	0,3952	31
14	Amanda Minha XII	0,365	32
15	Amazônia XII	0,365	32
17	Deus Me Deu I	0,365	32
6	Expresso Dona Lourdes	0,3515	35

27	Barãozinho	0,3371	36
20	Ramo Garcia	0,3265	37
8	Expresso Jamily Leticia	0,3251	38
22	Expresso Campinho	0,3208	39
29	Comandante Guilber	0,3184	40
24	Expresso Karen	0,3157	41
31	Comandante Walter	0,308	42
25	Expresso Regional II	0,3015	43
16	Androrinha VIII	0,2938	44
43	Expresso Mangabeira	0,2785	45
26	Sophia Cabral II	0,2622	46
28	Comandante Carlos Henrique	0,2573	47
30	Comandante Pericles	0,237	48
32	Daniele II	0,229	49
1	Ana Cunha	0,1441	50

O primeiro grupo resultou em onze DMU's eficientes, dos quais 63% das embarcações são paraenses e 37% amazonenses. Dentre as DMU's mais eficientes, nota-se também que 90% deste possuem rotas inferiores à média geral dos percursos de 20 km. É demonstrado nessa tabela também o ranqueamento da eficiência energética entre as DMU's. Segundo esses resultados, é deduzido que a média de eficiência das embarcações analisadas é de 0,57 variando entre 0,1441 e 1, um valor muito abaixo dos padrões de eficiência energética esperados para este serviço.

Na Tabela 15 evidencia-se a eficiência energética das DMU's do tipo estaduais.

Tabela 15 - Eficiência energética dos DMU's do tipo estaduais

No.	Nome da embarcação	Score	Rank
8	Miranda Junior	1	1
10	Baluarte II	1	1
25	Comandante Bindá	1	1
26	14 de outubro	1	1
35	Comandante Marcos André	1	1
36	São Bartolomeu II	1	1
45	Barão do Uruari	1	1
9	Príncipe Da Paz	0,9454	8
2	Duca Siqueira	0,8753	9
20	Denes Coimbra	0,8426	10

21	Comandante Lucas	0,8211	11
15	Cidade de Santarém II	0,7209	12
33	Voyager III	0,7178	13
29	J. Candido	0,6739	14
42	Bonanza	0,6623	15
37	Comandante Israel V	0,6593	16
24	Servo do Rei	0,6471	17
31	Coronel Tavares	0,6405	18
30	F B Estrela Pp	0,6343	19
1	Comandante Zeca	0,6284	20
22	Neto Silva VI	0,6266	21
23	Principe da Paz	0,5672	22
34	A. Nunes II	0,5252	23
28	Amazônia Rum	0,5184	24
14	Cunha Filho	0,5117	25
12	Comandante Thiago	0,4943	26
19	Bom Socorro	0,4808	27
3	Fb Amazonas I	0,4625	28
32	Expresso Nova Aliança II	0,4155	29
18	Gabriela III	0,4132	30
7	Abençoado II	0,4125	31
38	Da Silva Castro III	0,4021	32
41	Comandante Marinho	0,3986	33
44	Ana Vitória	0,3707	34
49	Cidade De Oriximiná II	0,3529	35
43	Cidade Terezinha III	0,3377	36
50	F B Moçada	0,3194	37
40	Araguaia III	0,3183	38
46	Miranda Dias	0,3158	39
48	Vip	0,2842	40
5	Freitas Teixeira	0,2638	41
11	Marajo Norte	0,2604	42
47	Principe de Óbidos	0,2494	43
13	Custódio III	0,2463	44
39	Gavião II	0,2013	45
4	Bianca Beatriz X	0,1421	46
6	Alziane Cunha	0,1296	47
27	Nr da Silva	0,1285	48
16	Águia I	0,1104	49

17	Expresso Golfinho I	0,0672	50
----	---------------------	--------	----

Fonte: Autor (2021).

O segundo grupo obteve apenas 7 DMU's eficientes energeticamente, desses 71% são embarcações do estado do Pará e 29% do estado do Amazonas, diminuindo a média encontrada no grupo de travessias, também 71% das embarcações mais eficientes energeticamente tem rotas com distâncias maiores que a média de 180 km sendo, ainda 57% tendo a distância total maior que 300 km. A média de eficiências energéticas é de 0,503, valor menor ainda ao encontrado para o grupo travessias.

Na Tabela 16 evidencia-se a eficiência energética das DMU's do tipo interestaduais.

Tabela 16 - Eficiência energética dos DMU's do tipo interestaduais

No.	Nome da embarcação	Score	Rank
3	Amazon Star	1	1
4	Catamarã Rondonia	1	1
5	Nelio Correa	1	1
8	Pedro Junior	1	1
12	Stenio Araújo	1	1
14	F B São Bartolomeu IV	1	1
16	F B Obidense II	1	1
19	Lancha Oriximiná	1	1
22	Marcos Filho III	1	1
31	Alice	1	1
34	Napoleão	1	1
40	F B Ana Beatriz V	1	1
41	Golfinho do Mar II	0,8928	13
7	Iluminado	0,8617	14
33	Darcy Junior de São Benedito I	0,85	15
13	Vieira I	0,7841	16
9	Espírito Santo II	0,7589	17
47	Sereia	0,677	18
23	São Sebastião	0,6755	19
6	San Marino III	0,6585	20
21	Almirante Paulo Arnold	0,6465	21
35	São Pedro	0,5767	22
46	Cidade de Terra Santa	0,5623	23
20	Leticia Sófia	0,5557	24
18	Cidade de Oriximiná III	0,5452	25

36	Seamar II	0,5315	26
32	Ana Beatriz V	0,5237	27
45	Cidade de Nhamundá III	0,4199	28
17	F B Obidense III	0,3992	29
43	Boa Fé II	0,3896	30
28	São Benedito	0,3874	31
44	Cidade de Nhamundá	0,3805	32
25	Luan	0,3801	33
10	Hanna Janessa	0,3795	34
1	Amanda Leticia II	0,3539	35
24	Bruno	0,3339	36
2	Monte Cristo	0,3166	37
38	Cisne Branco	0,2988	38
29	São Francisco De Assis	0,2913	39
15	Luis Afonso	0,2787	40
30	Seamar IV	0,2684	41
42	São Bartolomeu III	0,2651	42
26	Quirino Neto	0,254	43
11	Almte. Moreira IX	0,2416	44
37	Anna Karoline II	0,2323	45
27	São Bartolomeu II	0,2002	46
48	Rita Helena	0,175	47
39	Expresso Golfinho I	0,1131	48





Fonte: Autor (2021).

Por fim, a partir do exposto, torna-se evidente que, para o último grupo analisado em relação a eficiência energética, interestadual, foram encontrados doze DMU's eficientes, valor maior que os anteriores, porém mais próximo ao grupo de travessia, este valor aproximado se deve à menor variedade de tipos de embarcações em se comparado ao grupo estadual. Destes ditos como eficientes energeticamente, 58% possuem rotas entre os estados do Pará e do Amazonas, 25% entre o Amapá e o Pará e 16% entre o Amazonas e Rondônia, vale ressaltar, também, que apenas 41% das embarcações possuem rotas interligadas por grandes centros urbanos. A média de eficiências dos DMU's foi de 0,55, valor intermediário comparando-se com os outros grupos, porém mais próximo do valor encontrado para o grupo de travessias. Cabe citar, que todas as médias encontradas não chegaram ao valor aceitável de 0,7, se encontrando muito abaixo do esperado.

Em complementação às tabelas supracitadas, desenvolveu-se uma escala de níveis de eficiência a fim de determinar, além das embarcações que atingiram o benchmark, também aquelas que são eficientes por estarem próximas do valor 1, assim como verificar as embarcações com eficiência intermediária e as com eficiência, de fato, baixa. Tal escala foi idealizada como forma de não generalizar a pesquisa apenas em duas classificações (ineficiente e benchmark), tendo em vista que a realidade da Região Amazônica não é caracterizada por, unicamente, embarcações benchmarks, sendo a realidade marcada pelo oposto disso, conforme evidenciado nas tabelas elucidadas anteriormente.

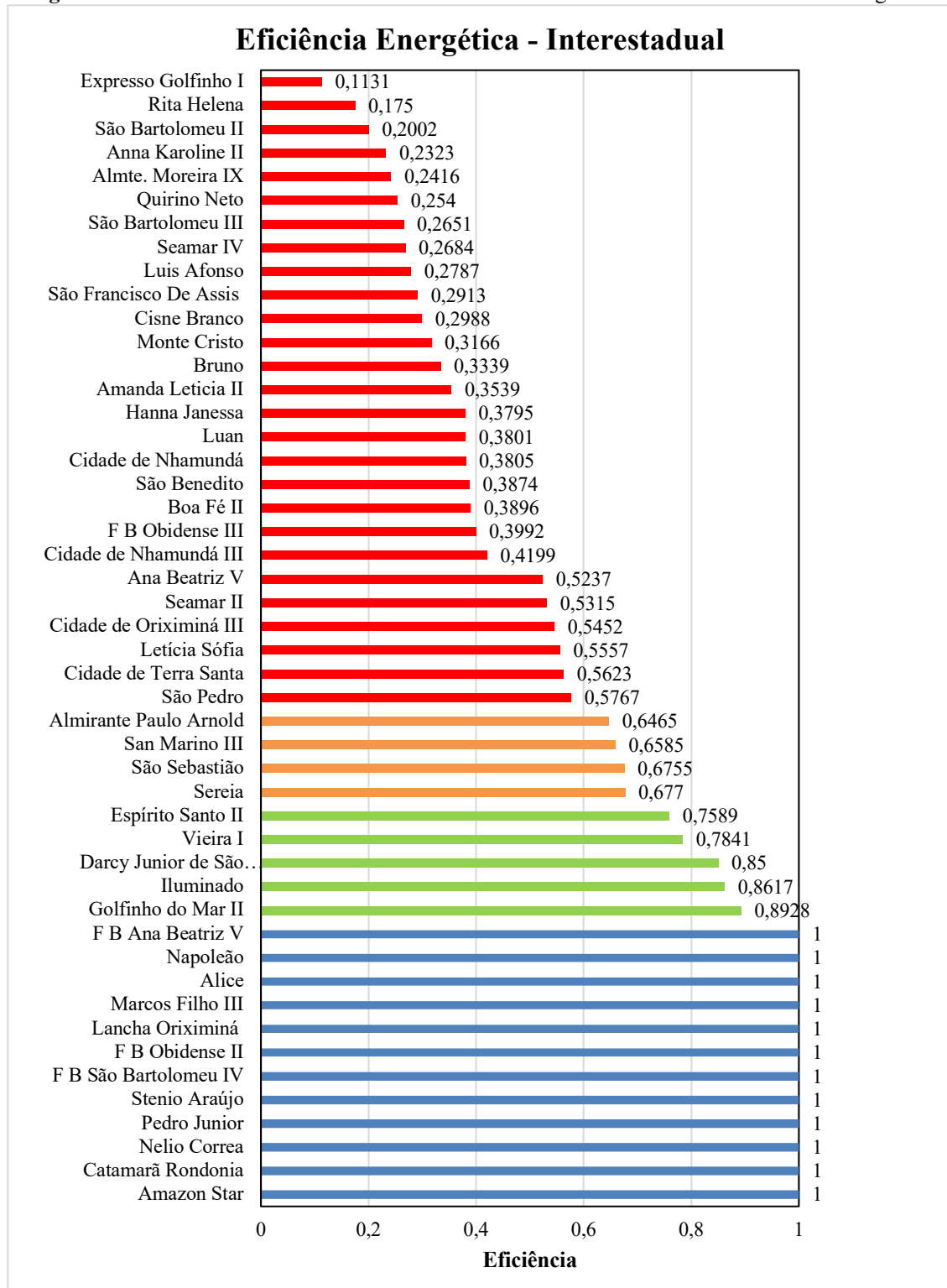
Posto isso, evidencia-se, então, na Tabela 17, as escalas de níveis de eficiência explicadas anteriormente.

Tabela 17 – Níveis de Eficiência Adotados

Nível de Eficiência	Faixa de Valores	Legenda
Baixa Eficiência	< 0,6	
Eficiência Intermediária	0,61 – 0,79	
Eficiente	0,80 – 0,99	
Benchmark	1	

Fonte: Autor (2021).

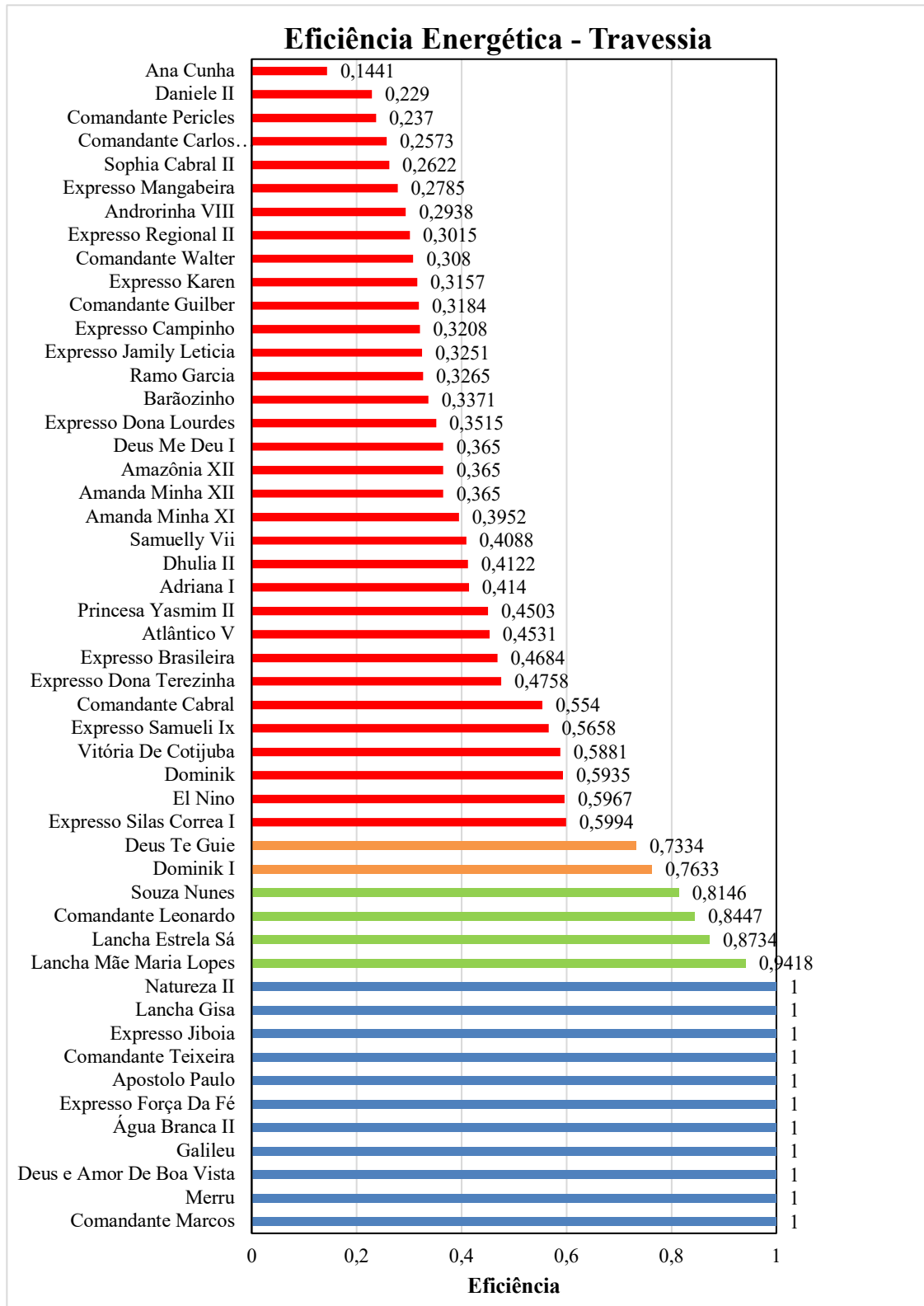
Com os níveis determinados, desenvolveram-se os gráficos de eficiência com os valores numéricos apresentados na Tabela 14, Tabela 15 e Tabela 16 a fim de evidenciar de forma gráfica e aprimorar o entendimento dos valores obtidos. Dessa forma, na Figura 13, foi-se apresentado o gráfico com os níveis de referência para a análise de eficiência energética de embarcações interestaduais.

Figura 13 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Eficiência Energética

Fonte: Autor (2021).

Do mesmo modo como procedido para as embarcações do tipo interestadual, desenvolveu-se também o gráfico para as embarcações de travessia, conforme ilustrado na Figura 14.

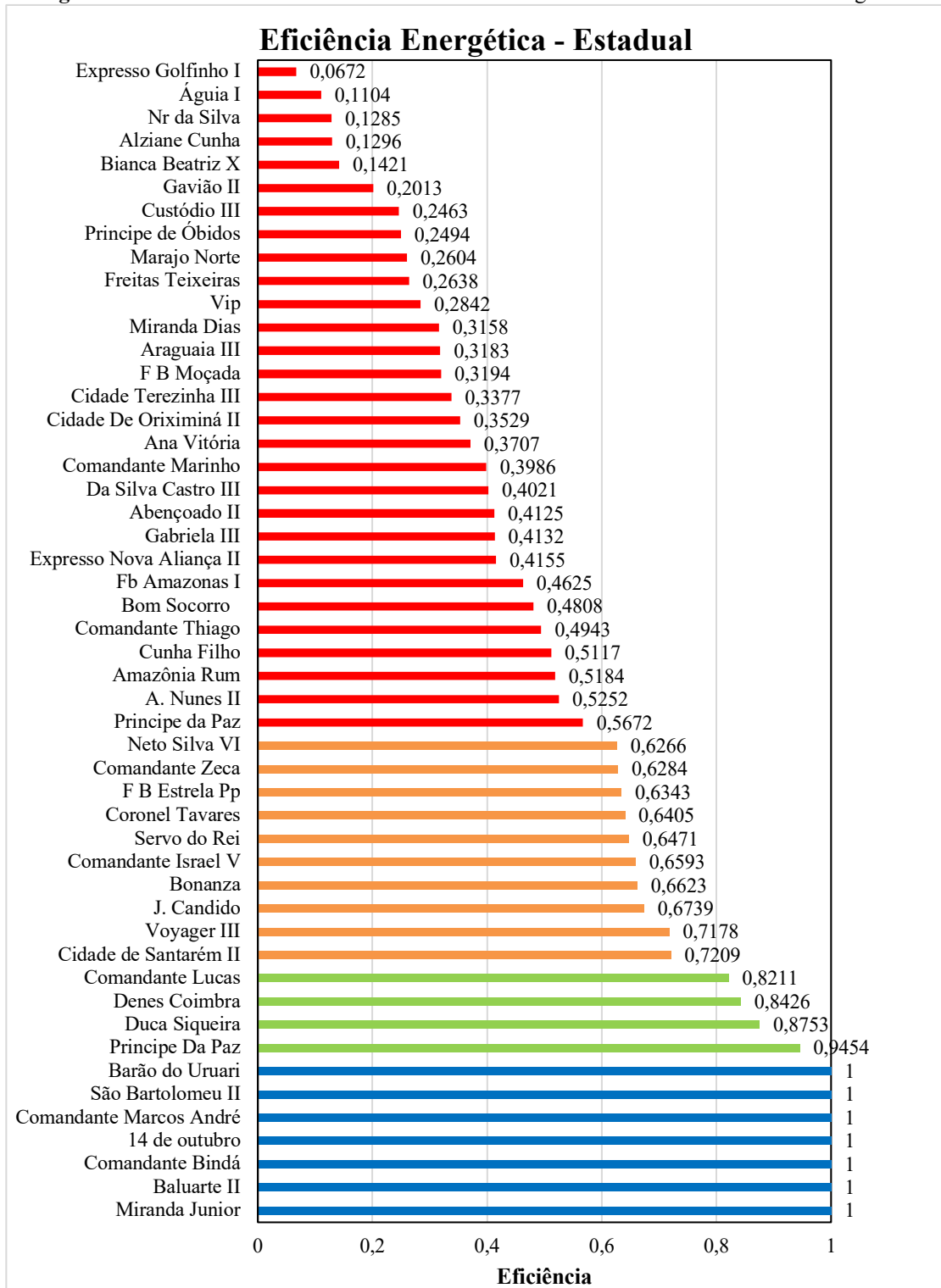
Figura 14 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Travessia - Eficiência Energética



Fonte: Autor (2021).

Por fim, fez-se o mesmo para as embarcações do tipo estaduais, com a evidenciação da escala de eficiência sendo diferenciada por cores (de acordo com a Tabela 17), conforme denotado na Figura 15.

Figura 15 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Eficiência Energética



5.2. MODICIDADE

Para analisar a segunda linha desta pesquisa, modicidade, exibe-se nas Tabelas 18, 19 e 20 os dados dos inputs e outputs de cada DMU.

Tabela 18 - Dados de input e output de modicidade dos DMU's do tipo travessia

DMU	Variáveis de input	Variáveis de output		
	Preço da Passagem (R\$)	Consumo (l)	Tempo Total de Viagem (h)	Distância Total da Rota (km)
1	15	250	0,5	16
2	10	750	1	16
3	7,5	20	0,8	16
4	5	7	0,5	6
5	5	8	0,5	6
6	20	70	1	32
7	15	70	1	32
8	25	200	1	32
9	15	150	1	32
10	25	200	1	32
11	25	150	2	32
12	25	250	2	32
13	25	150	2	32
14	25	150	2	32
15	25	150	2	32
16	25	150	2	32
17	25	150	2	32
18	25	150	2	32
19	25	150	2	32
20	25	150	2	32
21	25	150	2	32
22	12	60	0,8	19
23	12	80	0,8	19
24	12	60	0,8	19
25	12	60	0,8	19
26	12	70	0,7	19
27	20	45	0,5	18
28	20	50	0,5	18
29	20	40	0,5	18
30	20	45	0,5	18

31	20	45	0,5	18
32	20	40	0,5	18
33	10	40	1	14
34	5	18	0,8	14
35	5	20	0,6	14
36	5	30	0,8	14
37	5	30	0,6	14
38	5	30	0,8	14
39	5	30	0,8	14
40	5	40	0,8	14
41	5	30	0,8	14
42	5	50	0,8	14
43	5	100	1,7	14
44	5	20	0,7	14
45	5	20	0,8	14
46	5	10	0,3	10
47	5	10	0,3	10
48	5	9	0,3	10
49	5	10	0,3	10
50	5	10	0,5	10

Para a análise de modicidade dos DMU's de grupo travessia, percebe-se que, assim como para a análise de eficiência, apesar das rotas possuírem os valores de Distância Total da Rota relativamente próximos também existe uma grande variedade nos valores das variáveis tanto de input quanto de output. A média de preços cobrados para o usuário é de 12 reais, variando entre 5 e 25 da moeda corrente do país. Para as variáveis de output, temos, para o Consumo, Tempo Total de Viagem, Distância Total da Rota os mesmos valores apresentados na seção anterior.

Tabela 19 - Dados de input e output de modicidade dos DMU's do tipo estaduais

DMU	Variáveis de input	Variáveis de output		
	Preço da Passagem (R\$)	Consumo (l)	Tempo Total de Viagem (h)	Distância Total da Rota (km)
1	15	60	3	92
2	255	1000	36	338
3	365	4000	60	525
4	40	250	2,5	50
5	52,5	350	6	50

6	35	250	1,5	85
7	80	800	10	180
8	80	350	18	382
9	40	400	10	170
10	100	1000	10	185
11	100	1200	12	185
12	25	70	4	62
13	195	3500	14	285
14	50	250	5	180
15	205	4000	64	830
16	12	180	0,8	93
17	48	600	2	88
18	200	4000	45	640
19	70	1700	24	623
20	155	700	23	322
21	50	400	12	170
22	245	2200	38	421
23	50	300	12	211
24	50	550	18	211
25	525	8000	216	1930
26	200	1000	20	1054
27	30	280	2	79
28	235	2500	45	616
29	260	2000	45	616
30	300	2000	20	698
31	310	2300	36	475
32	150	800	7	475
33	675	7500	120	1573
34	375	3200	40	631
35	30	200	5	93
36	55	500	7	305
37	25	200	8	62
38	25	250	8	62
39	30	350	10	62
40	100	800	14	135
41	40	600	14	135
42	45	400	10	148
43	145	1600	14	250
44	110	1000	12	154

45	35	60	6	108
46	77,5	250	5	110
47	105	1500	14	109
48	85	800	10	109
49	92,5	700	10	150
50	107,5	800	11	150

Assim como a análise do grupo travessia, para o grupo do tipo estadual, apenas a variável Preço da Passagem não foi apresentada na seção anterior, tendo uma média de 82,5 reais e variando entre 12 e 675 reais. Percebe-se que este grupo, como citado na seção anterior é o que possui a maior variação entre todas as suas variáveis.

Tabela 20 - Dados de input e output de modicidade dos DMU's do tipo interestaduais

DMU	Variáveis de input	Variáveis de output		
	Preço da Passagem (R\$)	Consumo (l)	Tempo Total de Viagem (h)	Distância Total da Rota (km)
1	250	5000	31	555
2	200	5000	28	555
3	650	9000	72	1646
4	55	16000	96	1646
5	645	10000	96	1646
6	771	13000	96	1646
7	175	2500	40	696
8	190	2250	58	696
9	265	1200	24	409
10	280	1400	24	409
11	450	8000	126	1348
12	450	7000	124	1348
13	350	7000	124	1348
14	365	9000	32	866
15	315	9000	30	866
16	300	350	26	650
17	290	3600	24	650
18	285	2500	25	680
19	240	400	12	680
20	260	3000	30	680
21	100	800	15	557
22	60	400	13	557

23	150	2400	36	557
24	370	3600	30	165
25	320	2000	36	165
26	130	4000	30	165
27	255	4500	36	165
28	290	2500	40	165
29	320	2500	36	165
30	330	2000	28	165
31	280	800	22	261
32	280	800	24	261
33	200	900	20	261
34	340	500	20	261
35	230	1600	30	261
36	315	1400	20	261
37	330	7500	28	514
38	390	9000	27	514
39	260	5000	13	514
40	390	8000	30	514
41	365	10000	28	514
42	340	6500	28	514
43	90	825	7	243
44	90	700	7	243
45	225	2400	27	496
46	250	2000	28	496
47	315	2000	32	496
48	60	120	2,5	75

Por fim, para o grupo do tipo interestadual, a análise de modicidade apresenta a média de valor para o Preço da Passagem de 287,50 reais variando entre 60 e 771 reais, percebe-se que este grupo, também possui uma grande variação entre os valores de suas variáveis.

Assim como para a análise de eficiência energética, as Tabelas 21, 22 e 23 mostram a relação entre todas as variáveis para a análise de modicidade. Assim como para a primeira análise, eficiência energética, o fato das correlações entre os inputs e os outputs entre si sugerem validade para o modelo proposto. Pode-se perceber que para o primeiro grupo, travessia, a maior correlação entre as variáveis é entre Distância Total da Rota e Preço da Passagem, 0,87, já que as duas são interdependentes e, apresentando, geralmente, um grau de proporcionalidade, seguida pela relação entre Distância Total da Rota e Tempo Total de Viagem, 0,79, mostrando mais uma vez a interdependência das variáveis. A relação que obteve o menor valor foi a de

Consumo e Preço da Passagem, 0,38, provando, mais uma vez, uma carência de uma análise mais aprofundada da logística da região.

Analisando as relações para o grupo estadual, a maior relação entre as variáveis, diferente do grupo travessia, é do Consumo e do Preço da Passagem seguido pelo Tempo total de viagem e Consumo, mostrando uma grande coerência entre os valores exibidos. Vale ressaltar que todos os valores das relações do grupo estadual foram próximos tendo uma variação entre 0,82 e 0,90. O grupo interestadual segue a mesma tendência do grupo anterior com uma variação pequena, mesmo sendo maior que a anterior, entre 0,62 e 0,81 mostrando um alto grau de interligação entre as variáveis e tendo os dois maiores valores na relação entre a Distância Total da Rota e o Tempo Total de Viagem, 0,81, e entre o Consumo e o Preço da Passagem, 0,75.

Tabela 21 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de modicidade para as DMU's do tipo travessia

	Preço da Passagem (R\$)	Consumo (l)	Tempo Total de Viagem (h)	Distância Total da Rota (km)
Preço da Passagem (R\$)	1			
Consumo (l)	0,3870175	1		
Tempo Total de Viagem (h)	0,671372	0,4113779	1	
Distância Total da Rota (km)	0,8792719	0,4068641	0,7975077	1

Tabela 22 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de modicidade para as DMU's do tipo estadual

	Preço da Passagem (R\$)	Consumo (l)	Tempo Total de Viagem (h)	Distância Total da Rota (km)
Preço da Passagem (R\$)	1			
Consumo (l)	0,9046913	1		
Tempo Total de Viagem (h)	0,823029	0,9040391	1	
Distância Total da Rota (km)	0,8643405	0,8776487	0,8969172	1

Tabela 23 - Matriz de correlação entre os inputs e outputs de modicidade para as DMU's do tipo interestadual

	Preço da Passagem (R\$)	Consumo (l)	Tempo Total de Viagem (h)	Distância Total da Rota (km)
Preço da Passagem (R\$)	1			
Consumo (l)	0,7563007	1		
Tempo Total de Viagem (h)	0,6761744	0,6278993	1	
Distância Total da Rota (km)	0,7190672	0,731939	0,8140051	1

Finalmente, as Tabelas 24, 25 e 26 exibem os rankings das embarcações em relação a análise de modicidade.

Tabela 24 - Modicidade dos DMU's do tipo travessia

No.	Nome da embarcação	Score	Rank
2	Comandante Marcos	1	1
43	Expresso Mangabeira	1	1
42	Expresso Brasileira	0,5854	3
40	Dominik I	0,5333	4
36	Comandante Leonardo	0,4645	5
38	Deus Te Guie	0,4645	5
39	Dominik	0,4645	5
41	El Nino	0,4645	5
37	Comandante Teixeira	0,4186	9
45	Vitória De Cotijuba	0,3692	10
44	Souza Nunes	0,3559	11
34	Apostolo Paulo	0,3456	12
35	Comandante Cabral	0,3396	13
9	Expresso Samueli IX	0,3277	14
12	Água Branca II	0,3	15
8	Expresso Jamily Leticia	0,2275	16
10	Expresso Silas Correa I	0,2275	16
23	Expresso Força Da Fé	0,218	18
1	Ana Cunha	0,2139	19
7	Expresso Dona Terezinha	0,2009	20
11	Adriana I	0,2	21
13	Amanda Minha XI	0,2	21
14	Amanda Minha XII	0,2	21
15	Amazônia XII	0,2	21
16	Androrinha VIII	0,2	21
17	Deus Me Deu I	0,2	21
18	Dhulia II	0,2	21
19	Princesa Yasmim II	0,2	21
20	Ramo Garcia	0,2	21
21	Samuely Vii	0,2	21
26	Sophia Cabral II	0,1925	31
22	Expresso Campinho	0,1713	32
24	Expresso Karen	0,1713	32
25	Expresso Regional II	0,1713	32
33	Atlântico V	0,1436	35

3	Merru	0,137	36
6	Expresso Dona Lourdes	0,1228	37
50	Natureza II	0,0964	38
46	Expresso Jiboia	0,0928	39
47	Lancha Estrela Sá	0,0928	39
49	Lancha Mãe Maria Lopes	0,0928	39
48	Lancha Gisa	0,0846	42
28	Comandante Carlos Henrique	0,0839	43
27	Barãozinho	0,0767	44
30	Comandante Pericles	0,0767	44
31	Comandante Walter	0,0767	44
29	Comandante Guilber	0,0693	47
32	Daniele II	0,0693	47
5	Galileu	0,061	49
4	Deus e Amor De Boa Vista	0,0537	50

Para o grupo de travessia, apenas dois DMU's, 4%, foram considerados eficiente em relação à modicidade, ambos do estado do Pará e com rotas menores que a média de 20 km. A média dos valores de eficiência relacionada a modicidade é de 0,2 variando entre 0,05 e 1. Este resultado exibe de forma clara a ineficiência das embarcações do grupo em relação aos seus clientes já que o valor médio é extremamente baixo. Vale ressaltar também que o DMU Expresso Mangabeira que foi escolhido como eficiente em relação a modicidade atingiu apenas a colocação 45 no ranking de eficiência energética, já o DMU Comandante Marcos atingiu as metas necessárias e foi considerado nas duas análises o mais eficiente em relação às outras embarcações.

Tabela 25 - Modicidade dos DMU's do tipo estadual

No.	Nome da embarcação	Score	Rank
19	Bom Socorro	1	1
25	Comandante Bindá	1	1
15	Cidade de Santarém II	0,6606	3
24	Servo do Rei	0,6248	4
41	Comandante Marinho	0,5962	5
18	Gabriela III	0,5435	6
9	Príncipe Da Paz	0,509	7
36	São Bartolomeu II	0,4304	8
42	Bonanza	0,4297	9
21	Comandante Lucas	0,4236	10

38	Da Silva Castro III	0,4232	11
39	Gavião II	0,4045	12
28	Amazônia Rum	0,4017	13
23	Príncipe da Paz	0,3955	14
37	Comandante Israel V	0,3898	15
16	Águia I	0,3793	16
33	Voyager III	0,3781	17
35	Comandante Marcos André	0,35	18
29	J. Candido	0,3373	19
8	Miranda Junior	0,3356	20
7	Abençoado II	0,3287	21
1	Comandante Zeca	0,3248	22
11	Marajo Norte	0,3095	23
26	14 de outubro	0,3008	24
22	Neto Silva VI	0,2972	25
3	Fb Amazonas I	0,286	26
10	Baluarte II	0,2812	27
14	Cunha Filho	0,2789	28
43	Cidade Terezinha III	0,2749	29
27	Nr da Silva	0,2697	30
34	A. Nunes II	0,2643	31
49	Cidade De Oriximiná II	0,2528	32
20	Denes Coimbra	0,2506	33
31	Coronel Tavares	0,2493	34
40	Araguaia III	0,2484	35
44	Ana Vitória	0,2465	36
13	Custódio III	0,2455	37
48	Vip	0,2413	38
30	F B Estrela Pp	0,2379	39
47	Príncipe de Óbidos	0,2336	40
50	F B Moçada	0,2309	41
12	Comandante Thiago	0,2083	42
32	Expresso Nova Aliança II	0,2039	43
17	Expresso Golfinho I	0,1997	44
6	Alziane Cunha	0,1991	45
2	Duca Siqueira	0,1956	46
5	Freitas Teixeiras	0,1876	47
4	Bianca Beatriz X	0,1819	48
45	Barão do Uruari	0,1575	49

Assim como os DMU's do tipo travessia, a análise de modicidade do grupo estadual considerou apenas dois DMU's eficientes ambas do estado do Amazonas e com as distancias total da rota maiores que a média de 180 km. A média dos scores dos DMU's é de 0,29 variando entre 0,15 e 1. Assim como os resultados expostos do grupo de travessia, percebe-se claramente um alto grau de ineficiência em relação a modicidade do grupo estadual. Os DMU's considerados eficientes, apenas o DMU Comandante Bindá foi considerado eficiente nas duas análises, o DMU Bom Socorro, por sua vez, foi considerado o valor de 0,48 e a posição 27 para a primeira análise.

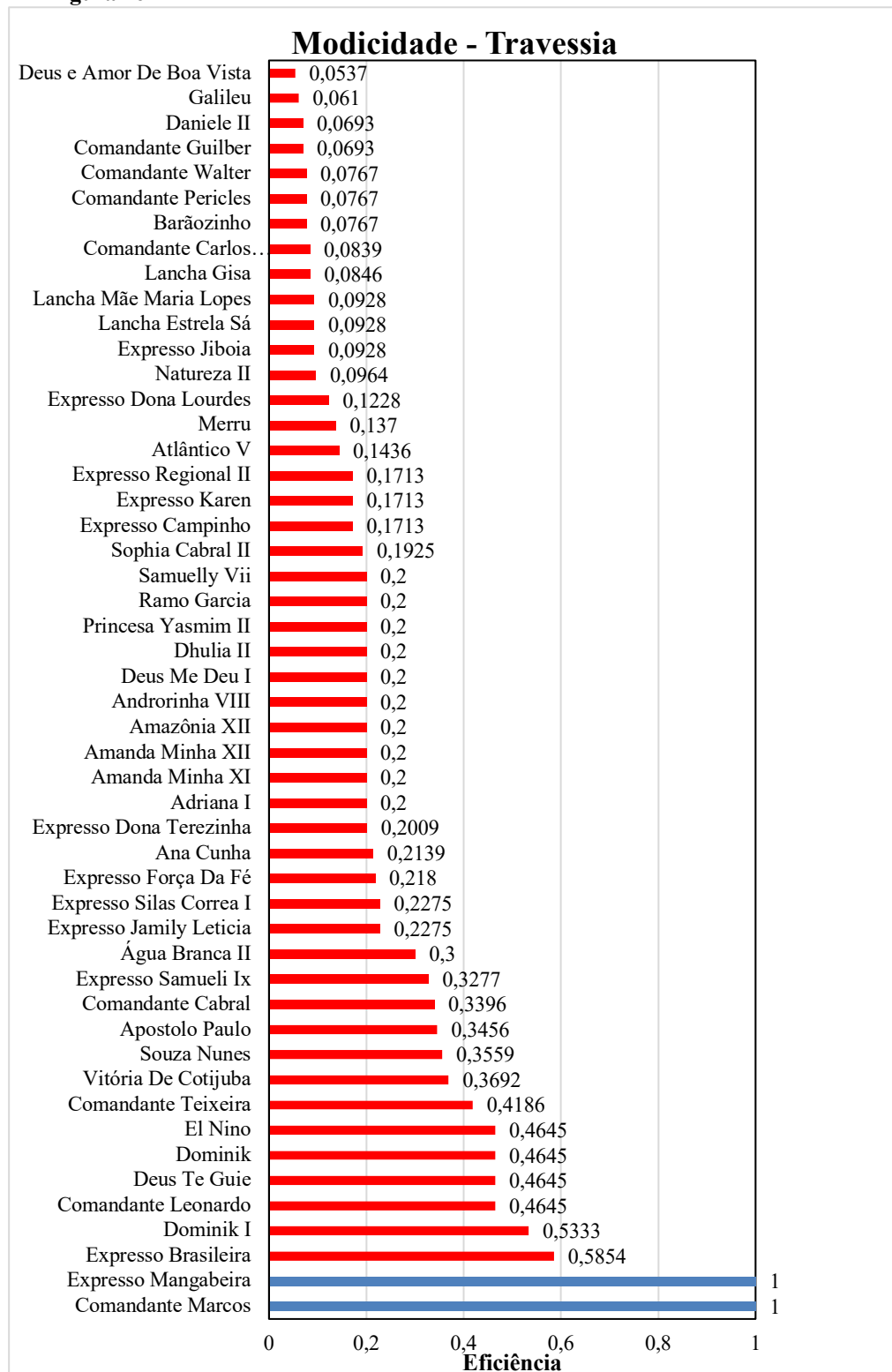
Tabela 26 - Modicidade dos DMU's do tipo interestadual

No.	Nome da embarcação	Score	Rank
4	Catamarã Rondonia	1	1
13	Vieira I	1	1
22	Marcos Filho III	1	1
26	Quirino Neto	1	1
11	Almte. Moreira IX	0,7955	5
23	São Sebastião	0,7936	6
8	Pedro Junior	0,7691	7
7	Iluminado	0,7664	8
12	Stenio Araújo	0,7482	9
2	Monte Cristo	0,7369	10
15	Luis Afonso	0,7288	11
21	Almirante Paulo Arnold	0,5947	12
5	Nelio Correa	0,5665	13
14	F B São Bartolomeu IV	0,5372	14
1	Amanda Leticia II	0,5365	15
6	San Marino III	0,501	16
41	Golfinho do Mar II	0,501	16
3	Amazon Star	0,4867	18
20	Leticia Sófia	0,478	19
45	Cidade de Nhamundá III	0,4531	20
37	Anna Karoline II	0,4373	21
46	Cidade de Terra Santa	0,3945	22
17	F B Obidense III	0,3942	23
18	Cidade de Oriximiná III	0,3782	24
38	Cisne Branco	0,3764	25

42	São Bartolomeu III	0,3761	26
43	Boa Fé II	0,3675	27
40	F B Ana Beatriz V	0,3589	28
44	Cidade de Nhamundá	0,3508	29
47	Sereia	0,3303	30
39	Expresso Golfinho I	0,2978	31
35	São Pedro	0,2787	32
10	Hanna Janessa	0,2786	33
9	Espírito Santo II	0,2772	34
33	Darcy Junior de São Benedito I	0,2743	35
27	São Bartolomeu II	0,2505	36
32	Ana Beatriz V	0,1944	37
31	Alice	0,1918	38
36	Seamar II	0,1861	39
28	São Benedito	0,1676	40
29	São Francisco De Assis	0,1479	41
25	Luan	0,1429	42
48	Rita Helena	0,1367	43
19	Lancha Oriximiná	0,1355	44
30	Seamar IV	0,135	45
24	Bruno	0,1334	46
34	Napoleão	0,1126	47
16	F B Obidense II	0,1036	48

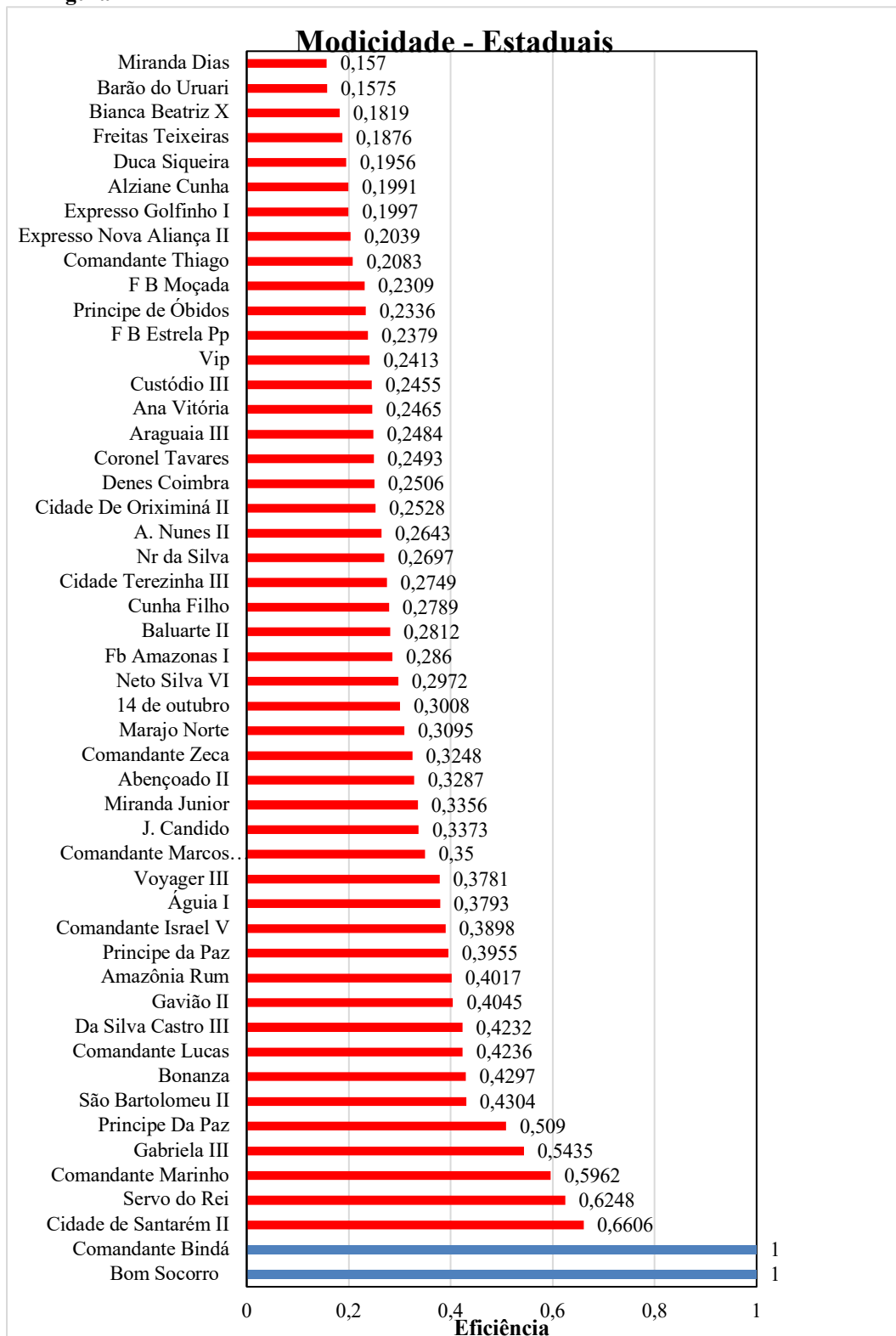
A última análise desta pesquisa alcançou o número de quatro DMU's eficientes, sendo dois deles com as rotas entre os estados do Amazonas e Rondônia, um entre os estados do Pará e Amapá e um entre os estados do Pará e Amazonas, 50% tendo rotas com a distância maior que a média para o grupo de 565 km. A média dos scores de eficiência relacionada a modicidade é de 0,37, variando ente 0,1 e 1, sendo a maior entre os três grupos, porém ainda sendo um valor abaixo do necessário. Dois dos DMU's considerados eficientes nesta categoria, Catamarã Rondônia e Marcos Filho III, também foram considerados os mais eficientes energeticamente na primeira análise deste grupo, os outros dois DMU's, Vieira I e Quirino Neto, apresentaram a posição 16 com o score de 0,78 e a posição 43 com o score de 0,25, respectivamente.

Por outra análise, do mesmo modo como procedido para a eficiência energética, desenvolveram-se gráficos com os níveis de referência para a análise de modicidade de embarcações interestaduais, estaduais e de travessia a partir dos níveis de eficiência adotados na Tabela 13. Dessa forma, na Figura 16 evidencia-se para embarcações de travessia.

Figura 16 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Travessia - Modicidade

Do mesmo modo como realizado para as embarcações do tipo travessia, desenvolveu-se também o gráfico para as embarcações estaduais, conforme ilustrado na Figura 17.

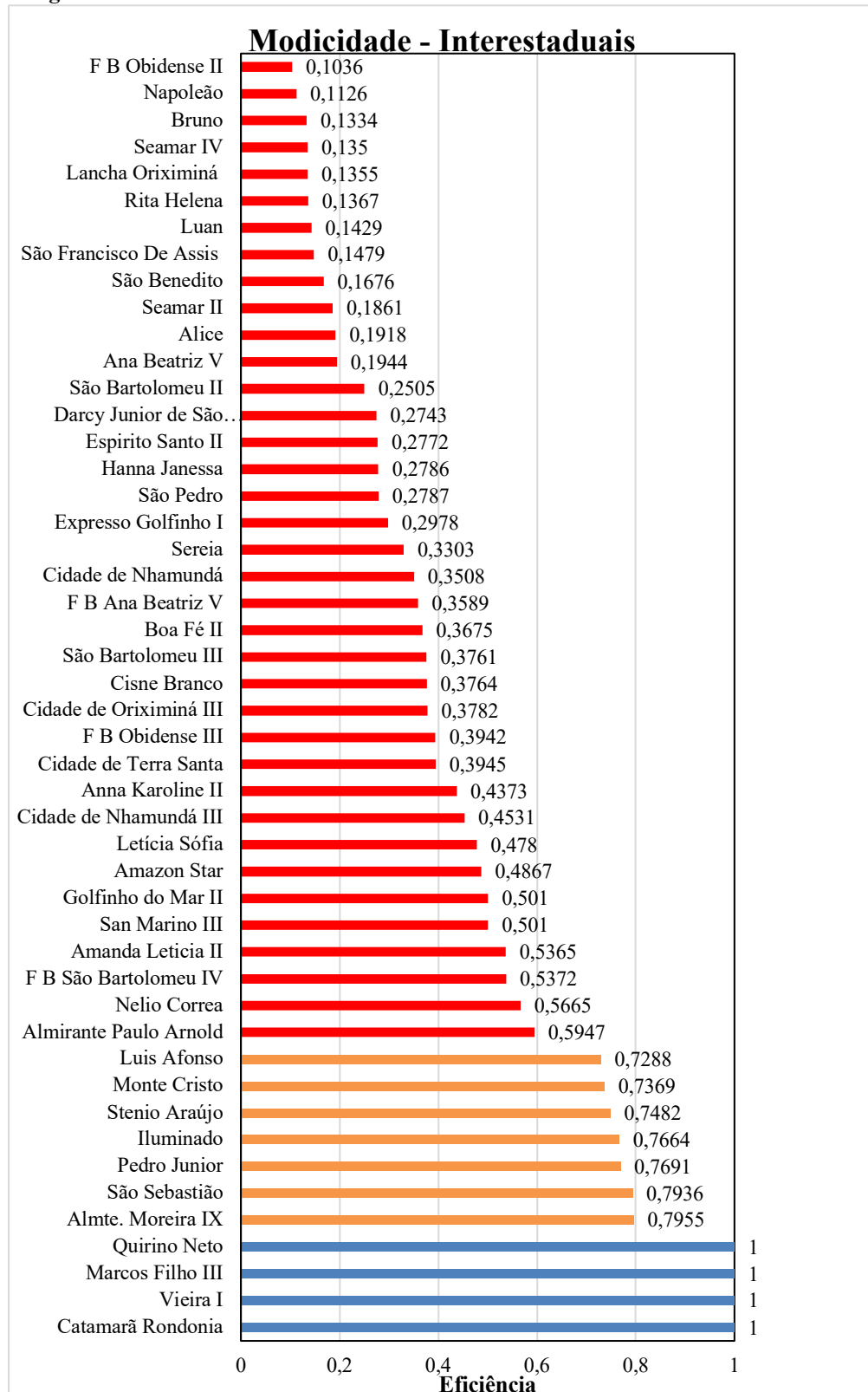
Figura 17 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Modicidade



Fonte: Autor (2021).

Por fim, tem-se na Figura 18 o gráfico de recorrência de níveis de eficiência por escala de cores para as embarcações interestaduais.

Figura 18 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Modicidade



6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Posterior à apresentação dos dados da aplicação metodológica no tópico supracitado, tem-se a necessidade de análise do ranqueamento obtido para cada cenário de transporte (interestadual, estadual e de travessia) como forma de verificar a possibilidade de identificação de padrões de características para as embarcações que atingiram o benchmarking. Dessa forma, evidenciam-se, nos tópicos posteriores o resultado da distribuição das características das embarcações *benchmarks*.

6.1. ANÁLISE DO PERFIL DAS EMBARCAÇÕES *BENCHMARKS*

Conforme explicitado anteriormente, levantaram-se as embarcações *benchmarks* como forma de estabelecer um padrão de características relacionadas às dimensões, capacidades e velocidade de cruzeiro destas embarcações. O resultado obtido na etapa de aplicação metodológica foi evidenciado na Tabela 27 como forma de reunir as embarcações que atingiram o topo do ranqueamento para o transporte de travessia, interestadual e estadual, tanto em termos de eficiência energética, quanto em termos de modicidade.

Tabela 27 - Embarcações *Benchmarks*

Travessia		Interestadual		Estadual	
Eficiência Energética	Modicidade	Eficiência Energética	Modicidade	Eficiência Energética	Modicidade
Comandante Marcos	Comandante Marcos	Amazon Star	Catamarã Rondonia	Miranda Junior	Bom Socorro
Merru	Expresso Mangabeira	Catamarã Rondonia	Vieira I	Baluarte II	Cmde. Bindá
Deus e Amor De Boa Vista	-	Nelio Correa	Marcos Filho III	Comandante Bindá	-
Galileu	-	Pedro Junior	Quirino Neto	14 de outubro	-
Água Branca II	-	Stenio Araújo	-	Cmde. Marcos André	-
Expresso Força Da Fé	-	FB São Bartolomeu IV	-	São Bartolomeu II	-
Apostolo Paulo	-	F B Obidense II	-	Barão do Uruari	-
Comandante Teixeira	-	Lancha Oriximiná	-		-
Expresso Jiboia	-	Marcos Filho III	-		-
Lancha Gisa	-	Alice	-		-
Natureza II	-	Napoleão	-		-
	-	FB Ana Beatriz V	-		-

Fonte: Autor (2020).

6.1.1. Embarcações Interestaduais

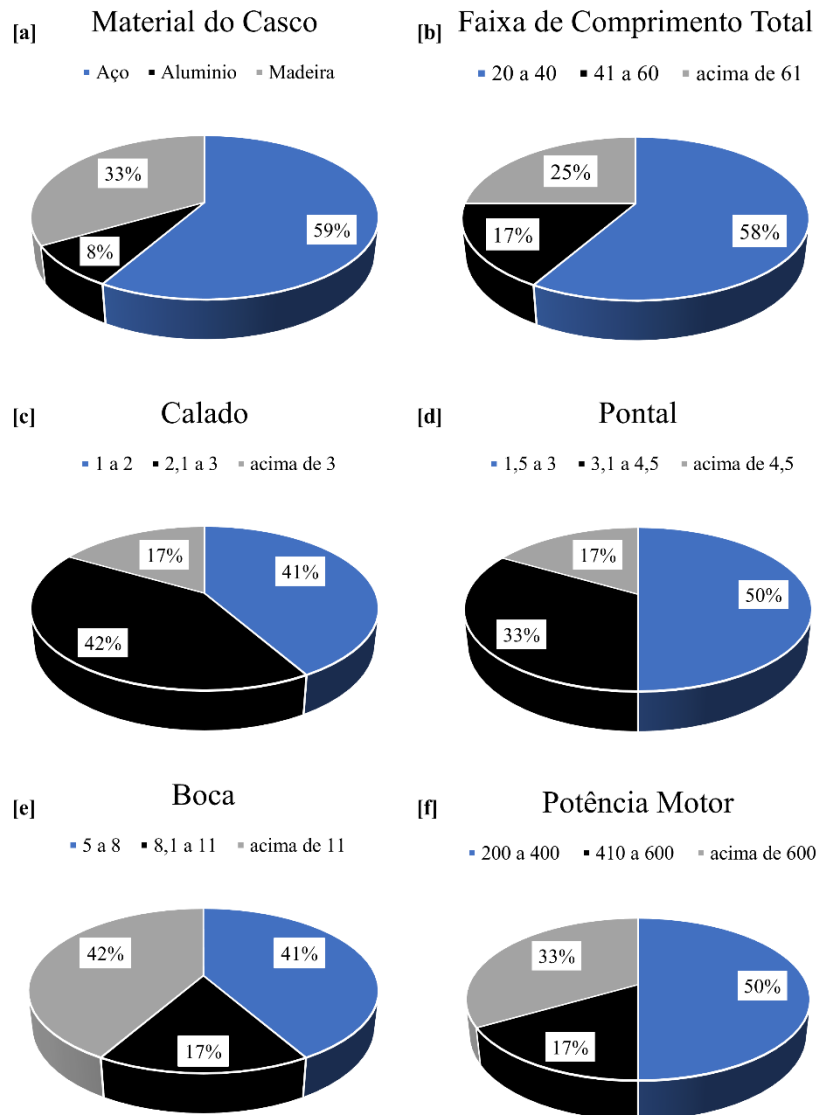
Como primeiro grupo de análise, tiveram-se as embarcações interestaduais, analisadas em termos de eficiência energética, quanto em termos de modicidade, obtendo-se as faixas de valores para cada característica, conforme evidenciado a seguir.

6.1.1.1. Eficiência Energética

Ao realizar a análise em termos de eficiência energética para embarcações interestaduais, puderam-se obter valores percentuais representativos dos *benchmarks* com relação às variáveis material do casco (gráfico a), faixa de comprimento total (gráfico b), calado (gráfico c), pontal (gráfico d), boca (gráfico e) e potência do motor (gráfico f), conforme evidenciado na Figura 19.

Com relação à variável material do casco, pôde-se perceber que os benchmarks, em sua maioria, foram caracterizados por embarcações de aço ao analisar a eficiência energética no transporte interestadual, tendo este material uma percentagem de recorrência de 59% no topo do ranqueamento das DMU's. Em segunda análise, no que tange à variável faixa de comprimento total evidenciou-se a partir da criação do padrão de características que a maioria das embarcações que atingiram o benchmark possuíam comprimentos totais superiores a 61 metros, sendo as embarcações com estas dimensões responsáveis por 58% da recorrência, conforme evidenciado no gráfico b da Figura 19.

Em complementação às análises de material do casco e comprimento total, teve-se que para as características calado (gráfico c), obtiveram-se resultados majoritários de 41% para embarcações acima de 3 metros de calado. Com relação às características de pontal, obtiveram-se valores majoritários de 50% para embarcações acima de 4,5 metros de comprimento total. Para as variáveis de boca e potência obtiveram-se, respectivamente, valores majoritários de 42% para embarcações acima de 3 metros de boca e 50% em termos de potência para embarcações acima de 600kW.

Figura 19 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Eficiência Energética

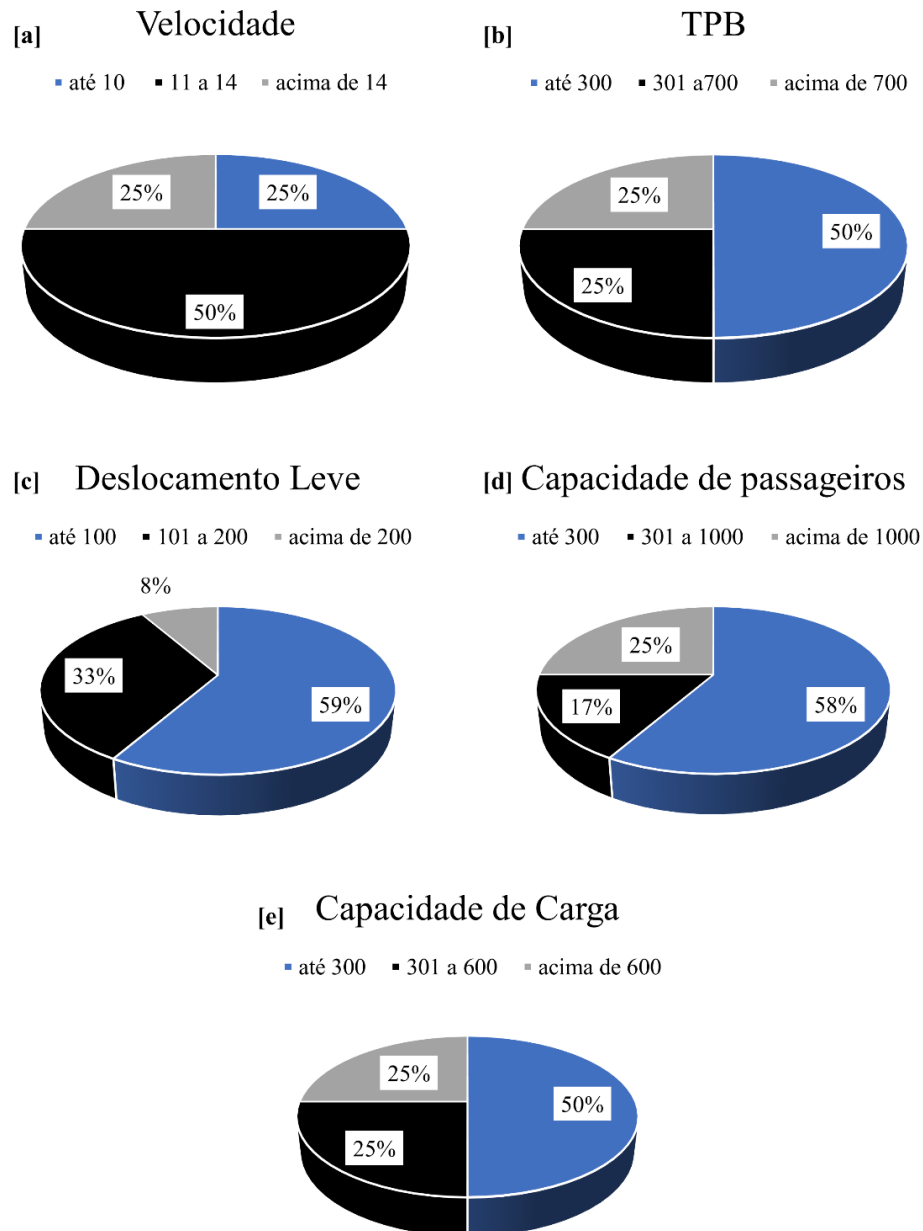
Fonte: Autor (2020).

Em complementação às variáveis das características descritas em percentagens de recorrência no gráfico supracitado, puderam-se obter as percentagens de recorrência em termos de velocidade (gráfico a), TPB (gráfico b), deslocamento leve (gráfico c), capacidade de cargas (gráfico d) e capacidade de passageiros (gráfico e), conforme evidenciado na Figura 20.

Para as variáveis em questão, os resultados para a caracterização foram considerados em termos de maior recorrência. Em relação à velocidade, teve-se de 11 a 14 nós como a faixa de valores com maior recorrência (50%). Para o TPB, teve-se que os valores até 300 DWT foram os majoritários, com 50% de recorrência na observação. Quanto ao deslocamento leve, tiveram-se os valores até 100 toneladas como os majoritários, com 59% das verificações nos benchmarks. Em termos de capacidade de passageiros, os valores até 300 passageiros estiveram

entre os mais evidenciados, com 58% de recorrência. Por fim, em relação à variável capacidade de carga, obtiveram-se como valores majoritários (50%), números até 300 toneladas de capacidade.

Figura 20 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Eficiência Energética



Fonte: Autor (2020).

Nesse sentido, como forma de evidenciar a síntese de resultados supracitada para o tipo de transporte em questão em termos de eficiência energética, evidenciou-se na Tabela 28 as faixas de valores majoritárias para as características das embarcações que atingiram o benchmark.

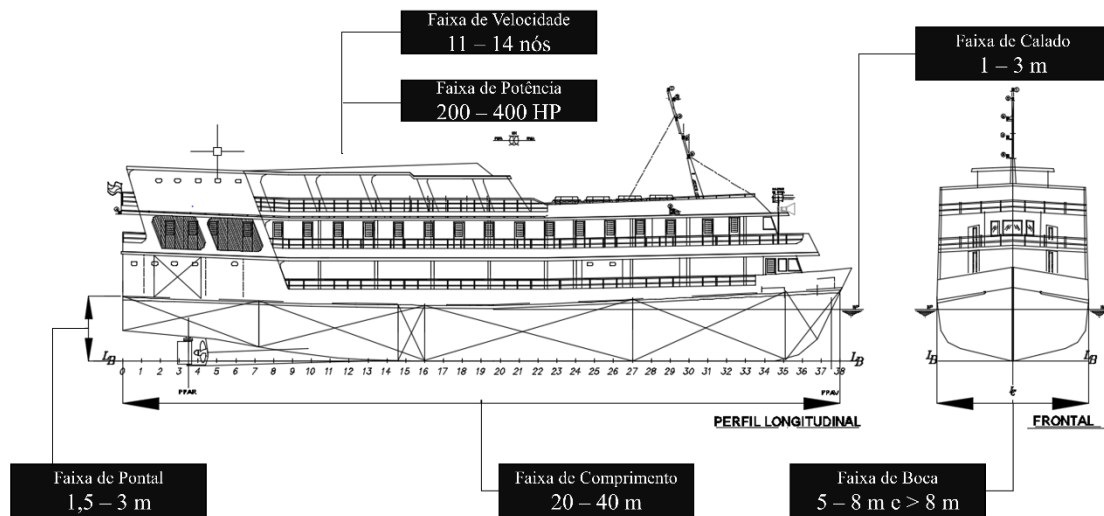
Tabela 28 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações Interestaduais
Interestadual - Eficiência Energética

Característica	Faixa de Valores
Material do Casco	Aço
Comprimento	20 a 40 metros
Boca	5 a 8 metros e acima de 11 metros
Calado	1 a 3 metros
Pontal	1,5 a 3 metros
Potência	200 a 400
Velocidade	de 11 a 14 nós
TPB	até 300
Deslocamento Leve	até 100
Capacidade de Carga	até 300
Capacidade de Passageiros	até 300

Fonte: Autor (2020).

Como forma de complementação ao apresentado na Tabela 28, as informações de faixas de valores para as características das embarcações benchmarks do tipo interestadual foram ilustradas em um croqui de embarcação semelhante às regionais que realizam o tipo de trajeto analisado, conforme evidenciado na Figura 21.

Figura 21 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Interestaduais - Eficiência Energética



Fonte: Autor (2020).

6.1.1.2. Modicidade

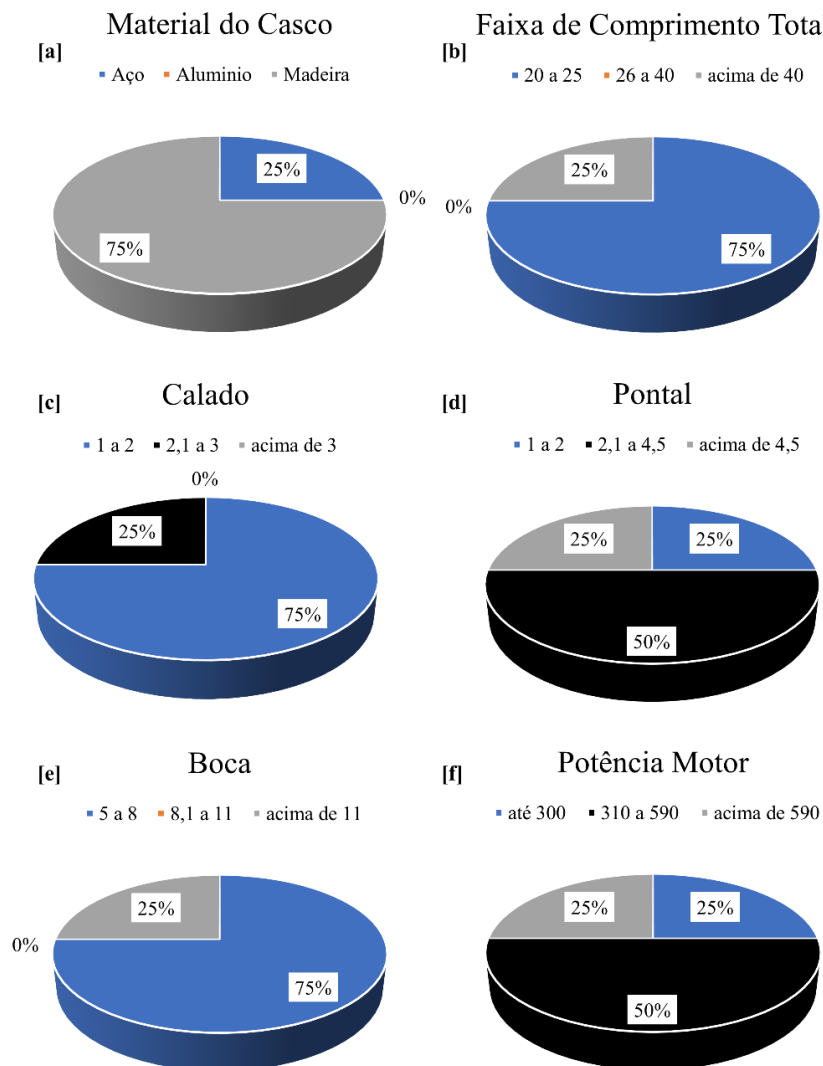
No que tange à análise em termos de modicidade para embarcações interestaduais, puderam-se obter valores percentuais representativos dos *benchmarks* com relação às mesmas variáveis analisadas anteriormente para eficiência energética, conforme evidenciado na Figura 22.

Para a variável material do casco, os benchmarks, majoritariamente, foram embarcações de madeira ao analisar a modicidade no transporte interestadual, tendo este material uma

percentagem de recorrência de 75% no topo do ranqueamento das DMU's. Em segunda análise, no que tange à variável faixa de comprimento total evidenciou-se a partir da criação do padrão de características que a maioria das embarcações que atingiram o benchmark possuíam comprimentos totais entre 26 e 40 metros, sendo as embarcações com estas dimensões responsáveis por 75% da recorrência, conforme evidenciado no gráfico b da Figura 22.

Em complementação, teve-se que para as características calado (gráfico c), obtiveram-se resultados majoritários de 75% para embarcações de 1 a 2 metros de calado. Com relação às características de pontal, obtiveram-se valores majoritários de 50% para embarcações acima de 2,1 a 4,5 metros de pontal total. Para as variáveis de boca e potência obtiveram-se, respectivamente, valores majoritários de 75% para embarcações de 5 a 8 metros de boca e 50% em termos de potência para embarcações de 310 a 590kW.

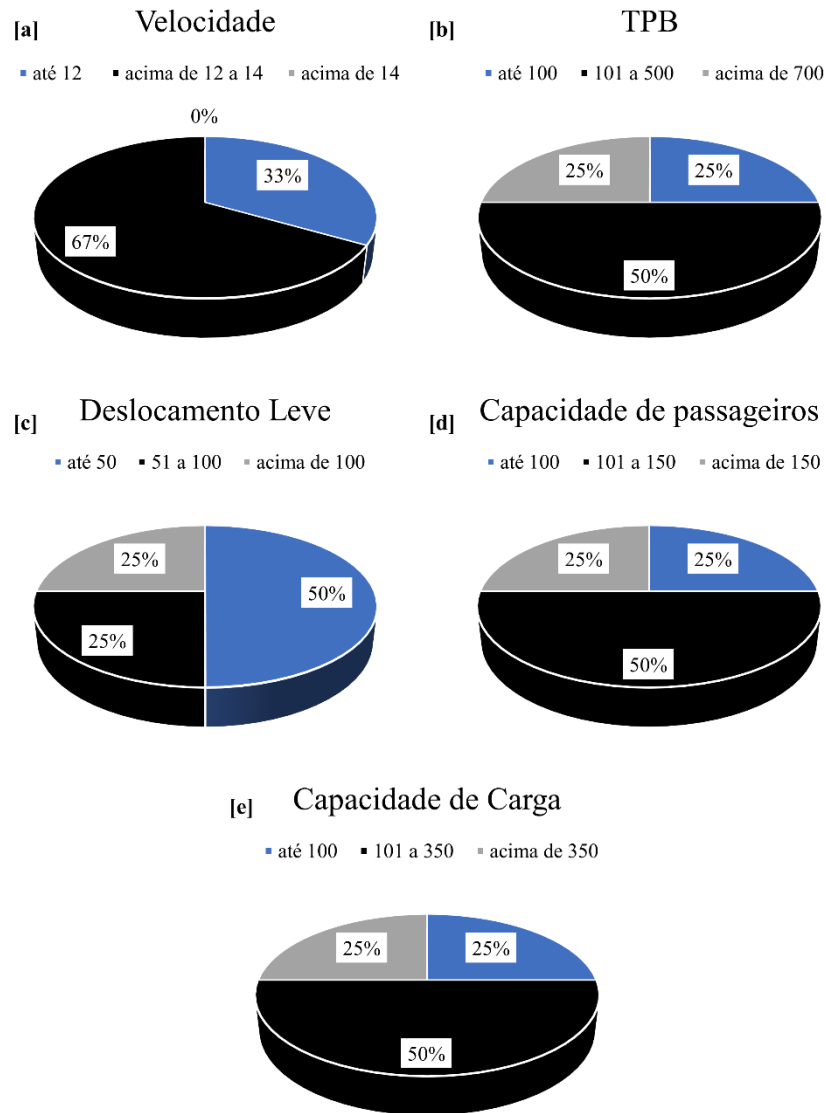
Figura 22 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Modicidade



Fonte: Autor (2020).

Em complementação às variáveis das características descritas em percentagens de recorrência no gráfico supracitado, puderam-se obter as percentagens de recorrência em termos de velocidade (gráfico a), TPB (gráfico b), deslocamento leve (gráfico c), capacidade de cargas (gráfico d) e capacidade de passageiros (gráfico e), conforme evidenciado na Figura 23.

Para as variáveis em questão, os resultados para a caracterização foram considerados em termos de maior recorrência. Em relação à velocidade, teve-se de 12 a 14 nós como a faixa de valores com maior recorrência (67%). Para o TPB, teve-se que os valores até 101 a 500 DWT foram os majoritários, com 50% de recorrência na observação. Quanto ao deslocamento leve, tiveram-se os valores até 50 toneladas como os majoritários, com 50% das verificações nos benchmarks. Em termos de capacidade de passageiros, os valores de 101 a 150 passageiros estiveram entre os mais evidenciados, com 50% de recorrência. Por fim, em relação à variável capacidade de carga, obtiveram-se como valores majoritários (50%), números de 101 a 350 toneladas de capacidade.

Figura 23 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Interestaduais - Modicidade

Fonte: Autor (2020).

Nesse sentido, como forma de evidenciar a síntese de resultados supracitada para o tipo de transporte em questão em termos de modicidade, evidenciou-se na Tabela 29 as faixas de valores majoritárias para as características das embarcações que atingiram o benchmark.

Tabela 29 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações Interestaduais - Modicidade

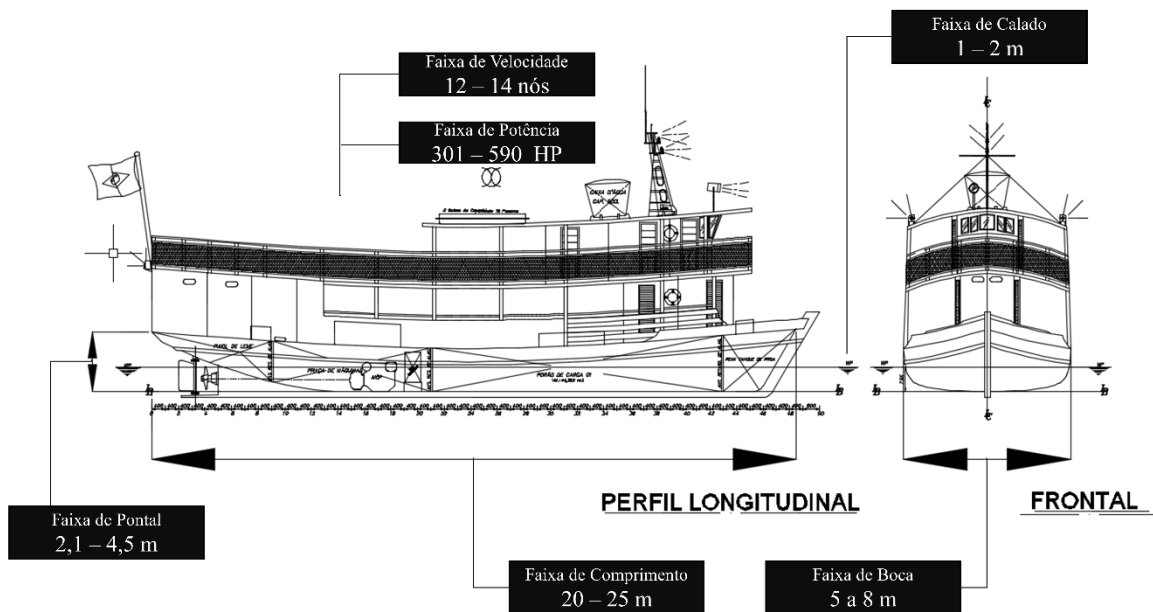
Interestadual - Modicidade	
Característica	Faixa de Valores
Material do Casco	Madeira
Comprimento	20 a 25 metros
Boca	5 a 8 metros
Calado	1 a 2 metros
Pontal	2,1 a 4,5 metros
Potência	301 a 590
Velocidade	acima de 12 e abaixo de 14 nós
TPB	101 a 500
Deslocamento Leve	até 50

Capacidade de Carga	101 a 150 passageiros
Capacidade de Passageiros	101 a 350

Fonte: Autor (2020).

Do mesmo modo ao realizado anteriormente, como forma de complementação ao apresentado na Tabela 29, as informações de faixas de valores para as características das embarcações benchmarks do tipo interestadual foram ilustradas em um croqui de embarcação semelhante às regionais que realizam o tipo de trajeto analisado para o caso da modicidade, conforme evidenciado na Figura 24.

Figura 24 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Interestaduais - Modicidade



Fonte: Autor (2020).

6.1.2. Embarcações Estaduais

Como segundo grupo de análise, tiveram-se as embarcações estaduais, analisadas em termos de eficiência energética, quanto em termos de modicidade, obtendo-se as faixas de valores para cada característica, conforme evidenciado a seguir.

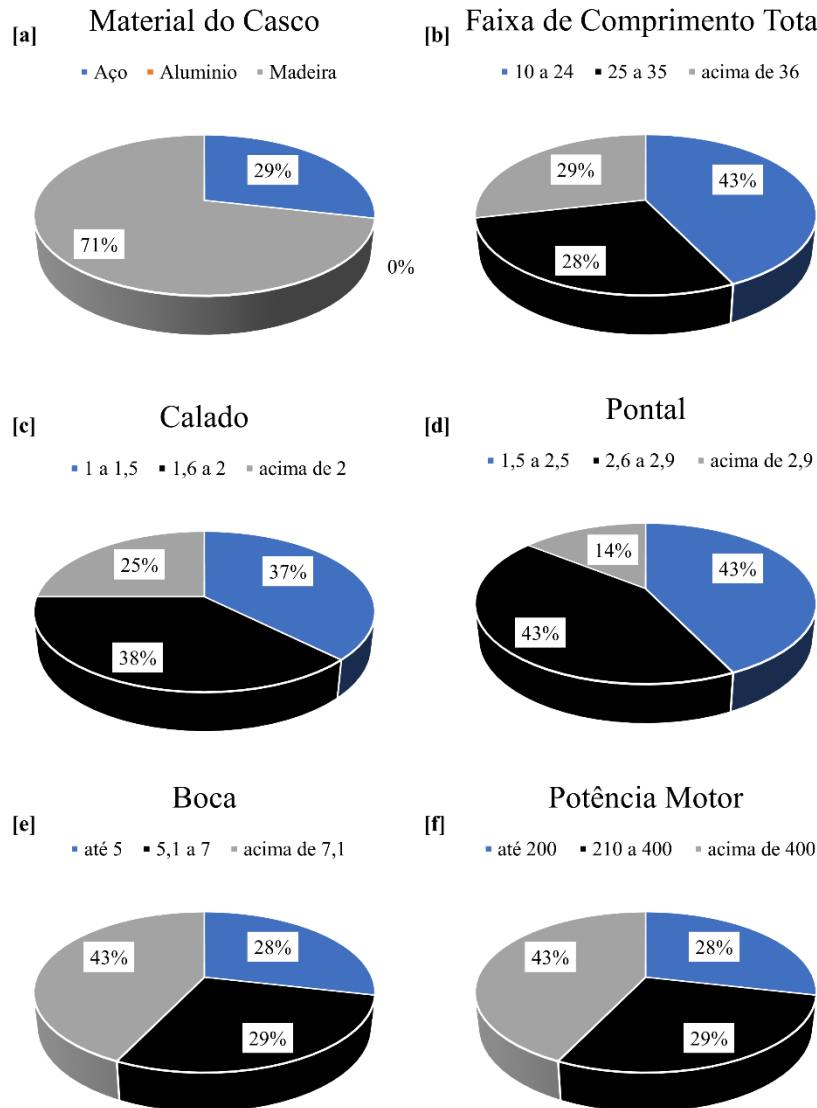
6.1.2.1. Eficiência Energética

Ao realizar a análise em termos de eficiência energética para embarcações estaduais, puderam-se obter valores percentuais representativos dos *benchmarks* com relação às variáveis material do casco (gráfico a), faixa de comprimento total (gráfico b), calado (gráfico c), pontal (gráfico d), boca (gráfico e) e potência do motor (gráfico f), conforme evidenciado na Figura 25.

Com relação à variável material do casco, pôde-se perceber que os benchmarks, em sua maioria, foram caracterizados por embarcações de madeira ao analisar a eficiência energética no transporte estadual, tendo este material uma percentagem de recorrência de 71% no topo do ranqueamento das DMU's. Em segunda análise, no que tange à variável faixa de comprimento total evidenciou-se a partir da criação do padrão de características que a maioria das embarcações que atingiram o benchmark possuíam comprimentos totais de 10 a 24 metros, sendo as embarcações com estas dimensões responsáveis por 43% da recorrência, conforme evidenciado no gráfico b da Figura 25.

Em complementação às análises de material do casco e comprimento total, teve-se que para as características calado (gráfico c), obtiveram-se resultados majoritários de 75% para embarcações acima de 1 a 2 metros de calado. Com relação às características de pontal, obtiveram-se valores majoritários de 86% para embarcações de 1,5 a 2,9 metros de pontal. Para as variáveis de boca e potência obtiveram-se, respectivamente, valores majoritários de 42% para embarcações acima de 7,1 metros de boca e 50% em termos de potência para embarcações acima de 600kW.

Figura 25 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Eficiência Energética



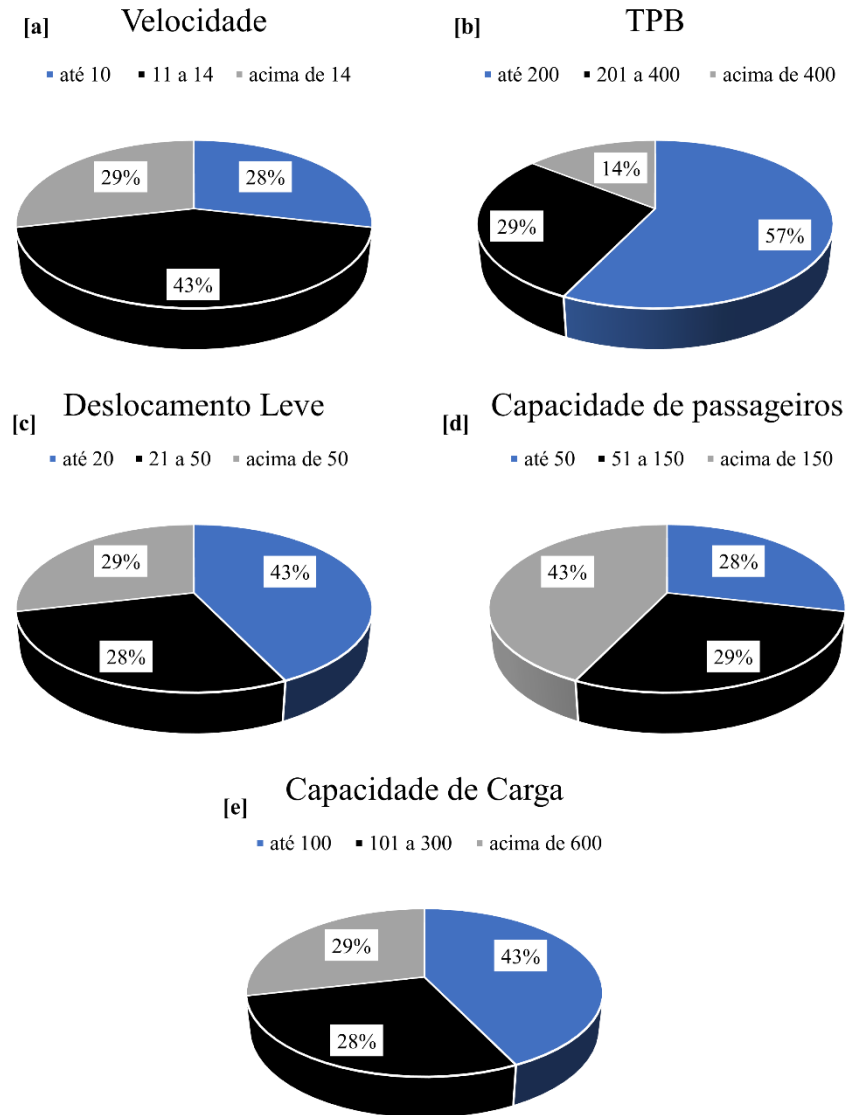
Fonte: Autor (2020).

Em complementação às variáveis das características descritas em percentagens de recorrência no gráfico supracitado, puderam-se obter as percentagens de recorrência em termos de velocidade (gráfico a), TPB (gráfico b), deslocamento leve (gráfico c), capacidade de cargas (gráfico d) e capacidade de passageiros (gráfico e), conforme evidenciado na Figura 26.

Para as variáveis em questão, os resultados para a caracterização foram considerados em termos de maior recorrência. Em relação à velocidade, teve-se de 11 a 14 nós como a faixa de valores com maior recorrência (43%). Para o TPB, teve-se que os valores até 200DWT foram os majoritários, com 57% de recorrência na observação. Quanto ao deslocamento leve, tiveram-se os valores até 20 toneladas como os majoritários, com 43% das verificações nos benchmarks. Em termos de capacidade de passageiros, os valores acima de 150 passageiros estiveram entre

os mais evidenciados, com 43% de recorrência. Por fim, em relação à variável capacidade de carga, obtiveram-se como valores majoritários (43%), números até 100 toneladas de capacidade.

Figura 26 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Eficiência Energética



Fonte: Autor (2020).

Nesse sentido, como forma de evidenciar a síntese de resultados supracitada para o tipo de transporte em questão em termos de eficiência energética, evidenciou-se na Tabela 30 as faixas de valores majoritárias para as características das embarcações que atingiram o benchmark.

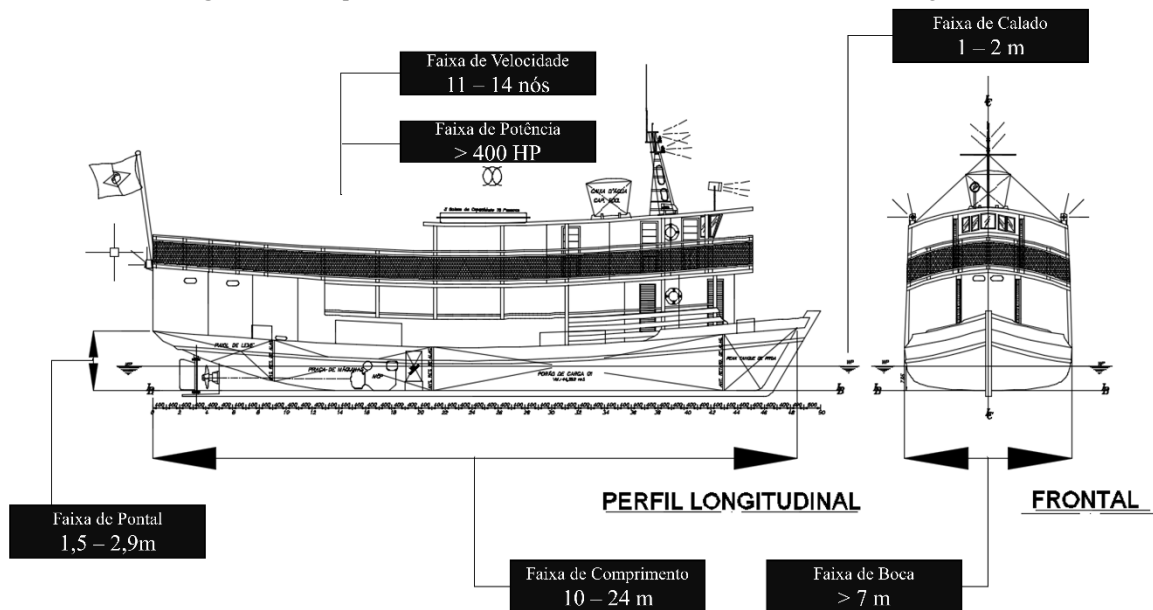
Tabela 30 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações Estaduais – Energética
Estadual - Eficiência Energética

Característica	Faixa de Valores
Material do Casco	Madeira
Comprimento	10 a 24 metros
Boca	acima de 7 metros
Calado	1 a 2 metros
Pontal	1,5 a 2,9 metros
Potência	acima de 400
Velocidade	11 a 14 metros
TPB	até 200
Deslocamento Leve	até 200
Capacidade de Carga	até 100
Capacidade de Passageiros	acima de 150

Fonte: Autor (2020).

Em complementação ao apresentado na Tabela 30 para eficiência energética, foram ilustradas para as embarcações benchmarks do tipo estaduais um croqui de embarcação semelhante, conforme evidenciado na Figura 27.

Figura 27 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Estaduais - Eficiência Energética



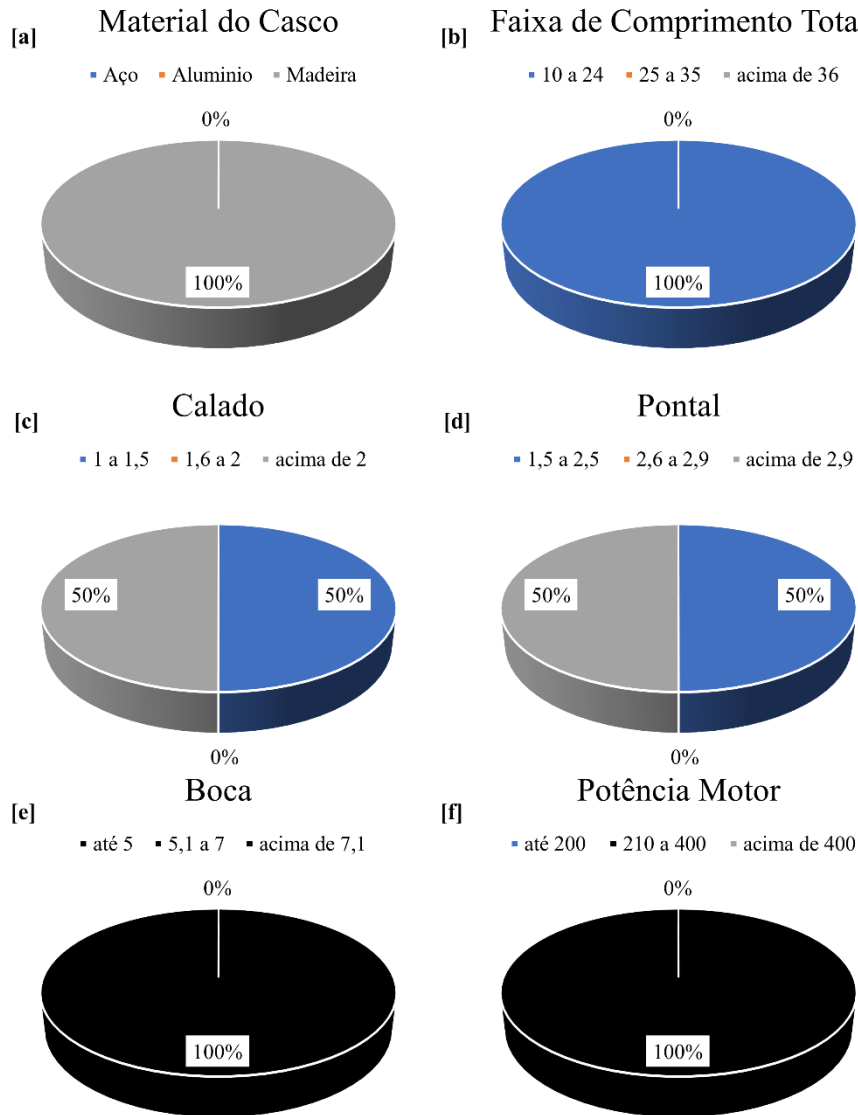
Fonte: Autor (2020).

6.1.2.2. Modicidade

No que tange à análise em termos de modicidade para embarcações estaduais, puderam-se obter valores percentuais representativos dos *benchmarks* com relação às mesmas variáveis analisadas anteriormente para eficiência energética: material do casco (gráfico a), faixa de comprimento total (gráfico b), calado (gráfico c), pontal (gráfico d), boca (gráfico e) e potência do motor (gráfico f), conforme evidenciado na Figura 28.

Com relação à variável material do casco, pôde-se perceber que os benchmarks, em sua maioria, foram caracterizados por embarcações de madeira ao analisar a eficiência energética no transporte estadual, tendo este material uma percentagem de recorrência de 100% no topo do ranqueamento das DMU's. Em segunda análise, no que tange à variável faixa de comprimento total evidenciou-se a partir da criação do padrão de características que a maioria das embarcações que atingiram o benchmark possuíam comprimentos totais entre 10 e 24 metros, sendo as embarcações com estas dimensões responsáveis por 100% da recorrência, conforme evidenciado no gráfico b da Figura 28.

Em complementação às análises de material do casco e comprimento total, teve-se que para as características calado (gráfico c), obtiveram-se resultados majoritários de 50% para embarcações de 1 a 1,5 metros de calado e 50% para embarcações acima de 2 metros de calado. Com relação às características de pontal, obtiveram-se valores majoritários de 50% para embarcações de 1,5 a 2,5 metros de pontal e 50% para embarcações acima de 2,9 metros de pontal. Para as variáveis de boca e potência obtiveram-se, respectivamente, valores majoritários de 100% para embarcações de 5 a 7 metros de boca e 100% em termos de potência para embarcações de 210 a 400kW.

Figura 28 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Modicidade

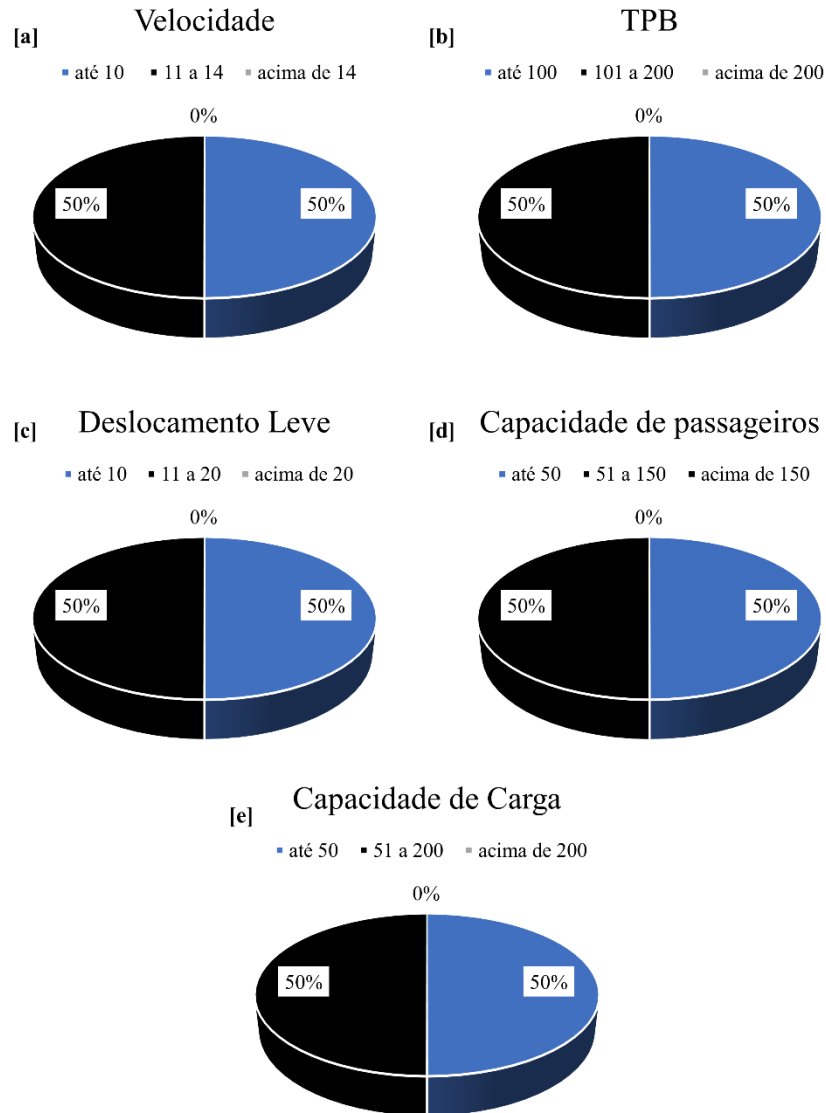
Fonte: Autor (2020).

Em complementação às variáveis das características descritas em percentagens de recorrência no gráfico supracitado, puderam-se obter as percentagens de recorrência em termos de velocidade (gráfico a), TPB (gráfico b), deslocamento leve (gráfico c), capacidade de cargas (gráfico d) e capacidade de passageiros (gráfico e), conforme evidenciado na Figura 29.

Para as variáveis em questão, os resultados para a caracterização foram considerados em termos de maior recorrência. Em relação à velocidade, teve-se até 14 nós como a faixa de valores com maior recorrência (100%). Para o TPB, teve-se que os valores até 200 DWT foram os majoritários, com 100% de recorrência na observação. Quanto ao deslocamento leve, tiveram-se os valores até 20 toneladas como os majoritários, com 100% das verificações nos benchmarks. Em termos de capacidade de passageiros, os valores de 101 a 150 passageiros

estiveram entre os mais evidenciados, com 50% de recorrência. Por fim, em relação à variável capacidade de carga, obtiveram-se como valores majoritários (100%), números até 200 toneladas de capacidade.

Figura 29 - Recorrência das Características dos Benchmarks - Estaduais - Modicidade



Fonte: Autor (2020).

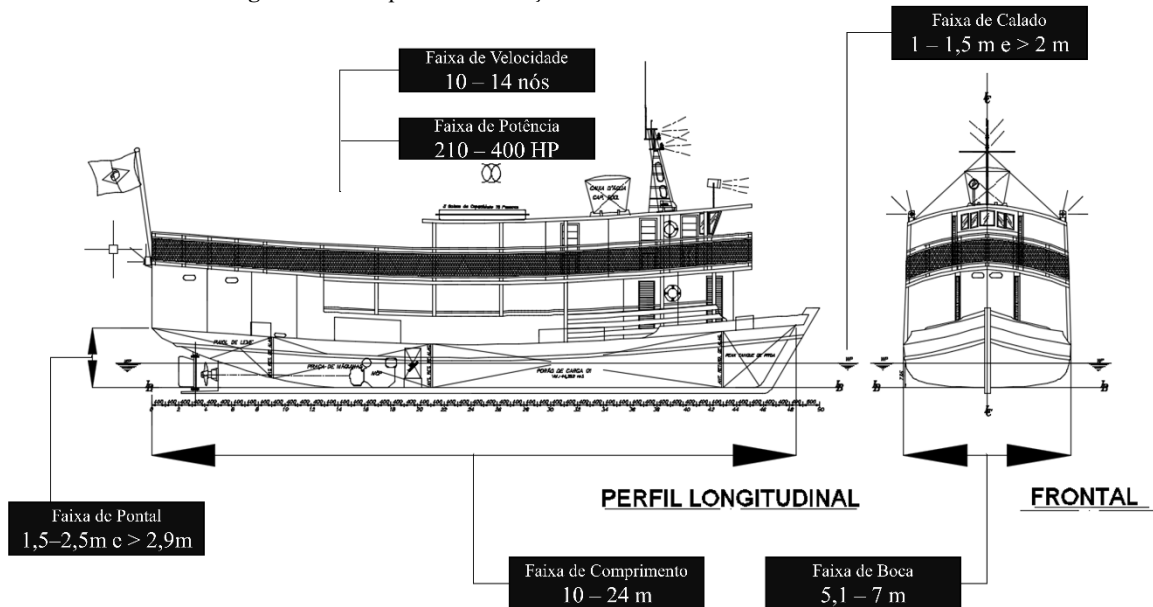
Nesse sentido, como forma de evidenciar a síntese de resultados supracitada para o tipo de transporte em questão em termos de modicidade, evidenciou-se na Tabela 31 as faixas de valores majoritárias para as características das embarcações que atingiram o *benchmark*.

Tabela 31 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações Estaduais – Modicidade

Estadual - Modicidade	
Característica	Faixa de Valores
Material do Casco	Madeira
Comprimento	10 a 24 metros
Boca	5,1 a 7 metros
Calado	1 a 1,5 metros e acima de 2 metros
Pontal	1,5 a 2,5 metros e acima de 2,9 metros
Potência	210 a 400
Velocidade	10 a 14 nós
TPB	até 200
Deslocamento Leve	até 20
Capacidade de Carga	até 150
Capacidade de Passageiros	até 200

Fonte: Autor (2020).

Em complementação ao apresentado na Tabela 31 para modicidade, foram ilustradas para as embarcações benchmarks do tipo estaduais um croqui de embarcação semelhante, conforme evidenciado na Figura 30.

Figura 30 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Estaduais - Modicidade

Fonte: Autor (2020).

6.1.3. Embarcações de Travessia

Como terceiro grupo de análise, tiveram-se as embarcações de travessia, analisadas em termos de eficiência energética, quanto em termos de modicidade, obtendo-se as faixas de valores para cada característica, conforme evidenciado a seguir.

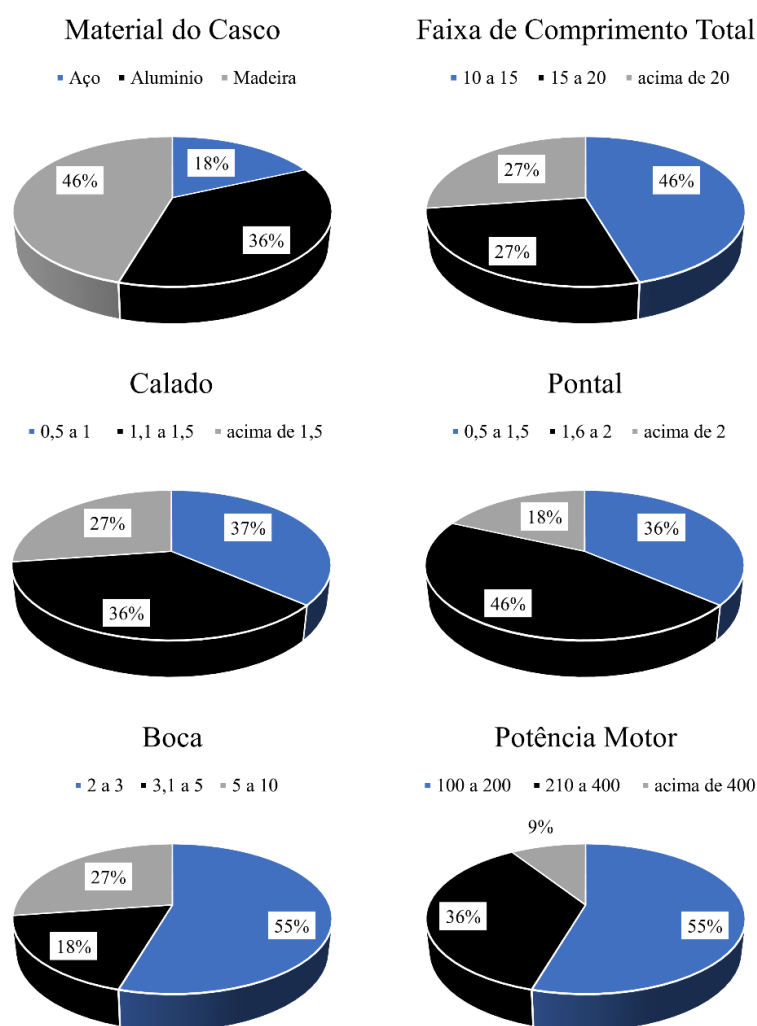
6.1.3.1. Eficiência Energética

Com relação à variável material do casco, pôde-se perceber que os benchmarks, em sua maioria, foram caracterizados por embarcações de madeira ao analisar a eficiência energética

no transporte de travessia, tendo este material uma percentagem de recorrência de 46% no topo do ranqueamento das DMU's. Em segunda análise, no que tange à variável faixa de comprimento total evidenciou-se a partir da criação do padrão de características que a maioria das embarcações que atingiram o benchmark possuíam comprimentos totais de 10 a 15 metros, sendo as embarcações com estas dimensões responsáveis por 46% da recorrência, conforme evidenciado no gráfico b da Figura 31.

Em complementação às análises de material do casco e comprimento total, teve-se que para as características calado (gráfico c), obtiveram-se resultados majoritários de 73% para embarcações até 1,5 metros de calado. Com relação às características de pontal, obtiveram-se valores majoritários de 82% para embarcações de até 2 metros de pontal. Para as variáveis de boca e potência obtiveram-se, respectivamente, valores majoritários de 55% para embarcações de 2 a 3 metros de boca e 50% em termos de potência para embarcações de 100 a 200kW.

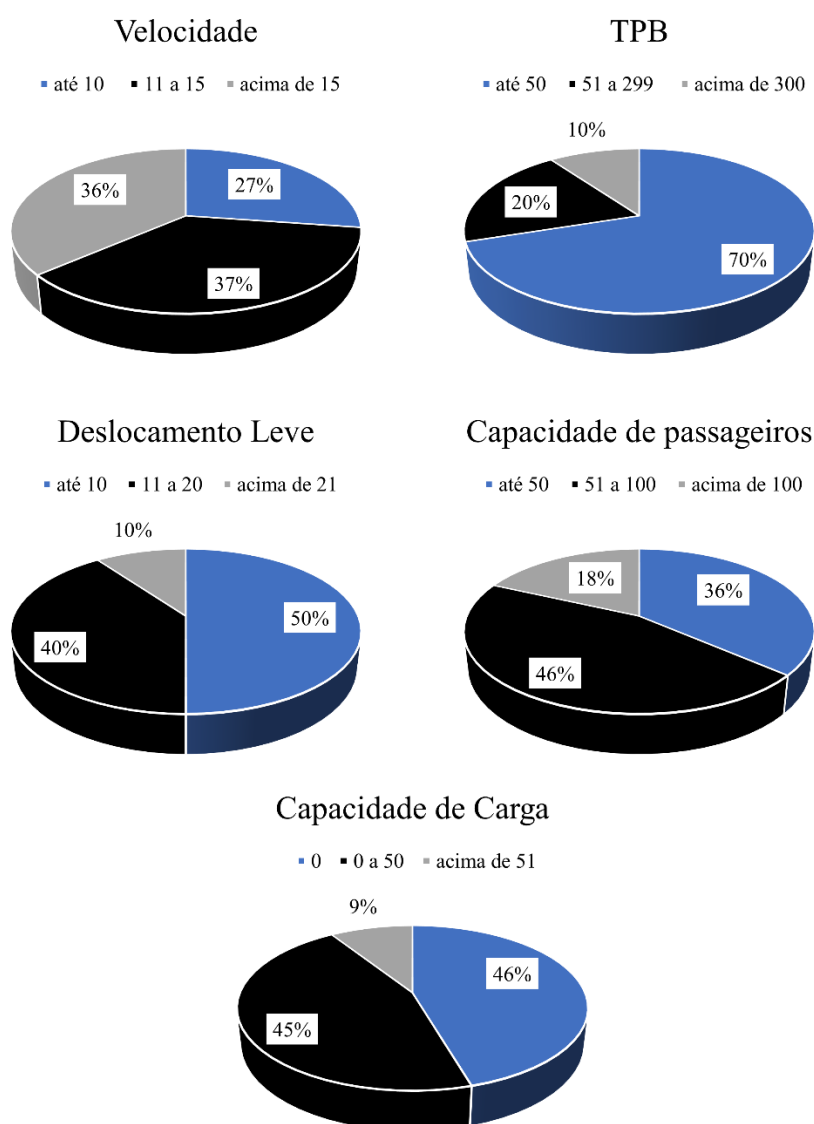
Figura 31 - Recorrência das Características dos Benchmarks – Travessia - Eficiência Energética



Fonte: Autor (2020).

Para as variáveis denotadas na Figura 32, os resultados para a caracterização foram considerados em termos de maior recorrência. Em relação à velocidade, teve-se de 11 a 15 nós como a faixa de valores com maior recorrência (37%). Para o TPB, teve-se que os valores até 50 DWT foram os majoritários, com 70% de recorrência na observação. Quanto ao deslocamento leve, tiveram-se os valores até 10 toneladas como os majoritários, com 50% das verificações nos benchmarks. Em termos de capacidade de passageiros, os valores de 51 a 100 passageiros estiveram entre os mais evidenciados, com 46% de recorrência. Por fim, em relação à variável capacidade de carga, obtiveram-se como valores majoritários (91%), números até 50 toneladas de capacidade.

Figura 32 - Recorrência das Características dos Benchmarks – Travessia – Eficiência Energética



Fonte: Autor (2020).

Da mesma forma como procedido para as análises anteriores, evidenciou-se a síntese de resultados supracitada para o tipo de transporte em questão em termos de eficiência energética na Tabela 32, com as faixas de valores majoritárias para as características das embarcações que atingiram o benchmark.

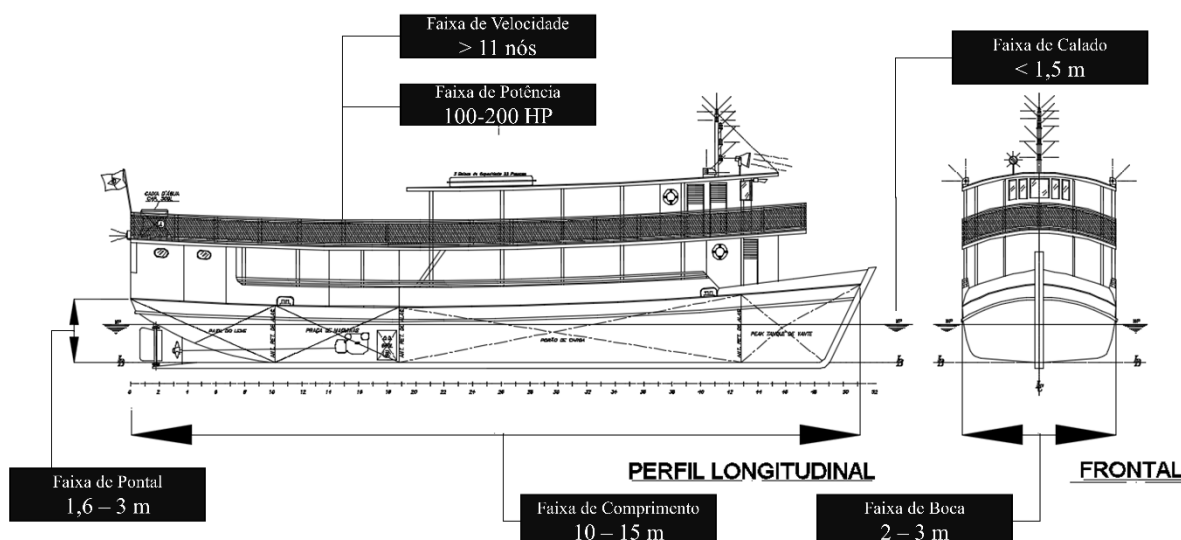
Tabela 32 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações de Travessia – Energética

Travessia - Eficiência Energética	
Característica	Faixa de Valores
Material do Casco	Madeira
Comprimento	10 a 15 metros
Boca	2 a 3 metros
Calado	até 1,5 metros
Pontal	1,6 a 3 metros
Potência	100 a 200
Velocidade	acima de 11 nós
TPB	até 50 e acima de 300
Deslocamento Leve	até 50 e acima de 300
Capacidade de Carga	0 a 50
Capacidade de Passageiros	51 a 100

Fonte: Autor (2020).

Em complementação ao apresentado na Tabela 32 para eficiência energética, foram ilustradas para as embarcações benchmarks do tipo travessia um croqui de embarcação semelhante, conforme evidenciado na Figura 33.

Figura 33 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Travessia - Eficiência Energética



Fonte: Autor (2020).

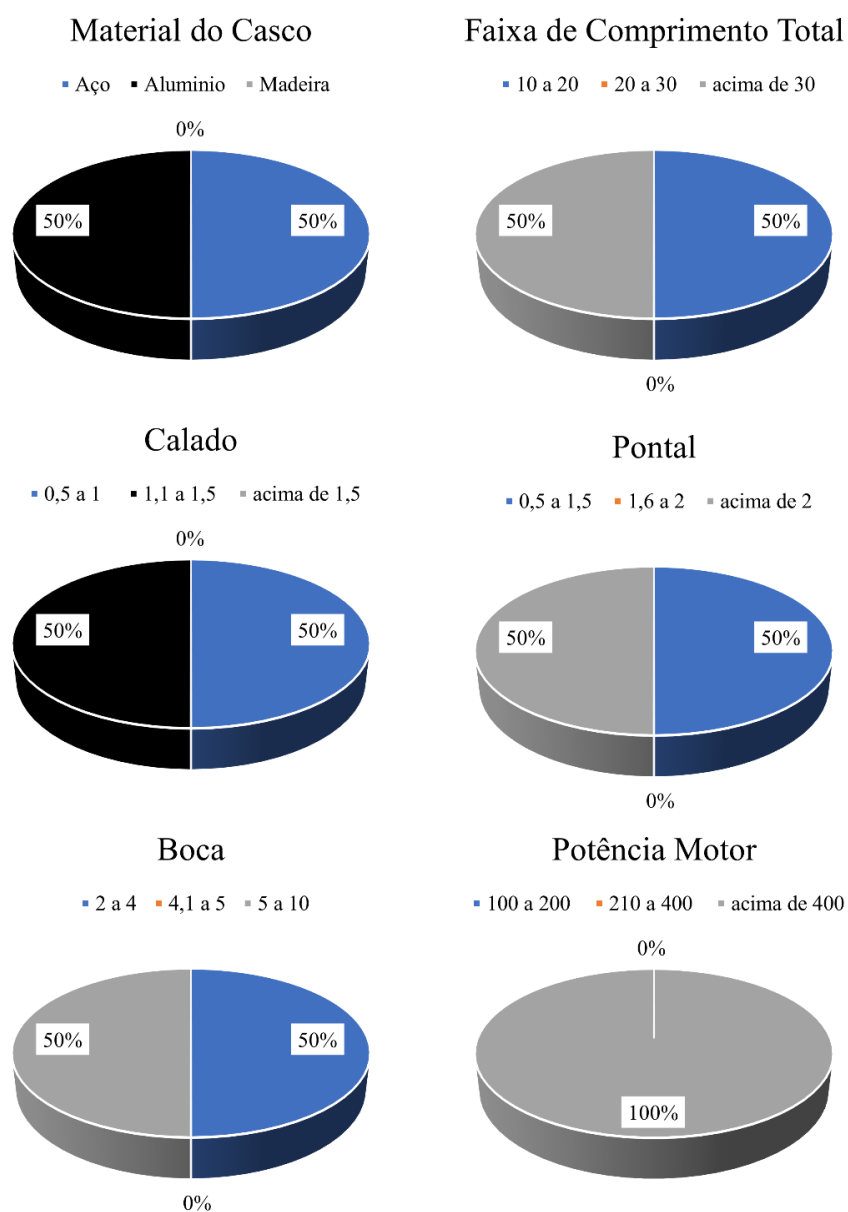
6.1.3.2. Modicidade

Com relação à variável material do casco, pôde-se perceber que os benchmarks, em sua maioria, foram caracterizados por embarcações de aço (50%) e alumínio (50%) ao analisar a modicidade no transporte de travessia. Em segunda análise, quanto à variável faixa de

comprimento total evidenciou-se a partir da criação do padrão de características que a maioria das embarcações que atingiram o benchmark possuíam comprimentos totais de 10 a 20 metros (50%) e acima de 30 metros (50%), conforme evidenciado no gráfico b da Figura 34.

Em complementação às análises de material do casco e comprimento total, teve-se que para as características calado (gráfico c), obtiveram-se resultados majoritários de 100% para embarcações até 0,5 a 1,5 metros de calado. Com relação às características de pontal, obtiveram-se valores majoritários de 50% e 50% para embarcações de 0,5 a 1,5 metros e acima de 2 metros de pontal, respectivamente. Para as variáveis de boca obtiveram-se, respectivamente, valores majoritários de 50% e 50% para embarcações de 2 a 4 metros e de 5 a 10 metros de boca, e em termos de potência 100% para embarcações acima de 400kW.

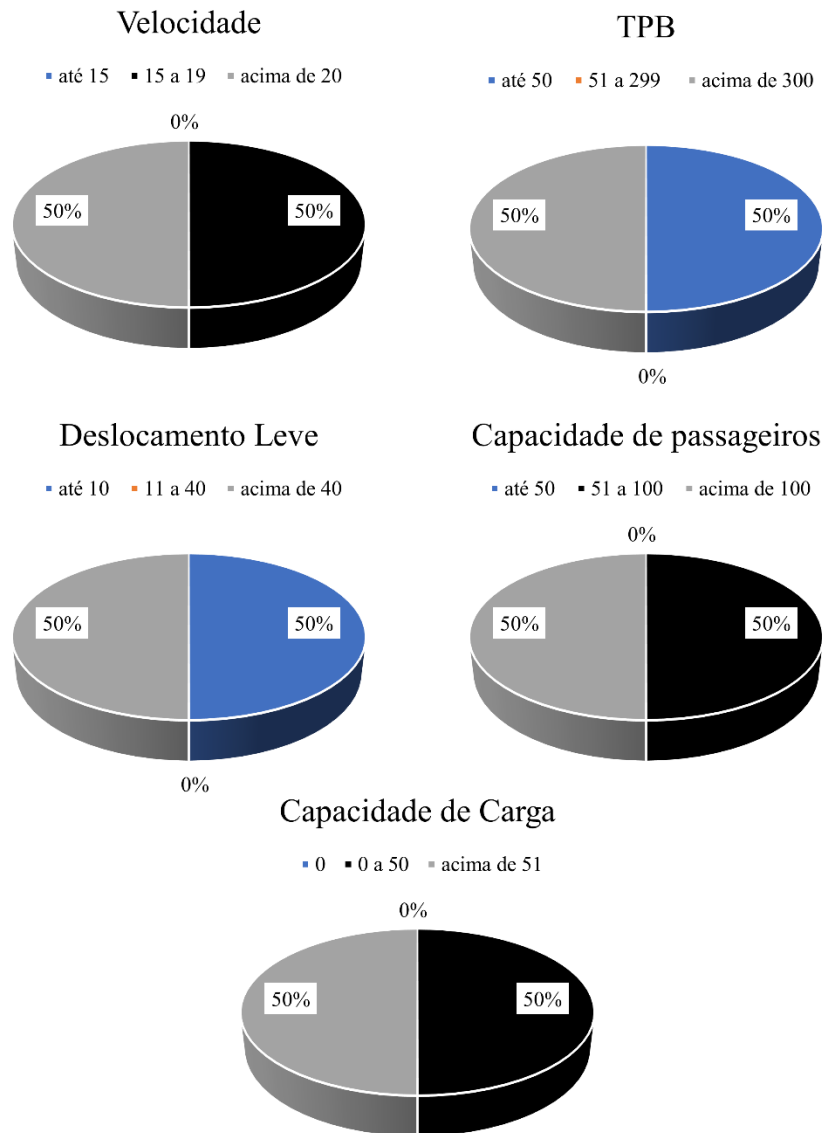
Figura 34 - Recorrência das Características dos Benchmarks – Travessia – Modicidade



Fonte: Autor (2020).

Para as variáveis denotadas na Figura 35, os resultados para a caracterização foram considerados em termos de maior recorrência. Em relação à velocidade, tiveram-se valores acima de 15 nós como a faixa de valores com maior recorrência (100%). Para o TPB, teve-se que os valores majoritários foram de até 50 DWT (50%) e acima de 300 DWT com 50% de recorrência na observação. Quanto ao deslocamento leve, tiveram-se como valores majoritários até 10 toneladas (50%) e acima de 40 ton (50%). Em termos de capacidade de passageiros, os valores acima de 50 passageiros estiveram entre os mais evidenciados, com 100% de recorrência. Por fim, em relação à variável capacidade de carga, obtiveram-se como valores majoritários (100%), números acima de 0, isto é, as embarcações que transportam cargas e não unicamente passageiros foram majoritárias.

Figura 35 - Recorrência das Características dos Benchmarks – Travessia – Modicidade



Fonte: Autor (2020).

Da mesma forma como procedido para as análises anteriores, evidenciou-se a síntese de resultados supracitados para o tipo de transporte em questão em termos de modicidade na Tabela 33, com as faixas de valores majoritárias para as características das embarcações que atingiram o benchmark.

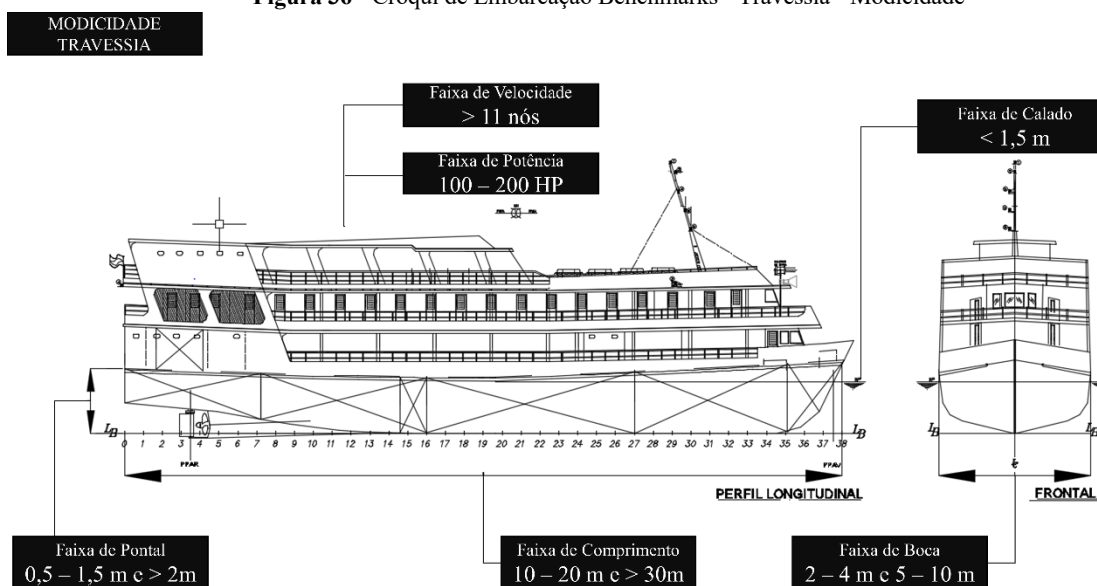
Tabela 33 - Faixas de Valores para as Características das Embarcações de Travessia – Modicidade
Travessia - Modicidade

Característica	Faixa de Valores
Material do Casco	Aço e Alumínio
Comprimento	10 a 20 e acima de 30 metros
Boca	2 a 4 e de 5 a 10 metros
Calado	até 1,5 metros
Pontal	0,5 a 1,5 e acima de 2 metros
Potência	acima de 400
Velocidade	acima de 15
TPB	até 50 e acima de 300
Deslocamento Leve	até 10 e acima de 40
Capacidade de Carga	0 a 50 e acima de 51
Capacidade de Passageiros	acima de 51

Fonte: Autor (2020).

Em complementação ao apresentado na Tabela 33 para modicidade, foram ilustradas para as embarcações benchmarks do tipo travessia um croqui de embarcação semelhante, conforme evidenciado na Figura 36.

Figura 36 - Croqui de Embarcação Benchmarks - Travessia - Modicidade



Fonte: Autor (2020).

7. CONCLUSÃO

Este trabalho atingiu os objetivos traçados, uma vez que, foi capaz de determinar a eficiência relativa do universo de embarcações da pesquisa, bem como traçar perfis que caracterizem as embarcações *benchmarks*, a fim de, gerar conhecimento técnico para tomada de decisão na implementação de novos projetos. Parâmetros como material do casco, características geométricas e propulsivas bem como faixas operacionais foram estratificados traçando uma linha tênue do perfil destas embarcações. Foi possível observar por exemplo, que apesar de serem consideradas obsoletas, as embarcações com material do casco em madeira, foram as que representaram maior percentual entre os *benchmarks* da eficiência energética e modicidade, tanto para as linhas de travessia como para as linhas estaduais. Isto retrata a possibilidade de embarcações com o perfil regional amazônico serem eficientes no transporte de passageiros, haja vista que segundo ANTAQ (2018), este tipo de embarcação representa algo entorno de 80% da frota da região, necessitando apenas de estudos e projetos que possam subsidiar tecnicamente a seleção de parâmetros de engenharia para a construção destas embarcações.

A metodologia de Análise Envoltória de Dados se apresentou como uma ferramenta adequada a modelagem deste tipo de problemática, uma vez que possibilitou, através do modelo CCR orientado ao input, a análise da eficiência relativa com a utilização de parâmetros variados de *input* e *output*, confirmando a hipótese deste trabalho, de que as embarcações empregadas no transporte fluvial de passageiros e misto na região Amazônica são ineficientes.

A metodologia em questão evidencia-se como uma ferramenta capaz de aprimorar o sistema de transporte, gerando ganhos significativos nas viagens e nas embarcações a partir do monitoramento e análise constante da eficiência das DMU's, tornando possível a avaliação dos fatores que influenciam em perdas de eficiência relativa, além da possibilidade de proposição de análises que possibilitem a geração de informações que permitam encontrar possíveis soluções técnicas tangíveis e passíveis de aplicação para as problemáticas encontradas.

Como apresentado neste trabalho, para a análise da eficiência energética, ligada diretamente ao consumo de combustível, todos os três tipos de transporte, seja ele de travessia, estadual ou interestadual, dentre o universo pesquisado, apresentaram mais de 64% das embarcações com faixas de eficiência baixa e/ou intermediárias, chegando em alguns casos a 78%, demonstrando o quão ineficiente é este tipo de transporte na região. Isto demonstra

também a grande capacidade de melhoria no setor, necessitando de estudos e incentivos voltados a esta problemática, reforçando a hipótese inicial do trabalho.

No quesito modicidade os índices de ineficiência observados foram ainda maiores, chegando a patamares de 96%, mostrando uma disparidade no padrão de cobrança de tarifas entre as linhas e embarcações pesquisadas. Potencializar a capacidade de utilização das embarcações, assim como diminuir seu custo operacional, principalmente, o consumo de combustível, são medidas que possibilitam a aplicação de tarifas mais competitivas e serviços prestados com maior qualidade, conforto e segurança.

Por fim, a região amazônica carece de incentivos, estudos e políticas públicas voltadas ao transporte de passageiros, a começar pela falta de regulação, principalmente a nível estadual, onde o único estado que apresenta um órgão regulador e fiscalizador é o Pará, com a figura da ARCON. Um setor sem regulamentação específica e fiscalização direta, fica a mercê da regulação da competitividade do mercado, que sempre visa o empresário, deixando essa grande massa que utiliza este tipo de transporte desamparada e sujeitas a assimetrias na qualidade da prestação dos serviços, na fiscalização e no desempenho dos operadores.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO. **Caracterização da oferta e da demanda do transporte fluvial de passageiros e cargas na região amazônica**. Relatório Técnico, Brasília, 2018.

AHADI, K.; SULLIVAN, K.; MITCHELL, K. N. **Budgeting maintenance dredging projects under uncertainty to improve the inland waterway network performance**. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 119, 63–87, 2018.

AHAMED, S.K., NAIDU, M.M., REDDY, S.R. **Outliers in Data Envelopment Analysis**. *International Journal of Computer Science and Security* 9, 2015.

AKHTAR, M.J., UTNE, I.B. **Human fatigue's effect on the risk of maritime groundings—a Bayesian Network modeling approach**. *Saf. Sci.* 62, 427–440, 2014.

ALMAWSHEKI, E.S., SHAH, M.Z. **Technical Efficiency Analysis of Container Terminals in the Middle Eastern Region**. *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 31, 477–486, 2015.

ALDAMAK, A.; ZOLFAGHARI, S. Review of Efficiency Ranking Methods in Data Envelopment Analysis. **Measurement**, v. 106, p. 161–172, ago. 2017.

ALFARES, H. K.; DUFFUAA, S. O. Simulation-Based Evaluation of Criteria Rank-Weighting Methods in Multi-Criteria Decision-Making. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 15, n. 01, p. 43–61, jan. 2016.

ALMAWSHEKI, E. S.; SHAH, M. Z. Technical Efficiency Analysis of Container Terminals in the Middle Eastern Region. **The Asian Journal of Shipping and Logistics**, v. 31, n. 4, p. 477–486, dez. 2015.

ANGULO-MEZA, L., GONZÁLEZ-ARAYA, M., IRIARTE, A., REBOLLEDO-LEIVA, R., SOARES DE MELLO, J.C. **A multiobjective DEA model to assess the eco-efficiency of agricultural practices within the CF + DEA method**. *Computers and Electronics in Agriculture* 161, 151–161, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.037>

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Boletim Anual de Movimentação de Cargas: Análise da Movimentação de Cargas nos Portos Organizados**

e **Terminais de Uso Privativo**. Brasília: ANTAQ, 2014. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/PublicacoesTecnicas.asp>>. Acesso em: 10 set. 2014.

ANDERSEN, P & PETERSEN, NC. **A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis**. *Manage Sci* 39(10):1261–1264, 1993.

ÂNGULO MEZA, L. **Data Envelopment Analysis (DEA) na Determinação da Eficiência dos Programas de Pós-Graduação da COPPE/UFRJ**. Rio de Janeiro, 1998. *Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – COPPE*, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G. **ISYDS - Integrated System for Decision Support: a software package for data envelopment analysis model**. *Pesquisa Operacional*, v. 25, (3), p. 493-503, 2005.

ASMILD, M., PARADI, J.C., REESE, D.N., ET al. **Measuring overall efficiency and effectiveness using DEA**. *Eur. J. Oper. Res.* 178 (1), 305–321, 2007.

BANKER, R.D., CHARNES, A., COOPER, W.W. **Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis**. *Management Science* 30, 1078–1092, 1984. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>

BARAN, J., & GÓRECKA, A. **Seaport efficiency and productivity based on Data Envelopment Analysis and Malmquist Productivity Index**. *Logistics & Sustainable Transport*, 6(1), 25–33, 2015. doi:10.1515/jlst-2015-0008

BARROS, C.P. **A Benchmark Analysis of Italian Seaports Using Data Envelopment Analysis**. *Marit Econ. Logist.* 8, 347–365, 2006.

BARROS, C. P.; MANAGI, S. **Productivity Drivers in Japanese Seaports**. 1 mar. 2008.

BARROS, C.P. **The measurement of efficiency of Portuguese sea port authorities with DEA**. *International Journal of Transport Economics* 30, 335–354, 2003.

BICHOU, K. **An empirical study of the impacts of operating and market conditions on container-port efficiency and benchmarking**. *Research in Transportation Economics, Freight Transport and Sustainability* 42, 28–37, 2013.

BARNUM, D.T., KARLAFTIS, M.G., TANDON, S. **Improving the efficiency of metropolitan area transit by joint analysis of its multiple providers.** *Transp. Res. Part E: Logist. Transp. Rev.*47(6),1160–1176, 2011.

BAGCHUS, C.; KUIPERS, R. **Autostrada del mare.** European Shortsea Shipping. First European Research Roundtable Conference on Shortsea Shipping. London: Lloyds of London Press, 1992.

BAINDUR, D.; VIEGAS, J. **Challenges to implementing motorways of the sea concept—lessons from the past.** *Maritime Policy & Management*, 38:7, 673-690, 2011.

BERGANTINO, A.S.; BIERLAIRE, M.; CATALANO, M.; MIGLIORE, M.; MOROSO, S. **Taste heterogeneity and latent preferences in the choice behaviour of freight transport operators.** *Transport Policy*, Vol.30, pp.77-91, 2013.

BONILLA, M., MEDAL, A., T. CASASYS, R. SALA. **The Traffic in Spanish Ports: An Efficiency Analysis.** *International Journal of Economics Transport*, XXIX (2), 2002, pp. 215-23.

CAMP, R. **Global cases in benchmarking: best practices from organizations around the world.** Milwaukee, Wis.: ASQ Quality, 1998.

CANTOS, P., PASTOR, J.M., SERRANO, L. **Productivity, efficiency and technical change in the European railways: a non-parametric approach.** *Transportation* 26 (4),337–357, 1999.

CAILLAUX, Marcio Arzua. **Seleção de rota marítima de contêineres utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso na análise de eficiência de rotas entre portos da costa leste da América do Sul.** Niterói, 2005.

CHARNES, A, COOPER, W.W., A. RHODES. **Measuring the Efficiency of Decision Making Units.** *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 1978, pp. 429-444.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation.** 2nd Edition. Pearson Prentice Hall, 2004.

CHEN, Y., & DU, J. **Super-Efficiency in Data Envelopment Analysis.** *Data Envelopment Analysis*, 381–414, 2015.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E.L. **Measuring the efficiency of decision making units**. *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429–444, 1978.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES – CNT. **Entraves Logísticos ao Escoamento de Soja e Milho. Estudo (2015)**. Brasília/DF-Brasil: CNT, 2015. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Estudo/transporte-desenvolvimento>>.

COSTA, ZÓZIMO PEREIRA. **Avaliação de Produtividade em Transporte Marítimo**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1990.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M. AND TONE, K. **Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications references and DEA-solver software**. Springer, p 489, 2007.

COELLI, T., PERELMAN, S. **A comparison of parametric and non-parametric distance functions: With application to European railways**. *Eur. J. Oper. Res.*, 117 (2), 326–339, 1999.

CULLINANE, K., WANG, T.F., SONG, D.-W., JI, P. **The technical efficiency of container ports: comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis**. *Transp. Res. Part. A: Policy Pract.*40(4),354–374, 2006.

CULLINANE, K., SONG, D.-W., JI, P., & WANG, T.-F. **An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency**. *Review of Network Economics*, 3(2), 2004.

CULLINANE, K.P.B., SONG, D.-W, GRAY, R. **A stochastic frontier model of the efficiency of major container terminals in Asia: assessing the influence of administrative and ownership structures**. *Transportation Research A: Policy and Practice* 36, 2002, pp. 743–762.

DANIELIS, R.; MARCUCCI, E. **Attribute cut-offs in freight service selection**. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol.43, No.5, pp.506–515, 2007.

DE BORGER, B., KERSTENS, K. AND COSTA, A. **Public Transit Performance: What does One Learn from Frontier Studies**. *Transport Reviews*, 22: 1-38, 2002.

DYSON, R. G. **Performance Measurement and Data Envelopment Analysis – Ranking are ranks.** *OR Insight*, 13: 3-8, 2000.

DE ALMEIDA GUIMARÃES, VANESSA & LEAL JUNIOR, ILTON & GARCIA, PAULI. **Environmental Performance of Brazilian Container Terminals: A Data Envelopment Analysis Approach.** *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 160, 2014.

DEDES, E.K.; HUDSON, D.A.; TURNOCK, S.R. **Investigation of Diesel Hybrid systems for fuel oil reduction in slow speed ocean going ships.** *Energy* 114, pp 444–456, 2016.

DOUMA, A.M., SCHUTTEN, J.M.J., SCHUUR, P.C., 2009. **Waiting profiles: an efficient protocol for enabling distributed planning of container barge rotations along terminals in the port of Rotterdam.** *Transp. Res. Part C* 17, 133–148.

DOBIE, K. **The core shipper concept: a proactive strategy for motor freight carriers.** *Transportation Journal*. 37–53, 2007.

DOUMA, A.M., SCHUUR, P.C., SCHUTTEN, J.M.J. **Aligning barge and terminal operations using service-time profiles.** *Flex. Serv. Manuf. J.* 23, 385–421, 2011.

ELLER, R. A. G.; SOUSA JUNIOR, W. C.; CURI, M. L. C. **Custos do transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário.** *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 5, n. 1, pp. 50-64, 2011.

ENGBRETHSEN, E.; DAUZÈRE-PÉRÈS, S. **Transportation Mode Selection in Inventory Models: A Literature Review.** *European Journal of Operational Research*, 2018.

FARREL, M.J. **The measurement of productive efficiency.** *Journal of the Royal Statistic Society, series A*, part 3, 1957, p. 253-290.

FERRARI, P. **The dynamics of modal split for freight transport.** *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 70, 163–176, 2014.

GARCIA, P. A. de A. **Uma abordagem via análise envoltória de dados para o estabelecimento de melhorias em segurança baseadas na FMEA.** *Gestão & Produção*, 20(1), 87-97, 2013.

GOEL, A. **A roadmap for sustainable freight transport.** *Methods of Multicriteria Decision Theory and Applications*. pp. 47–56, 2009.

GOLANY, B.; ROLL, Y. **An Application Procedure for DEA**. *Omega*, v. 17, n.3, pp. 237-250, 1989.

GUPTA, V. Comparative performance of contradictory and non-contradictory judgement matrices in AHP under qualitative and quantitative metrics. **International Journal of Decision Support System Technology (IJDSST)**, v. 10, n. 1, p. 21–38, 2018.

GU'ELAT, J.; FLORIAN, M.; CRAINIC, T. G. **A multimode multiproduct network assignment model for strategic planning of freight flows**. *Transportation science* 24 (1), 25–39, 1990.

GUYADER, Olivier; DAURES, Fabienne. **Capacity and scale inefficiency: application of data envelopment analysis in the case of the French Seaweed fleet**. *Marine Resource Economics*, p. 347-365, 2005.

HAIR, J. F. et al. **Multivariate Data Analysis**. [s.l.] Pearson Education Limited, 2013.

HAURELHUK, S. S., VALENTE, A. M. **Estudo De Capacidade Do Canal Da Galheta (Porto De Paranaguá)**. p. 436-451. In: *Anais do XVIII Simpósio de Pesquisa Operacional & Logística da Marinha [Blucher Marine Engineering Proceedings, v.2, n.1]*. São Paulo: Blucher, 2016.

HÄNNINEN, M., KUJALA, P. **Influences of variables on ship collision probability in a Bayesian belief network model**. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 102, 27–40, 2012.

HUNG, S.-W.; LU, W.-M.; WANG, T.-P. Benchmarking the operating efficiency of Asia container ports. **European Journal of Operational Research**, v. 203, n. 3, p. 706–713, 16 jun. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD contínua**. [s.l.] IBGE, 2018. . Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Nacional_por_Amostra_de_Domicilios_continua/Notas_metodologicas/notas_metodologicas.pdf>.

JUNG, H.; KIM, J.; SHIN, K. **Importance Analysis of Decision-Making Factors for Selecting International Freight Transportation Mode**. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 35(1), 55–62, 2019.

JUNG, H.; YEO, G. **Importance of service factors for car-ferry shipping companies between Korea and China routes using fuzzy method.** Journal of Korean Institute of Navigation and Port Research, 38(3), 261-268, 2014.

KIM, S.Y., MARLOW, P. **The measurement of efficiency and effectiveness in distribution channels, Seoul.** In: Report Presented at the 9th World Conference on Transport Research, 2001.

KLEIN, P.; HUTTER, R. Qualitative criteria in the assessment of security measures for critical infrastructure protection-a new approach. **International journal of critical infrastructures**, v. 13, n. 1, p. 29–45, 2017.

KUNERT, N. et al. A Revised Hydrological Model for the Central Amazon: The Importance of Emergent Canopy Trees in the Forest Water Budget. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 239, p. 47–57, maio 2017.

KUTIN, N.; NGUYEN, T. T.; VALLÉE, T. Relative Efficiencies of ASEAN Container Ports based on Data Envelopment Analysis. **The Asian Journal of Shipping and Logistics**, v. 33, n. 2, p. 67–77, 1 jul. 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2092521217300226>>. Acesso em: 30 jun. 2019.

KUWAHARA, N.; LAGO NETO, J. C.; ABENSUR, T.C. **A model forecast for amazon waterways: web tool to support river transportation.** Journal of Transport Literature. Vol. 6, n. 3, p. 60-89, Jul 2012.

KUTIN, N., NGUYEN, T.T., VALLÉE, T. **Relative Efficiencies of ASEAN Container Ports based on Data Envelopment Analysis.** The Asian Journal of Shipping and Logistics 33, 67–77, 2017.

KWAN, S. C.; SUTAN, R.; & HASHIM, J. H. **Trip characteristics as the determinants of intention to shift to rail transport among private motor vehicle users in Kuala Lumpur, Malaysia.** Sustainable Cities and Society, 36, 319–326, 2018.

LAMPE, H.W., HILGERS, D. **Trajectories of efficiency measurement: a bibliometric analysis of DEA and SFA.** Eur. J. Oper. Res. 240, 1–21, 2015.

LEAL, I. C.; GARCIA, P. A, D'AGOSTO, M. A. **A data envelopment analysis approach to choose transport modes based on eco-efficiency.** *Environment, Development e Sustainability*, v.14, n.5, p. 767-183, 2012.

LI, J., JIANG, B., LIN, N. **A Study on the Influence Mechanism of Port Environmental Carrying Capacity.** *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 34, 191–197, 2018.

LI, H.-L., MA, L.-C. **Ranking Decision Alternatives By Integrated Dea, Ahp And Gower Plot Techniques.** *Int. J. Info. Tech. Dec. Mak.* 07, 241–258, 2008. <https://doi.org/10.1142/S0219622008002922>

LI, T., YANG, W., ZHANG, H., & CAO, X. *Evaluating the impact of transport investment on the efficiency of regional integrated transport systems in China.* *Transport Policy*, 45, 66–76, 2016.

LIN, M.-I.; LEE, Y.-D.; HO, T.-N. **Applying Integrated DEA/AHP to Evaluate the Economic Performance of Local Governments in China.** *European Journal of Operational Research*, v. 209, n. 2, p. 129–140, mar. 2011.

LING-CHIN, J.; ROSKILLY, A.P. **Investigating the implications of a new-build hybrid power system for Roll-on/Roll-off cargo ships from a sustainability perspective – A life cycle assessment case study.** *Appl. Energy* 181, 416–434, 2016.

LINDSTAD, H.E.; SANDAAS, I. **Emission and Fuel Reduction for Offshore Support Vessels through Hybrid Technology.** *J. Ship Prod. Des.* 32, 195–205, 2016.

LINDAU, L.A.; COSTA, M.B.B.; SOUSA, F.B.B. **Em busca de benchmark da produtividade de operadores de ônibus.** In: *Transporte: experiências em rede*. pp.199-221, 2001.

LUNA, J.H., MAR-ORTIZ, J., GRACIA, M.D., MORALES-RAMÍREZ, D. **An efficiency analysis of cargo-handling operations at container terminals.** *Marit Econ Logist* 20, 190–210, 2018.

MACHARIS, C., BERNARDINI, A. **Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach.** *Transport Policy* 37, 177–186, 2015.

MANAGI, Shunsuke. **Maritime Shipping Industry and Productivity in Japan**. *Maritime Economics & Logistics* 9(4):291-301 · December, 2007.

MANDAVGADE, N. K.; JAJU, S. B.; LAKHE, R. R. Assessment of qualitative factors affecting uncertainty measurement using AHP. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 21, n. 3, p. 277–301, 2015.

MARIANO, E. B. **Conceitos Básicos de Análise de Eficiência Produtiva**. XIV Simpósio de Engenharia de Produção. *Conference Paper*, 2007.

MARCHETTI, D. S.; FERREIRA, T. T. **Situação atual e perspectivas da infraestrutura de transportes e da logística no Brasil**. Artigo (2012). BNDES 60 anos: perspectivas setoriais. Rio de Janeiro/RJ: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. p. 232-270. 2012. 40 páginas. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1981>>.

MARIANO, B. E.; ALMEIDA, M. R.; REBELLATO, D. A. N. **Princípios básicos para uma proposta de ensino sobre análise por envoltória de dados**. XXXIV COBENGE, 2006.

MARTINEZ-BUDRIA, E., DIAZ-ARMAS, R., NAVARRO-IBANEZ, M. AND RAVELO-MESA, T. **A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities Using Data Envelopment Analysis**,” *International Journal of Transport Economics*, XXVI: 37-253, 1999.

MELLO, J. C. C. B. et al. **Curso de Análise Envoltória de Dados**. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 37., 2005, Gramado, RS. Anais... Gramado, RS: Sobrapo, 2005.

MENESCAL, R.A.; SERRA, F.A.C.; KIRCHNER, L.H.C.; SILVA, F.M.L.; CORTES, R.M.; CUNHA, M.G.A. **Boletim informativo aquaviário**. Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ), Brasília, 2016.

MIHIC, S., GOLUSIN, M., MIHAJLOVIC, M. **Policy and promotion of sustainable inland waterway transport in Europe-Danube River**, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15 (4), pp. 1801–1809, 2011.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL – MTPA. **Plano Nacional de Logística Portuária – PNLP, Relatório de Diagnostico. Estudo – 2015**. Secretaria de Portos da Presidência da República – SEP/PR. 91 páginas, 2015. Disponível em:

<<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/plano-nacional-de-logistica-portuaria>>.

Acesso em: maio de 2019.

MOITA, M. H. V. **Um modelo de avaliação de eficiência técnica de professores universitários utilizando Análise Envoltória de Dados: o caso dos professores das áreas de engenharias**. 2002. 169p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2002.

NOURA, A. A., HOSSEINZADEH LOTFI, F., JAHANSHALOO, G. R., & FANATI RASHIDI, S. **Super-efficiency in DEA by effectiveness of each unit in society**. Applied Mathematics Letters, 24(5), 623–626, 2011.

OCKWELL, A. **Benchmarking the Performance of Intermodal Transport**. OECD Division of Transport, Paris, 2001.

OUM, T.H., YU, C. **Economic efficiency of rail ways and implications for public policy: a comparative study of the OECD countries' railways**. J. Transp. Econ. Policy 28(2),121–138, 1994.

OUM, T.H., YAN, J., YU, C. **Ownership forms matter for airport efficiency: a stochastic frontier investigation of worldwide airports**. J. Urban Econ.64(2), 422–435, 2008.

PRABHU GAONKAR, R.S., XIE, M., FU, X. **Reliability estimation of maritime transportation: a study of two fuzzy reliability models**. Ocean Eng. 72, 1–10, 2013.

PASCOE, S., COGLAN, L., MARDLE, S. **Physical versus harvest-based measures of capacity: the case of the United Kingdom vessel capacity unit system**. ICES J. Mar. Sci. (2001) 58 (6): 1243-1252 doi:10.1006/jmsc.2001.1093

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA). **Maritime Policy & Management**, v. 20, n. 2, p. 153–161, jan. 1993.

ROHÁCS, J.; SIMONGÁTI, G. **The role of inland waterway navigation in a sustainable transport system**. Transport, vol. 22:3, p. 148-153. Oct., 2007.

SAKALIS, G.N.; FRANGOPOULOS, C.A. **Intertemporal optimization of synthesis, design and operation of integrated energy systems of ships: General method and application on a system with Diesel main engines**. Appl. Energy 226, 991–1008, 2018.

SAMBRACOS, E.; MANIATI, M. **Competitiveness between short sea shipping and road freight transport in mainland port connections; the case of two Greek ports.** *Maritime Policy & Management*, 39:3, 321-337, 2012.

SAVOLAINEN, Ville-Veikko et al. **Relative technical efficiency of European transportation systems.** 2007.

SANTOS, A. B., SPROESSER, R. L., & MARTINS, R. S. **Caracterização e Avaliação da Eficiência dos Terminais Intermodais do Corredor Logístico de Grãos Centro-Leste.** *Revista ADM. MADE*, 17(1), 1-23, 2013.

SAATY, T.L. **A scaling method for priorities in hierarchical structures.** *J. Math. Psychol.* 1 (1), 57–68, 1977.

SCHULZ, J. **State of logistics 2016.** *Logistics Management*, July, 2015.

SEGOVIA, P.; RAJAOARISOA, L.; NEJJARI, F.; DUVIELLA, E.; PUIG, V. **Model predictive control and moving horizon estimation for water level regulation in inland waterways.** *Journal of Process Control*, 76, 1–14, 2019.

SEIFORD, L. M. & ZHU, J. **Infeasibility of super-efficiency data envelopment analysis models.** *Infor* 37(2):174–187, 1999.

SHI, G.-M., BI, J., WANG, J.-N. **Chinese region a industrial energy efficiency evaluation based on a DEA model of fixing non-energy inputs.** *Energy Policy* 38 (10), 6172–6179, 2010.

SMITH, T. **Technical energy efficiency, its interaction with optimal operating speeds and the implications for the management of shipping's carbon emissions.** *Carbon Manag.* 3, 589–600, 2012.

SNADDON, D. R. **Competition in transportation – A literature analysis.** *Tech novation*, 21, 375–383, 2001.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B., ÂNGULO MEZA, L., GOMES, E. G., & BIONDI NETO, L. **Curso de análise de envoltória de dados.** *XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.* Gramado, RS, 2005.

SUN, J. et al. Performance evaluation of Chinese port enterprises under significant environmental concerns: An extended DEA-based analysis. **Transport Policy**, v. 60, p. 75–86, 1 nov. 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X17300410>>. Acesso em: 30 jun. 2019.

TALLURI, L.; NALIANDA, D.K.; KYPRIANIDIS, K.G.; NIKOLAIDIS, T.; PILIDIS, P. **Techno economic and environmental assessment of wind assisted marine propulsion systems**. *Ocean Eng.* 121, 301–311, 2016.

TEIXEIRA, C.A.N.; ROCIO, M.A.R.; AMARAL, A.P; OLIVEIRA, L.A.S. **Brazilian inland navigation**. *BNDES Setorial* 437–482, 2018.

TONE, K. A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 130, n. 3, p. 498–509, maio 2001.

TONGZON, J. **Efficiency measurement of selected australian and other international ports using data envelopment analysis**. *Transp. Res. Part A* 35 (2), 113–128, 2001.

TONGZON, J. **Determinants of port performance and efficiency**. *Transp. Res. Part A* 29 (3), 245–252, 1995.

TONGZON, J. L. **Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis**. *Transportation Research A: Policy and Practice*, 35: 113-128, 2001.

TOVAR, B.; WALL, A. Are larger and more complex port more productive? An analysis of Spanish port authorities. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 121, p. 265–276, 1 mar. 2019. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856418306864>>. Acesso em: 30 jun. 2019.

WANKE, P. F.; BARROS, C. P. Public-private partnerships and scale efficiency in Brazilian ports: Evidence from two-stage DEA analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 51, p. 13–22, 1 set. 2015

WOHL, E. E. Hydrology and Discharge. In: GUPTA, A. (Ed.). **Large Rivers**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2007. p. 29–44.

VALENTINE, V. F. AND GRAY, R. **The Measurement of Port Efficiency Using Data Envelopment Analysis**. Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research, 22-27 July, Seoul, South Korea, 2001.

VESTERGAARD, N., D. SQUIRES and J.E. KIRKLEY. **Measuring Capacity and Capacity Utilization in Fisheries: The Case of the Danish Gill-net Fleet**. IIFET 2000 Proceedings, Oregon State University, 2000.

VERDONCK, L., CARIS, A., RAMAEKERS, K., JANSSENS, G.K. **Analysis of operations of an intermodal barge terminal**. Int. J. Simul. Process Model. 9 (1/2), 3–15, 2014.

VITON, P.A. **Changes in multi-mode bus route efficiency, 1988–1992**. Transportation 25(1), 1–21, 1998.

WALLER, M.; MEIXELL, M. J.; NORBIS, M. **A review of the transportation mode choice and carrier selection literature**. The International Journal of Logistics Management, 19(2), 183-211. 2008.

WANKE, P.F., BARROS, C.P. **Public-private partnerships and scale efficiency in Brazilian ports: Evidence from two-stage DEA analysis**. Socio-Economic Planning Sciences 51, 13–22, 2015.

WIEGMANS, B., & WITTE, P. **Efficiency of inland waterway container terminals: Stochastic frontier and data envelopment analysis to analyze the capacity design- and throughput efficiency**. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 106, 12–21, 2017.

WU, B. et al., **Effectiveness of maritime safety control in different navigation zones using a spatial sequential DEA model: Yangtze River case**, *Accid. Anal. Prev.*, 2015.

WU, Y., LIN, C. **National port competitiveness: implications for India**. *Management Decision*, 46, 2008, pp. 1482–1507.

YANG, T.; KUO, C. **A Hierarchical AHP/DEA Methodology for the Facilities Layout Design Problem**. *European Journal of Operational Research*, v. 147, n. 1, p. 128–136, 16 maio 2003.

ZHAO, F.; YANG, W.; TAN, W.W.; YU, W.; YANG, J.; CHOU, S.K. **Power management of vessel propulsion system for thrust efficiency and emissions mitigation.** Appl. Energy 161, 124–132, 2016.