

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

**PESQUISA OPERACIONAL COMO INSTRUMENTO DE
SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO: APLICAÇÃO NO
TRANSPORTE AQUAVIÁRIO DO AMAZONAS**

POLIANA CARDOSO

Manaus

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

POLIANA CARDOSO

**PESQUISA OPERACIONAL COMO INSTRUMENTO DE
SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO: APLICAÇÃO NO
TRANSPORTE AQUAVIÁRIO DO AMAZONAS**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal do Amazonas, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade.

ORIENTADOR: PROF. DR. WALT AIR VIEIRA MACHADO

Manaus

2013

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C268p Cardoso, Poliana
Pesquisa operacional como instrumento de suporte à tomada de decisão : aplicação no transporte aquaviário do Amazonas / Poliana Cardoso. 2013
85 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Waltair Vieira Machado
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Transporte Aquaviário. 2. Hidrovias. 3. Políticas públicas. 4. Embarcação. I. Machado, Waltair Vieira II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

POLIANA CARDOSO

**PESQUISA OPERACIONAL COMO INSTRUMENTO DE SUPORTE À TOMADA
DE DECISÃO: APLICAÇÃO NO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO DO AMAZONAS**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, na área de concentração da qualidade e produtividade.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Waltair Vieira Machado
Presidente e Orientador
Faculdade de Tecnologia
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Cláudio Dantas Frota
Faculdade de Tecnologia
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Floriano Carlos Martins Pires Junior.
Programa de Engenharia Oceânica – COPPE
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Nelson Kuwahara
Faculdade de Tecnologia
Universidade Federal do Amazonas

Manaus, 5 de dezembro de 2013

DEDICATÓRIA

*À Deus, meu guia,
à Teixeira, meu esposo,
à Sofia, nossa filha,
à Paula e Pamella minhas irmãs e
à Luiz Renato e Ione, meus pais,*

AGRADECIMENTOS

À FAPEAM, que fomentou a realização e a divulgação das experiências e práticas desenvolvida no presente trabalho.

À FINEP, que além de fomentar a realização do projeto titulado “LOGÍSTICA DA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS NO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO NO ESTADO DO AMAZONAS (NTCODAM)”, apoiou a elaboração e a divulgação desta dissertação de mestrado.

Ao meu esposo Teixeira, grande amor, amigo, companheiro e pai. Obrigada por não me deixar desanimar e desistir deste sonho, sua força e incentivo foram excencial para a finalização deste trabalho.

Ao pessoal do Laboratório de Pesquisa Operacional (LAPO), Rafael e Natalia, pela força no dia-a-dia.

Ao meu orientador Prof. Dr. Waltair Vieira Machado pela confiança, experiência, conhecimento, dedicação, tranquilidade passada e também pela amizade construída nos últimos anos. Obrigada pela oportunidade, companheirismos e por tornar possível a realização deste sonho.

A coordenadora de pesquisa do projeto NTCODAM e do Núcleo Pesquisas de Transportes e Construção Naval (NTC) da UFAM, Prof^a. Dr^a. Márcia Helena Veleda Moita (*in memoriam*), pois sem sua sabedoria dificilmente este trabalho seria concluído. Obrigada pela dedicação, incentivo, amizade e claro por ter acreditado.

A todos os parceiros, em especial, as instituições SEFAZ, SUFRAMA, SEPLAM, SINDARMA, ATRAC, DFMM, ANTAQ e INTRA. Sem o apoio, incentivo e entusiasmos destas instituições, o desenvolvimento deste trabalho seria bem mais difícil. Obrigada pelo trabalho e por colaborarem com o desenvolvimento deste trabalho.

*“Os modelos são representações
simplificadas da realidade que
representam, para determinadas
situações e enfoques,
uma equivalência adequada.”*

(M.C. Goldbarg & H.P.L Luna, 2005).

RESUMO

O transporte é fundamental para o deslocamento de pessoas e bens, com segurança, integridade e rapidez, ao menor custo possível. Na Região Norte a rede de transporte concentra-se majoritariamente nas hidrovias se reveste de grande importância, desde o transporte de subsistência, como o de pessoas e cargas para o interior do estado, se estendendo para o transporte de cabotagem e longo curso responsáveis pelo maior volume transportado na Região. Entretanto, o sistema de transporte aquaviário apresenta condições precárias de infraestrutura portuárias e hidrovias, baixa acessibilidade, pouca mobilidade, carência de vias de escoamento de produção, incompatibilidade do sistema logístico com as produções regionais e etc. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi identificar os principais problemas do transporte aquaviário do Amazonas, considerando suas características peculiares. O trabalho buscou equacionar estes problemas através da proposição de modelos otimização e resolvê-los por meio de métodos de Pesquisa Operacional, tais como: DEA, Multicritério e Simulação computacional. Neste contexto, portanto, através dos modelos quantitativos foi possível ampliar a capacidade de abordagem racional dos problemas do sistema de transporte aquaviário do Amazonas, favorendo a elaboração de políticas públicas capazes de utilizar os problemas alencados e abordados na execução do trabalho.

Palavras-Chaves: Transporte Aquaviário; Pesquisa Operacional e Estudo de Caso.

ABSTRACT

Transportation is critical to moving people and goods safely , quickly and integrity at the lowest possible cost. In the northern region the transport network focuses mostly on waterways is of great importance , since the transport of livelihood , such as people and cargo to the interior of the state , extending for cabotage and long course responsible for the largest volume transported in the Region . However , the water transport system present poor port infrastructure and waterways , low accessibility , low mobility , lack of pathways for production , incompatibility of logistics system with regional productions and so on. Thus, the aim of this study was to identify the main problems of water transport in the Amazon , considering its peculiar characteristics . The study sought to solve these problems by proposing optimization models and solving them through methods of Operations Research , such as DEA , Multicriteria and computational simulation . In this context, therefore , through quantitative models it was possible to expand the capacity for rational approach to the problems of the water transport system of Amazonas , favorendo designing public policies to use alencados problems and addressed in the implementation of the work .

Key words: Water Transport, Operations Research and Case Study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do procedimento	5
Figura 2 – Classificação dos modelos por problema	6
Figura 3 – Fluxo das variáveis no modelo DEA proposto	25
Figura 4 – Escore da primeira componente principal ($\hat{Y}= 75.2\%$). Índice de qualidade da navegação	28
Figura 5 – Escore de eficiência das hidrovias	30
Figura 6 – Intervalos de eficiências nas hidrovias	31
Figura 7 – Escala utilizada na comparação dos critérios.....	35
Figura 8 – Modelo para a classificação das embarcações	37
Figura 9 – Conjunto de critério a serem usados para classificação das embarcações	38
Figura 10 – Desempenho dos critérios: enfermaria (a) e bar (b).....	40
Figura 11 – Desempenho dos critérios: cozinha (a) e banheiro (b).....	41
Figura 12 – Desempenho dos critérios: convés de passageiro (a) e acesso (b).....	42
Figura 13 – Representação gráfica da classificação das embarcações	42
Figura 14 – Comparação do desempenho das alternativas e critérios.....	43
Figura 15 – <i>Ranking</i> de prioridades das hidrovias	52
Figura 16 – Alternativas e Critérios no plano GAIA.	53
Figura 17 – Distribuição das Embarcações de aço e madeira por ano.	57
Figura 18 – Modelo de simulação computacional do porto público.	60
Figura 19 – Média de embarcações por berço.	61
Figura 20 – Média do tempo de processamento por berço.	62
Figura 21 – Média do tempo de processo por berços.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fonte dos dados e resumo das características e técnicas utilizadas.....	7
Tabela 2 – Atividades de manutenção das hidrovias.....	19
Tabela 3 – Correlação entre as variáveis de manutenção das hidrovias.	27
Tabela 4 – Autovetores normalizados.	28
Tabela 5 – Importância Média Local nos níveis de critérios e subcritérios.	39
Tabela 6 – Prioridade Média Global dos subcritérios.	44
Tabela 7 – Identificação dos principais projetos hidroviários por Eixo Estruturante.	47
Tabela 8 – Definição dos Eixos Estruturantes.	51
Tabela 9 – Definição dos Critérios.	51
Tabela 10 – Intervalo de tamanho das embarcações.	59

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANTAQ	AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS
AHP	<i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS</i>
AHIMOR	AMAZONIA ORIENTAL
AHITAR	TOCANTINS/ARAGUAIA
AHINOR	NORDESTE
AHISFRA	SÃO FRANCISCO
AHIPAR	PARANÁ
AHRANA	PARAGUAI
AHSUL	SUL
AHMOC	AMAZONIA OCIDENTAL
ALICEWEB	
AMD	APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO
APL	ARRANJO PRODUTIVO LOCAL
BM	BARCO MISTO
CNT	CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES
DAQ	DIRETORIA DE INFRAESTRUTURA AQUAVIÁRIA
DEA	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS
DMU	UNIDADE TOMADORA DE DECISÃO
DNIT	DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
FIFO	<i>FIST IN, FIRST OUT</i>
GEHPAQ	GERÊNCIA DE HIDROVIAS E PORTOS INTERIORES
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IDH	ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO
NTC	NÚCLEO DE TRANSPORTE E CONSTRUÇÃO NAVAL
NTCODAM	LOGÍSTICA DA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS NO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO NO ESTADO DO AMAZONAS
PAS	PLANO AMAZÔNIA SUSTENTÁVEL
PCA	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS
PG	PRIORIDADES GLOBAIS
PIB	PRODUTO INTERNO BRUTO
PIM	POLO INDUSTRIAL DE MANAUS
PML	PRIORIDADES MÉDIAS LOCAIS
PO	PESQUISA OPERACIONAL
PPA	PLANO PLURIANUAL
RCE	RETORNO CONSTANTE DE ESCALA
SNPH	SOCIEDADE DE NAVEGAÇÃO PORTOS E HIDROVIAS
TUC	TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO
TUP	TERMINAIS DE USO MISTO PRIVATIVO
UFAM	UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
ZFM	ZONA FRANCA DE MANAUS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação	1
1.2 Questões de pesquisa	2
1.3 Objetivo	3
1.3.1 Objetivos específicos.....	3
1.4 Estruturas do trabalho.....	3
2 METODOLOGIA.....	5
3 PANORAMA GERAL DA AMAZÔNIA.....	8
3.1 Aspectos econômicos gerais da região amazônica	8
3.2 Rede urbana na Amazônia.....	10
3.3 Sistemas logísticos de suprimento, distribuição e ofertas de transportes	12
4 ESTUDOS DE CASO.....	15
5. HIDROVIAS	15
5.1 Hidrovias no Brasil.....	15
5.2 Vantagens do modal hidroviário.....	16
5.3 Manutenção do sistema hidroviário	17
5.4 Metodologia.....	20
5.4.1 Análises de componentes principais	21
5.4.2 Análise envoltória de dados	23
5.4.3 DEA como mecanismos de avaliação do programa de manutenção de hidrovias	24
5.4.3.1 Insumo	25
5.4.3.1.1 Aplicação de recurso nas hidrovias	25
5.4.3.2 Produto	26
5.4.3.2.1 Movimentação de carga.....	26
5.4.3.2.2 Qualidade da navegabilidade.....	26
5.4.4 Correlações entre insumos e produtos	28
5.5 Resultados.....	29
6. EMBARCAÇÃO.....	32
6.1 Revisão da literatura	33
6.1.1 Avaliação das embarcações regionais	33
6.2 Aplicações do método AHP	34
6.3 Método de análise hierárquica (AHP)	35

6.4 Definição do problema	37
6.5 Pesos dos critérios e subcritérios	38
6.6 Desempenho das embarcações nos critérios e subcritérios	40
6.7 Resultados.....	43
7 INTERVENÇÕES HIDROVIÁRIAS	45
7.1 Plano CNT de transporte e logística.....	46
7.2 Metodologia multicritério.....	49
7.3 Resultados.....	51
8 PORTO	54
8.1 Conceitos e simulação	54
8.2 Modelo no ambiente arena	56
8.3 Caracterização	57
8.4 Modelo de simulação.....	59
8.5 Resultados	61
9 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE	71
Artigo publicado em periódico	72
Artigos publicados em anais de congressos	72
Resumos publicados em anais de congressos.....	72

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

No Brasil, os transportes como serviço representaram aproximadamente 4% do Produto Interno Bruto (PIB) (CNT/COOPEAD, 2002), sendo um dos itens mais importantes para o chamado setor terciário da economia, ou quaternário, conforme a classificação proposta por Foote e Hat (1953).

A extensão continental do país com grandes dificuldades regionais levam a diversas realidades para a qualidade no setor de transporte. Dentre elas: na Região Norte a participação hidroviária é mais expressiva; na nordeste utiliza-se mais a rede rodoviária e a navegação de cabotagem; no Centro Oeste ocorre à expansão agrícola por rodovias; e o Sul e Sudeste possuem fluxos de transporte de alta densidade, inclusive participação dutoviária (CNT, 1992).

O modo hidroviário é responsável pela sobrevivência do complexo da bacia amazônica, pois quase a totalidade do abastecimento básico é feita através de suas vias. Outro papel fundamental desenvolvido encontra-se no escopo social, atendendo ao transporte das populações ribeirinhas, ao seu abastecimento energético, promovendo, ainda, a acessibilidade a educação e a saúde.

O atual sistema de transporte aquaviário do Amazonas necessita de melhorias significativas e compatíveis com o sistema regional. Pois mesmo sendo este o responsável pelo abastecimento básico da região, as operações ainda acontecem sobre condições primitivas não levando em conta o acesso, a flexibilidade, o desempenho e a segurança.

Estudos desenvolvidos pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) relatarão os principais problemas do transporte aquaviário no Amazonas, destacando-se:

- a) a infraestrutura do transporte necessária para manutenção dos produtos é um dos principais problemas da Amazônia, bem como a necessidade da utilização da intermodalidade e da modelagem para conseguir escoar os produtos rurais de uma forma mais rápida e com menor custo para o produtor rural (PAULA, 2011).
- b) o modelo de desenvolvimento econômico implantado na região, baseado em grandes projetos industriais, é apresentado conjuntamente com o sistema logístico que os atendem. Porém, este modelo tem uma especificidade que dificilmente o habilita para ser aplicado diretamente aos APL e assim faz

recomendações de investimentos em ferramentas de informação logística, e de reestruturação física das funções logísticas (KUWAHARA *et al*, 2011).

- c) apesar da enorme riqueza de recursos naturais, o planejamento do Estado negligencia a real necessidade de implantação de vias de escoamento da produção rural dos municípios, criando com isso, a quase total dependência de Manaus (FROTA, 2011).
- d) o transporte hidroviário na bacia amazônica é deficiente, apresentado fragilidade na fiscalização, na qualidade do serviço e na falta de diagnóstico, que dificulta o desenvolvimento do sistema aquaviário. Além dessas deficiências, existe uma carência na questão de dados sobre o transporte hidroviário (MOITA *et al*, 2011).

Na atualidade, constata-se que muitas são as pesquisas que têm buscado soluções para os problemas do sistema de transporte aquaviário do Amazonas. Entretanto, observa-se que as publicações científicas sobre problemas do transporte aquaviário da região exigem aplicação de técnicas de otimização, pois é pouco explorada.

Neste sentido, ressalta-se a necessidade de desenvolver estudos condizentes com a realidade do Amazonas, não só pela sua relevância nos panoramas nacionais e globais, mas também pelas suas especificidades que exigem soluções próprias.

O objetivo geral deste trabalho foi sistematizar os principais problemas, propor metodologias de solução e aplicá-las em alguns casos do transporte aquaviário do Amazonas. A sistematização dos problemas nessa área de atuação tem um certo pionerismo, expresso pela escassez de pesquisas relacionadas sobre o transporte aquaviário do Amazonas, seu planejamento e logística.

A metodologia proposta para o desenvolvimento do trabalho combinou diferentes métodos de Pesquisa Operacional (PO), tais como: DEA, Multicritério, Simulação computacional. Os modelos de PO foram estruturados de forma lógica, amparados no ferramental matemático de representação e objetivaram a determinação das melhores condições de funcionamento para os sistemas representados.

1.2 Questões de pesquisa

As seguintes questões de pesquisa foram formuladas:

- a) Como determinar a eficiência das hidrovias?
- b) Como selecionar o projeto de embarcação *benchmark*?

- c) Como priorizar as intervenções hidroviárias?
- d) Como representar o processo operacional de um porto?

1.3 Objetivo Geral

O objetivo do trabalho foi apresentar alguns dos principais problemas do transporte aquaviário da região Amazônica, considerando suas características peculiares, e formalizá-los através da proposição de modelos de pesquisa operacional.

1.3.1 Objetivos Específicos

- I. Levantar e avaliar as principais atividades de manutenção de hidrovias interiores;
- II. Classificar e analisar o *benchmark* de projeto de embarcação do ponto de vista do usuário;
- III. Definir o *ranking* dos projetos hidroviários nos eixos estruturantes do Brasil;
- IV. Realizar simulação computacional da operação do porto Roadway.

1.4 Estrutura do trabalho

A presente dissertação encontra-se dividida em 8 capítulos, listados a seguir:

- Capítulo 1: Introdução. Enfatiza os objetivos da pesquisa, oferece uma visão geral da importância do estudo e apresenta a estrutura geral do trabalho.
- Capítulo 2 – Expõe o delineamento da metodologia aplicada à pesquisa.
- Capítulo 3 – Apresenta o cenário socioeconômico, ambiental e um estudo inicial do funcionamento do transporte de carga no Estado do Amazonas, visando oferecer uma visão geral da logística das características econômicas, da infraestrutura logística da Região.
- Capítulo 4 – Apresenta uma metodologia para avaliar a eficiência das atividades desenvolvidas pelos gestores e executores do Programa de Manutenção de Hidrovias a partir da metodologia Análise Envoltória de Dados (DEA).
- Capítulo 5 – Apresenta uma aplicação do método multicritério, AHP, para selecionar a embarcação *benchmark* do ponto de vista do usuário. O método proposto utiliza os conceitos de projetos universais e de usabilidade que influenciam na eficiência das embarcações o que permitiu definir o *benchmark* e produzir um mecanismo de avaliação e de orientações.

- Capítulo 6 – Apresenta uma metodologia para determinar e analisar o *ranking* das intervenções hidroviário nos eixos estruturantes do Brasil, utilizando o método PROMETHÉE II.
- Capítulo 7 – Apresenta um modelo computacional, para análise do processo operacional do Porto Público de Manaus/*Roadway*, que opera embarcações recreios.
- Capítulo 8 – Apresenta as conclusões do respectivo trabalho.

2 METODOLOGIA

A metodologia proposta busca obter resultado, segundo o conceito de modelagem proposto por Goldbarg e Luna (2005), que contribuirão para a formulação dos problemas regionais do sistema de transporte aquaviário do Amazonas. No geral, o procedimento proposto é composto de quatro fases, sendo elas: Fase A. Caracterização da Área de Estudo; Fase B. Formulação/Construção do Problema; Fase C. Implementação e Utilização e Fase D. Análise do Resultado, conforme Figura 1.

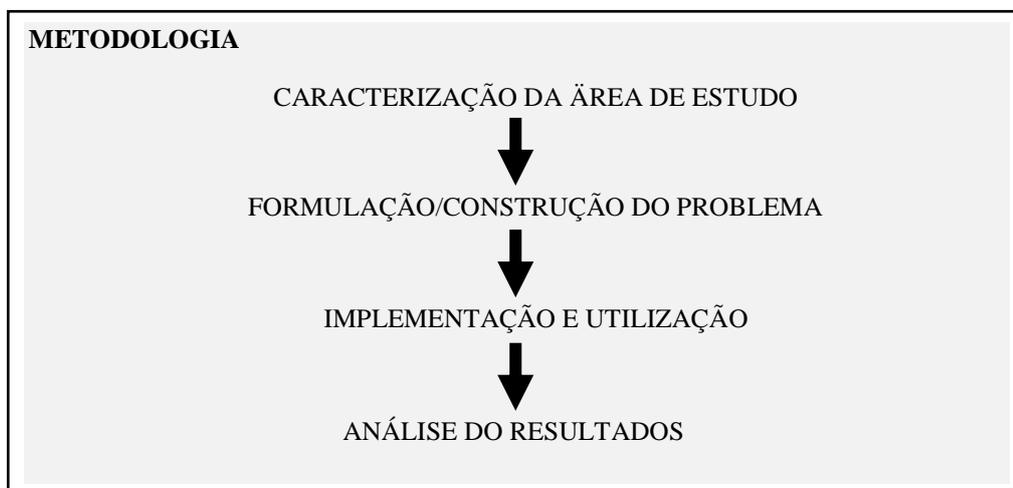


Figura 1 – Estrutura do procedimento.
Fonte: adaptado de Goldbarg e Luna (2005)

A primeira fase consistiu em caracterizar a área de estudo a ser pesquisada e tem como objetivo identificar os problemas, os potenciais e as necessidades. A caracterização da área foi feita em relação à infraestrutura de transportes e ao fluxo de carga. Foram analisados também dados socioeconômicos, como: a população, as atividades socioeconômicas. Por fim, a definição dos problemas foi realizada por meio do critério disponibilidade de informações.

De uma forma geral, os problemas identificados e abordados no trabalho são:

- Determinar a eficiência das atividades desenvolvidas pelos gestores e executores do Programa de Manutenção de Hidrovias, com vistas às condições de navegabilidade das principais hidrovias brasileiras.
- Selecionar o projeto de embarcação regional *benchmark*. O processo de seleção do *benchmark* permite identificar a melhor alternativa em um grupo de candidatas, considerando múltiplos critérios de seleção.
- Definir o *ranking* dos projetos hidroviários nos eixos estruturantes do Brasil, visando estabelecer as hidrovias prioritárias, por eixo, que contribuam para

e elevar a participação do modal e garantir um melhor equilíbrio do sistema de transportes.

- Analisar o processo operacional do Porto Público de Manaus, chegadas e saídas das embarcações, visando identificar os principais entraves e proposição de soluções para minimizá-los.

A Fase B consistiu em formular os modelos de otimização para os problemas definidos na fase anterior. Para obter modelos eficientes a Fase B foi dividida em duas etapas. A primeira etapa definiu para cada problema os tipos de variáveis, os níveis de agregação, a representação das restrições e a função objetivo. A segunda etapa estabeleceu hipóteses de representação para orientar a escolha e a possível utilização de modelos já existentes. O resultado final desta fase é definir claramente o problema e o melhor modelo.

Os problemas definidos, Fase A, foram modelados utilizando os métodos (Figura 2):

- Análise Envoltória de Dados (DEA).
- Apoio Multicritério à Decisão (AMD).
- Simulação.



Figura 2 – Classificação dos modelos por problema.

Depois de selecionar uma formulação adequada, a próxima é a Fase C que consistiu em efetuar os cálculos. O principal foco dessa fase é gerar e avaliar alternativas que possam levar a um solução. Nesta fase, foram realizados estudos de caso, utilizando instâncias reais. A Tabela 1 apresenta a fonte dos dados e resumo das características e técnicas utilizadas para implementar cada um destes problemas.

Tabela 1 - Fonte dos dados e resumo das características e técnicas utilizadas

Problema	Referência	Variáveis	
		Nome	Tipo
Determinar a eficiência das hidrovias	Relatório de avaliação de programa: programa manutenção de hidrovias (TUC 2006).	Execução financeira, carga, balizamento, sinalização, dragagem, assoreamento e licença ambiental.	Quantitativas
Selecionar o projeto de embarcação <i>benchmark</i>	Relatório parcial do projeto de pesquisa intitulado Pesquisa e desenvolvimento de projetos de embarcações regionais na Amazônia. Projeto apoiado pelo fundo CT-AQUAVIÁRIO / Edital MCT/CNPq/CT-Aquaviário nº 08/2009.	Alternativas: Embarcações	Quantitativas e Qualitativas
		Critérios: Enfermaria, convés de passageiro, banheiro, cozinha, acesso e bar	
		Subcritérios: Segurança, conforto, capacidade, tamanho, higiene, localização e acessibilidade.	
		Tomador de decisão: Passageiro	
Priorizar as intervenções hidroviárias	Plano CNT de Transporte e Logística (CNT, 2011).	Alternativas: Pprojetos hidroviários	Quantitativas e Qualitativas
		Critérios: Acessibilidade, custo, integração, econômico e ambiental	
		Tomador de decisão: Univeridade e Antaq	
Representar o processo operacional de um porto	Relatório parcial do projeto de pesquisa intitulado Logística da movimentação de cargas no transporte aquaviário no Estado do Amazonas – NTCODAM. Projeto apoiado pelo fundo CT-AQUAVIÁRIO / Edital MCT/ MCT/Logística de Transporte – 02/2007.	Tempo de operação, taxa de chegada, tamanho, capacidade e calado da embarcação quantidade e tipo de berço.	Quantitativas

A última é a Fase D que consistiu em analisar os resultados e apresentar o desempenho das alternativas. De uma forma geral, esta fase permiti definir melhorias mensuráveis, estabelecer análises comparativas, fornecer pontos de referência para análise e avaliação da adequação e por fim apoiar a tomada de decisão.

Este trabalho tem caráter exploratório por abordar diferentes estudos de caso de um sistema transporte aquaviário que é pouco explorado e que ainda esta em fase de consolidação, formatação e entendimento.

3 PANORAMA GERAL DA AMAZÔNIA

A Amazônia brasileira divide-se em Amazônia Ocidental e Amazônia Oriental, numa área de aproximadamente 5,1 milhões de quilômetros quadrados, cerca de 60% do território nacional. Na Amazônia, a rede urbana se encontra em processo de consolidação e apresenta diferenças significativas entre os grandes centros urbanos regionais e as demais capitais e centros regionais (PAS, 2008).

Considerando o conjunto de Estados que compõem a Amazônia Ocidental Brasileira, destaca-se o maior deles, o Amazonas, que segundo IBGE (2007), é também o maior Estado do país, com 1.570.745,680km², sendo distribuídos entre 62 municípios. Na composição do PIB dos estados da Amazônia brasileira o Amazonas tem a maior concentração na indústria de transformação que tem uma notável participação de 55,4%.

A matriz de transporte da região segundo o ALICEWEB (2010) predomina com a maior participação o modal aquaviário responsável por aproximadamente 95,54% do volume (peso Liq. - Kg) transportado.

No *ranking* geral da movimentação de contêiner apresentado pela ANTAQ (2008) o estado do Amazonas ocupa a nona (9^o) colocação. Observa-se que crescimento anual médio da movimentação de contêiner entre anos de 2005 e 2008 no município está na ordem de 17% (SNPH, 2009).

O serviço portuário Amazonas integra a infraestrutura da cadeia logística dando suporte ao comércio nacional e internacional, o que exige operações de carregamento e descarregamento dos navios com qualidade para atender as demandas pretendidas, de modo a não constituírem entraves ao fluxo de carga.

Este capítulo está dividido em quatro seções, sendo a Seção 1 a presente introdução. Na Seção 2 são apresentados os principais aspectos econômicos da Região Amazônica. A Seção 3 apresenta a rede urbana na Amazônia. Por fim, a Seção 4 apresenta os sistemas logísticos de suprimento, distribuição e ofertas de transportes.

3.1 Aspectos econômicos gerais da região amazônica

A Região Geoeconômica da Amazônia ou Complexa Regional Amazônica compreende todos os estados da região Norte do Brasil (com exceção do extremo sul do Tocantins), praticamente todo o Mato Grosso e o oeste do Maranhão, numa área de aproximadamente 5,1 milhões de quilômetros quadrados (cerca de 60% do território do país).

A população da Amazônia passou de 3,8 milhões para 23,55 milhões de habitantes no intervalo de 57 anos (1950 a 2007), crescimento de 516%, muito acima da média nacional, que foi de 254% no mesmo período. Desde o ano 2000, quando o número de habitantes atingiu 21 milhões, o crescimento médio é -1,64% e, embora decrescente, mantém-se 40% acima do crescimento médio nacional.

A densidade demográfica média manteve-se relativamente baixa em 2007, com 4,64 hab/km², enquanto que a do Brasil foi de 21,5 hab/km². Contudo, a população se distribui de maneira desigual. O Maranhão é o estado com maior densidade (18,43 hab/km²) e alguns municípios da porção oriental, como na área metropolitana de Belém, apresentam densidades superiores a 1.000 hab/km². Roraima é o estado com menor razão de habitantes por superfície (1,76 hab/km²) e, em alguns municípios da porção ocidental, a densidade demográfica é menor do que 1 hab/km².

O Produto Interno Bruto (PIB) da Região Amazônica, a preços correntes, alcançou R\$ 169,3 bilhões em 2005, correspondendo a 7,88% do PIB nacional. Essa participação vem aumentando de 6,57%, em 1990, e de 6,65%, em 2000. Quanto à distribuição do PIB regional entre os estados que compõem a Amazônia brasileira, observamos um expressivo aumento da participação do estado do Mato Grosso, que passou de 13%, em 1985, para 22,1%, em 2005, devido principalmente ao crescimento do agronegócio da soja.

A participação dos estados do Amazonas e Pará era de 28,8%, em 1985 e, em 2005, caiu para 19,7% e 23,1%, respectivamente. Em 2005, o PIB per capita da região Amazônica foi equivalente a 61,5% do PIB per capita médio do Brasil. De todo modo, houve uma melhora deste indicador, pois, em 1985 esta proporção era de 52,1%. Os estados em melhor situação relativa ao PIB per capita são o Mato Grosso (14,6% acima da média nacional) e o Amazonas (apenas 11,7% abaixo da média nacional).

A composição do PIB nos estados amazônicos apresenta-se de forma extremamente diferenciada. A participação do setor agropecuário é excepcional no estado do Mato Grosso (40,8%) e muito elevada nos estados do Pará (22,8%), Maranhão (20,1%), Rondônia (15,3%) e Tocantins (12,9%). Já a indústria de transformação tem uma notável participação no PIB estadual do Amazonas (55,4%), com médio destaque no Pará, Maranhão e Acre. A participação que deve ser destacada é a do setor de Administração Pública nos estados de Roraima (58,2%), Acre (42,7%), Amapá (44,4%), Tocantins (27,5%) e Rondônia (28,0%), reflexo da condição de ex-territórios federais e/ou de estados recém-criados, fortemente dependentes de verbas federais.

Os indicadores sociais na Amazônia brasileira situam-se quase sempre abaixo da média nacional, por exemplo, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) indicador da qualidade de vida que considera os indicadores de educação (alfabetização e taxa de matrícula); longevidade (expectativa de vida ao nascer) e renda (PIB per capita). Sendo que oito dos nove estados da Região possuem IDH inferior ao IDH nacional (0,757), exceção feita ao estado de Mato Grosso, cujo IDH é 0,773.

3.2 Rede urbana na Amazônia

A Amazônia brasileira divide-se em Amazônia Ocidental (estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima), estabelecida pelo Decreto Federal-Lei Nº 291/67, e Amazônia Oriental (estados de Mato Grosso, Pará, Tocantins, Amapá e parte do Maranhão a oeste do meridiano 44º). Os Estados que compõem a parte ocidental, beneficiam-se de um conjunto de incentivos fiscais em âmbito federal e estadual, que têm por objetivo dinamizar o desenvolvimento socioeconômico da Amazônia Brasileira (SUFRAMA, 2008).

Na Amazônia, a rede urbana se encontra em processo de consolidação, há forte diferença entre os grandes centros urbanos regionais – Manaus, Belém, São Luís e Cuiabá – e as demais capitais e centros regionais como Santarém, Marabá, Rondonópolis e Ji-Paraná.

A população das quatro grandes aglomerações urbanas regionais – Belém, Manaus, São Luís e Cuiabá – totalizava, em 2007, 5,63 milhões de habitantes, o que representa 23,9% da população total. Estes quatro centros regionais estruturam toda a rede de cidades da Amazônia, sendo que em Belém e Manaus o nível de centralidade é “muito forte” (PAS, 2008).

Considerando o conjunto de Estados que compõem a Amazônia Ocidental Brasileira, destaca-se o maior deles, o Amazonas, que segundo IBGE (2007), é também o maior estado do país, com 1.570.745,680km², sendo distribuídos entre 62 municípios. A biodiversidade presente no Estado é de importância e interesse nacional e internacional, abrigando também um dos pólos industriais.

A cidade de Manaus, com 50% da população do estado, foi palco de intenso desenvolvimento durante o apogeu da exportação da borracha. Na segunda metade do século XIX, entrou em decadência com o declínio da atividade, na segunda década do século XX retomou seu ritmo de crescimento a partir da instalação da Zona Franca, em meados da década de 1960.

Segundo o PAS (2008) Manaus é um “*hub*” e sua rede de cidades polarizadas tem como centros regionais mais importantes: Porto Velho e Ji-Paraná, em Rondônia; Rio Branco, no Acre; e Boa Vista, em Roraima. Com nível médio de centralidade, estão: Parintins, Itacoatiara, Tefé e Tabatinga, no Amazonas; Cruzeiro do Sul, no Acre; Cacoal e Ariquemes, em Rondônia.

Sua condição de zona de livre comércio atraiu a indústria eletroeletrônica e de veículos de duas rodas, na época predominantemente voltada para a montagem de equipamentos com componentes importados ou procedentes de outras regiões do país. Nos últimos anos, o quadro vem se alterando, as características típicas de Zona Franca têm ganhando a dimensão de Pólo Industrial, cada vez mais envolvendo as diversas etapas do processamento industrial.

A maior parcela da contribuição para o desenvolvimento socioeconômico da Amazônia Ocidental é proveniente das transações comerciais oriundas da Zona Franca de Manaus (ZFM), com destaque para a produção do PIM, cuja evolução do faturamento tem se mostrada contínua e expressiva, no período de 2005 a 2009 o crescimento médio foi de 2,52%.

Contribuem para o faturamento do PIM, setores como o eletroeletrônico, duas rodas, bens de informática, químico, metalúrgico e termoplástico. Em termos percentuais, destacam-se os setores de eletroeletrônico (34%), duas rodas (21%), e o de bens de informática e químico (11%) (SUFRAMA, 2010).

Os produtos manufaturados contribuem para que a região Norte responda por 5,3% do PIB nacional, segundo IBGE (2010). Principais mercados consumidores de bens oriundos do PIM são: Argentina, Venezuela, Colômbia, Estados Unidos, México, Peru, Holanda, Hungria, Paraguai e Jamaica (SUFRAMA, 2010).

Os indicadores e a estratégia de integração nacional da Amazônia Ocidental, por meio da ZFM, têm indicado a viabilidade do projeto, mesmo penalizado por dificuldades de caráter infraestruturais de logística e transporte. Fato que impacta na competitividade dos produtos, visto que segundo Oliveira (2006), “as estratégias logísticas de transporte são definidas por cada empresa individualmente, de acordo com suas próprias necessidades de mercado, tipos de negócio, bem como prazos de entrega”.

3.3 Sistemas logísticos de suprimento, distribuição e ofertas de transportes

A Região Norte concentra mais de 50% das hidrovias e 20% dos portos (CNT, 2006). As rodovias detêm uma parcela de 35%, sendo 25% dessas não pavimentadas, classificadas entre regular (98%) e ruim (2%) quanto aos aspectos de conservação, sinalização e geometria da via (CNT, 2007).

Segundo o ALICEWEB (2010) na região Norte a maior participação na matriz de transporte é o modal aquaviário que é responsável por 95,54% do volume (peso Liq. - Kg) transportado, sendo 92,29% pelo modal Marítimo e 3,23% pelo Fluvial.

Segundo a Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ), entre os anos de 2003 a 2007 nos portos organizados (públicos) e os terminais de uso privativo brasileiros, a movimentação de carga teve um crescimento médio anual de 7,2%. Na movimentação apenas de contêineres, em toneladas, verificou-se que o crescimento médio anual foi de 13%, em TEU foi de 12% e em unidades foi de 11,56%.

No *ranking* geral de movimentação de contêiner o estado do Amazonas ocupou a nona (9º) colocação, sendo o estado da Região Amazônica que apresentou o melhor desempenho na avaliação. O porto do Pará ficou em décimo primeiro (11º) e o Amapá em décimo quarto (14). Os portos de Manaus apresentam uma taxa de crescimento médio de 58%, entres os 2005 e 2008, São Paulo, por exemplo, apresentou um taxa de crescimento de 9,3% (ANTAQ, 2010).

A navegação no Amazonas opera sobre duas óticas (SILVA, 2008), de um lado, as populações concentradas na calha dos grandes rios que dependem de uma frota obsoleta e rarefeita e de uma estrutura portuária precária, de outro lado, grandes empresas exportadoras/importadoras e empresas especializadas em transporte de carga investem em terminais de embarque modernos e de grande porte, associados a embarcações de grande calado.

Segundo a ANTAQ (2007), são 58 pontos de atracação situados na orla do Rio Negro nas circunvizinhanças de Manaus, sendo 21% terminais autorizados. Quanto aos serviços prestados, 10 foram classificados como estaleiros, 48 (quarenta e oito) terminais privados, sendo 1 (um) serviço *off-shore* e 8 (oito) são empresas de navegação.

A natureza da carga movimentada nos terminais identificados foi caracterizada de acordo com sua participação percentual no volume movimentado, sendo a carga geral com uma representação de 79% do volume total, enquanto que granel líquido possui 26% e granel sólido 3%.

O município de Manaus conta com um Porto Público e dois - Terminais de Uso Misto Privativo (TUP's) para embarque e desembarque de carga de contêineres. Ambos estão situados na margem esquerda do rio Negro, possuem *pier* flutuante conectados por uma ponte de acesso com cais de atracação, oferecendo duas posições de acostagem, berços internos e os outros berços externos.

O serviço portuário do município integra a infraestrutura da cadeia logística dando suporte ao comércio nacional e internacional, o que exige operações de carregamento e descarregamento dos navios com qualidade para atender as demandas pretendidas, de modo a não constituírem entraves ao fluxo de carga.

Apesar da importância no escoamento da carga de Manaus, em meados de 2004, com o processo de urbanização desordenada, o Porto Público apresentou uma redução de 28% na movimentação, levando vários especialistas a afirmarem que esta situação poderia ser um dos maiores entraves para a logística na Região Norte, conforme indicação da COOPEAD (2005).

Os dois TUP's, juntos, movimentaram 97% dos contêineres em 2007. Em 2008, o Terminal Chibatão foi o responsável pela maior movimentação de contêineres (60%) do Estado, sendo seu "carro chefe" o serviço de cabotagem; e no porto Superterminal a maior movimentação está relacionada como o serviço de longo curso. O crescimento anual médio da movimentação de contêiner anos 2005 à 2008 no município está na ordem de 17% (SNPH, 2009).

Conforme observado na ANTAQ (2008), a situação atual das operações com relação ao tempo de espera é positiva. As embarcações não ficam fundeadas esperando as "janelas" para operação, como acontece em outros portos do Brasil. Porém, segundo Santos (2008) as embarcações de cabotagem têm um tempo atracado ou tempo bruto muito elevado, variando entre o mínimo de dois dias ao máximo de quatorze, apresentando média de quatro dias, o que não ocorre no serviço de longo curso onde seu tempo atracado médio alcança dois dias.

Na avaliação do desempenho portuário, uma das principais variáveis no critério de eficiência é a velocidade na operação, calculada pelo número de contêiner movimentado por hora. Em Manaus, tanto o Terminal Chibatão quanto o Superterminal apresentaram uma movimentação média de 30 mover/hora, enquanto no Porto Público, quando em operação, apresentou uma movimentação média de 24 mover/hora.

Observou-se, no levantamento realizado pela ABRATREC (2009), que a média da produtividade para os portos brasileiros na avaliação foi de 38 mover/horas, o que permite concluir que os terminais de Manaus estão com a produtividade abaixo da média, mesmo já

operando com guindastes modernos a mais de um ano. Existem outras variáveis que estão diretamente relacionadas com o desempenho da operação nos terminais.

4 ESTUDOS DE CASO

Será apresentado abaixo os estudos de caso escolhidos para desenvolvimento desta pesquisa. O primeiro estudo (Hidroviás) trata-se da avaliação das principais atividades de manutenção de hidroviás interiores, o segundo (Embarcações) classifica e analisa o *benchmark* de projeto de embarcação do ponto de vista do usuário, o terceiro (Intervenções Hidroviárias) defini o *ranking* dos projetos hidroviários nos eixos estruturantes do Brasil e por fim o quarto estudo de caso (Porto) foi realizado uma análise computacional da operação do porto *Roadway*. Tais estudos foram selecionados de acordo com a disponibilidade de dados.

5 HIDROVIAS

As hidroviás interiores desempenham um papel relevante no Brasil, representam em alguns casos, como no Amazonas, fatores determinantes para os corredores estratégicos de desenvolvimento.

As características físicas e operacionais das vias navegáveis interiores são mantidas pelo Programa de Manutenção de Hidroviás. Estudos mostram que as atividades de manutenção das hidroviás são insuficientes. Existe deficiência na atualização e divulgação dos registros indicativos das condições de navegabilidade, carência de instrumento de controle e insuficiência de mecanismos de avaliação e monitoramento do desempenho do Programa.

A Seção 1 será destinada a introdução do sistema hidroviário do Brasil e seu potencial, a Seção 2 das principais atividades de manutenção de hidroviás e seu estado atual, já na Seção 3 será realizada uma contextualização da metodologia DEA, em seguida, na Seção 4 que irá apresentar o modelo DEA para avaliar a eficiência das atividades de manutenção das hidroviás, e por fim, na Seção 5 será feita a avaliação da eficiência das hidroviás.

5.1 Hidroviás no Brasil

A utilização de rios como vias navegáveis interiores foi uma das formas de consolidar a ocupação do território brasileiro. Vários são os estudos que comprovam a importância do transporte hidroviário ao longo dos anos. Há citações de utilização de vários rios, em 1750, para deslocamento do litoral com destino o interior do país. Em 1868, ocorreu implantação da navegação a vapor nos rios Araguaia e Tocantins (ANTAQ, 2006).

Outro fato marcante do crescimento da atividade hidroviária foi à publicação, no Brasil em 1914, do "Álbum Gráfico do Estado do Mato Grosso", com ilustrações e mapas que revelam a histórica navegação pelo rio Paraguai. Em meados de 1930, o Presidente Getúlio Vargas promulgava leis que instituíam a obrigatoriedade de sinalização nos rios brasileiros, visando garantir a segurança da navegação.

Na região amazônica, quando os europeus chegaram, no início do século XVI até meados de 1950, a ocupação e o transporte de passageiros e carga ocorriam totalmente pelos rios. A hidrovía Tietê-Paraná foi contemplada em 1969 como uma das primeiras eclusas construídas para transposição da Barragem de Bariri.

O Brasil possui atualmente 63 mil quilômetros de extensão total de águas, 40.000km são de rios, lagos e lagoas potencialmente navegáveis, destas pouco mais de 44% são utilizadas. Ao todo, são nove grandes bacias, sendo a maior delas, a Amazônica, com 18.300km de rios potencialmente navegáveis (ANTAQ, 2008).

Nos últimos anos, os investimentos no setor hidroviário foram rareados. De forma previsível a matriz de transporte brasileira se encontra desequilibrada, o modal rodoviário aparece com a maior participação (61%), deixando aos outros modais uma parcela muito pequena da carga (COPPEAD, 2005).

5.2 Vantagens do modal hidroviário

Estudos demonstram que pelas hidrovias são transportadas grandes quantidades de carga com a melhor relação custo-benefício. O emprego maciço do modal hidroviário contribui significativamente para a redução dos preços finais das mercadorias comercializadas.

A redução no preço das mercadorias está associada ao preço do frete hidroviário, que custa cerca de 30% do preço cobrado pelo rodoviário, fato este explicado pela capacidade de transporte. Enquanto um comboio do modal hidroviário transporta em uma única viagem seis mil toneladas de carga, seriam necessários, para a mesma quantidade, quase três comboios no modal férreo ou 172 carretas nas rodovias (ANTAQ, 2006).

No que tange à economia de combustível, as hidrovias também se constituem de melhor alternativa para transportar cargas. Segundo a ANTAQ (2006) o gasto com combustíveis em um sistema hidroviário chega a ser vinte vezes menor do que o necessário para transportar igual quantidade de carga no transporte rodoviário. As emissões de CO₂, com

o maior uso da hidrovia, também são consideravelmente menores, ou seja, o transporte fluvial emite 90% menos de CO₂ na atmosfera do que o rodoviário.

O transporte hidroviário segundo a ANTAQ (2006) é ainda o mais seguro. A ocorrência de acidentes é praticamente nula e a segurança no traslado é total. A economicidade das hidrovias também pode ser explicada pela necessidade de menores intervenções para a sua instalação e manutenção e maior durabilidade da infraestrutura e dos equipamentos. Enquanto o custo médio para implantar uma hidrovia é de um dólar americano por quilômetro, as rodovias e ferrovias custam em média treze dólares por quilômetro, respectivamente.

5.3 Manutenção do sistema hidroviário

A expressão “hidrovias interiores” é utilizada para designar as vias navegáveis interiores balizadas e sinalizadas para uma determinada embarcação. Este termo toma maior importância devido à falta de expressões para denominar rios que não eram navegáveis e que adquiriram essa condição em função de obras de engenharia e, à necessidade de denominar aqueles que tiveram suas condições de navegação ampliadas (DNIT, 2005).

Segundo Brasil (2003), as hidrovias brasileiras são geridas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), através de sua Diretoria de Infraestrutura Aquaviária (DAQ), na Gerência de Hidrovias e Portos Interiores (GEHPAQ) que conta com unidades hidroviárias, a saber:

- AHIMOR – Amazônia Oriental;
- AIHMOC – Amazônia Ocidental;
- AHITAR – Tocantins/Araguaia;
- AIHNOR – Nordeste;
- AHISFRA – São Francisco;
- AHIPAR – Paraná;
- AHRANA – Paraguai;
- AHSUL – Sul.

As hidrovias apresentam características verdadeiramente polivalentes. Além de ser um instrumento de transporte econômico, representa, por suas características específicas, um ganho suplementar na adoção de uma política de aproveitamento múltiplo dos cursos d'água e

um fator determinante para o desenvolvimento de atividades industriais, agrícolas, turísticas e de urbanização e saneamento.

Para manter as vias em condições de navegação são realizadas atividades de manutenção de hidrovias, que visam garantir as características físicas e operacionais das vias navegáveis interiores. As principais atividades de manutenção seguem na Tabela 2 (BRASIL, 2003).

Tabela 2 - Atividades de manutenção das hidrovias.

Atividades de Manutenção	Definições
Batimetria	Medição ordenada e sistematizada das profundidades de determinada área, visando à definição do perfil do fundo, ao detalhamento do leito do canal navegável e à identificação e localização de perigos à navegação, tais como pedrais ou bancos de areia;
Medição do Nível das Águas	As medições são feitas em estações hidrométricas, que têm por elemento principal as linhas de réguas milimétricas ou medidores eletrônicos da altura da água. As informações coletadas e registradas nas estações hidrométricas contribuem decisivamente para a segurança da navegação;
Confecção e Atualização de Cartas	Confecção e atualização de cartas: serviço especializado de cartografia e hidrografia que permite a geração da carta náutica e de outras cartas auxiliares de navegação;
Confecção e Atualização de Cartas Eletrônicas	Possibilita o posicionamento instantâneo da embarcação, eliminando ou reduzindo significativamente os erros de observação e plotagem dos navegadores;
Derrocamento	Retirada de pedras ou lajes que oferecem perigo à navegação, normalmente, por explosão;
Desobstrução do Canal	Retirada de objetos que impedem ou tornam perigoso o tráfego de embarcações no canal navegável da hidrovia;
Destocamento	Remoção de tocos ou cepos de árvores do leito do rio;
Sinalização de Margem	Colocação de sinais nas margens da hidrovia para indicar rumos, perigos, caminhos ao navegante;
Sinalização Flutuante	Conjunto de sinais flutuantes que compõem a sinalização da hidrovia, junto com a sinalização de margem. O conjunto de elementos de sinalização (de margem ou flutuante) é chamado balizamento;
Monitoramento Ambiental	As administrações hidroviárias devem realizar atividades de monitoramento ambiental para atender às exigências contidas nas licenças ambientais (condicionantes);
Manutenção de Equipamentos	Algumas administrações hidroviárias dispõem de equipamentos específicos para o desempenho de suas atividades, tais como: dragas, embarcações destocadoras, rebocadores, embarcações para pesquisa e embarcações de transporte de equipes de fiscalização
Manutenção de Eclusas	Algumas administrações hidroviárias têm como uma de suas atribuições operar e manter em funcionamento as eclusas nos rios sob sua administração.

Fonte: Brasil (2003).

5.4 Metodologia

O estudo é baseado em um método exploratório, que visa prover o pesquisador de um maior conhecimento sobre o tema ou problema da pesquisa em perspectiva, com vista a torná-lo mais explícito ou construir conjecturas (SANTOS, 2003).

É importante destacar que os estudos exploratórios podem ser concebidos a partir de uma ótica objetivista, onde entram métodos, tais como, os estudos de caso e grupos focais. A avaliação do desempenho das hidrovias foi realizada em um grupo composto por oito administrações hidroviárias, com o auxílio do método de Análise Envoltória de Dados, ou simplesmente DEA (*Data Envelopment Analysis*).

Adotou-se o modelo DEA clássico CCR (CHARNES *et al*, 1978) com Retorno Constante de Escala (RCE) que significa que o crescimento dos insumos resultará em aumentos proporcionais nos produtos, assim como na redução dos insumos significará a redução proporcional dos produtos.

Os objetos a serem avaliados são as hidrovias que representam as Unidade Tomadora de Decisão (DMU's) no modelo. Para a avaliação da eficiência das hidrovias foi utilizado, como informações disponíveis, o resultado da auditoria do TUC de 2006, sobre o Programa Manutenção de Hidrovias, identificado no PPA 2004/7. Escolheu-se a orientação produto, uma vez que se quer avaliar se os resultados obtidos refletem o investimento que está sendo realizado em cada hidrovia.

No modelo DEA foi utilizado um insumo e dois produtos. O insumo refere-se à transferência de recursos (execução financeira) ao setor hidroviário. O primeiro produto é a movimentação de carga por hidrovia no ano de 2000, que representa fisicamente a utilização do sistema hidroviário. O segundo produto é o índice de qualidade da navegação e é uma forma de verificar as condições de navegabilidade em que vive os transportadores de cada hidrovia.

O dado referente ao segundo produto, índice de qualidade da navegação, foi obtido para cada hidrovia, pois essas possuem características que demandam distintas necessidades de intervenção e manutenção. O índice é uma avaliação sob a ótica dos usuários das hidrovias sobre as condições das atividades: balizamento, sinalização, dragagem, assoreamento, eclusa e licença ambiental. Este índice foi construído utilizando Análise de Componentes Principais (PCA).

5.4.1 Análises de componentes principais

A PCA é um método estatístico multivariado que permite transformar um conjunto de variáveis iniciais correlacionadas entre si, num outro conjunto de variáveis não correlacionadas, que resultam em combinações lineares ortogonais do conjunto inicial.

As componentes principais são apresentadas em ordem decrescente de importância, isto é, o primeiro explica o máximo possível, da variabilidade dos dados originais e o segundo o máximo possível da variabilidade ainda não explicada após o efeito do primeiro componente, e assim por diante. No último componente estará o que menor contribui para explicar os dados originais. O conjunto final das combinações envolvendo os coeficientes normalizados constitui uma solução única pelo fato dessas explicarem a variabilidade total.

Este método permite a redução da dimensionalidade dos pontos representativos das amostras, pois, embora a informação estatística presente em n -variáveis originais seja o mesmo das n -componentes principais, é comum obter em apenas 2 ou 3 dos primeiros componentes principais, mais de 90% desta informação.

Na prática a PCA é utilizado para reduzir o espaço paramétrico. Quanto maior for a retenção da variação total em número menor de combinação linear, melhor será a aplicação prática desse procedimento aos dados experimentais.

A PCA é utilizada para obter uma visão geral dos dados, para achar agrupamentos, identificar *outliers* e gerar variáveis que resumam as principais fontes de variação. É um método para compor uma matriz de dados X , como uma soma de matrizes. Essa nova matriz é produto de vetores chamados *escores*(*tr*) e *loadings* (*pr*).

Segundo Mingoti (2005), a matriz $\sum_{p \times p}$ é desconhecida e precisa ser estimada através dos dados amostrais coletados. Em geral, a $\sum_{p \times p}$ é estimada pela matriz de covariância amostral $S_{p \times p}$.

Sejam $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ os autovetores da matriz $S_{p \times p}$, e sejam $\hat{e}_1, \hat{e}_2, \dots, \hat{e}_p$, os correspondentes autovetores normalizados, então, o j -ésimo componente principal amostral estimado é definido por (1):

$$\hat{Y} = \hat{e}_j' X = \hat{e}_{j1} x_1 + \hat{e}_{j2} x_2 + \dots + \hat{e}_{jp} x_p, \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

Os *escores* \hat{e}_j , mostram como os objetos e experimentos relacionam-se uns com os outros. Os *loadings* X , revelam quais as variáveis são importantes para explicar os padrões vistos nos gráficos dos *escores*.

Os *escores* \hat{e}_{jn} , formarão a matriz \hat{e}_j e são as projeções das n -amostras na direção dos componentes principais. Os *loadings* x_n , formarão a matriz X e podem ser geometricamente interpretado com o cosseno do ângulo entre o componente principal e a variável original (x_1 e x_2). A matriz X , também conhecida como matriz dos pesos, corresponde ao peso que cada variável possui na combinação linear dos r componentes gerados.

Algumas propriedades dos componentes principais amostrais, segundo Mingoti (2005), são:

- a variância estimada de \hat{Y}_j é igual a λ_j , $j = 1, 2, \dots, p$
- a covariância entre os componentes \hat{Y}_j e \hat{Y}_k é igual a zero, para todo $k \neq j$, que significa dizer que estes componentes são não correlacionados.
- a variância total explicada pelo j -ésimo componente amostral é dada por (2)

$$\frac{\text{Var}[\hat{Y}_j]}{\text{Variância Total Estimada de X}} = \frac{\lambda_j}{\text{traço}(S_{p \times p})} = \frac{\lambda_j}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \quad (2)$$

- a correlação estimada entre o j -ésimo componente principal amostral e a variável aleatória X_i , $i = 1, 2, \dots, p$ é dada por (3)

$$r_{\hat{Y}_j, X_i} = \frac{\hat{e}_{ji} \sqrt{\lambda_j}}{\sqrt{s_{ii}}} \quad (3)$$

onde, s_{ii} é a variância amostral aleatória de X_i .

Pelo teorema de decomposição espectral, a matriz de covariância $S_{p \times p}$ pode ser expressa como (4)

$$S_{p \times p} = \sum_{j=1}^p \lambda_j \hat{e}_j \hat{e}_j' \quad (4)$$

Para se fazer uso dos k componentes principais amostrais, considerados mais relevantes na análise dos dados, é necessário calcular os seus valores numéricos para cada elemento amostral, valores chamados de *escores* dos componentes.

5.4.2 Análise envoltória de dados

A Análise Envoltória de Dados (DEA - *Data Envelopment Analysis*) corresponde um método para avaliar a eficiência na transformação de recursos (insumos) em resultados (produtos) por unidades produtivas denominadas Unidades Tomadoras de Decisão (DMU's)

Segundo Gomes *et al* (2001), a metodologia DEA é um conceito de eficiência relativa, em que cada hidrovia é classificada como eficiente ou ineficiente por comparação com as demais. A eficiência de cada unidade é obtida através da razão entre as somas ponderadas de produtos e insumos, respectivamente, denominadas produtos e insumos virtuais. Pesos, calculados via programação linear, realizam a ponderação, conforme a expressão matemática (5).

$$\begin{aligned} \max h_k &= \frac{\sum_{\tau=1}^s u_{\tau} y_{\tau k}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i k}} \quad (5) \\ \text{sujeito a } &\frac{\sum_{\tau=1}^s u_{\tau} y_{\tau k}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i k}} \leq 1; j = 1, \dots, n \\ &u_{\tau} v_i \geq 0; r = 1, \dots, S; i, \dots, m. \end{aligned}$$

As hidrovias eficientes são tomadas como *benchmarks* (referência no que diz respeito a práticas gerenciais e operacionais) para as ineficientes, e os modelos fornecem alvos (metas a serem atingidas pelas hidrovias ineficientes) para que estas possam alcançar a fronteira de eficiência.

A DEA é uma técnica que busca definir pesos com o objetivo de se obter a melhor eficiência possível para os níveis de recurso e produto que cada DMU apresenta e identifica os *benchmarks* (CORREIA e SOARES DE MELLO, 2009), ou seja, as hidrovias que possuem as melhores práticas de manutenção das vias navegáveis poderão ser referência para as hidrovias não eficientes.

O modelo DEA CCR (CHARNES *et al*, 1978) considera que todas as unidades em avaliação trabalham em uma escala ótima e permite adotar duas orientações para medir eficiência: a orientação insumo que visa reduzir o consumo de recursos mantendo os produtos constantes, e a orientação produto que busca um aumento nos produtos sem alteração dos recursos.

No presente trabalho é utilizado o modelo CCR que trabalha com retorno constante de escala. Em sua formulação matemática considera-se que cada DMU_k ($k=1,2,\dots,s$) é uma unidade de produção que utiliza n insumos x_{ij} , $1,2,\dots,n$, para produzir m produtos $y_{ij} = j$, $1,2,\dots,m$. Esse modelo maximiza o quociente entre a combinação linear dos produtos e a combinação linear dos insumos, com restrições de que para qualquer hidrovía esse quociente não seja maior que 1. A formulação matemática para o modelo DEA CCR orientação produto, já linearizado, é apresentada em (6).

$$\max h_0 = \sum_{i=1}^m v_j x_{j0} \quad (6)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^s v_i y_{i0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j x_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0, k = 1, \dots, s$$

$$u_j, v_i \geq 0, v_i \geq 0, \forall i,$$

No modelo (6), feito para cada hidrovía, o h_0 representa a eficiência da DMU_k em análise, enquanto cada x_{i0} e y_{j0} são, respectivamente, os insumos e os produtos da DMU_k , sendo o peso u_j do produto j , e v_i o peso do insumo i calculado pelo modelo.

5.4.3 DEA como mecanismos de avaliação do programa de manutenção de hidrovias

As variáveis escolhidas para compor o modelo DEA de avaliação da eficiência do Programa de Manutenção de Hidrovias foram retiradas do Relatório de Avaliação do Programa de Manutenção elaborado pelo Tribunal de Contas da União (TCU) 2006. Assim, o modelo DEA proposto conta com um insumo e dois produtos.

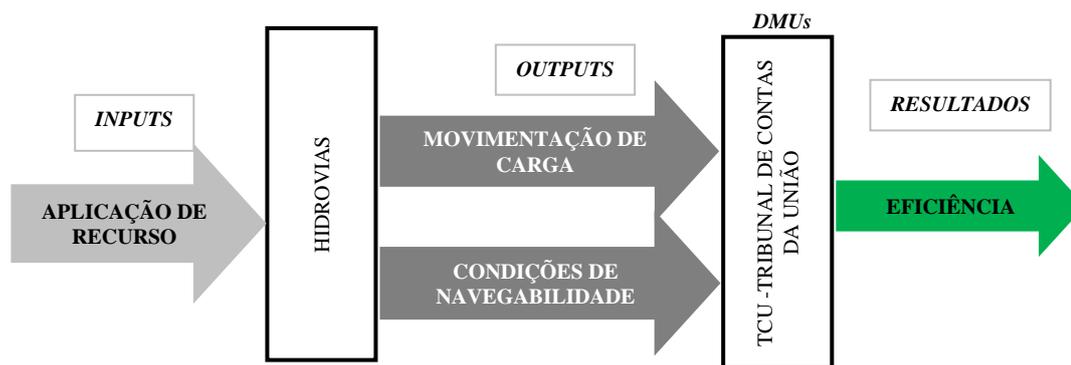


Figura 3 - Fluxo das variáveis no modelo DEA proposto.
Fonte: O Autor.

Conforme esquema representado pela Figura 3, no modelo adotado para esta pesquisa a variável de entrada (execução financeira) está associada com produtos (índice de qualidade da navegação e carga movimentada) e o produto esperado com a aplicação dos insumos é a hidrovias em condições de navegabilidade.

5.4.3.1 Insumo

5.4.3.1.1 Aplicação de recurso nas hidrovias

A Manutenção de Hidrovias existe desde o Plano Plurianual (PPA), 2000/2003. No PPA de 1995/1999, a manutenção de hidrovias fazia parte de um projeto geral para o desenvolvimento do setor de transportes do País. As hidrovias priorizadas neste período eram São Francisco, Tocantins/Araguaia, Paraná/Paraguai e Madeira (incluída na Amazônia Ocidental).

Durante a vigência do PPA 2000/2003, o programa recebeu recursos orçamentários no valor de R\$ 116.234.509,00, dos quais 76% foram pagos. A execução orçamentária foi de R\$ 95.761.995,00, equivalente a 82%. Em 2002 e 2003, as execuções financeiras e orçamentárias foram menores do que os anos anteriores, porque os recursos não foram liberados tempestivamente na época necessária (BRASIL, 2003).

No PPA 2004/2007 o gasto previsto foi de R\$ 147.413.005,00. No exercício de 2004, a execução orçamentária foi de 95,47% e a dotação orçamentária inicial para 2005 foi de R\$ 28.716.000,00. De forma geral isto representa um aumento de 92,24% em relação ao PPA 2000/2003. A execução orçamentária do exercício de 2005, por hidrovias, foi adotada nesta pesquisa como insumo.

Segundo o TCU (2006) o programa de manutenção previsto no PPA 2004/2007 ficou sobre a ação da Administração das Hidrovias. A distribuição da execução financeira do exercício de 2005 foi: AHRANA 19%, AHIMOC 15%, AIHMOR 13.4%, AHSUL 12.8%, AIHPAR 12%, AHITAR 11%, AHSFRA 10% e para a AHINOR 8%.

5.4.3.2 Produto

5.4.3.2.1 Movimentação de carga

A movimentação de carga por hidrovias foi utilizada como produto para dimensionar a utilização do sistema hidroviário. O volume de carga total transportada por hidrovias no ano de 2000, segundo o TCU (2006), foi equivalente a 22.059,410 toneladas, sendo 62.1% transportada na AIHMOR, 19.2% na AHIMOC, 8.6% na AIHPAR, 6.9% na AHRANA, 2.4%, na AHSUL, 0,2% na AHSFRA, 0,2% na AHINOR e 0,01% na AIHTAR. Percebe-se a predominância da Região Norte que concentra 50% das hidrovias brasileiras, com 81.4% da carga total transportada.

O transporte de carga por hidrovias brasileiras em 2001 movimentou 2,4% da produção total de transportes do país. Uma das explicações para a pequena participação das hidrovias na matriz de transportes brasileira é a concentração do transporte hidroviário na Região Norte, que deteve 90% da movimentação de cargas é responsável por apenas 4,6% do PIB nacional.

Segundo a ANTAQ (2008) as principais cargas transportadas pelas hidrovias são: derivados de petróleo, importação e exportação de componentes e mercadorias (Zona Franca de Manaus), minério de ferro, soja, milho, algodão, fruticultura, cana-de-açúcar, avicultura, gesso agrícola, calcário agrícola, farelo e óleo vegetal (exportação), cavacos de madeira, areia “*in natura*”, carvão energético e etc.

5.4.3.2.2 Qualidade da navegabilidade

Através de entrevistas com os usuários das hidrovias, o TCU (2006) levantou, qualitativamente, as principais deficiências com relação às atividades de manutenção. As atividades avaliadas foram: balizamento, sinalização, dragagem, assoreamento, eclusa e licença ambiental.

Na pesquisa realizada pelo TCU (2006), todas as atividades foram julgadas de acordo com: *i*) a ocorrência de deficiência, *ii*) a ocorrência sem deficiência e *iii*) os dados insuficientes. Essa informação do TCU foi utilizada nessa pesquisa de modo a construir o indicador de qualidade de navegabilidade das hidrovias. Para avaliação da eficiência cada julgamento recebeu uma nota em escala ordinal de 1 a 3, onde 1 é máxima deficiência e 3 é a menor deficiência, visto que todas as hidrovias apresentaram deficiências nas condições de navegabilidade.

Nas hidrovias analisadas, o julgamento, a partir do ponto de vista dos transportadores, apresentou médias de 1.875 para balizamento, sinalização e dragagem, sendo as duas primeiras com desvio padrão de 0.8345, e a dragagem com desvio padrão de 0.6408. O assoreamento apresentou média de 2.875 e desvio padrão de 0.3535, e na licença ambiental, a média foi 2.625 com desvio padrão de 0.5175. Nessa pesquisa a variável eclusa não foi considerada no modelo devido à inconsistência dos dados.

Tabela 3 - Correlação entre as variáveis de manutenção das hidrovias.

	Balizamento	Sinalização	Dragagem	Assoreamento
Sinalização	1	-	-	-
p-valor	-	-	-	-
Dragagem	0.768	0.768	-	-
p-valor	0.026	0.026	-	-
Assoreamento	-0.061	-0.061	-0.079	-
p-valor	0.887	0.887	0.853	-
Licenciamento ambiental	0.868	0.868	0.7	-0.293
p-valor	0.005	0.005	0.053	0.482

Fonte: O Autor.

A correlação entre as respostas apresentam valores significativos conforme apresentados na Tabela 3. O desempenho das atividades de manutenção das hidrovias (balizamento, sinalização e dragagem) está fortemente correlacionado com o desempenho do licenciamento ambiental, ou seja, quanto melhor às práticas ambientais na hidrovia mais eficientes serão as atividades de manutenção das vias.

Os autovalores da matriz de covariância amostral - λ são: $\lambda_1 = 2.656$, $\lambda_2 = 0.6602$, $\lambda_3 = 0.1250$, $\lambda_4 = 0.0896$ e $\lambda_5 = 0$ com λ_{total} de 3.5315. Os correspondentes autovetores normalizados estão apresentados na Tabela 4. As porcentagens de variância - \hat{Y} explicadas pelas componentes são: $\hat{Y}_1 = 75.2\%$, $\hat{Y}_2 = 18.7\%$, $\hat{Y}_3 = 3\%$ e 2.5% para o \hat{Y}_4 . Juntas, as duas primeiras componentes principais representam 93.9% da variabilidade total do vetor original X.

Tabela 4- Autovetores normalizados.

Variáveis	PC ₁	PC ₂	PC ₃	PC ₄	PC ₅
Balizamento	0.485	0.372	0.28	0.219	-0.707
Sinalização	0.485	0.372	0.28	0.219	0.707
Dragagem	0.398	0.073	-0.902	0.15	-
Assoreamento	0.362	-0.826	0.159	0.401	-
Licenciamento	0.491	-0.186	0.061	-0.849	-

Fonte: O Autor.

A primeira componente representa o índice de qualidade da navegação, e as cinco variáveis analisadas são importantes nesse índice. Os maiores valores numéricos da componente representam as hidrovias com menores deficiências. De acordo com respectivos os autovetores dos coeficientes na combinação linear, a variável mais deficiente é o assoreamento e a menos deficiente é a variável licenciamento ambiental.

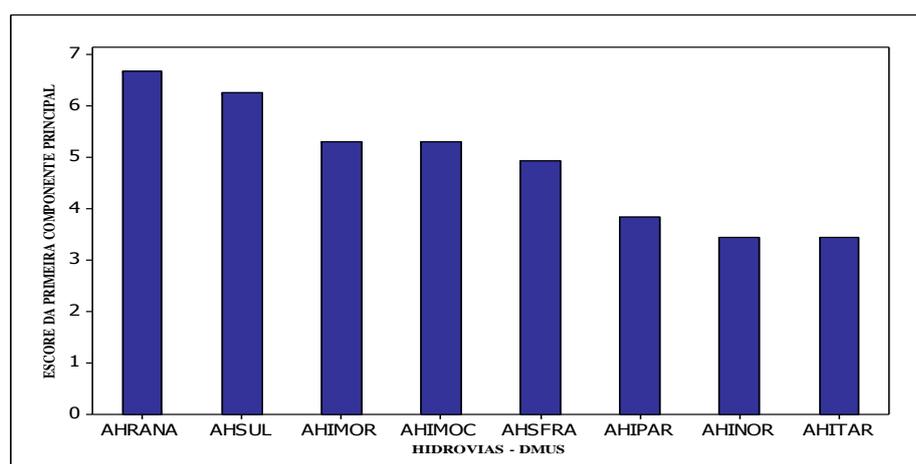


Figura 4 - Escore da primeira componente principal ($\hat{Y}= 75.2\%$). Índice de qualidade da navegação.

Fonte: O Autor.

Os *escores* da primeira componente principal, referente ao índice de qualidade da navegação nas hidrovias, estão apresentados na Figura 4, com as respectivas posições em ordem decrescente. De acordo com a análise, as duas hidrovias que apresentaram os melhores índices de qualidade são: AHRANA e AHSUL, e AHITAR com o pior índice.

5.4.4 Correlações entre insumos e produtos

A análise de correlação nas variáveis de entrada (insumo) e de saída (produto) busca obter um esclarecimento sobre o que as mesmas podem explicar como variáveis consideradas importantes para justificar os resultados de eficiência na atividade de manutenção das hidrovias.

A correlação entre os produtos movimentação de carga e o índice de qualidade, foi de 0.212 com *p-valor* 0.614 sendo possível verificar coerência moderada, pois hidrovias que movimentam mais carga apresentaram, conseqüentemente, menos deficiência nas atividades de manutenção.

Em seguida, com 0.285 e *p-valor* 0.494, a correlação entre execução financeira (insumo) e carga movimenta (produto) mostra que o aumento no insumo explica o aumento da movimentação de carga, garantindo aos transportadores que, havendo hidrovias bem sinalizadas e com canais de navegação mantidos em níveis economicamente viáveis para a navegação comercial, haverá aumento do interesse pelo uso do modal.

A correlação de 0.756, com *p-valor* 0.03, entre a execução financeira (insumo) e o índice de qualidade da navegação (produto), explica que o investimento em manutenção das hidrovias faz com que aumente o indicador de qualidade da navegação. A hidrovia com os maiores investimentos apresenta melhor qualidade de navegabilidade.

5.5 Resultados

A DEA auxilia na ordenação segundo a eficiência das hidrovias. Permite focar naquelas que estão abaixo da eficiência (*h*) e ainda, naquela (*s*) que tem eficiência (*h*) superior, para se verificar o que leva essa hidrovia a atingir patamares mais elevados que as demais.

Os resultados de eficiência das oito hidrovias podem ser observados na Figura 5. Observou-se que 50% das hidrovias apresentam índice de eficiência *h* abaixo da média (1.265), sendo elas em ordem crescente de ineficiência: AHIMOC (1.389), AHRANA (1.43), AHIPAR (1.54) e AHITAR (1.694).

Entres as hidrovias com eficiência superior à média está a AHSUL (1.059), a AHSFRA (1.011), a AHIMOR (1) e a AHINOR (1). As hidrovias eficientes com $h = 1$ (ou 100%) são os *benchmarks* para as outras hidrovias não-eficientes do grupo. A hidrovia AHINOR é a que mais surgiu como referência para as hidrovias ineficientes.

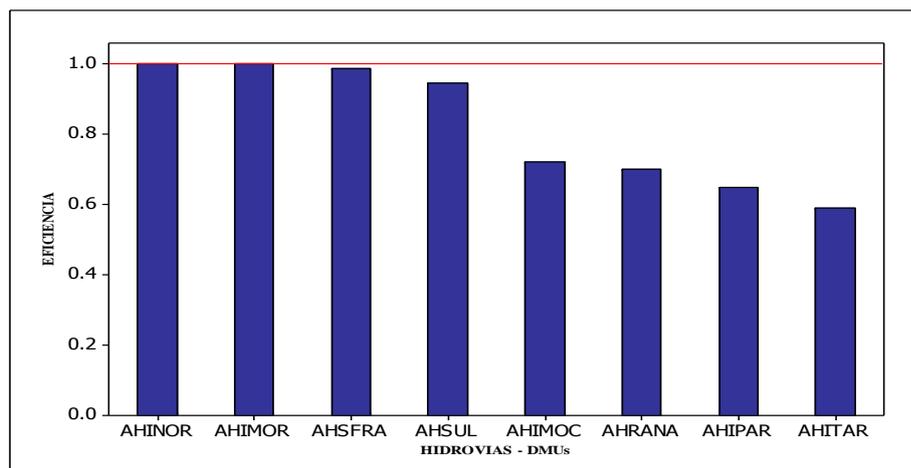


Figura 5 - Escore de eficiência das hidrovias.

Fonte: O Autor.

A ineficiência das hidrovias, de forma geral, apresentou limite superior de 1.694, média de 1.353, e inferior a 1.011, com variância de 0.072 e desvio padrão de 0.269, o que significa que a ineficiência média das hidrovias é de 26% e o aumento previsto no nível dos produtos é 35% para que as hidrovias cheguem à fronteira de eficiência.

Os valores de λ_{x1} e λ_{x2} representam as projeções previstas para os valores dos produtos 1 e 2, respectivamente, com o insumo de cada hidrovia constante. A projeção média quanto à movimentação de carga das hidrovias é 540% (limite superior de 3088.79% e inferior de 5.86%), com \hat{Y} de 155.9 e σ de 12.4. A projeção média do produto qualidade da navegação é 35%.

Os resultados foram classificados dentro de quatro faixas de qualidade, variando de eficiente à eficiência péssima, conforme Figura 5. Para identificar esta classificação utilizou-se o valor da média e analisou-se a consistência dos dados através do desvio padrão, após esta avaliação definiu-se duas classes acima da média e duas abaixo da média. Tais classes serão relacionadas a uma escala de 1 a 0,64 da seguinte maneira: 1 são hidrovias eficientes, de 0,99 ate 0,82 são hidrovias com eficiência moderada, de 0,82 ate 0,64 são hidrovias com eficiência ruim e abaixo de 0,64 são hidrovias com eficiência péssima.

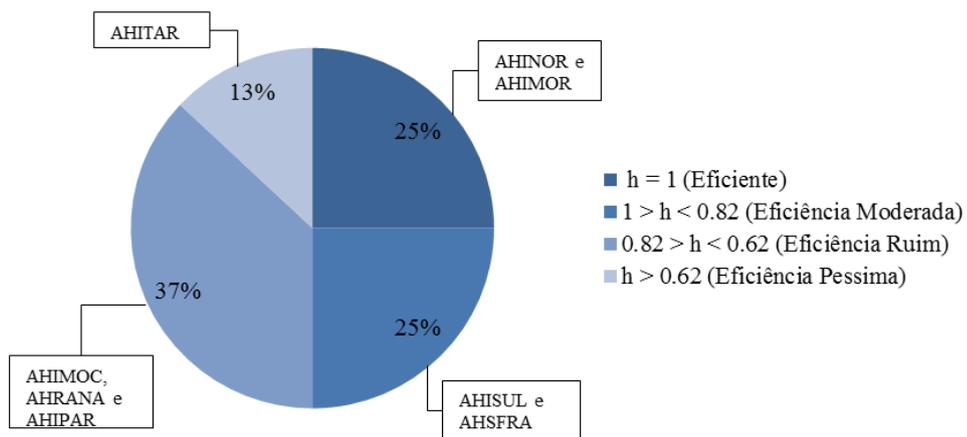


Figura 6: Intervalos de eficiências nas hidrovias.
Fonte: O Autor.

A eficiência média das hidrovias é de 82%, sendo 25% classificada como eficientes, 25% com eficiência moderada, 37% com eficiência ruim e 13% com eficiência péssima, conforme Figura 6. As hidrovias consideradas eficiência com intervalo de $1 > h < 0.82$ (eficiência moderada), obtiveram índices de eficiências com uma dispersão pequena, apresentando valores próximos de 100%, sendo assim, quase eficientes.

6. EMBARCAÇÃO

Na Amazônia Ocidental o transporte de passageiros e mercadorias é realizado por embarcações de madeira mista, construídas em estaleiros e carreiras situados em alguns municípios do Amazonas. As embarcações mistas (passageiro e carga) utilizadas no transporte fluvial misto da Amazônia são de concepção artesanal e não são desenvolvidas segundo as técnicas e recomendações da engenharia. A consequência deste cenário são os acidentes, provocados pela dificuldade de navegabilidade e operacionalidade das embarcações (DUARTE *et al*, 2010 e FROTA, 2006).

Para Frota (2006), as embarcações que realizam este transporte representam altos riscos para os usuários, em virtude da falta de qualidade na manutenção, do desconforto das acomodações, da superlotação, do carregamento desordenado e da baixa qualidade dos alimentos servidos.

Tais condições influenciam na competitividade do setor produtivo regional e contribui para que os municípios da Amazônia não sejam atrativos ao capital produtivo. Em função da qualidade e da confiabilidade do serviço de transporte, os municípios interioranos da Amazônia não conseguem se inserir na economia de mercado (KUWAHARA, 2011).

Neste trabalho, é apresentada uma metodologia para classificar e analisar o *benchmark* de projeto de embarcação do ponto de vista do usuário, buscando condicionantes e implicações para um novo conceito de embarcação, adaptado às características regionais. O processo de seleção dos *benchmarks* foi realizado através do Método de Análise Hierárquica (AHP - *Analytic Hierarchy Process*), que permite identificar a melhor alternativa em um grupo de candidatas, através de múltiplos critérios.

O presente capítulo está dividido em cinco seções, sendo a Seção 1 a presente introdução. Na Seção 2 é apresentado o estado da arte sobre as pesquisas realizadas nas embarcações da Amazônia e sobre as aplicações do AHP como método para definir *benchmarks*. Na Seção 3 é apresentado o método AHP e na Seção 4 é apresentado o estudo de caso, com definição do problema, aplicação e os principais resultados. Por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais.

6.1 Revisão da literatura

Esta seção apresenta uma revisão bibliográfica das diferentes abordagens utilizadas na avaliação de desempenho das embarcações regionais em problemas de seleção de *benchmarks*.

6.1.1 Avaliação das embarcações regionais

Merege (2011) desenvolveu um conjunto de indicadores de desempenho que possibilitam avaliar os serviços de transporte longitudinal misto. No trabalho foram construídos índices de operacionalidade e de qualidade para apontar a frequência relativa e destacar as empresas de navegação com melhores práticas. O índice de operacionalidade é obtido a partir das características operacionais das empresas transporte. Já o índice de qualidade, depende de informações da qualidade dos serviços prestados, que são subjetivas.

Couto *et al* (2009), desenvolveu um indicador global, utilizando Análise Envoltória de Dados (DEA), para avaliar o serviço do transporte aquaviário de passageiros da Região Amazônica. No modelo, os autores definiram a viagem como insumo (*inputs*); a segurança, o atendimento, a higiene, o conforto, a modicidade e a alimentação como produtos (*outputs*); e por fim as embarcações como Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs). A pesquisa fornece a eficiência das embarcações e os *benchmarks* para as menos eficientes.

Duarte *et al* (2010), realizaram uma análise ergonômica nas embarcações da região com o objetivo de propor melhorias para as mesmas. A pesquisa baseou-se nos procedimentos de delimitação e categorização dos problemas ergonômicos, onde foram levantadas deficiências e falhas específicas, para chegar a uma proposta ergonômica que atenda de modo eficiente as necessidades do sistema. Para os autores, as embarcações que operam na região não atendem as normas ergonômicas e portuárias.

Frota (2006) apresenta duas metodologias de gestão da qualidade que auxiliam os gestores na tomada de decisões voltadas à melhoria da qualidade do serviço, segundo evidências concretas do desempenho do sistema sob a ótica dos clientes. Neste caso, o autor avaliou o transporte de passageiros na Amazônia Ocidental com foco nos serviços oferecidos aos usuários. Para o autor, a baixa qualidade oferecida no transporte aquaviário de passageiros é ocasionada pela falta de compromisso das autoridades públicas em regulamentar o transporte na região.

6.2 Aplicações do método AHP

O AHP possui um elevado número de publicações de artigos, concentrados, principalmente, nos temas seleção, Avaliação, Tomada de Decisão (Custo benefício, Medicina e Previsão), Prioridade, entre outros e nas áreas pessoal, social e engenharia. Neste caso, foi realizada uma revisão das aplicações do método AHP em problemas de *benchmarks*.

Joshi *et al* (2011) desenvolveram um *framework* para avaliar o desempenho da cadeia de frios de uma empresa, revelar os pontos fortes e fracos e priorizar alternativas potenciais. A metodologia adotada foi *Delphi-AHP-TOPSIS* que dividi o *benchmarking* em três fases. Para os autores, a aplicação da metodologia facilita a compreensão das forças e das fraquezas presentes na cadeia de frios de uma empresa. Assim como identifica as melhores práticas dos líderes de mercado e permite compará-los para melhorar as fraquezas tendo em vista as atuais condições operacionais e estratégias.

Oliver *et al* (2007) adotaram o método AHP para identificar o conjunto de atributos do ecossistema e formar uma base de *benchmarks* da variabilidade natural para os gestores de recursos naturais que precisam determinar o estado da *patch-scale species-level* da biodiversidade dentro de ecossistemas florestais.

Para Ahsan e Bartlema (2004), as formulações e soluções de problemas multicritério aplicados a assistência médica são de fundamental importância para a melhoria da saúde dos países em desenvolvimento. Na pesquisa os autores utilizaram os métodos Delphi e AHP, onde os resultados do Delphi são entradas para o AHP, que por sua vez, determina o desempenho das atividades de saúde. Assim, através dos resultados do AHP e discutida formulação de políticas de gestão, para a melhoria do desempenho da saúde em geral. Aplicações mostram que o método de apoio à decisão multicritério facilita a análise do desempenho do sistema público de saúde de Bangladesh.

Costa *et al* (2001) apresentaram uma aplicação do método AHP na avaliação do desempenho de empresas operadoras privadas urbanas de ônibus que atuam em regime consorciado, visando o estabelecimento de um *benchmark*. Os indicadores selecionados abrangem todos os itens mais importantes da análise como produtividade, qualidade do serviço e outros bastante utilizados na literatura. Desta forma, aplicação do método AHP permite avaliar o sistema da área estudo e fornece a definição de *ranking* das empresas de ônibus.

6.3 Método de análise hierárquica – AHP

O AHP foi desenvolvido por Thomas Saaty, na década de 70, para auxiliar na resolução de problemas complexos de tomada de decisão (KUWAHARA, 2008). O AHP é utilizado em problema de tomada de decisão que envolve múltiplos critérios de escolha em uma hierarquia. O método avalia a importância relativa dos critérios, compara alternativas para cada critério e determina um *ranking* das alternativas.

O AHP é baseado no procedimento de comparações par a par (*pair wise comparisons*), ou seja, com base na opinião do tomador de decisão, obtêm-se as matrizes de julgamentos, tal que $A = [a_{ij}]$, onde $i, j = 1, 2, \dots, m$ e a_{ij} representa a importância relativa do critério C_i em relação ao critério C_j . A matriz de julgamento ou matriz de decisão é positiva ($a_{ij} > 0$), quadrada recíproca $n \times n$, tal que $a_{ij} = 1/a_{ji}$ e com valores unitários na diagonal principal ($a_{ii} = 1 \dots a_{ii} = 1$). Os valores de a_{ij} assumem valores de 1 a 9, conforme a Escala de Razão, que representa a grau de importância ou preferência relativa (Figura 7).

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente

←
MENOS IMPORTANTE
MAIS IMPORTANTE
→

Figura 7 - Escala utilizada na comparação dos critérios.

Fonte: (Saaty, 2004) adaptado.

No AHP, após a obtenção das matrizes de julgamento ocorrem as etapas de normalização destas matrizes, os cálculos de Prioridades Médias Locais (PML) e as Prioridades Globais (PG). A equação (7), referente à normalização das matrizes de julgamento, visa padronizar os pesos de uma serie de critérios (independente da medida utilizada) para uma mesma leitura, ou seja, lidos em uma mesma escala de razão padronizada.

$$a_{ij} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{ik} \quad (7)$$

Na etapa de PML, as matrizes de comparação são manipuladas para obtenção das prioridades relativas de cada um dos critérios. A PML é obtida para cada um dos nós de julgamentos, pela média das linhas da matriz de julgamento normalizada. As PML's deverão ser números entre 0 e 1, e sua soma igual a 1. Após a conclusão dos cálculos das PML's, é

possível verificar quais alternativas obtiveram as maiores prioridades em relação ao critério julgado.

$$w_k = \sum_{i=1}^n a'_{ij} / n \quad (8)$$

Para calcular a PG é necessário combinar as PML's relativas das alternativas com os critérios, o intuito é produzir um vetor de prioridades compostas que servirá como prioridade das alternativas de decisão na busca do principal objetivo do problema. Os elementos de PG armazenam os desempenhos (prioridades) das alternativas à luz do foco principal.

$$c_d = \sum_{t=1}^{nt} w_t \prod_{l=1}^{nl-1} W_l \quad (9)$$

As matrizes de decisão são obtidas por meio de julgamentos, que possibilitam o aparecimento de inconsistência no procedimento de comparação par a par. A inconsistência dos julgamentos introduz intransitividades na matriz e para mensurar a grau da inconsistência é necessário realizar o cálculo do Índice de Consistência (*IC*) (10).

$$IC = \frac{|\lambda_{\max} - N|}{N - 1} \quad (10)$$

Para concluir sobre a consistência da matriz, o índice *IC* deve ser comparado com um índice aleatório de consistência *IR*. O valor de *IR* para matrizes de diferentes ordens são apresentados em Saaty (1980). Por fim, a consistência da matriz de comparações é medida a partir da Razão de Consistência (*RC*), dada por:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (11)$$

O valor limite de *RC* proposto por Saaty (1980) é 0,1. Neste caso se a matrizes de julgamento apresentar $RC > 0.1$ devem ter suas comparações revistas em busca de uma melhor consistência.

6.4 Definição do problema

O problema proposto para o trabalho envolve a classificação das embarcações mistas, ou seja, definir uma medida de desempenho global para cada alternativa, indicadora de sua posição relativa numa classificação final e estabelecimento do *benchmark*.

O problema multicritério, no caso de apoio à decisão, é classificado como a Problemática P.γ, que tem como objetivo esclarecer a decisão por um arranjo obtido pelo reagrupamento de todas ou parte das ações em classes de equivalência. Essas classes são ordenadas de modo completo ou parcial, conforme as preferências. O resultado é, portanto, um arranjo ou um procedimento de classificação.

A estrutura hierárquica para classificação das embarcações foi obtida de forma interativa, em reuniões sucessivas com os coordenadores e pesquisadores do projeto denominado “Pesquisa e Desenvolvimento de Projetos de Embarcações Regionais na Amazônia” (Figura 8).

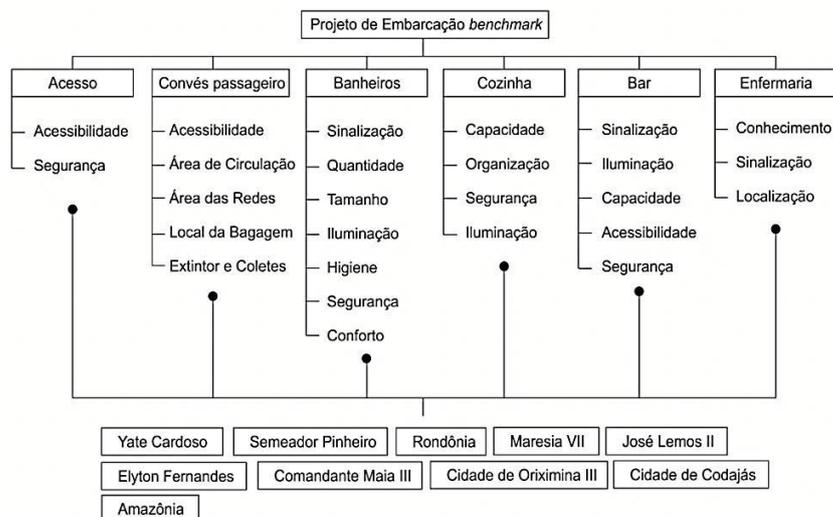


Figura 8 - Modelo para a classificação das embarcações.

Fonte: O Autor.

A estrutura hierárquica, apresentada acima, resume o processo de decisão que envolve a classificação do conjunto de embarcação. No primeiro nível da estrutura está o objetivo principal, que é classificar os projetos de embarcação. No segundo nível estão os critérios, que são subsistemas da embarcação que o passageiro utiliza, conforme Figura 9. No terceiro nível estão os subcritérios, definidos conforme os princípios de projetos universais e conceitos de usabilidade. No quarto nível, estão as variáveis (alternativas) de decisão, que são as embarcações regionais.



Figura 9 - Conjunto de critério a serem usados para classificação das embarcações.
Fonte: O Autor.

As avaliações dos critérios e subcritérios das alternativas foram realizadas através de comparações par a par, por meio da escala de razão proposta por Saaty (2004), que neste caso representa a importância e o desempenho relativo. Os questionários foram aplicados nos passageiros (*stakeholders*) das embarcações que operam nos terminais *Roadway* e *Manaus Moderna*. A amostra utilizada foi de tamanho reduzido, pois o objetivo do estudo, neste momento, não é fazer inferência sobre a população, mas caracterizar as percepções dos *stakeholders*.

6.5 Pesos dos critérios e subcritérios

A partir da estrutura hierárquica do problema, foram realizadas comparações par a par entre os objetivos de um nível hierárquico e entre os objetivos do nível hierárquico superior. Com as informações correspondentes ao julgamento do nível 2 (critério por critério) foram obtidos os pesos, apresentados na Tabela 5.

A comparação dos critérios resultou na seguinte ordem de importância relativa: Enfermaria, Convés de Passageiro, Banheiro, Cozinha, Acesso e Bar. Os passageiros atribuíram importância alta aos critérios Enfermaria, Convés de Passageiro e Banheiro, pois são os critérios que mais impactam durante as viagens. O resultado da ponderação dos critérios apresenta *RC* de 2%.

Os seis critérios foram divididos em subcritérios e sua importância relativa também foi obtida por meio das matrizes de comparação par a par. A partir dos julgamentos foram obtidos pesos que expressam a importância dos subcritérios (Tabela 5).

Tabela 5 - Importância Média Local nos níveis de critérios e subcritérios.

Crítérios	Peso	Subcritérios	Peso
Enfermaria	0.329	Conhecimento	0.571
		Localização	0.286
		Sinalização	0.143
Convés de Passageiro	0.203	Extintor/coletes	0.418
		Área de circulação	0.266
		Acessibilidade	0.149
		Área da bagagem	0.093
		Área da rede	0.074
		Banheiro	0.203
Cozinha	0.129	Conforto	0.145
		Tamanho	0.133
		Quantidade	0.125
		Segurança	0.085
		Iluminação	0.056
		Sinalização	0.056
		Segurança	0.384
		Organização	0.384
		Capacidade	0.137
		Iluminação	0.075
Acesso	0.079	Segurança	0.75
		Acessibilidade	0.25
Bar	0.06	Segurança	0.239
		Capacidade	0.239
		Sinalização	0.079
		Iluminação	0.13
		Acessibilidade	0.13

Fonte: O Autor.

O resultado das comparações par a par entre os subcritérios que compõe a ‘enfermaria’ aponta o conhecimento como o mais importante, em seguida a localização e por fim a sinalização como o menos importante. O resultado apresenta zero de *RC*.

A ordem de importância relativa dos subcritérios que compõe o ‘bar’ se configurou com a ‘segurança’ sendo o mais importante, seguida pelos subcritérios ‘capacidade’, sinalização, iluminação e acessibilidade, como menos importante. A ponderação apresenta *RC* 1%.

No caso dos subcritérios relacionados com o subsistema ‘cozinha’ a importância relativa ficou estabelecida da seguinte forma: a segurança e a organização são os mais importantes, em seguida a capacidade, e por fim, com a menor importância a iluminação. O *RC* foi de 1%.

Para o critério “banheiro” a maior importância relativa foi atribuída para o subcritério higiene, depois para o conforto, tamanho, quantidade, segurança, iluminação e por fim com a menor importância sinalização. O *RC* obtido foi de 1%.

O convés de Passageiro foi dividido em cinco subcritérios e segundo os usuários o extintor/colete-salva-vida é o mais importante, em segundo, a área de circulação, em terceiro, a acessibilidade, em quarto, área da bagagem e o menos importante é a área da rede. A ponderação dos subcritérios apresentou *RC* 2%.

O resultado da importância relativa entre os subcritérios que formam o “acesso” aponta a segurança como a mais importante e a acessibilidade como o menos importante. O resultado desta ponderação apresentou zero de *RC*.

6.6 Desempenho das embarcações nos critérios e subcritérios

A Figura 10(a) apresenta o desempenho dos subcritérios da enfermaria. Aparentemente o subcritério conhecimento tem o melhor desempenho, pois possuem maiores valores para mediana e quartis 1 e 3. Os piores desempenhos estão nos subcritérios sinalização e localização, que apresentam medianas menores e valores concentrados no quartis 1. Estes resultados mostram uma necessidade por ações de melhoria na enfermaria, principalmente, na sinalização e localização. A Figura 10(b) apresenta os desempenhos dos subcritérios que compõem o bar. Neste caso, as embarcações apresentam desempenho melhor no subcritério sinalização, pois possui maior valor de mediana e quartis 3. Já a capacidade, o acesso e a segurança apresentam menores valores para a mediana e uma concentração maior no quartis 1. Este desempenho mostra uma oportunidade para propor ações de melhoria no subcritério: capacidade, acesso e segurança.

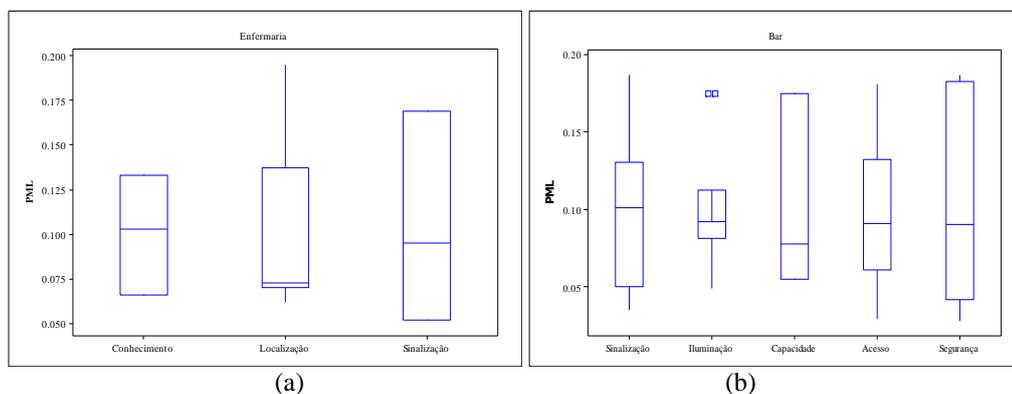


Figura 10 - Desempenho dos critérios: enfermaria (a) e bar (b).

Fonte: O Autor.

Os desempenhos dos subcritérios que compõem o critério cozinha são apresentados na Figura 11(a). No geral, o subcritério capacidade apresenta o melhor desempenho e os subcritérios organização, segurança e capacidade os piores. Nota-se que as embarcações demandam ações de melhorias na segurança e na organização da cozinha, visto que os passageiros atribuem uma importância alta a estes subcritérios.

No critério banheiro os subcritérios com melhores desempenhos são a sinalização e a iluminação, os quais os passageiros atribuem uma importância baixa, conforme apresentado na Figura 11(b). Neste caso, as embarcações apresentam baixo desempenho nos subcritérios higiene, segurança, quantidade, conforto e tamanho.

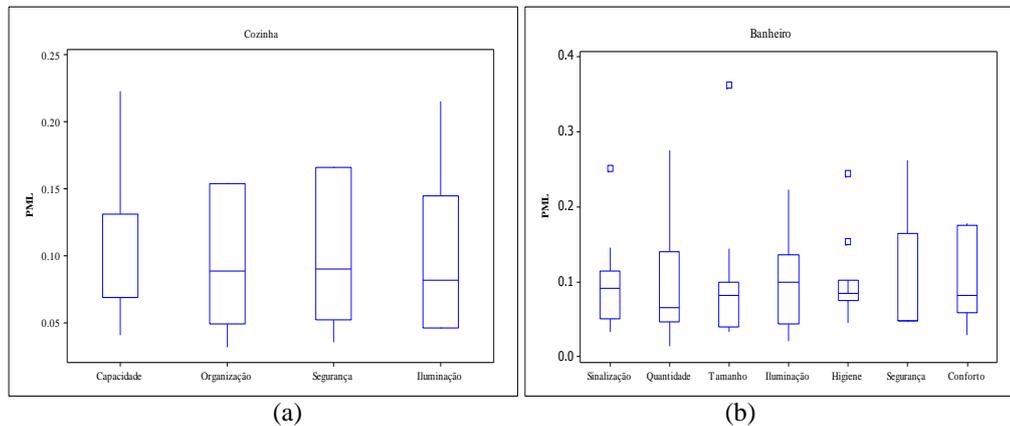


Figura 11 - Desempenho dos critérios: cozinha (a) e banheiro (b).
Fonte: O Autor.

Na Figura. 12(a) são apresentados os desempenhos dos subcritérios que compõem o critério convés de passageiro. Aparentemente área da rede e extintor/colete apresenta os melhores resultados de desempenho. Já opostas conclusões são obtidas sobre os subcritérios área de circulação, área da bagagem e acessibilidade, pois possuem uma concentração maior de embarcações em menores valores de desempenho. Por fim, no critério acesso, apresentado na Figura. 12(b), à acessibilidade obtêm o melhor desempenho e a segurança o pior.

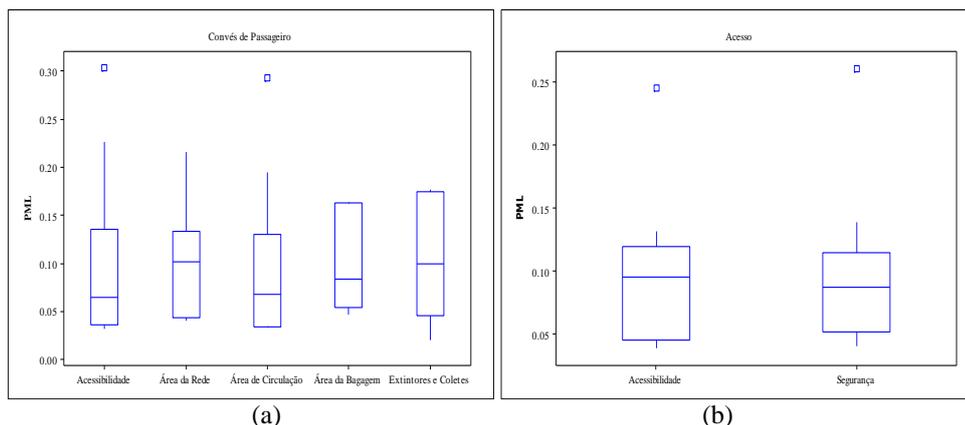


Figura 12 - Desempenho dos critérios: convés de passageiro (a) e acesso (b).
Fonte: O Autor.

Os desempenhos relativos dos subcritérios, apresentados nas Figuras 9, 10 e 11, revelam que os critérios enfermaria, bar, cozinha, banheiro, convés de passageiro e acesso, apresentam pequenas variações de amplitude, com valores muito próximos e alguns valores marginais (*outliers*).

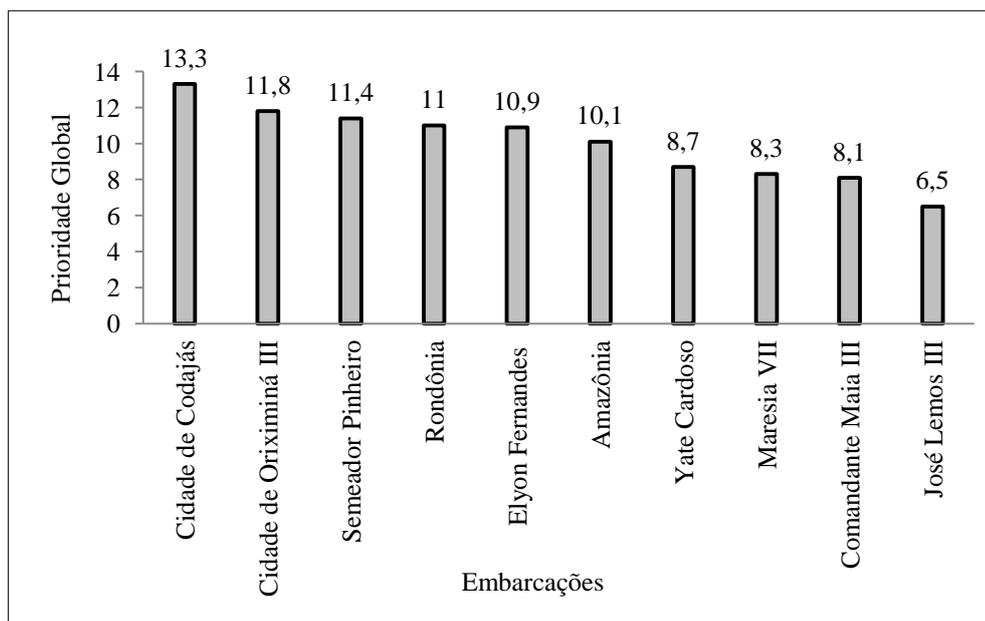


Figura 13 - Representação gráfica da classificação das embarcações.
Fonte: O Autor.

A classificação das embarcações é apresentada na Figura 12, onde estão os valores da Prioridade Média Global, que representam os desempenhos das alternativas à luz do foco principal. Neste caso, o desempenho das embarcações com a ponderação dos critérios no processo de julgamento indicado resultou na seguinte classificação: Cidade de Codajás (0.133), Cidade de Oriximiná III (0.118), Semeador Pinheiro (0.114), Rondônia (0.11), Elyon

apresentaram desempenho acima da corte. No critério cozinha 30% das embarcações apresentaram desempenho alto. Nos critérios acesso e bar o número de embarcação eficiente é maior, sendo 60% e 80%, respectivamente. A Tabela 6 apresenta a classificação dos *benchmarks*.

Tabela 6 - Prioridade Média Global dos subcritérios.

Classificação	Embarcação	Referências	Prioridade Global
1	Cidade de Codajás	<i>benchmark</i>	0.133
2	Semeador pinheiro	*Ba - Ef	0.114
3	Amazônia	Cp - Ef	0.101
4	Rondônia	Ba - CP - Ef	0.11
5	Cidade de Oriximiná III	Co - Ba - CP	0.118
6	Elyon Fernandes	Ac - Ba - CP - Ef	0.109
7	Maresia VII	Br - Co - Ba - CP - Ef	0.083
8	Comandante Maia III	Ac - Co - Ba - CP - Ef	0.083
9	José Lemos III	Ac - Co - Ba - CP - Ef	0.083
10	Yate Cardoso	Br - Ac - Co - Ba - CP - Ef	0.087

Fonte: O Autor.

A classificação, apresentada na Tabela 6, aponta que entre as alternativas em análise a embarcação com melhor desempenho, ou seja, o *benchmark* é a Cidade de Codajás, seguida pela embarcação Semeadora Pinheiro e Amazônia. O resultado mostra que estas embarcações apresentam os melhores desempenhos no subsistema enfermagem, o qual os passageiros atribuem importância mais alta.

7 INTERVENÇÕES HIDROVIÁRIAS

Segundo o Plano Confederação Nacional de Transporte (CNT) 2011, a rede integrada de transporte, formada por infraestruturas como as vias e os terminais intermodais, é essencial, uma vez que garante o acesso aos locais onde a demanda por bens acontece. O Brasil conta com uma rede de infraestrutura que não opera de forma eficiente, causando um grave desequilíbrio na matriz de transporte. Neste contexto, muito se tem debatido sobre a necessidade de aperfeiçoamento da matriz de transporte nacional, no que diz respeito à redistribuição de modal.

Segundo Brasil (2010), o quadro atual indica um nível de investimento público inferior as necessidades de infraestrutura hidroviária, reduzido percentual de investimento privado e a existência de diversos obstáculos regulatórios que envolvem aspectos de licenciamento ambiental, mercado e estrutura organizacional defasada.

É imprescindível que se estabeleça um plano estratégico de desenvolvimento do transporte hidroviário que defina as hidrovias prioritárias para o País. As limitações atuais e as necessidades de melhoramentos e ampliações na rede hidroviária nacional são fatores importantes para um bom desenvolvimento do país, Brasil (2010).

Sendo assim, a priorização dos projetos hidroviários se torna um problema complexo, que envolve diversas alternativas analisadas por um conjunto de critérios. É neste âmbito que o Apoio Multicritério a Decisão (AMD) pode ser utilizado como uma importante ferramenta na definição de prioridades. Segundo Roy *et al* (1993) o AMD é aplicado em situações com critérios conflitantes, visando encontrar uma alternativa ou conjunto de alternativas que se apresentem como soluções para o problema.

O objetivo geral proposto no artigo foi definir o *ranking* dos projetos hidroviários nos eixos estruturantes do Brasil com a utilização do método PROMETHÉE II. O *ranking* estabeleceu o conjunto de hidrovias prioritárias, por eixo, que contribui para elevar a participação do modal, garantindo um melhor equilíbrio do sistema de transportes.

O presente capítulo está dividido em quatro seções, sendo a Seção 1 a presente introdução. Na Seção 2 é apresentado o Plano CNT de Transporte e Logística, especificamente, o conjunto de projetos hidroviários. Na Seção 3 é apresentado o método multicritério PROMETHÉE II com a definição do problema. Por fim, a Seção 4 é apresentado o estudo de caso e os principais resultados.

7.1 Plano CNT de transporte e logística

O Plano CNT (2011) corresponde a um conjunto de propostas de projetos de adequação, construção e recuperação da infraestrutura de transportes, organizado sob duas categorias: os Eixos Estruturantes e as Regiões Metropolitanas, esses consideram os fluxos urbanos e sua ótica é distinta dos Eixos Estruturantes.

Os projetos de integração nacional realizados pelo CNT (2011) fundamentaram-se na estruturação de eixos de transporte, formados por um conjunto de infraestruturas estabelecidas conforme a produção econômica e a necessidade de distribuição de bens. Os eixos são constituídos por uma diretriz principal definida como eixo estruturante e por ligações complementares aos eixos responsáveis por prover a acessibilidade ou a complementação do transporte até o eixo estruturante. Foram nove Eixos estruturantes estudados:

- o E1 é o Eixo Nordeste-Sul que se inicia no Rio Grande do Sul (RS) e sua conclusão se perfaz pela BR-116, entre Salvador (BA) e Fortaleza (CE),
- E2 Eixo Litorâneo liga a Região Sul a Porto Alegre (RS) a Salvador (BA) na Região Norte do Brasil,
- E3 Eixo Norte-Sul conecta a Região Norte a Região Sul com diretriz pelo interior do país, cruzando o Centro-Oeste,
- E4 Eixo Amazônico apresenta uma diretriz composta somente pelo modal aquaviário, utilizando-se dos rios Amazonas e Solimões,
- E5 Eixo Centro-Norte que se inicia em Novo Mundo (MS) e se desenvolve ao longo da rodovia BR-163 até Guarantã do Norte (MT), onde acessa o transporte aquaviário pela Hidrovia Teles Pires-Tapajós até o término, em Santarém (PA),
- E6 Eixo Norte-Sudeste ligando as Regiões Norte e Sudeste, passando pela Região Centro-Oeste, com sua diretriz começando em Itacoatiara (AM) e finaliza em Santos (SP), o
- E7 Eixo Leste-Oeste interliga o extremo Oeste do Acre até o litoral da Bahia, passando pela Região Centro-Oeste,
- E8 Eixo Nordeste-Sudeste conecta as Regiões Nordeste e Sudeste do País, com sua diretriz começando em São Luiz (MA) e finalizando no Rio de Janeiro (RJ), e por fim o

- E9 Eixo Cabotagem que liga os principais portos marítimos brasileiros por meio das possíveis rotas operacionais de navegação de cabotagem, iniciando-se em Rio Grande (RS) e terminando em Macapá (AP). Abaixo segue a Tabela 7 Identificando os principais projetos hidroviários por Eixo Estruturante.

Tabela 7 – Identificação dos principais projetos hidroviários por Eixo Estruturante.

<i>Cluster</i>	<i>Município Inicial</i>	<i>Município final</i>	<i>Título</i>
Eixo Nordeste-Sul (E1)	Cacequi / RS	Cachoeira do Sul /RS	Abertura de Canal entre os rios Ibicuí e Jacuí
	Mogi das Cruzes / SP	Jacareí / SP	Abertura de Canal entre os rios Tietê e Paraíba do Sul
EIXO LITORÂNEO (E2)	Muamá / PA	Anajás / PA	Abertura de Canal entre os rios Atua e Anajás
	Triunfo / RS	Cachoeira do Sul / RS	Qualificação da hidrovia do rio Jacuí
	Pelotas / RS	Santa Vitória do Palmar / RS	Qualificação da hidrovia Lagoa Mirim
	Rio Grande / RS	Rio Grande / RS	Qualificação da hidrovia do Canal de São Gonçalo
	Triunfo / RS	Estrela / RS	Qualificação da hidrovia do rio Taquari
	Cachoeira do Sul / RS	Cachoeira do Sul / RS	Modernização da eclusa de Cachoeira do Sul
	Rio Pardo RS	Rio Pardo / RS	Modernização da eclusa de Dom Marco
EIXO NORTE-SUL (E3)	Marabá / PA	Marabá / PA	Abertura de Canal para a transposição das Corredeiras de Santa Isabel
	Santa Terezinha do Itaipu / PR	Foz do Iguazu / PR	Abertura de Canal entre os rios Iguazu e Paraná
	Mangueirinha / PR	Chapecó / SC	Abertura de Canal entre os rios Iguazu e Paraná
	Três Lagoas / MS	Foz do Iguazu / PR	Qualificação da Hidrovia do rio Paraná
	Barra do Garças / MT	Xambioá / TO	Qualificação da hidrovia do rio Araguaia
	Nova Xavantina / MT	São Felix do Araguaia / MT	Qualificação da hidrovia do rio das Mortes
	Miracema do Tocantins / TO	Porto Franco / MA	Qualificação da hidrovia do rio Tocantins
	Ipixuna do Pará / PA	Paragominas / PA	Expansão da hidrovia dos rios Guamá-Capim
	Castilho / SP	Castilho / SP	Modernização da eclusa de Jupia
	Ilha Solteira / SP	Ilha Solteira / SP	Construção da eclusa de Ilha Solteira
	Itaipu / PR	Itaipu / PR	Construção da eclusa de Itaipu
	Lajeado / TO	Lajeado / TO	Construção da eclusa de Lajeado
	Batayporã / MS	Batayporã / MS	Modernização da eclusa de porto Primavera
Imperatriz / MA	Imperatriz / MA	Construção da eclusa de Serra Quebrada	
EIXO AMAZÔNICO (E4)	Caracaraí / RR	Caracaraí / RR	Abertura de canal para a transposição das Corredeiras de Bem Querer (Caracaraí)
	Rorainópolis / RR	Boa Vista / RR	Qualificação da hidrovia do rio Branco
	Tabatinga / AM	Santarém / PA	Qualificação da hidrovia dos rios Amazonas e Solimões

	Guajará / AM	Juruá / AM	Qualificação da hidrovia do rio Juruá
EIXO CENTRO-NORTE (E5)	Coxim / MS	Rio Verde / MS	Abertura de canal entre os rios
	Rio Miranda / MS	Rio Ivinhema / MS	Abertura de canal entre os rios Miranda e Ivinhema
	Itaituba / PA	Jacareacanga / PA	Abertura de canal para a expansão da hidrovia do rio Tapajós
EIXO NORTE-SUDESTE (E6)	Porto Velho / RO	Abunã / RO	Abertura de canal para a expansão da hidrovia do rio Madeira
	Abunã / RO	Guajará-Mirim / RO	Abertura de canal para a expansão da hidrovia do rio Madeira
	Vila Bela da Santíssima Trindade / MT	Cáceres / MT	Abertura de Canal entre os rios Guaporé e Paraguai
	Coxim / MS	Costa Rica / MS	Abertura de Canal entre os rios Taquari e Araguaia
	Itacoatiara / AM	Porto Velho / RO	Qualificação da hidrovia do rio Madeira
	Anhumas / SP	Castilho / SP	Qualificação da hidrovia do rio Tietê
	Cáceres / MT	Corumbá / MS	Qualificação hidrovia do rio Paraguai
	Promissão / SP	Promissão / SP	Modernização da eclusa de Promissão
	Buritama / SP	Buritama / SP	Modernização da eclusa de Nova Avanhandava
	Bariri / SP	Bariri / SP	Modernização da eclusa de Bariri
EIXO LESTE-OESTE (E7)	Barra Bonita / SP	Barra Bonita / SP	Modernização da eclusa de Barra Bonita
	Ibitinga / SP	Ibitinga / SP	Modernização da eclusa de Ibitinga
	Andradina / SP	Andradina / SP	Modernização da eclusa de Três Irmãos
	Mateiros / TO	Formosa do Rio Preto / BA	Abertura de canal entre os rios Sono e Sapão
EIXO LESTE-OESTE (E7)	Guajará-Mirim / RO	Vila Bela da Santíssima Trindade / MT	Qualificação da hidrovia dos rios Mamoré-Guaporé
	Porto Velho / RO	Porto Velho / RO	Construção da eclusa de Jirau - Hidrovia do rio Madeira
	Porto Velho / RO	Porto Velho / RO	Construção da eclusa de Santo Antônio - Hidrovia do rio Madeira
EIXO NORDESTE-SUDESTE (E8)	Pirapora / MG	Juazeiro / BA	Qualificação da hidrovia do rio São Francisco
	Guadalupe / PI	Guadalupe / PI	Construção da eclusa de Boa Esperança
	Três Marias / MG	Três Marias / MG	Construção da eclusa de Três Marias
EIXO DE CABOTAGEM (E9)	Rio Grande / RS	Porto Alegre / RS	Qualificação da hidrovia da Lagoa dos Patos

Fonte: Plano CNT (2011)

De forma geral, as intervenções dos projetos de integração nacional elaborado pelo CNT, contemplam basicamente propostas de construção e adequação nas diversas modalidades de transporte e o investimento mínimo total previsto é de R\$404.971.146.596,76.

As propostas de projetos para as hidrovias representam 8% do investimento total previsto, o que equivalente a R\$32.094.272.238,35 e contemplam as seguintes intervenções: ampliação de profundidade, implantação de dispositivos de transposição e abertura de canais de navegação.

Segundo Brasil (2010), diante do panorama atual, o setor hidroviário é propósito de ampliação gradual da sua participação no transporte interno de cargas, é fundamental estabelecer uma estratégia global de longo prazo para os investimentos nos transportes, visto que uma infraestrutura de transporte de qualidade é fundamental para garantir uma eficiência logística capaz de permitir ao Brasil o desenvolvimento de todo seu potencial socioeconômico.

7.2 Metodologia multicritério

Segundo Bartolomeu e Ferreira (2000), a Tomada de Decisão é o processo de escolha ou seleção de alternativas ou caminhos de ação “suficientemente bons” entre os grupos de alternativas para atingir um objetivo ou alguns objetivos.

De acordo com Carvalho (2008), o processo de tomada de decisão sobre o desenvolvimento de um empreendimento hidroviário, requer a consideração de vários aspectos, sejam de ordem quantitativa ou de ordem qualitativa. Na maioria dos casos as decisões levam em consideração aspectos tecnológico, econômico, ambientais e sociais, o que torna oportuna a aplicação de um método multicriterial de suporte à tomada de decisão.

Segundo Roy e Bouyssou (1993), o método multicritério caracteriza-se pela construção de vários critérios utilizando-se vários pontos de vista que a posteriores representaram os eixos pelos quais os diversos tomadores de decisão de um processo decisório justificam, transformam e questionam suas preferências. Assim, realizam-se comparações com base na avaliação de alternativas de acordo com estes pontos de vista, estabelecendo-se, então, as preferências parciais.

Uma metodologia multicritério de apoio à tomada de decisão procura construir uma estrutura partilhada, onde são consideradas aquelas dimensões que os tomadores de decisão desejam, ao invés de partir de uma situação pré-existente.

De acordo com Rosenhead (1994) uma metodologia de apoio à decisão pode ser útil para considerar as diferentes perspectivas das múltiplas alternativas, facilitando a interação, gerando um maior aprendizado e um sentimento de participação na formulação da problemática da decisão, bem como, na transparência de todo o processo.

A questão proposta trata de uma problemática de ordenação, a hidrovia com o melhor desempenho será considerada a principal prioridade. O PROMETHÉE II foi escolhido por resultar na problemática em questão por ser um método não-compensatório, que favorece alternativas bem balanceadas, permitindo construir uma relação de sobreclassificação, ou *outranking*, de valores (VINCKE, 1992).

Além do método PROMETHÉE se destacar por buscar envolver conceitos e parâmetros, os quais têm alguma interpretação física ou econômica, facilmente entendida pelo decisor, tendo sido a aplicação do mesmo com sucesso em vários problemas de diferentes naturezas (RAJU e KUMAR, 1999; BRANS *et al* 1998; BABIC e PLAZIBAT, 1998).

O *ranking* das hidrovias prioritárias será realizado usando a nomenclatura dos nove eixos estruturantes – Hidrovia (E_i), onde i é eixo estruturante. Assim a ordenação será apresentada por eixo, que são “*Clusters*” e representam um conjunto de intervenções hidroviárias. O eixo que apresentar a melhor posição no *ranking*, na verdade está refletindo um conjunto de projetos hidroviários agrupados, são os projetos de hidrovias com a maior prioridade.

Considerando um problema multicritério, será utilizado a seguinte notação, cujo objetivo é $\max\{g_{\text{integração}}(E), g_{\text{acesso}}(E), g_{\text{custo}}(E), g_{\text{ambiental}}(E), g_{\text{economico}}(E)/ a EA\}$ onde E são os eixos estruturantes que compõem um conjunto finito de alternativas $E_i = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_9\}$ possíveis e g_i é um conjunto de critérios de avaliação $g_i = \{g_{\text{integração}}(\cdot), g_{\text{acesso}}(\cdot), g_{\text{custo}}(\cdot), g_{\text{ambiental}}(\cdot), g_{\text{economico}}(\cdot)\}$, alguns critérios devem ser maximizados e os outros minimizados. A expectativa do tomar de decisão é identificar uma otimização de alternativas para todos os critérios.

Os critérios são usados para classificar os cenários com base em suas performances. Embora a metodologia teórica permite avaliação por qualquer indicador, enquanto a sua importância pode estar relacionada a outros indicadores utilizados, é importante para selecionar os indicadores a utilizar de acordo com os objetivos prosseguidos da avaliação e a possibilidade de realmente adquirir os valores de entrada necessários.

Nesta pesquisa, os critérios e os pesos de importância dos critérios foram determinados por um grupo de especialistas em transporte hidroviário da Universidade de Liège e UFAM/NTC da Universidade Federal do Amazonas/Núcleo de Transporte e Construção Naval, responsáveis fortemente pelo *ranking* definido no processo decisório, no qual o *stakeholder* envolvido é a ANTAQ.

7.3 Resultados e análise

As informações para obter o desempenho das alternativas em relação a cada critério foram obtidas com base nas análises dos especialistas do Plano CNT de Transporte e Logística de 2011, em alguns casos utilizou-se a análise quantitativa e em outras a análise qualitativa, conforme a Tabela 8.

Os pesos de importância e funções de preferência estão apresentados na Tabela 9. A importância dos critérios na ótica dos especialistas foram: a integração (0.4), em seguida a acessibilidade (0.22), o custo (0.14) e por fim os critérios econômicos e ambientais que representam (0.12), cada um.

Tabela 8 - Definição dos Eixos Estruturantes.

Alternativas	Critérios				
	Acessibilidade*	Custo (mínimo)	Integração*	Econômico	Ambiental
Eixo nordeste-sul (e1)	Muito Ruim	706708194	Regular	3	1
Eixo litorâneo (e2)	Ruim	2781170386	Muito Bom	4	2
Eixo norte-sul (e3)	Bom	6824064746	Bom	3	4
Eixo amazônico (e4)	Regular	2564297822	Muito Ruim	1	3
Eixo centro-norte (e5)	Ruim	5980845275	Muito Ruim	2	2
Eixo norte-sudeste (e6)	Bom	9241678976	Regular	3	4
Eixo Leste-Oeste (e7)	Ruim	2006325528	Ruim	3	2
Eixo nordeste-sudeste (e8)	Ruim	1910908024	Ruim	2	2
Eixo de cabotagem (e9)	Muito Ruim	78273286	Ruim	4	1

Escala*: Muito Ruim, Ruim, Regular, Bom e Muito Bom

Fonte: O Autor.

Tabela 9 - Definição dos Critérios.

Critérios	Tipo	Peso	Unid	Função de Preferência
Acesso	Max	0.22	Escala*	Usual
Custo	Min	0.14	Numérico	Linear $p = 0$ $q = 1$
Integração	Max	0.4	Escala	Usual
Econômico	Max	0.12	Escala	Usual
Ambiental	Min	0.12	Escala*	Usual

Escala: Muito Ruim, Ruim, Regular, Bom e Muito Bom

Escala*: Muito Fraco, Fraco, Moderado, Forte e Muito forte

Fonte: O Autor.

Os projetos de hidroviários foram avaliadas através das decisões dos especialistas sobre *software D-Signht* versão 3 de 2009, o *ranking* estabelecido permite apresentar o conjunto de hidrovias prioritárias, conforme mostrado na Figura 15. As prioridades de projetos hidroviários são: Hidrovia (E_2), Hidrovia (E_3), Hidrovia (E_1), Hidrovia (E_6), Hidrovia (E_9), Hidrovia (E_7), Hidrovia (E_8), Hidrovia (E_4) e Hidrovia (E_5).

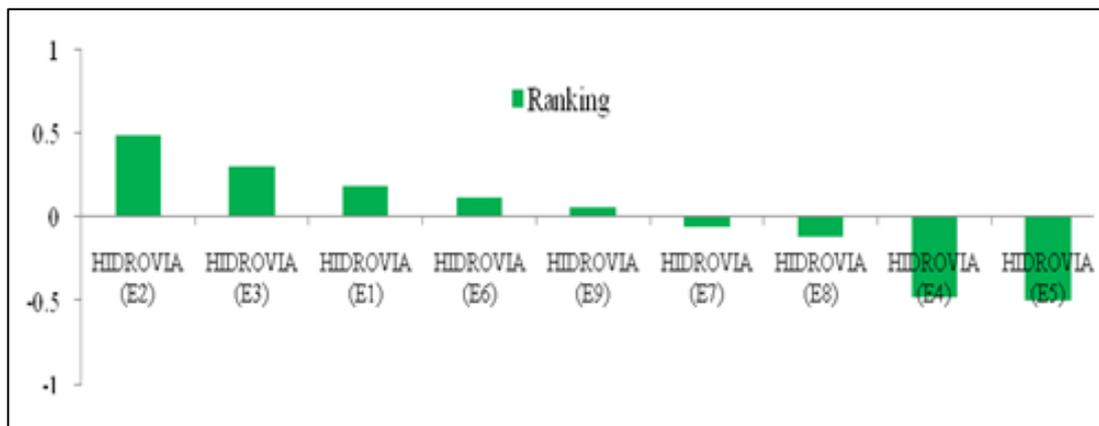


Figura 15 – *Ranking* de prioridades das hidrovias.
Fonte: O Autor.

O resultado da priorização dos projetos hidroviários representa o agrupamento das principais intervenções hidroviárias identificadas no PNLT de 2011. Contudo o *ranking* descrito acima é equivalente a um conjunto de intervenções hidroviárias que são identificadas e ordenadas por prioridade. O Eixo Litorâneo obteve o maior fluxo líquido ($\phi = 0.458$), sendo classificado como a principal prioridade.

A maioria das intervenções hidroviárias deste eixo está localizada na região sul do Brasil e corresponde a abertura de canal, qualificação da hidrovia e modernização da eclusa. Inversa conclusão é obtida para o Eixo Centro-Norte, pois este apresenta o menor fluxo líquido ($\phi = -0.508$) e é classificado com a última prioridade, suas intervenções são todas no Norte do país e corresponde em abertura de canal.

O plano GAIA é ilustrado na Figura 16 e mostra a situação de cada hidrovia (pequenas bolas azuis) e critério (pequenas bolas verdes) uns sobre os outros. Este plano é o resultado da análise de componentes principais, projetando critérios 4-dimensionais para um espaço bidimensional no plano, ou seja, as quatro variáveis originais são transformadas para as duas novas variáveis que são obtidas por combinações lineares das variáveis originais. Como é mostrado na Figura 16, o parâmetro delta é 92,7%, isso significa que apenas 7,3% do total das informações se perde com a projeção.

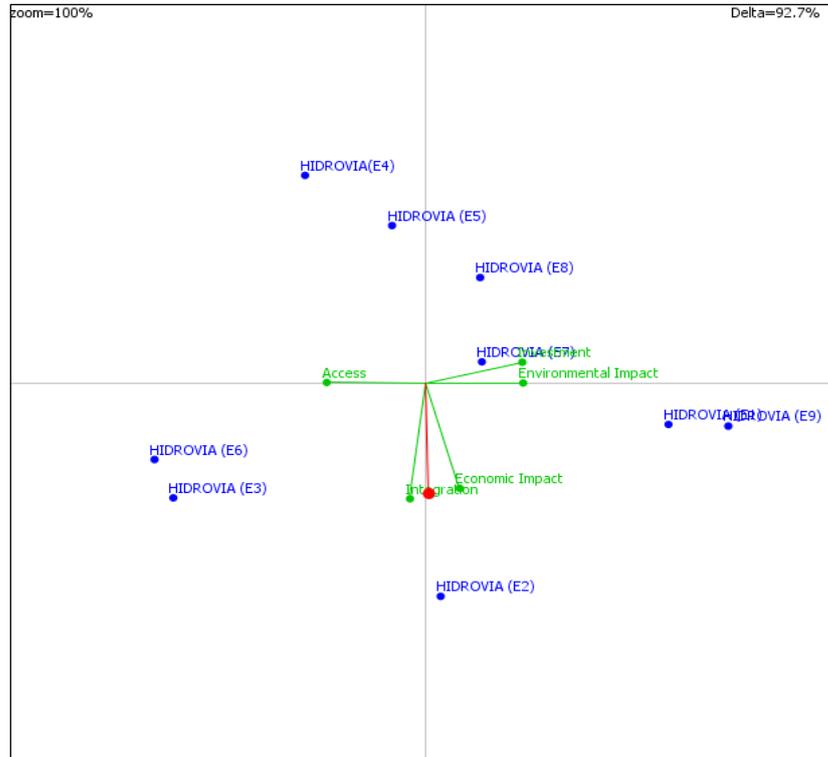


Figura 16: Alternativas e Critérios no plano GAIA.
Fonte: O Autor.

Também na Figura 16 mostra-se a direção do eixo de decisão π (em vermelho) que está apontado diretamente para a hidrovía (E2). *Clusters* de alternativas semelhantes podem ser facilmente detectados devido à análise do plano GAIA. As hidrovías (E2), (E3), (E1), (E6) e (E9), são alternativas que possuem bons valores nos critérios e estão posicionadas na mesma direção apontada pelo eixo de decisão. Opostas conclusões são obtidos para as hidrovías (E7), (E8), (E4) e (E5) que estão no mesmo *cluster*.

8 PORTO

Os aspectos geográficos quanto a localização, a conformação, aos acessos das cidades localizadas às margens dos rios potencializam a utilização do transporte fluvial para o deslocamento de pessoas e carga no Estado do Amazonas, que é um dos fatores que diferenciam a forma e a evolução econômica e social do Estado.

O sistema de transporte no Amazonas necessita de melhorias significativas e compatíveis com sistema regional, que de forma geral entre todos os problemas o de maior destaque esta associado as condições do sistema portuário. Mesmo sendo este responsável pelo embarque e desembarque de pessoas e carga, a operação ainda acontece sobre condições primitivas não levando em conta o acesso, a flexibilidade, o desempenho e a segurança.

Em geral, quando se projeta um terminal, pensa-se inicialmente em um espaço físico onde haverá um grande fluxo de passageiros e mercadorias. Entretanto, na concepção de um terminal hidroviário é necessário muito mais do que o espaço físico para pessoas e cargas, ou seja, são necessários dados referentes as: embarcações que serão utilizadas, demanda a ser atendida e parâmetros operacionais, a frequência ou fluxo de embarcações, intervalos de 2 atendimentos, tempo de espera, entre outros (ALMEIDA, 2001).

A utilização da simulação para análise do terminal portuário se justifica em estudos de situações presentes onde são levantados todos os parâmetros que regem a operação portuária no que tange o processo de ocupação, permitindo assim, uma melhor representação das condições atuais no dimensionamento do *pier* e no número de berços possíveis para o terminal.

O Porto Público, *pier Roadway* foi escolhido para este estudo devido a sua relevância na economia e na sociedade do Amazonas, o trabalho tem como objetivo contribuir para a eficiência terminal, através da análise dos processos de chegadas e saídas das embarcações utilizando o modelo computacional elaborado no ambiente Arena.

8.1 Conceitos e simulação

A simulação computacional segundo Kelton (2007) é um processo que permite desenhar e criar um modelo computadorizado de um sistema real, com o propósito de realizar experimentos numéricos e obter melhor entendimento do comportamento daquele sistema para um dado conjunto de condições.

Considerando-se o “sistema” em que se execute um trabalho ou serviço, alguns elementos ou “clientes” chegarão ao sistema para requerer o serviço ou trabalho. Tais elementos podem ser pessoas buscando atendimento hospitalar, aviões aguardando disponibilidade da pista para aterrissagem, navios para serem carregados ou descarregados num porto. Quando a demanda ocorre com “muita frequência”, os clientes poderão ter que esperar pelo atendimento, bem como se chegarem raramente, as instalações prestadoras do serviço terão que esperar até que chegue um cliente (ociosidade).

Esses são exemplos típicos de problemas de filas. O estudo permite determinar os parâmetros que possibilitam a análise de operacionalidade de sistemas em regime, bem como o estudo da capacidade e dimensionamento adequado de equipamentos, instalações e infraestruturas. Para obter um sistema de filas tem que ser perfeitamente caracterizado a Chegadas dos Usuários ao Sistema, Sistema de Atendimento, Disciplina da Fila e Capacidade do Sistema.

A caracterização de chegadas refere-se à frequência com que se dão as chegadas, sendo normalmente, função da média das chegadas por unidade de tempo ou, equivalentemente do tempo médio entre chegadas sucessivas.

A caracterização do atendimento é a disponibilidade do sistema (Porto), considerando-se o número de postos de atendimento em paralelo aos usuários e a duração do atendimento – o “tempo de atendimento”. Devido à variabilidade do tempo de atendimento, faz-se necessário conhecer o “tempo médio de atendimento”, bem como a distribuição de probabilidade da variável aleatória que representa o tempo de atendimento.

Em sistemas com mais de um posto de atendimento em paralelo atendendo a uma única fila, considera-se também o princípio da homogeneidade, ou seja, que cada posto possui características semelhantes, de forma que a mesma distribuição de frequências dos tempos de atendimento se aplique a todos. Em sistemas em que os postos podem atender a todos, mas são especializados para determinados tipos de usuários, como por exemplo, um terminal portuário com berço de carga geral que também pode descarregar contêineres, mas com tempos nitidamente diferentes de um berço especializado, a formulação matemática do modelo se torna extremamente complexa.

O atendimento da simulação segue a ordem de chegada na fila, onde o atendimento ou disponibilidade de berço será realizado segundo uma ordem de chegada na fila, onde o primeiro que entra de acordo com suas características é o primeiro a ser atendido ou ter o berço disponível – FIFO (*Fist In, First Out*).

A pesquisa caracteriza-se pela seleção de variáveis para a criação de um modelo com o propósito de simular a operação do Porto Público de Manaus no *pier Roadway* com o objetivo de avaliar sua capacidade operacional. Segundo alguns autores, uma pesquisa que utiliza o método de Pesquisa Operacional e deve ser desenvolvido seguindo os passos de definição do problema, construção do modelo, solução do modelo, validação e implementação do modelo (WAGNER, 1986; ANDRADE, 1990 e WINSTON *et al* 1994).

Para Wagner (1986), a análise quantitativa de um modelo de Pesquisa Operacional deve ser precedida por uma análise qualitativa completa. Segundo o mesmo autor, esta fase inicial de diagnóstico procura identificar quais os fatores ou variáveis são importantes na definição do problema, na construção do modelo, na solução do modelo, na validação do modelo e na implementação e aceitação dos resultados. Law e Kelton (1991) salientam que na solução do modelo o uso de ferramentas de simulação possibilita a elaboração de um sistema semelhante ao real, o que permite realização de análises dos impactos das novas medidas antes da sua implantação.

8.2 Modelo no ambiente arena

Nesse modelo, foram criadas as entidades que representam as embarcações, associadas ao seu tamanho, estas entidades são distribuídas de acordo com suas características da maneira mais uniforme possível. A ordem de chegada das embarcações no *pier* é definida de forma aleatória.

O *pier* do terminal *Roadway* é modelado como sendo dividido em 3 grupos, os berços para embarcações pequenas, médias e grandes, com uma capacidade de 7, 11 e 6 respectivamente, que corresponde aos espaços para atracação. Nestes segmentos as embarcações atracam quando encontram um espaço disponível e quando não seguem em direção a sua outra condição que foi atribuída anteriormente e procura um espaço vazio que acordo com sua condição. Caso contrário a mesma segue para uma área alternativa, onde operará normalmente.

Tal artifício é empregado para que as embarcações mesmo quando não encontrem um espaço disponível comecem suas operações. Evita-se com isso que as embarcações percam seu tempo a espera de uma vaga para depois começarem suas operações, tornando a simulação o mais próximo da realidade do terminal.

8.3 Caracterização

A região norte do país é reconhecida pelo seu difícil acesso, devido a baixa densidade do modal rodoviário e a dependência de um modal fluvial, a Região está localizada na bacia do rio Amazonas que corresponde a 41% de toda bacia hidrográfica do país. Este aspecto natural e político fez com que esta Região desenvolvesse uma dependência com o modal fluvial, sendo ele o responsável por conectar a maioria dos centros urbanos do Estado.

A construção das embarcações está registrado, entre 1966 à 2009 sendo que a evolução no número de embarcações acentuou em início 1996. Observa-se um crescimento lento visto a existência dos municípios, por outro lado, brusco e recente (NTCODAM, 2009).

A predominância do material utilizado na construção das embarcações regionais é a madeira, justificado pela abundância, fácil acesso a matéria prima (Madeira), pelo custo reduzido e devido a facilidade em encontrar mão de obra especializada (artesanal).

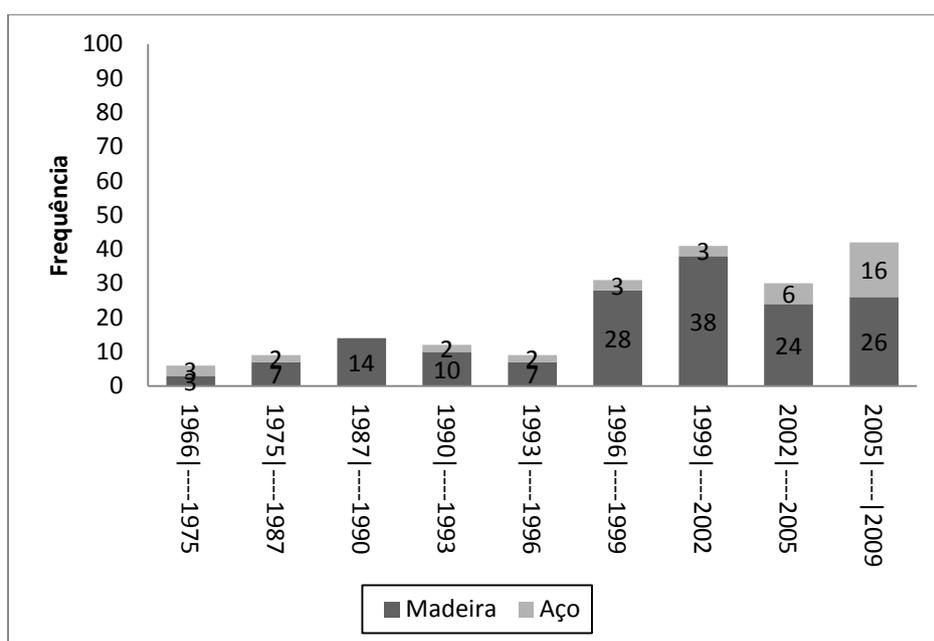


Figura 17 – Distribuição das Embarcações de aço e madeira por ano.
Fonte: os autores

Como pode ser observado na Figura 17, o intervalo entre 2002 à 2009, demonstra que 32% das construções de embarcações aparecem com estrutura de aço, fato que demonstra uma mudança no comportamento histórico, uma vez que este material não aparecia com tanta intensidade nos anos anteriores. Esta mudança no comportamento da construção naval da Região ocorre em função dos projetos de lei e do aumento da demanda.

O crescimento na demanda tem influenciado também na evolução do tamanho das embarcações, o maior número de embarcações (34%) está no intervalo de 20,7m à 25,7m. Neste intervalo as rotas com mais frequência são as do rio Amazonas com 20 embarcações e o Baixo Solimões com 17. As maiores embarcações estão registradas no intervalo de 45,7m à 66,7m, ficando as rota do Solimões com o maior número destas embarcações (NTCODAM, 2009).

O porto público de Manaus dispõe de acessos fluviais e rodoviários, conta com dois terminais flutuantes, sendo eles: o terminal Torres, que atende aos navios de longo curso e de cabotagem e o terminal *Roadway*, que atende as embarcações regionais. O *pier Roadway* possui 253,45m e está dividido em 24 berços para atracação das embarcações BM (Barco Misto) de acordo com o tamanho, característica e destino das embarcações.

As embarcações que utilizam o *pier Roadway* são referente as do *pier Roadway*, estas são responsáveis por abastecer o interior do Estado com produtos caracterizados como carga geral, como por exemplo, calçados, confecção, madeira, bebidas, carros, moveis, sucata e diversos, e também aqueles caracterizados como estivas que são arroz, açúcar, ração e material de consumo.

Conforme o III Relatório do NTCODAM, estas embarcações que utilizam o terminal tem abrangência no Rio Amazonas apresentando como os principais destinos: Santarém, Parintins, Belém, Maués e Barreirinha. A escala do Baixo Solimões apresenta como seus principais destino: Tefé e Coari, o Alto Solimões apresenta o principal destino Tabatinga. A escala do Rio Madeira possuiu um percentual pouco expressivo dentro do *Roadway*, tendo como único destino final Porto Velho.

O *Roadway* gerou no período da pesquisa 506 viagens, sendo que sua taxa de atratividade é de 7 embarcações por dia e sua taxa de geração de viagens também é de 7 embarcações por dia, tendo uma média de ocupação diária de 38 embarcações. Das 506 viagens geradas, as principais rotas das embarcações observadas estão divididas da seguinte forma: o rio solimões com a maior parcela de 48.56%, sendo 25% do baixo solimões e 23.56% do alto solimões, as rotas que mais se destacam são no baixo solimões Tefé (14.70%) e Coari (10.30%), já no alto solimões Tabatinga se destaca com 17.66% das embarcações e o rio madeira com uma parcela de 5.90% das embarcações, sendo Porto Velho a única cidade com destino final das embarcações observadas.

8.4 Modelo de simulação

O modelo conceitual proposto foi desenvolvido com o objetivo de mostrar a real situação do terminal, pois é o único porto público alfandegado e de grande relevância para a operação de embarcações mistas (carga e passageiro) que abastece o interior do Estado do Amazonas.

A simulação inicia-se com duas entradas, uma com a taxa de chegada representada por uma distribuição lognormal ($2 + LOGN(1.98, 2.19)$) que tem como tempo médio entre as chegadas 4.13hs, tempo mínimo de 2.18hs e tempo máximo de 24hs. A outra variável de entrada é a média de ocupação diária do terminal, inicialmente esta foi inserida no processo permitindo que quando iniciar-se a entrada das embarcações pela taxa de chegada o *pier* já esteja com sua ocupação média diária equivalente ao observado.

O passo inicial para replicação do comportamento do processo do terminal foi dividir as embarcações de acordo com as características que determinam a ocupação, sendo as pequenas consideradas entre 13 à 29 metros, médias entre 30 à 45 metros e grandes entre 45 à 66 metros e também considerou-se outras restrições referente ao calado e boca. Com o ordenamento de suas características físicas dimensionou-se as possibilidades de atracação, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 - Intervalo de tamanho das embarcações.

Berço	Tamanho (metro)	Calado (média)	Boca (média)	Número de embarcações
Pequeno	13 -- 30	1.74	6	17
Médio	30 -- 45	2.1	8.08	38
Grande	45 -- 66	2.68	12.25	13

Fonte: O Autor.

No modelo de simulação, após a entrada das embarcações no terminal as mesmas vão procurar os berços vagos de acordo com suas prioridades ou características, tais como: a prioridade da embarcação é procurar primeiro um espaço para atracar nos berços atribuídos, caso a prioridade não esteja disponível as embarcações denominadas pequena têm disponibilidade das vagas tanto do pequeno quanto do médio, as embarcações médias têm vaga disponível nos berços médios, pequenos e grandes e as embarcações grandes possuem disponibilidade tanto nos grandes quanto nos médios. Quando estas encontrarem vagas em alguns dos berços disponíveis seguem então para a saída do processo.

Existem no terminal 24 berços (recursos) que são divididos conforme os atributos já mencionados na Tabela 10, destes, 7 são destinados para as embarcações pequenas, 11 para as embarcações com tamanho médio e 6 para as embarcações grande, cada uma atendendo também as especificidades que lhes foram atribuídas.

Quando as embarcações não encontrarem recurso disponível, ou seja, se os berços já estiverem ocupados, estas são encaminhadas para um processo alternativo onde iniciarão o processamento normalmente. Este processo alternativo é a operação da embarcação que atraca ao lado de outra embarcação para iniciar o desembarque e/ou embarque, seja de passageiro ou de carga, conforme foi observado no sistema real.

Após atracação estas iniciam o processo, ou seja, o processo de operação e após isso seguem para a saída do terminal. A operação no terminal foi transformada para horas e representa o tempo que cada embarcação ficou operando, estes tempo gerou uma distribuição de probabilidades triangular ($TRIA(24, 55.5, 192)$) de valor mais provável 55.5h, valor mínimo de 24h e valor máximo de 192h.

A operação do terminal é de 24hs sendo esta uma das considerações feitas no modelo de simulação, observando também que as taxas de operação e chegada são em unidades de empo hora. A simulação é executada durante 66 dias ou 1584h. A Figura 18 permite uma visualização melhor do processo.

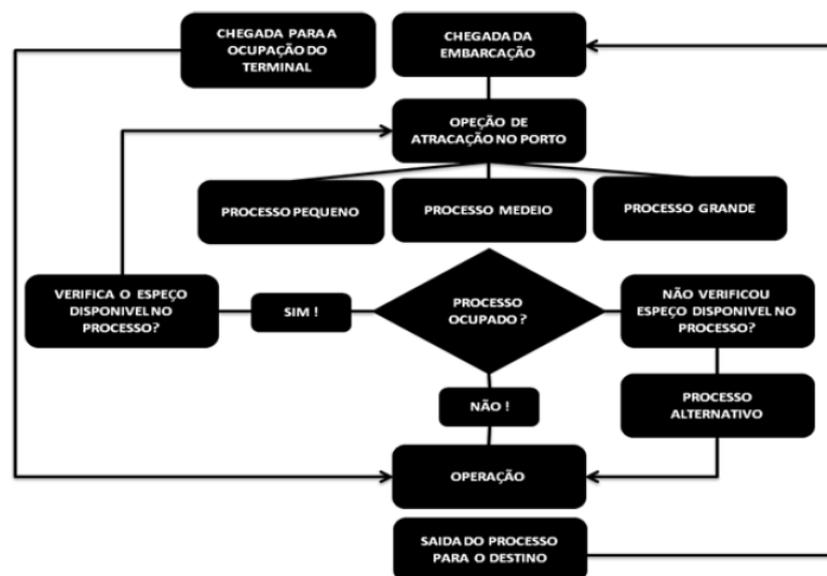


Figura 18 - Modelo de simulação computacional do porto público.

Fonte: O Autor.

8.5 Resultados

Através de uma análise estatística exploratória das variáveis internas definidas no modelo, pretende-se analisar a utilização de cada recurso visando identificar os pontos de gargalo no terminal portuário.

É interessante notar que as médias dos quantitativos de embarcações nos recursos foram altas em todos os recursos, ficando muito próximo da capacidade máxima, como pode ser observado na Figura 19. A operação no processo alternativo faz parte da operação do terminal, porém, representa o número de embarcações operando fora das condições de capacidade ofertada, representando uma característica da Região.

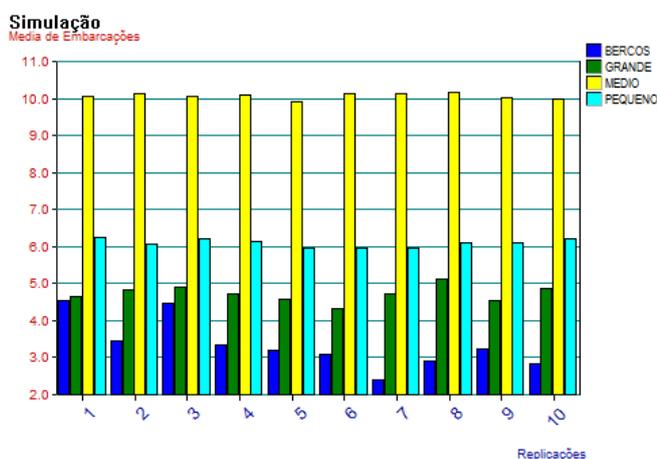


Figura 19 - Média de embarcações por berço.

Fonte: O Autor.

O processo a ser analisado agora é o de atendimento as embarcações. Considera-se para isso o tempo total de permanência das embarcações no terminal desde sua atracação. A questão é avaliar a capacidade de atracação no que diz respeito aos valores médios dos tempos de atendimento e se os mesmos ocorrem com a mesma distribuição estatística. Para tanto, foram analisados os dados estatísticos considerando-se cada recurso de atracação separadamente.

Observa-se que os respectivos tempos de processo comportaram-se segundo a distribuição triangular ($TRIA(24, 55.5, 192)$) de entrada do modelo, os resultados da simulação para o tempo de operação são: processos alternativos ($Min 25.3, Med 87.8, Max 186$), o processo grande ($Min 25.4, Med 90, Max 185.8$), o processo médio ($Min 24.7, Med 89.7, Max 188$) e por fim o processo pequeno com ($Min 26.9, Med 89.8, Max 187.5$).

Tendo em vista a média do tempo de processo para cada recurso (Figura 20), é importante salientar que a distribuição que explica o atendimento das embarcações no processo (tempo atracado) foi à mesma para todos, em função do comportamento da operação no terminal que apresenta um desempenho instável, independente do tamanho da embarcação atracada. Isto ocorre por influência da baixa demanda de carga, variações no comportamento do rio (vazante e cheia), atração de navio de cruzeiro (turismo), disponibilidade para a atração e a forma como a carga é estivada e recebida para iniciar o processo de carregamento e descarregamento das embarcações, entre outros fatores.

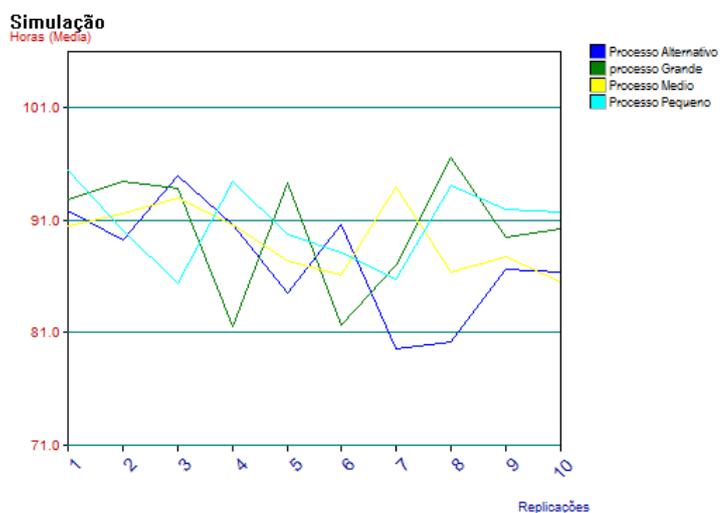


Figura 20 - Média do tempo de processamento por berço.

Fonte: O Autor.

É interessante notar que a utilização do recurso obtida com a simulação permite verificar a alta taxa de ocupação dos berços, o recurso destinado a operação das embarcações grande apresenta uma ocupação média de 77%, no recurso médio a média da ocupação foi 91%, o recurso pequeno apresenta uma média de ocupação 88% e o processo alternativo teve uma utilização de 12%, conforme mostrado no Figura 21.

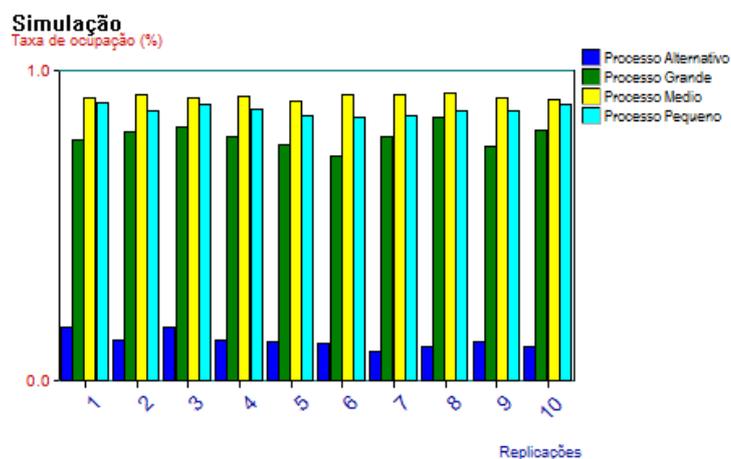


Figura 21 - Média do tempo de processo por berços.

Fonte: O Autor.

A alta ocupação do terminal demonstra que a demanda e o atendimento das embarcações é incompatível com a oferta do terminal. Apesar de o maior impacto ter ocorrido no recurso médio, a preocupação com a tendência no crescimento do volume e no tamanho das embarcações deve ser considerada na ampliação terminal *Roadway*, visto que o sistema inteiro encontra-se saturado.

Como visto anteriormente, com base no modelo de simulação apresentado pode ser criados diversos modelos e testar diversos valores de quantidades de recursos e melhorias de tempos de operação, visando obter o melhor desempenho dos recursos e, conseqüentemente, dos valores investidos no terminal.

9 CONCLUSÕES

Observou-se que neste cenário é difícil sistematizar os problemas, pois há uma escassez de dados e de pesquisas básicas sobre o transporte aquaviário do Amazonas.

Apresenta-se neste trabalho os principais problemas assim como um conjunto de métodos, capaz de explorar de forma bastante interativa a solução destes problemas, pouco explorados pela literatura. Toma-se o cuidado de apresentar os procedimentos e formalizá-los, de modo que seja possível compreender melhor o uso dos métodos aqui exibidos.

O trabalho abordou problemas de diferentes sistemas, hidrovias, embarcações, investimentos em infraestrutura e portos, através de métodos de Pesquisa Operacional (PO), tais como: DEA, Análise Multivariada, Multicritério (AHP e PROMETHÉE), Simulação computacional.

A análise de eficiência do sistema de hidrovias, foi realizada através da metodologia DEA. O estudo de caso apresentado neste trabalho permite concluir que:

- O trabalho viabilizou o desenvolvimento de um modelo que garante o *benchmark* final, ou seja, a hidrovia eficiente pode ser tomada como referência no que diz respeito às práticas gerenciais e operacionais.
- Observou-se que independente da carência de recursos financeiros e da sistemática de repasse de recursos para as administrações hidroviárias, a AHINOR e a AHIMOR apresentam uma qualidade na navegabilidade que condiz com esses investimentos recebidos, o que as eleva a eficiência máxima.
- Verificou-se que 71% das hidrovias são ineficientes e estas apresentam uma ineficiência média de 26% nos produtos que visam a condições de navegabilidade, o que permite concluir que a navegabilidade das hidrovias apresenta deficiências.
- Observou-se que, a baixa eficiência no setor hidroviário pode ser atribuída às questões ambientais, que possibilita maior eficiência na atividade de manutenção quando estão corretamente executadas. As hidrovias com maiores índices de ineficiência apresentam os piores desempenhos no licenciamento ambiental.

O problema de seleção do *benchmark* de projeto de embarcação do ponto de vista do usuário, foi realizado através do Método de Análise Hierárquica (AHP - *Analytic Hierarchy Process*). As conclusões alcançadas pela metodologia proposta foram:

- O método AHP para classificar as embarcações e estabelecer o *benchmark* foi estruturado com o objetivo de abordar os princípios de projetos universais e os conceitos de usabilidade que influenciam na eficiência, segurança e nível de serviço do transporte fluvial de passageiro do Amazonas. Desta forma, o modelo multicritério proposto permite definir a embarcação *benchmark* e analisar as condicionantes e implicações para o conceito de embarcação, adaptada as características regionais.
- O método AHP adotado para a seleção da embarcação produz uma orientação, que se associada a fatores regulatórios e outros, pode auxiliar na estruturação dos projetos de embarcações utilizadas no sistema de transporte fluvial da Região Amazônica.
- Nota-se também que o AHP pode fornecer subsídios para a avaliação dos administradores públicos e outros atores, pois uma aplicação constante permite o acompanhamento das variações no desempenho, provocada por alterações do ambiente.

No que concerne ao problema de ordenação dos projetos hidroviários nos eixos estruturantes do Brasil, abordado por meio do método multicritério PROMETHÉE II, concluiu-se que:

- O desenvolvimento de um modelo de tomada de decisão para ordenar os projetos de hidrovias prioritários nos eixos estruturantes defini a ordem de prioridade para os projetos hidroviários e oferecer também uma contribuição sobre a importância e/ou impacto dos critérios no desempenho das hidrovias.
- Entretanto, observa-se que o modelo é largamente dependente do tomador de decisão, pois este é quem determina o peso e o tipo da função de preferência para cada critério. Desta forma o *ranking* superior das hidrovias pode variar de acordo com as estratégias aplicadas por diferentes indivíduos.

Por fim, a abordagem do problema de análise do processo operacional do Porto Público de Manaus por meio de simulação computacional permitiu concluir que:

- A simulação computacional pode ser aplicada em estudos onde a dinâmica dos sistemas produtivos tem relativa complexidade operacional e alto grau de dificuldade de modelagem.
- Observou-se que o crescimento das embarcações, tanto no seu tamanho quanto na quantidade, tem criado diversos problemas para a infraestrutura do porto.

No geral, o sistema com menor capacidade é o responsável pelo atendimento das grandes embarcações e definido como o principal gargalo do porto.

De uma forma geral, foram explorados problemas de naturezas diversas e em todos, o desempenho dos métodos de PO aqui estudados, foi expressivo aos antes reportados na literatura. As vantagens observadas pela utilização dos modelos, podem ser sintetizadas da seguinte forma:

- Os modelos mencionados são versões simplificadas do problema que representam.
- As análises dos resultados podem ajudar a evitar prejuízos.
- Os modelos podem melhorar a análise de decisão.

Problemas relacionados ao transporte aquaviário que podem ser modelados a partir desse estudo, sejam nos métodos científicos, no modelo proposto ou também como respostas a novas questões, tais como:

- Problemas de Localização de Portos Concentradores (*HUB PORTS*).
- Problemas de Sinalização Fluvial.
- Problemas da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain*).
- Problema de Alocação de Berços (*Berth Allocation Problem*)

Este trabalho gerou seis produções de cunho acadêmico (Apêndice). Um artigo em revista nacional, no ano de 2012, quatro em anais de congresso 2011 e 2010 e resumo expandido nacionais nos anos de 2010.

REFERÊNCIAS

ABRATEC. Disponível em: <http://www.abratec-terminais.org.br/>. Acesso em 20 de maio de 2009.

ALICEWEB. Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>. Acesso em 20 de outubro de 2010.

ALMEIDA, C.F.. **Contribuição ao Dimensionamento de Terminais Hidroviários Urbanos de Passageiros**. 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Resolução Nº 912, de 23 de novembro de 2007. Norma para Outorga de Autorização para Prestação de Serviço de Transporte de Passageiros e de Serviço de Transporte Misto na Navegação Interior de Percurso Longitudinal Interestadual e Internacional**. Brasília. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/>. Acesso em: 08 de junho de 2012.

_____. **Movimentação de Carga**. 2008. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/>. Acesso em: 08 de ago de 2010.

_____. **Anuário Estatístico Portuário – 2007**. Disponível em www.antaq.gov.br. Acessado em Janeiro/2009.

AHSAN. M.K.; BARTLEMA. J. **Monitoring Healthcare Performance by Analytic Hierarchy Process: a Developing-Country Perspective**. *International Transactions in Operational Research*, 11, 465–478, 2004.

ANDRADE, EL. **Introdução a Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para a Análise de Decisão**. 1990. OK

BABIC, Z.; PLAZIBAT, N.. **Ranking of Enterprises Based on Multicriterial Analysis**. *International Journal of Production Economics*, v. 56-57, n. 20, p. 29-35, 1998

BARTOLOMEU, T. A.; FERREIRA, M. E. M. **Tomada de Decisão Através de Múltiplo Atributo Difuso: Uma Revisão e uma Nova Técnica de Elucidação das Preferências** (2010).

BRASIL. **Estudos para Viabilizar a Implantação de Projeto Específico para a Fiscalização do Setor Hidroviário Nacional**. Acórdão n. 1.850/2003-TCU-Plenário (TC n. 8.588/2003-8). Brasília, 2003.

BRASIL. **Ministério dos Transportes: Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário / Ministério dos Transportes**. Brasília, 2010.

CARVALHO, F.S.. **Análise Multicritério de Projetos de Transporte Hidroviário Interior**. COPPE/UFRJ, 2008.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. **Measuring the Efficiency of Decision-Making Units**. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444, 1978.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Plano CNT de Transporte e Logística 2011**. Disponível em <<http://www.cnt.org.br/>>. Acessado em Fevereiro, 2011.

_____. **Pesquisa Aquaviária CNT 2006: Portos marítimos: Longo Curso e Cabotagem**. Brasília, 2006.

_____. **Brasil: Transporte para o Futuro**. Brasília, 1992

COPPEAD. **Transporte de cargas no Brasil – Ameaças e Oportunidades para o Desenvolvimento do País**. 2005. Disponível em: <[http://www.portalexame.abril.com.br/static/aberto/complementos/790/Diagnostico e plano.pdf](http://www.portalexame.abril.com.br/static/aberto/complementos/790/Diagnostico_e_plano.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2010.

CORREIA, T.C.V.D.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. **Avaliação da Eficiência das Companhias Aéreas Brasileiras com Modelo DEA Nebuloso**. In: CNT - Confederação Nacional do Transporte; ANPET - Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte. (Org.). **Transporte em Transformação XIII - Trabalhos vencedores do Prêmio CNT Produção Acadêmica 2008**. Brasília: Gráfica Positiva, v., p. 199-215, 2009.

COUTO, M. A. F.; MOITA, M. H. V.; MACHADO, V.W.; KUWAHARA, N. **Modelo não paramétrico aplicado à análise de eficiência do Transporte Aquaviário de Passageiros na Região Amazônica**. In: XXIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Vitória, 2009.

COUTO, M. A. F. **Proposição de Indicadores de Desempenho Aplicado ao Transporte de Passageiros na Região Amazônica**, Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção Manaus/AM, 2008.

DNIT/Ministério dos Transportes. **Hidroviias do Comércio Exterior Brasileiro. Secretaria de Fomento para Ações de Transportes**. - SFAT Departamento do Fundo Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Brasília, 2005.

DUARTE, R. C. D. S.; KUWAHARA, N.; ALENCAR, L. A. **Perspectiva Ergonômica para Embarcações do Estado do Amazonas**. In: XXIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes XXIII ANPET, 2009, Vitória. XXIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes XXIII ANPET. Rio de Janeiro - RJ: ANPET, 2009.

FORTUNA. V. J.S.; LUZ. V.; MOSSÉ. A. **Aplicação de Método de Ordenação de Prioridades no Planejamento de PeD do Exército**. Revista de Administração, V 19(1), 1984

FROTA, C. D. **Gestão da Qualidade Aplicada às Empresas Prestadoras do Serviço de Transporte Hidroviário de Passageiros na Amazônia Ocidental: Uma Proposta Prática**. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2008.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P.L. **Otimização Combinatória e Programação: Modelos e Algoritmos**. 2.ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GOMES, E. G., J.C.C.B. SOARES DE MELLO, B.P. SERAPIÃO, M.P.E. LINS; L. BIONDI NETO. **Avaliação de Eficiência de Companinhas Aéreas Brasileiras: Uma Abordagem para Análise Envoltória de Dados**. In: Setti, J.R.A e O.F. Lima Junior (eds), Panorama Nacional de Pesquisa em Transporte 2001 – Anais do XV ANPET, Campinas, SP, Novembro, v.2, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **População Recenseada e Estimada**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 3 Agosto de 2010.

_____. **Contagem da População** - Relatório Completo, 2007.

JOSHI. R.; BANWET. D. K. SHANKAR. R. **A Delphi-AHP-TOPSIS Based Benchmarking Framework for Performance Improvement of a Cold Chain**. Expert Systems with Applications 38, 10170 –10182, 2011.

KELTON, W.D, SADOWSHI, R.P, STURROCK, D.T. **Simulation With Arena**, 4th ed. 2007.

KUWAHARA, N. **Relatório Parcial do Projeto de Pesquisa intitulado Pesquisa e Desenvolvimento de Projetos de Embarcações Regionais na Amazônia**. Projeto apoiado pelo fundo CTAQUAVIÁRIO / Edital MCT/CNPq/CT-Aquaviário nº 08/2009 - Transporte Aquaviário e Construção Naval. Número do processo no CNPq: 557131/2009-0, Manaus, 2011.

_____. **Planejamento Integrado do Setor de Transporte de Carga na Amazônia: Metodologia de Análise e Hierarquização de Alternativas de Investimentos em Infraestrutura de Transportes**. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2008.

LAW, A.M., KELTON, W.D. **Simulation Modeling & Analysis**. 2ª Ed., McGraw-Hill, 1991.

MEREGE. F. **Indicadores da Navegação Hidroviária Mista na Região Amazônica**. In: 7 SOBENA - Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior, 2011, Porto Alegre/RG. 7 SOBENA, 2011.

MINGOTI, S. A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: Uma Abordagem Aplicada**. Editora UFMG. Belo Horizonte, 2005.

MOITA, M. H. V.; MACHADO, W. V.; SIQUEIRA, A. M. O.; FERREIA, A. C. F.; COSTA, F. R.; CAMELO, A. M.. **Transporte Fluvial de Passageiro: Um estudo na Região Amazônica. Reflexões sobre o desenvolvimento, Transporte e Logística na Amazônia**. Manaus, Am: Edua, 2011.

OLIVER. I.; JONAS. H.; SCHMOLDT. D.L. **Expert Panel Assessment of Attributes for Natural Variability Benchmarks for Biodiversity**. Austral Ecology 32, 453–475, 2007.

OLIVEIRA, F. L. **Estratégias Logísticas de Transporte Aplicadas a Pólos Econômicos Regionais: uma Abordagem Exploratória sobre o Pólo Industrial de Manaus (PIM)**. In: Estudos de Transporte e Logística na Amazônia. Novo Tempo: Manaus, 2006.

PLANO AMAZÔNIA SUSTENTÁVEL - PAS. **Diretrizes para o Desenvolvimento sustentável da Amazônia Brasileira**. Presidência da República. – Brasília: MMA, 2008.

PAULA, M. S. **O programa Zona Franca Verde e o Planejamento de Transporte para o escoamento da Produção. Reflexões sobre o Desenvolvimento, Transporte e Logística na Amazônia**. Manaus, Am: Edua, 2011.

PROJETO NTCODAM. **Logística da Movimentação de Cargas no Transporte Aquaviário no Estado do Amazonas**. Financiado pelo Fundo Setorial Aquaviário e gerido pela FINEP. Manaus: UFAM, 2009.

RAJU, K. S.; KUMAR, D. N. **Multicriterion Decision Making in Irrigation Planning**. Agricultural Systems, 1999.

SAATY, T. L. **Decision Making – The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP)**. Journal of Systems Science and Systems Engineering/ Vol. 13, No. 1, 2004.

_____. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SANTOS, I. E. **Textos Selecionados de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica**. Rio de Janeiro: Impetus, 2003.

SILVA, H. A. C. **Diagnóstico da Logística da Movimentação de Carga do Amazonas**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do Amazonas Manaus, 2008.

SOCIEDADE DE NAVEGAÇÃO PORTOS E HIDROVIAS - SNPH. **Estatística Geral – Informações Gerenciais: Portos de Manaus e Unidades Regionais**. 2009. Disponível em: <<http://200.242.43.250/?Id=47>>. Acesso em: 25 de Janeiro 2010.

SUFRAMA. (2008) Disponível em: <<http://www.suframa.gov.br/>>. Acesso em: 16 de Setembro 2010.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO - TCU. **Relatório de Avaliação de Programa: Programa Manutenção de Hidrovias / Tribunal de Contas da União**. Brasília: Secretaria de Fiscalização e Avaliação de Programas de Governo, 2006.

VINCKE, P. **Multicriteria Decision-Aid**. Londres: John Wiley & Sons, 1992.

WAGNER, H. M. **Pesquisa Operacional**. Prentice-Hall, Rio de Janeiro, 1986.

WINSTON, L. W. **Operations Research Applications and Algorithms**. California-Belmont: Duxbury Press, 1994.

APÊNDICE
Artigos Produzidos

Artigo publicado em periódico

SANTOS, J. T. A. N.; CARDOSO; MOITA, M.H.V.. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS COMO MECANISMOS DE AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DO DESEMPENHO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DE HIDROVIAS INTERIORES. Revista de Literatura dos Transportes, v. 6, p. 66-86, 2012.

Artigos publicados em anais de congressos

SANTOS, J. T. A. N.; CARDOSO; MOITA, M.H.V.. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DE HIDROVIAS. In: ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2011, Belo Horizonte. Inovação Tecnológica e Prosperidade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial, 2011.

CARDOSO; SANTOS, J. T. A. N.; SILVA MOITA, M.H.V.. APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAR PROJETO HIDROVIÁRIO NOS EIOS ESTRUTURANTES. In: ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2011, Belo Horizonte. Inovação Tecnológica e Prosperidade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial, 2011.

CARDOSO; SANTOS, J. T. A. N.; MOITA, M.H.V.. Abordagem Multicritério para Priorização de Projetos Hídricos: Modelo Aplicado em um Plano de Transporte e Logística Brasileira. In: XXV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, 2011, Belo Horizonte. ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, 2011.

CARDOSO ; SANTOS, J. T. A. N. ; MOITA, M.H.V. . MODELO DE SIMULAÇÃO APLICADO A ANÁLISE DA CAPACIDADE DO PIER ROADWAY DO PORTO PÚBLICO DE MANAUS. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010, São Carlos. Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: Competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente, 2010.

Resumos publicados em anais de congressos

CARDOSO; SANTOS, J. T. A. N.; MOITA, M.H.V.; MACHADO, W. V.. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO FLUXO DE EMBARCAÇÕES DE UM TERMINAL PORTUÁRIO. In: ERPO/SE - Encontro Regional de Pesquisa Operacional, 2010, Rio de Janeiro. ERPO/SE - Encontro Regional de Pesquisa Operacional, 2010.