

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

MODELO LOGÍSTICO HIDROVIÁRIO

JOSÉ TEIXERA DE A. N. SANTOS

MANAUS

2017

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

JOSÉ TEIXERA DE A. N. SANTOS

MODELO LOGÍSTICO HIDROVIÁRIO

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

Área de Concentração: Estratégia e Organizações

ORIENTADOR: PROF. DR. NELSON KUWAHARA

MANAUS

2017

S237m Santos, José Teixeira de Araújo Neto
Modelo Logístico Hidroviário / José Teixeira de Araújo Neto
Santos. 2017
81 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Prof. Dr. Nelson Kuwahara
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Transporte Aquaviário. 2. Pesquisa Operacional. 3. Região
Amazônica. 4. Estudo de Caso. I. Kuwahara, Prof. Dr. Nelson II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título

JOSÉ TEIXERA DE A. N. SANTOS

MODELO LOGÍSTICO HIDROVIÁRIO

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

Aprovado em 18 de Abril de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. (o) Dr. Nelson Kuwahara, Presidente e Orientador
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Prof. (o) Dr. Waltair Vieira Machado
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Prof. (a) Dra. Jussara Socorro Cury Maciel
Instituto Federal do Amazonas - IFAM

*Dedico este trabalho de dissertação à Deus,
à minha esposa Poliana e à minha filha Sofia!*

AGRADECIMENTOS

Ao minha esposa Polina e a minha filha Sofia, “*razão de tudo que sou e de tudo que ainda serei*”. Obrigada por estarem do meu lado, compartilhando força, sabedoria e amor. Amo vocês!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nelson Kuwahara pela confiança, conhecimento e tranquilidade. Obrigada pela companheirismos e por tornar possível a concretização deste sonho.

Ao Diretor Dodó Carvalho da SC - Transportes por ser uma empresário visionário que abriu portas para um aproximação entre teoria e pratica e por ser um grande amigo - minha referencia. Obrigada por tudo!

Aos Prof. (s) Dr. Waltair Vieira Machado (UFAM) e Eduardo Barreda (UEA) pelas experiências compartilhadas durante o processo de formação. Obrigada pelas oportunidades.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico – CNPq, Chamada MCTI/CNPq/CT-Aquaviário N o 23/2013 - Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico nas Áreas de Transporte Aquaviário e Construção Naval, coordenado pelo Prof. Dr. Nelson Kuwahara coordenado, que apoiou finaceiramento o desenvolvimento do projeto MODELO LOGÍSTICO HIDROVIÁRIO.

Ao grupo de pesquisa do laboratório TRANSPORTAR – UFAM, da Universidade Estadual do Amazonas – UEA e ao Instituto de Pesquisa em Transportes - INTRA, pela parceria no dia-a-dia.

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.

“Visões Padronizadas não cabem no meu padrão”.
(Música: Homenagem a Vida, Artista 3030, 2016)

SANTOS, J.T.N.A. (2016). **Modelo logístico hidroviário**. Mestrado Dissertação. Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Faculdade de Tecnologia – FT, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Orientador: Prof. Dr. Nelson Kuwahara.

RESUMO

A navegação pelas hidrovias da Região Amazônica vem causando incômodo ao poder público com a cobrança de soluções cada vez mais exigentes. Em significativa parte dos municípios do Estado do Amazonas a única forma de acesso é por transporte aquaviário. Nas últimas décadas a falta de estratégias eficientes no transporte dos municípios da região em eventos adversos, como a seca ou cheias que dificultam a navegabilidade pelos rios, provocam o crescimento de registros de impactos sociais, econômicos e ambientais. O objetivo do presente trabalho é elaborar uma modelagem para apoiar a tomada de decisão sobre a melhor configuração dos pilares do transporte hidroviário de maneira a gerar um sistema logístico que atenda a demanda. A modelagem o um método multicritério de apoio à tomada decisão AHP.

Palavras-Chave: Transporte Aquaviário; Pesquisa Operacional, Região Amazônica e Estudo de Caso.

SANTOS, J.T.N.A. (2016). **Waterway Logistic Model**. Master Dissertation. Federal University of Amazonas - UFAM, Faculty of Technology - FT, Graduate in Industrial Engineering Program. Advisor: Prof. Dr. Nelson Kuwahara.

ABSTRACT

Navigating the waterways of the Amazon region see causing nuisance to the government by charging increasingly demanding solutions. In significant part of the State of Amazonas municipalities the only access is by water transport. In recent decades the lack of efficient strategies in the transport of municipalities in the region in adverse events, such as drought or floods that hinder navigation on the rivers, causing the growth records of social, economic and environmental impacts. The aim of this work is to develop a modeling to support decision-making on the best configuration of the water transport pillars in order to generate a logistics system that meets the demand. The modeling uses the multi-criteria method to support decision AHP decision (Analytic Hierarchy Process).

Key words: Water Transport, Operations Research, Amazon Region and Case Study

SUMÁRIO

FIGURAS.....	11
QUADROS.....	12
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	13
1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 PROBLEMA	15
1.3 OBJETIVOS.....	18
1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4 ESTRUTURA DA TRABALHO	19
2 METODOLOGIA.....	20
3 FUNDAMENTAÇÃO TEORÍCA	24
PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES.....	24
3.1.1 PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTE	26
3.1.2 PLANO NACIONAL DE INTEGRAÇÃO HIDROVIÁRIA	27
3.1.3 PLANO HIDROVIÁRIO ESTRATÉGICO	27
3.2 LOGÍSTICA.....	28
3.3 TRANSPORTE HIDROVIÁRIO	30
3.3.1 TRANSPORTE HIDROVIÁRIO NO MUNDO.....	36
3.3.2 TRANSPORTE HIDROVIÁRIO NA AMAZÔNIA.....	40
4 TOMADA DE DECISÃO.....	44
4.1 MÉTODO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO.....	45
4.1.1 MÉTODOS MULTICRITÉRIO APLICADOS AO TRANSPORTE HIDROVIÁRIO	47
5 MODELAGEM.....	50
5.1 ALTERNATIVAS.....	50
5.1.1 PILARES DO TRANSPORTE HIDROVIÁRIO	51
5.2 CRITÉRIOS.....	55
5.3 ESTRUTURA HIERÁRQUICA.....	59
5.4 MÉTODO DE AGREGAÇÃO	60
5.4.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	62
6 ESTUDO DE CASO	63
6.1 CARACTERIZAÇÃO.....	63
6.1.1 PORTOS.....	64
6.1.2 EMBARCAÇÕES	65
6.1.3 HIDROVIAS.....	65
6.1.4 CARGAS.....	67
6.2 ALTERNATIVAS.....	67
6.3 JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS	69
6.3.1 CÁLCULO DE CONSISTÊNCIA	71
6.4 RESULTADOS	72
6.4.1 SENSIBILIDADE	73
7 CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS	76

FIGURAS

FIGURA 1: SISTEMA DE TRANSPORTE HIDROVIÁRIO DA REGIÃO AMAZÔNICA.....	16
FIGURA 2: FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA.....	20
FIGURA 3: CONFIGURAÇÃO GERAL DO PROBLEMA.....	50
FIGURA 4: RELAÇÃO ENTRE OS PILARES DO TRANSPORTE HIDROVIÁRIO.....	53
FIGURA 5: GRAFO DE CONSTRUÇÃO DAS ALTERNATIVAS.....	54
FIGURA 6: ESTRUTURA HIERÁRQUICA DO MODELO LOGÍSTICO HIDROVIÁRIO.....	59
FIGURA 7: CAPITAL DA NAVEGAÇÃO – MANAUS.....	60
FIGURA 8: DESEMPENHO GLOBAL DAS ALTERNATIVAS DOS CENÁRIOS 2.....	72
FIGURA 9: CONSISTÊNCIA DOS PESOS DOS CRITÉRIOS NO TESTE 1 (PESO 1 E 2)	73
FIGURA 10: CONSISTÊNCIA DOS PESOS DOS CRITÉRIOS NO TESTE 2 (PESO 1 E 2)	74

QUADROS

QUADRO 1: ETAPAS DA REVISÃO DA LITERATURA.....	21
QUADRO 2: ESTRUTURA DA ANÁLISE VERTICAL E HORIZONTAL.....	21
QUADRO 3: CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DAS HIDROVIAS.....	39
QUADRO 4: VOCAÇÃO/TIPOS DE TRANSPORTE HIDROVIÁRIO.....	52
QUADRO 5: MATRIZ DE ALTERNATIVAS DO MHL.....	53
QUADRO 6: MATRIZ DE CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO E QUALIFICAÇÃO.....	55
QUADRO 7: RESTRIÇÕES DE PROFUNDIDADE MÍNIMA.....	58
QUADRO 8: RESTRIÇÕES DE LARGURA MÍNIMA.....	59
QUADRO 9: CARACTERIZAÇÃO DOS PORTOS.....	64
QUADRO 10: CARACTERIZAÇÃO DAS EMBARCAÇÕES.....	65
QUADRO 11: MODELO DE CLASSIFICAÇÃO DE HIDROVIAS (COMBOIO EMPURRADO).....	66
QUADRO 12: MODELO DE CLASSIFICAÇÃO DE HIDROVIAS (EMBARCAÇÕES A MOTOR).....	66
QUADRO 13 - MOVIMENTAÇÃO PORTUÁRIA NOS TERMINAIS DE USO PRIVATIVO EM MANAUS.....	67
QUADRO 14: VARIAÇÃO DE VALORES DAS ALTERNATIVAS.....	68
QUADRO 15: DESEMPENHO DOS CRITÉRIOS NO CONJUNTO DE ALTERNATIVAS.....	69
QUADRO 16: PESO DOS CRITÉRIOS.....	70
QUADRO 17: CONSISTÊNCIA DOS PESOS DOS CRITÉRIOS.....	71

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANTAQ	AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS
AHP	ANÁLISE HIERARQUICA DE PROCESSOS
BNDDES	BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL
CNRH	CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS
CSRH	CADERNO SETORIAL DE RECURSOS HÍDRICOS
DEA	ANÁLISE POR ENVOLTÓRIA DE DADOS
ETC	ESTAÇÕES DE TRANSBORDO DE CARGA
FENAVEGA	FEDERAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE NAVEGAÇÃO AQUAVIÁRIA
MHL	MODELO LOGÍSTICO HIDROVIÁRIO
MMA	MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
MT	MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
NTCODAM	LOGÍSTICA DA MOVIMENTAÇÃO DE CARGA NO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO NO ESTADO DO AMAZONAS
TCU	TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO
THI	TRANSPORTE HIDROVIÁRIO INTERIOR
PHE	PLANO HIDROVIÁRIO ESTRATÉGICO
PNIH	PLANO NACIONAL DE INTEGRAÇÃO HIDROVIÁRIA E O
PNLT	PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTE
PNIH	PLANO NACIONAL DE INTEGRAÇÃO HIDROVIÁRIA
PHE	PLANO HIDROVIÁRIO ESTRATÉGICO"
PIB	PRODUTO INTERNO BRUTO
SINDARMA	SINDICATO DAS EMPRESAS DE NAVEGAÇÃO FLUVIAL NO ESTADO DO AMAZONAS
THA	TRANSPORTE HIDROVIÁRIO NA AMAZÔNIA
THECNA	TRANSPORTE HIDROVIÁRIO E CONSTRUÇÃO NAVAL NA AMAZÔNIA
TKU	TONELADA QUILOMETRO ÚTIL
TUP	TERMINAIS DE USO PRIVATIVO
UDWS	SISTEMA UNIFICADA DE ÁGUAS PROFUNDAS DA RÚSSIA

1. INTRODUÇÃO

A Região Amazônia possui condição geográfica, social e econômica particulares em relação às demais regiões do Brasil, algumas destas características são barreiras para o desenvolvimento regional. Os municípios do interior do estado do Amazonas possuem como restrições as grandes distâncias e a baixa disponibilidade de infraestrutura de transportes que conecta os mercados fornecedores e consumidores.

Os rios na Amazônia representam suas estradas, isso significa que grande parte dos municípios deste estado possui os rios como única ou maior alternativa de interligação com outras cidades. A logística e o transporte são imprescindíveis para o desenvolvimento social e econômico de qualquer nação, haja vista a estreita e direta relação de reciprocidade entre desenvolvimento dos transportes e progresso econômico.

O planejamento e a estratégia adotada para o enfrentamento das dificuldades tem sido de remediação ou mitigação que não são compatíveis com as características do transporte hidroviário, que neste caso deveriam estar pautadas no fortalecimento logístico de integração.

É evidente a forte vinculação de tal região com o transporte hidroviário. Não obstante, observa-se que até o momento atual foram pequenos os avanços em tal modal. Nota-se urgente necessidade de desenvolvimento de medidas para impor eficiência no transporte dos municípios da região, pois o desenvolvimento econômico e social está interligado com soluções ao modal hidroviário.

Desta forma, a modelagem proposta surge como uma ferramenta de planejamento para apoiar na composição de modelo logístico hidroviário adequados às características e necessidades do transporte de cada região.

A Pesquisa apresenta uma metodologia multicritério que permite avaliar o transporte hidroviário através de suas múltiplas dimensões (critérios), a fim de obter dos próprios dados a resposta para os conflitos que muitas vezes paralisam o tomador de decisão mediante aos multicritérios que este tem de considerar na avaliação da melhor alternativa.

1.1 Justificativa

Os cerca de 40 mil quilômetros de rede navegável permanente do Brasil e os outros 90 milhões de toneladas de cargas transportadas só por meio do uso do transporte hidroviário interior do ano de 2012 contrastam com as condições precárias de navegação e o baixo investimento

Segundo o Ministério dos Transportes – MT, em 2012 o transporte hidroviário teve um investimento total de R\$ 640 milhões através do Programa de aceleração do Crescimento - PAC, quantia simplória se comparada aos R\$ 6 bilhões do modal rodoviário (TCU, 2002; SINDARMA, 2014).

O baixo investimento conta ainda com as ineficiências operacionais das hidrovias. Há trechos que não são sinalizados ou não possuem uma sinalização confiável, o balizamento é muitas vezes inexistente ou mal localizado, e em muitos trechos a navegação chega a ser impraticável devido à falta de dragagem (TCU, 2006).

Deve-se destacar também a disponibilidade muitas vezes ínfima de informações sobre o sistema de transporte hidroviário. Há ainda o conhecimento técnico dos operadores que em alguns casos deixa a desejar e a incompatibilidade das embarcações que às vezes não atende nem às exigências técnicas de uma embarcação-padrão, nem às características da hidrovia (TCU, 2006).

Mediante ao potencial logístico hidroviário do Brasil e em especila no Estados do Amazonas, que mesmo com tantas restrições ainda é capaz de fazer uma movimentação de cargas expressiva, vê-se a necessidade de estudar como essa logística poderia ser feita, de maneira a tornar a participação desse modal eficiente, e de que maneira adequar os componentes dessa logística às condições de cada região para que esta tenha um melhor desempenho.

1.2 Problema

As características físicas da região amazônica, com inúmeros rios caudalosos e extensas matas densas, fazem com que, ao longo da história, os deslocamentos de pessoas e de cargas sejam realizados por embarcações. Na região, existem dezenas de milhares de embarcações, de tipos e portes variados, preponderantemente com cascos de madeira, distribuídas pelos igarapés e pelos grandes rios (PADOVEZI, 2012).

Os aspectos geográficos e a malha hidroviária são características extremamente importantes do transporte misto praticado na Região Amazônica. Entretanto, este transporte apresenta ineficiências operacionais destacando-se as deficiências de projetos e a baixa integração com outros modos de transporte e com a própria cadeia deste sistema (JUNIOR *et al*). Na Figura 1 é possível observar a relação presente entre as características do THI Amazônico:

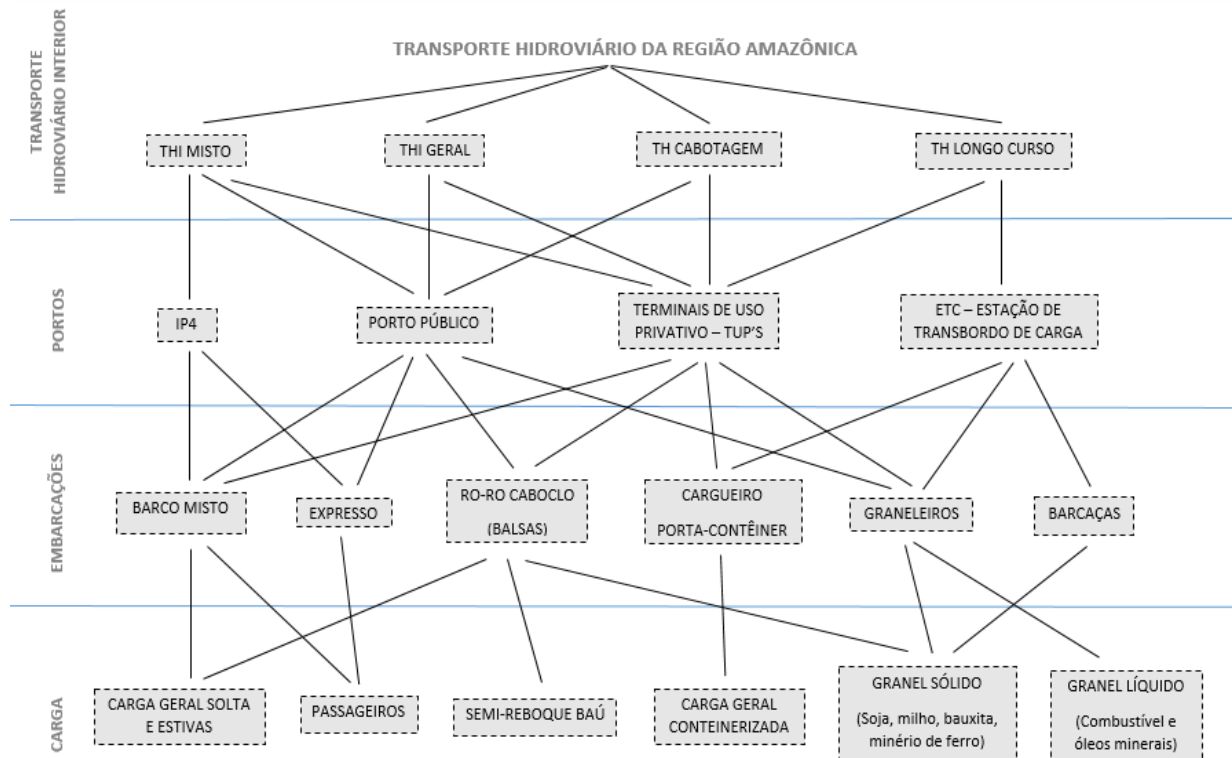


Figura 1: Sistema de Transporte Hidroviário da Região Amazônica.

Fonte: ANTAQ (2015) adaptado pelo Autor

Dentre os tipos de portos da região há as Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte – IP4, os Portos Públicos, os Terminais de Uso Privativo – TUP’s e as Estações de Transbordo de Carga – ETC.

Segundo a resolução nº 3.290 da ANTAQ, O IP4 é uma proposta para a movimentação de passageiros e/ou mercadorias, destinadas ou provenientes de navegação interior. As ETC são instalações portuárias localizadas fora da área do porto público e utilizadas exclusivamente para operação em embarcações de navegação interior ou cabotagem.

O Decreto nº 6.620, de 29 de outubro de 2008 que trata sobre as políticas e diretrizes para o desenvolvimento e o fomento do setor de portos e terminais portuários, define porto organizado como aquele que é construído e aparelhado para atender às necessidades da navegação, da movimentação de passageiros ou da movimentação e armazenagem de mercadorias. A lei também define os TUP como os portos explorados por pessoa jurídica de direito público ou privado, dentro ou fora da área do porto organizado. Os TUPs são utilizados na movimentação de passageiros ou na movimentação ou armazenagem de mercadorias, destinados ou provenientes de transporte aquaviário.

As ineficiências encontradas na atividade portuária são complexas e não se limita apenas à sua estrutura física. O porto deve possuir a infraestrutura aquaviária disponível, as instalações de terra e os equipamentos utilizados para manuseio, carga e descarga das mercadorias, necessitam ainda de organizações, equipamentos e sistemas que possibilitem a melhor rapidez, segurança e menor custo para os deslocamentos das mercadorias e pessoas. Esse conjunto de atividades integra um processo único que abrange atualmente o que se chama de logística de abastecimento (NETO *et al*, 2009).

As embarcações encontradas no sistema de transporte hidroviário amazônico compreendem os Barcos Mistos, Expresso (lanchas), o Ro - Ro Caboclo (balsas), os Cargueiros e Porta-Contêineres, os Graneleiros e as Barcaças.

As Embarcações Mistas, de acordo com Santos *et al* (2015) movimentam cargas e passageiros e são responsáveis por grande parte do transporte intermunicipal de passageiros através do IP4, com projetos de concepção artesanal, feitas principalmente de madeira. O Expresso é uma embarcação pequena que movimenta principalmente passageiros e é muito comum, pois cumpre trechos longos de navegação com rapidez. O Ro-Ro Caboclo é uma embarcação destinada ao transporte de cargas através de uma balsa que transporta desde carros a carretas e o container nos transportes rodo-fluvial. Caracteriza-se também pelo fato de aproveitar as barrancas de rios para a realização das operações de carga/descarga.

Os Cargueiros e Porta-Contêineres são embarcações de grande porte, compreendendo, em geral, a navegação de Cabotagem e Longo Curso, tendo como carga dispositivos unitizadores de carga (contêiner), apresentando linhas e rotas regulares. Os Graneleiros são embarcações que transportam commodities, graneis, líquidos e/ou sólidos, e que fazem o transporte desta carga das zonas de extrativismo às zonas de indústria pesada, de produção elétrica ou de grande refinação. As Barcaças são utilizadas para a navegação fluvial e é altamente usada para transporte de carga geral; sempre acompanhada de um empurrador e com o convés liso é capaz de carregar carga paletizada, graneis sólidos e semi-reboques sem a unidade tratora.

As maiores problemáticas nas embarcações mistas e expressos encontram-se em problemas estruturais do próprio barco, alocação inadequada, má prestação de serviço ao usuário e superlotação além de uma deficiência grave de acondicionamento de mercadorias e carga nas embarcações, intrinsecamente relacionada à estrutura, onde não há uma organização definida, nem a presença de dispositivos unificadores de carga, fazendo com que todo tipo de produto fique espalhado pelo convés, dividindo espaço com passageiros e suas bagagens.

(FROTA, 2008 e DUARTE *et al*, 2009). No caso das embarcações de carga, a navegação torna-se difícil nos trechos da hidrovia aonde o calado e a largura são limitados.

Duarte *et al*. (2009) salienta uma deficiência grave de acondicionamento de mercadorias e carga nas embarcações, intrinsecamente relacionada à estrutura, onde não há uma organização definida, nem a presença de dispositivos unificadores de carga, amarras ou travas de segurança, fazendo com que todo tipo de produto fique espalhado pelo convés, dividindo espaço com passageiros e suas bagagens.

Na gestão da qualidade no transporte aquaviário de passageiros na Amazônia Ocidental, embora a situação ideal seja a construção de embarcações de passageiros e cargas em aço naval, o ideal ainda está longe do possível. No geral, os projetos das embarcações mistas (passageiro e carga) são de concepção artesanal e não são desenvolvidas segundo as técnicas e recomendações da engenharia. As embarcações mistas que hoje navegam apresentam características que diminuem a eficiência do principal sistema de transporte da região e a consequência deste cenário são os acidentes, provocados pela dificuldade de navegabilidade e operacionalidade (SANTOS *et al*, 2014).

1.3 Objetivos

Assim, o objetivo geral está focado em:

Elaborar um modelo matemático para apoiar o planejamento e a tomada de decisão sobre a melhor configuração do transporte hidroviário.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Levantar de informações para consolidar o referencial bibliográfico sobre o Transporte Aquaviário e Modelagem Matemática.
- Levantar e analisar os critérios e tomadores de decisão para modelagem do modelo logístico Hidroviário.
- Elaborar o conceito do modelo logístico Hidroviário.
- Coletar dados para aplicação do modelo logístico Hidroviário em Manaus-AM.
- Verificar a consistência do modelo logístico Hidroviário.
- Analisar o resultado do modelo logístico Hidroviário em Manaus-AM.

1.4 Estrutura da Trabalho

Este trabalho está estruturado em 07 capítulos considerando o capítulo 1 Introdução.

O Capítulo 2 Metodologia apresenta os métodos utilizados a sua identificação e definição, a classificação, e a seleção do método utilizado para o desenvolvimento da pesquisa.

O Capítulo 3 Revisão da Literatura abrange o planejamento de transportes, o conceito de logística e o de transportes hidroviário no Mundo e no Amazonas.

O Capítulo 4 Tomada de Decisão apresenta os problemas de tomada de decisão, os métodos de análise multicritério e as aplicações no transportes hidroviário.

O Capítulo 5 Modelagem apresenta do desenvolvimento do modelo de análise multicritério para o problema do planejamento de transporte da pesquisa.

O Capítulo 6 Estudo de Caso apresenta a caracterização da área de estudo e discute os principais resultados obtidos no desenvolvimento da pesquisa.

Por fim, o Capítulo 7 Conclusões apresenta as considerações finais do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2 METODOLOGIA

O método é um conjunto de processos pelos quais se torna possível conhecer uma determinada realidade, produzir determinado objeto ou desenvolver certos procedimentos ou comportamentos (OLIVEIRA, 1999).

O método científico caracteriza-se pela escolha de procedimentos sistemáticos para descrição e explicação de uma determinada situação sob estudo e sua escolha deve estar baseada em dois critérios básicos: a natureza do objetivo ao qual se aplica e o objetivo que se tem em vista no estudo (FACHIN, 2001).

A metodologia para o presente trabalho é estruturada em cinco (5) etapas. A primeira consistiu em uma revisão da literatura com o objetivo de se conhecer o problema e suas multivariáveis (Figura 2).

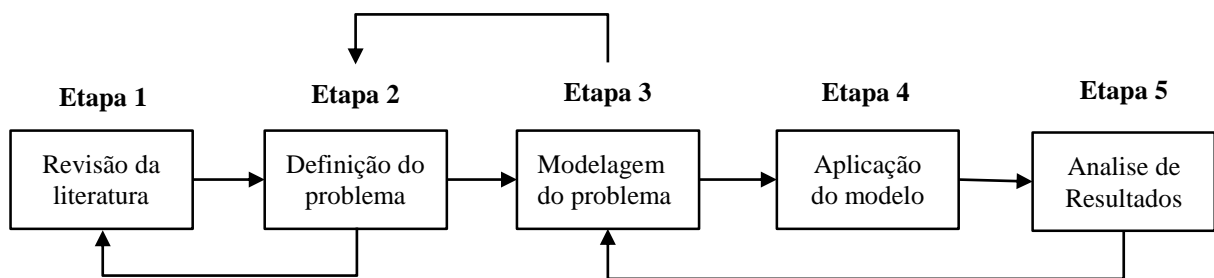


Figura 2: Fluxograma da metodologia.

Fonte: o Autor

Revisão da Literatura (Primeira Etapa)

A revisão da literatura, com base nos modelos apresentados por Santos Júnior *et al* (2011) e Silva *et al* (2014), torna possível abranger aspectos que envolvem o planejamento da pesquisa, a busca pelos dados, a análise e a classificação destes de acordo com o principal foco do estudo (Quadro 1).

A execução de revisões sistemáticas foi dividida em três (3), sendo:

- Pesquisas em Transporte Hidroviário;
- Aplicação de Problemas Multicritério; e
- Cadeia Logística de Suprimentos.

O objetivo é delinear o cenário do transporte hidroviário na Amazônia e fornecer bases para a determinação dos critérios concernentes ao THA.

Quadro 1: Etapas da Revisão da Literatura.

Etapa	Definição
1 – Planejamento da pesquisa	Passo 1.1: Definir a questão de pesquisa que irá direcionar a revisão da literatura. A questão de investigação deve ser clara e concisa;
	Passo 1.2: Definir a estratégia de pesquisa, definido quais serão as bases de dados;
	Passo 1.3: Definir as palavras-chave que sejam adequadas para a seleção dos trabalhos;
2 – Busca	Passo 2.1: Realizar a busca pelos artigos através dos parâmetros estabelecidos na Etapa 1
3 - Análise dos trabalhos publicados	Passo 3.1: Realizar uma análise profunda nos artigos selecionados no Passo 2.1, considerando obras que apresentam uma relação com a questão de pesquisa.
4 - Execução da pesquisa	Passo 4.1: Apresentar os resultados finais da análise, demonstrando os autores e fontes de consulta que contribuíram para a questão de pesquisa.

Fonte: Santos Júnior *et al* (2011) e Silva *et al* (2014).

Definição do Problema (Segunda Etapa)

A delimitação do Problema foi realizada através da análise horizontal e vertical proposta por Brasnks *et. al* (2013), conforme apresentado no Quadro 2. Na análise horizontal, foi avaliada a estrutura das classificações (Trabalhos técnicos científicos), caracterizando metodologias utilizadas, resultados alcançados e potenciais de pesquisa relacionados a cada classificação. Na análise vertical foi analisar os trabalhos a partir das tendências metodológicas e de suas áreas de estudo apresentando as principais conclusões encontradas.

Quadro 2: Estrutura da Análise Vertical e Horizontal

-	Trabalho Científico 1	Trabalho Científico ...	Trabalho Científico N	
Classificação A	Comentários I, A	Comentários ...	Comentários N, A	Análise Horizontal
Classificação ...	Comentários ...	Comentários ...	Comentários ..	
Classificação M	Comentários I, M	Comentários...	Comentários M, N	
Análise Vertical				

Fonte: Brasnks *et. al* (2013).

A análise horizontal caracteriza tendências e classifica, enquanto que a análise vertical avalia a estrutura da composição dos itens e identifica a problemática do sistema. A análise vertical e horizontal para avaliação, tem-se a seguinte estrutura:

Modelagem do Problema (Terceira Etapa)

A modelagem foi realizada por meio de métodos de Apoio Multicritério à Decisão - AMP (CAIXETA-FILHO E MARTINS, 2001), que consiste em um conjunto de métodos e técnicas para apoiar a tomada de decisões, quando há uma múltiplos critérios, auxiliando em problemas nos quais vários são os objetivos a serem alcançados de forma simultânea. O método define o modo pelo qual os critérios são julgados, diz quais critérios são relevantes para o problema de decisão (de acordo com a importância, preferência ou possibilidade), avalia a importância relativa de cada critério atribuindo pesos a cada alternativa e trata os pesos e obtém o desempenho global das alternativas.

De acordo com as características inerentes a este método torna-se possível incorporar as características do transporte através da análise do processo de decisão em que essa metodologia é aplicada, com o objetivo de, neste caso, identificar regiões críticas; de uma melhor compreensão das dimensões do problema, já que há a possibilidade de diferentes formulações e que todo o sistema pode ser integrado ou não; e do uso de representações explícitas de uma estrutura de preferências, que representam alternativas para características reais do sistema de transporte, em vez de representações numéricas definidas artificialmente (WERNKE e BORNIA, 2001).

Estudo de Caso (Quarta Etapa)

O Método do Estudo de Caso enquadra-se como uma abordagem qualitativa e é frequentemente utilizado para coleta de dados na área de estudos organizacionais. Na pesquisa o Método do Estudo de Caso envolve três fases distintas:

- a escolha do referencial teórico sobre o qual se pretende trabalhar (YIN, 1993); a seleção dos casos e o desenvolvimento de protocolos para a coleta de dados;
- a condução do estudo de caso, com a coleta e análise de dados, culminando com o relatório do caso;
- a análise dos dados obtidos à luz da teoria selecionada, interpretando os resultados (YIN, 2001, p. 40-77).

Analise dos Resultados (Quinta Etapa)

A análise dos resultados envolve dois processos: a) análise da qualidade dos estudos; b) análise estatística. Depois de coletar e tabular os dados é possível comparar um estudo com outro a fim de verificar semelhanças e diferenças. A análise de sensibilidade (que é a segunda parte da análise estatística) é usada para determinar qual a sensibilidade dos resultados de um estudo são mudados os premissas da forma como foi feita. A análise de sensibilidade é usada para avaliar qual o grau de confiança dos resultados em situações de decisões incertas ou suposições sobre os dados e resultados usados.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Planejamento de Transportes

De acordo com Crainic e Laporte (1997), é o transporte que dá suporte e torna possível a maior parte das atividades sociais e econômicas. O setor de transportes se alinha aos setores básicos da economia ao lado da saúde, energia e educação. Assim sendo, não é possível pensar em uma sociedade sem esse setor. E para que todos sejam beneficiados em suas necessidades de ir e vir, de locomoção, é essencial uma gestão planejada dos recursos que compõem sua administração.

O planejamento de transporte busca antecipar ou adequar as necessidades de transporte de uma região ao seu desenvolvimento socioeconômico (Adler, 1978). Planejamento de transportes é uma área de estudo que visa adequar as necessidades de transporte de uma região ao seu desenvolvimento de acordo com suas características estruturais, deve também ser passível de adaptações constantes à dinâmica urbana.

De acordo com Marra (1999), o adequado planejamento do transporte de carga pode resultar em efeitos positivos à efetividade do sistema de transporte como um todo, contribuindo para uma menor interferência da movimentação de carga na rede de tráfego de passageiros, para a redução do custo total de transporte e, por consequência, do custo final da carga transportada.

Para se definir o que deve ser implantado ou melhorado (oferta de transporte), dentro do horizonte de projeto, é necessário quantificar a demanda por transporte e saber como a mesma vai se distribuir dentro da área de estudo. A avaliação dessa demanda é feita utilizando-se os modelos de planejamento. Através destes modelos procura-se modelar o comportamento da demanda e a partir daí definir as alternativas que melhor se adaptem a realidade da região.

A análise da demanda é parte fundamental do processo de planejamento dos transportes. De acordo com Martin e McGuckin (1988) a previsão da demanda já era praticada há mais de 35 anos, em estudos das décadas de 50 e 60 do século passado. Segundo esses mesmos autores, o grande aumento da aplicação dessas técnicas ocorreu com o surgimento dos microcomputadores; a facilidade de aplicação das técnicas, com acesso a softwares e hardwares de menor custo, fez surgir um número maior de aplicações que tratavam de grandes planos de investimentos em infraestrutura para longos períodos.

Existem diversos métodos destinados à criação de um modelo de planejamento que explique o funcionamento de um determinado sistema de transportes, baseando-se na ocupação

do solo, das áreas de estudo e do tipo de atividade ali desenvolvidas. Os modelos são calibrados para que representem a realidade atual, associando um determinado conjunto de variáveis socioeconômicas ao padrão de viagens verificado. Posteriormente, essas condições são projetadas para um determinado tempo futuro, adicionando informações ao modelo que possibilitam a estimativa dos perfis da demanda futura de transportes; assim podem ser previstas as necessidades de alterações da infraestrutura de transportes (PBlog, 2013).

De uma forma geral um plano de transporte compreende as seguintes etapas: Definição dos objetivos e prazos; Diagnóstico dos sistemas de transportes; Coleta de Dados; Escolha dos modelos a serem utilizados para avaliação da demanda futura; Alternativas de Oferta de Transporte; Avaliação das alternativas (custos e impactos); Escolha da alternativa; Desenvolvimento do plano de transporte acompanhado de um programa de financiamento; Implementação das alternativas de acordo com um cronograma de desembolso de recursos; e Atualização dos procedimentos.

O planejamento de transporte busca antecipar ou adequar as necessidades de transporte de uma região ao seu desenvolvimento socioeconômico (Adler, 1978). O processo de planejamento deve estar incluído num plano de desenvolvimento voltado para a região de estudo, pois conforme se pode observar, a demanda por transporte depende do desenvolvimento atual da região e da proposta de desenvolvimento futuro.

Existem cinco principais modais de transporte: o rodoviário, aquaviário, ferroviário, aéreo e dutoviário. O transporte aquaviário (marítimo e hidroviário) é um dos mais antigos do mundo e ajudou a evolução de muitos povos e civilizações, que ao longo do tempo desenvolveram-se em Regiões litorâneas ou próximas aos grandes rios.

Ao ser comparado com os demais modais de transporte, os transportes aquaviários podem ser considerados como aqueles que causem menos impactos sociais e ambientais, não necessitando de grandes obras de infraestrutura para a sua implantação. O transporte hidroviário tem diversas vantagens econômicas sobre os demais modais de transporte, estudos comparativos entre esses em relação aos gastos de energia demonstram que o transporte fluvial é a modalidade mais eficiente energeticamente.

Porém, há entraves ao desenvolvimento do transporte hidroviário brasileiro. Filippo (1999) apontou diversas condicionantes que colaboraram e ainda colaboram para que o transporte hidroviário no Brasil fique em segundo plano. Estes são de ordens histórica, política, econômica, geográfica, física e gerencial.

Segundo SOUZA (2000), ao pensar em transportes hidroviários, pode-se dizer que um plano de Gestão Ambiental define o processo gerencial a ser adotado para a boa execução de

um conjunto de ações destinadas, basicamente, a evitar ou a mitigar os impactos provocados por obras de implantação e conservação das hidrovias, incluindo a própria operação hidroviária, buscando soluções para os processos de degradação ambiental que possam ser deflagrados.

A deterioração da infraestrutura de transporte e logística do Brasil e a retração da capacidade de investimentos públicos têm levado o governo federal e vários governos estaduais a buscar novas estratégias que permitam a melhoria do desempenho logístico e de transporte. Planos de ações que dêem suporte às decisões relativas a esta questão ganharam importância nos últimos anos e passaram a constituir a pauta dos programas de governo.

No intuito de estruturar o planejamento, a gestão, a operação e o controle do transporte hidroviário torna-se necessário o desenvolvimento de estudos estruturantes, como por exemplo: o Plano Hidroviário Estratégico (PHE); o Plano Nacional de Integração Hidroviária (PNIH) e o Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT).

3.1.1 Plano Nacional de Logística e Transporte

No ano de 2007 foi lançado, em âmbito nacional, o Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT), desenvolvido pelo Ministério dos Transportes em cooperação com o Ministério da Defesa; através dele foi montada uma base nacional de dados sobre produção, logística, transporte e suas inter-relações, sobre a qual foram aplicadas ferramentas computacionais, permitindo criar cenários produtivos especializados para o País e estimar a demanda associada por serviços de transporte, considerando a intermediação logística.

Alguns dos principais objetivos do PLNT são:

- retomada do processo de planejamento no Setor dos Transportes, dotando-o de uma estrutura permanente de gestão e perenização desse processo, com base em um sistema de informações georreferenciadas contendo todos os principais dados de interesse do setor.
- a consideração dos custos de toda a cadeia logística que permeia o processo que se estabelece entre as origens e os destinos dos fluxos de transporte, levando à otimização e racionalização dos custos associados a essa cadeia, ao invés da simples consideração dos custos operacionais das diversas modalidades de transporte envolvidas. Isso é fundamental para melhorar a eficiência e a competitividade da economia nacional.
- efetiva mudança, com melhor equilíbrio, na atual matriz de transporte de cargas do País, na medida em que a otimização e a racionalização citadas acima estão

associadas ao uso mais intensivo e adequado das modalidades ferroviária e aquaviária, tirando partido de suas eficiências energéticas e produtividades no deslocamento de fluxos de maior densidade e distância de transporte.

- preservação ambiental, buscando-se respeitar as áreas de restrição e controle de uso do solo, seja na questão da produção de bens, seja na implantação da infraestrutura.

Os principais resultados apresentados no Relatório do PNLT (Ministério dos Transportes e Ministério da Defesa, 2009) consistem em um portfólio de investimentos recomendados até 2023, agregados por modalidade e por vetor logístico), necessários à recuperação, manutenção e conservação da infraestrutura existente, além de investimentos para atender os vários pontos de estrangulamento do futuro - os elos faltantes e gargalos futuros.

3.1.2 Plano Nacional de Integração Hidroviária

O Plano Nacional de Integração Hidroviária (PNIH) foi concebido pela Agência Nacional de Transporte - ANTAQ visando a dois objetivos centrais: Realizar um estudo detalhado sobre as hidrovias brasileiras, buscando analisar a provável demanda por transportes hidroviários para horizontes estabelecidos; e Indicar áreas propícias para instalações portuária.

Como resultado, este plano apresenta quatorze relatórios: o primeiro é responsável por descrever a metodologia utilizada; os seis seguintes apresentam os resultados para as seis bacias hidrográficas em que a rede hidrográfica brasileira foi dividida; os próximos seis correspondem a relatórios técnicos de cada uma das seis bacias, os quais resumem o estudo e apresentam os principais pontos abordados e resultados obtidos; o último relatório consiste no Estudo de Macrolocalização de Terminais Hidroviários.

Os estudos do PNIH apontam que realmente existe a possibilidade do surgimento de novos terminais hidroviários em localidades onde não existem terminais autorizados, como também a necessidade de expansão das atividades portuárias em localidades que já possuem terminais. Ainda, reforçam a viabilidade da modificação da desbalanceada matriz de transportes brasileira, além de apresentar um quadro de investimentos em terminais hidroviários até 2020.

3.1.3 Plano Hidroviário Estratégico

O Ministério dos Transportes (MT) iniciou o projeto "Plano Hidroviário Estratégico" (PHE), em julho de 2012. O objetivo deste projeto é a elaboração de um plano estratégico para

o desenvolvimento do transporte hidroviário interior até o ano de 2031. Este plano estratégico será utilizado pelo Ministério nas discussões com as partes interessadas e outras entidades do governo envolvidas no transporte hidroviário interior. O Plano foca na atuação do MT na área de transporte hidroviário interior, mas abrange também a área de atuação de outras entidades, a fim de integrar as políticas de transporte do MT com as de outros setores que impactam no uso dos recursos hídricos.

De acordo com o relatório técnico do PHE no Plano de Trabalho, as seguintes questões de investigação foram formuladas:

- 1) Qual é a opinião dos principais interessados sobre a condição atual e o futuro do transporte hidroviário interior?
- 2) Quais são suas exigências?
- 3) Quais oportunidades de melhoria são identificadas?

Com o PHE, o Ministério dos Transportes - MT tem por objetivo preparar uma estratégia para implementação do plano até 2031. Esse plano estratégico será utilizado pelo MT para se comunicar com as partes interessadas e outras autoridades do governo envolvidas no THI. O plano pretende integrar as políticas do MT para o setor hidroviário com as demais que são relativas ao uso dos recursos hídricos.

3.2 Logística

Segundo Bowersox (2001), a logística é uma integração de transportes, informações, armazenagem, manuseio de embalagens, matérias primas e estoque, cujo foco operacional está ligado de forma direta à disponibilidade de matéria-prima, produtos semiacabados e estoque de produtos acabados, ao menor custo possível, no local onde são requisitados.

“A logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatas) através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo.” (CHRISTOPHER, 2002).

No conceito acima se pode ver que a logística abrange o processo de aquisição, movimentação e armazenagem dos produtos utilizados pela empresa, buscando otimizar o seu fluxo, proporcionando com isto, um ganho na parte de satisfação do cliente, tempo de entrega, organização do estoque, diminuição de custos e diminuição de desperdício. As atividades

realizadas através da logística são diversas e abrangem todo o sistema de compras, vendas, armazenagem e a movimentação dos produtos para posterior entrega aos clientes.

O cenário atual da logística tanto no Brasil quanto no mundo passa por um aumento de produção, por reduções nos ciclos de vida dos produtos, por maiores exigências de serviços e por variada segmentação de clientes e mercados. De acordo com o Centro Nacional do Transporte (2010), a participação do setor de transportes na economia brasileira é significativa, tendo o valor adicionado pelo setor de transportes no PIB de R\$ 42 bilhões e um total de carga movimentada por ano de R\$746 bilhões de toda movimentação de cargas no Brasil.

Para Fleury (2003, p.51) a logística constitui-se em uma diversidade de operações que podem ser realizadas em uma empresa, podendo ser visualizadas num conjunto de dez atividades: Gestão de Estoques, Armazenagem Transporte de Distribuição, Desenvolvimento de Projetos/soluções logísticas, Desembarço Aduaneiro, Transporte de Transferência, Transporte de suprimento, Transporte de Kits, Gerenciamento de transporte multimodal e Milk Run. Fleury termina afirmando que “para que estas atividades sejam bem-sucedidas e bem executadas gerando o efeito desejado, será necessário trabalhar um sistema de logística integrada”.

Segundo Nazário (In Fleury et al, 2000: 127), um dos principais pilares da logística moderna é o conceito de logística integrada, fazendo com que as atividades e funções logísticas deixem de ser isoladas e passem a ser percebidas como um componente operacional da estratégia de marketing.

Segundo FLEURY (2000, p.29), para que possa ser gerenciada de forma integrada, a logística deve ser tratada como um sistema, ou seja, um conjunto de componentes interligados, trabalhando de forma coordenada, com o objetivo de atingir um objetivo comum. A tentativa de otimização de cada um dos componentes, isoladamente, não leva à otimização de todo o sistema. Ao contrário, leva à subotimização. Tal princípio é normalmente conhecido como trade-off, ou seja, o princípio das compensações, equilíbrio, conciliação ou perdas e ganhos.

A utilização de estratégias para os diversos segmentos das empresas é muito importante visto que sem um direcionamento ou um objetivo dificilmente chegará a permanecer por muito tempo no mercado ou logrará êxito em seus negócios. Segundo Chopra e Meindl (2003), para que uma empresa seja bem-sucedida, a estratégia logística e a estratégia competitiva devem estar alinhadas, ou seja, ambas devem convergir para os mesmos objetivos. Se esse alinhamento não é alcançado, surgem conflitos entre os diferentes objetivos funcionais.

A estratégia competitiva define o conjunto de necessidades do consumidor que a empresa pretende satisfazer através de seus produtos e serviços. Já a estratégia logística de uma

empresa está relacionada com a redução de custos diante do fluxo de materiais e informações do processo logístico. O alinhamento estratégico ocorrerá quando a empresa estabelecer o equilíbrio entre ambos os objetivos, redução de custos e nível desejado de atendimento ao cliente.

3.3 Transporte Hidroviário

Segundo o Ministério dos Transportes (2015), o transporte hidroviário é o tipo de transporte aquaviário realizado nas hidrovias (são percursos pré-determinados para o tráfego sobre águas) para transporte de pessoas e mercadorias. As hidrovias de interior podem ser rios, lagos e lagoas navegáveis que receberam algum tipo de melhoria/sinalização/balizamento para que um determinado tipo de embarcação possa trafegar com segurança por esta via.

As hidrovias são de grande importância para este tipo de modal, visto que, através dela consegue-se transportar grandes quantidades de mercadoria a grandes distâncias. Nelas são transportados produtos como: minérios, cascalhos, areia, carvão, ferro, grãos e outros produtos não perecíveis (Ministério dos Transportes, 2015).

O transporte hidroviário é utilizado para o transporte de grãos líquidos, produtos químicos, areia, carvão, cereais e bens de alto valor (operadores internacionais) em contêineres. Este modal apresenta como vantagens a capacidade de transportar mercadoria volumosa e pesada e o fato dos custos de perdas e danos serem considerados baixos comparados com outros modais (RIBEIRO & FERREIRA, 2002).

Em relação aos custos, o transporte hidroviário apresenta custo fixo médio (navios e equipamentos) e custo variável baixo (capacidade para transportar grande quantidade de tonelagem). É o modal que apresenta o mais baixo custo (RIBEIRO & FERREIRA, 2002).

De acordo com SANTANA & TACHIBANA (2004), um projeto hidroviário é composto basicamente por quatro principais elementos físicos: as vias, as embarcações, as cargas e os terminais.

▪ Vias Interiores

Para MIGUENS (2000), as vias navegáveis interiores podem ser divididas em três classes: rios de corrente livre, rios canalizados e canais.

Os rios de corrente livre são os naturalmente navegáveis, em que não há barragens em seu curso. Sem perder, entretanto, esta característica, eles podem ter as suas condições de navegabilidade sensivelmente melhoradas, por meio de três principais processos, que podem

ser usados isolada ou conjuntamente, a saber: regularização do leito, regularização da descarga e dragagem.

Além disso, outros serviços também contribuem significativamente para melhoria das condições de navegabilidade, como a existência de cartas náuticas adequadas, de um balizamento eficiente e de um sistema de divulgação do nível do rio em diversas estações fluviométricas ao longo da hidrovia.

Rios canalizados são aqueles em que se tem uma série de barragens com eclusas (ou outro meio de transposição de desnível) ao longo de um curso d'água. Se as barragens são móveis, o rio volta a ser de corrente livre durante as cheias.

Os canais podem ser definidos como vias navegáveis interiores completamente artificiais, em oposição às vias navegáveis naturais. Há duas classes principais de canais: os canais laterais e os canais de partilha. Os canais laterais são usados quando o melhoramento de um trecho do rio é de tal modo difícil ou oneroso que se torna preferível construir lateralmente um canal inteiramente artificial, que pode ser dividido em vários planos d'água, ligados por eclusas ou elevadores. Os canais de partilha (ou canais de ponto de partilha) são os de interligação de hidrovias (ou de bacias hidrográficas).

Para PADOVEZI (2003), a via navegável apresenta as seguintes características físicas de interesse:

- Profundidade do canal de navegação;
- Velocidades de correntes;
- Raios de curvatura presentes no traçado do canal navegável;
- Presença de pontos críticos ou com restrições (eclusas, pontes, canais estreitos);
- Grau de exposição a ventos e possibilidade de formação de ondas por ação de ventos;
- Suscetibilidade a alterações ambientais provocadas pela passagem de embarcações;
- Alterações das condições de navegabilidade ao longo do ano, em função do regime de águas;
- Grau de manutenção das condições de navegabilidade ao longo do tempo (problemas de assoreamento, preservação de margens, etc).

- Embarcação

O Código Comercial Brasileiro não traz em seu teor uma definição do que seja navio, bem como não diferencia esse de embarcação. Observam-se imprecisões na referida legislação, uma vez que usa indiscriminadamente as expressões navio, embarcações e barco como sinônimos. Todavia, apesar da confusão trazida pelo Código Comercial, depreendem-se da legislação marítima e da doutrina marítima algumas definições (MENDES JUNIOR & LUCENA, 2015).

Em relação à embarcação, a Lei Federal nº 9.547, de 11 de dezembro de 1997, em seu artigo 2º, a conceitua como qualquer construção (inclusive as plataformas flutuantes e, quando rebocadas, as fixas), sujeita à inscrição na autoridade marítima e suscetível de se locomover na água, por meios próprios ou não, transportando pessoas ou cargas.

Da referida definição, torna-se possível abstrair dois elementos essenciais e exclusivos da embarcação: a coisa composta, isto é, um todo composto de várias partes e de diversos acessórios; e a natureza móvel, embora sujeita às regras jurídicas dos bens imóveis. Além disso, importante ressaltar que a locomoção deve ser necessariamente na água, seja de forma parcialmente imersa, como os navios comuns, ou totalmente imersa, como os submarinos (GIBERTONI, 2005).

Ainda se encontra definição para embarcação na Lei Federal nº 8.374, de 30 de dezembro de 1991, em seu artigo 2º, parágrafo 1º, o qual considera embarcação veículos destinados ao tráfego marítimo, fluvial ou lacustre, dotados ou não de propulsão própria.

Os tipos de embarcações foram escolhidos de acordo com o que se tem atualmente na frota de embarcações do estado do Amazonas. Como referência, foi utilizado informações de empresas de navegação, estaleiros e órgãos públicos. Algumas classes de embarcações possuem distinções e receberam numerações para diferenciar. Percebe-se essas diferenças ao se olhar os aspectos. As embarcações selecionadas foram: balsas graneleiras, balsas carreteiras, balsa armazém flutuante, balsa de carga geral, embarcação de transporte misto, lancha expresso, porta contêiner, Ferry Boat e balsas petroleiras.

As embarcações regionais utilizadas no trabalho seguem as seguintes definições:

- Balsa Graneleira: Embarcação robusta, sem propulsão e de fundo chato, empregada para desembarque ou transbordo de graneis nos portos (SOBENA 2016);

- Balsa Carreiteira: Utilizada para o transporte de cargas unitizadas no qual o volume da carga influencia mais que o peso durante a operação, a carga unitizada é armazenada em semirreboques;
- Balsa Petroleira: Embarcação robusta, sem propulsão e de fundo chato, empregada para desembarque ou transbordo de derivados de petróleo nos portos;
- Balsa de Carga Geral: Embarcação robusta que pode ter ou não propulsão destinada a transporte de cargas embaladas ou produtos manufaturados, que não sejam a granel, de forma livre.
- Expresso: Lanchas de transporte de passageiros e bagagens, caracterizadas por possui alta potência e velocidade.
- Ferry Boat: Navio de porte reduzido, utilizado no transporte de passageiros, geralmente em viagens de turismo, transportando também os automóveis dos próprios passageiros.
- Balsa Armazém Flutuante: Embarcação robusta que pode ter ou não propulsão destinada a transporte de cargas embaladas ou produtos manufaturados, que não sejam a granel, de forma fechada. A carga é mais conservada as intempéries do que na balsa de carga geral.
- Porta Contêiner: Utilizada para o transporte de cargas unitizadas no qual o volume da carga influencia mais que o peso durante a operação, a carga unitizada é armazenada em contêiner.

- Porto

Segundo Collyer (2008), porto é portão de entrada e saída das riquezas de um país. É o local onde se realizam atividades aduaneiras, alfandegárias, comerciais, entre outras. O porto também é ponto estratégico da segurança nacional e principal interface da cadeia logística com a sociedade. Os portos também podem ser considerados como ponto de transição entre os modos terrestre e aquaviário, pois a carga ou o passageiro precisam ser transportados por outros veículos (Santos *et al.*, 2008).

Para a ANTAQ (2006) um porto organizado é aquele construído e aparelhado para atender às necessidades da navegação, movimentação e armazenagem de mercadorias cujo tráfego e operações portuárias estejam sob a jurisdição de autoridade portuária. Já os terminais de uso privativo são conceituados como aqueles que são explorados por pessoa jurídica de

direito público ou privado, dentro ou fora da área do porto e têm como função, a movimentação e/ou armazenagem de mercadorias dos operadores dos terminais.

Para a descrição dos portos, utilizou-se como referência principalmente o trabalho de BARROS (2013) onde é desenvolvido um procedimento para a classificação de portos organizados brasileiros.

Degrassi (2001) classificou os portos em três tipologias: quanto à localização, quanto à infraestrutura e quanto à atividade. A localização é o espaço em que se implanta a estrutura portuária. A decisão por este local é determinada por diversas condições, principalmente, pela integração com modos de transporte terrestre (Moraes, 2003). Degrassi (2001) classifica os tipos de portos quanto à infraestrutura em:

- Portos Comerciais - são aqueles que se limitam a receber e distribuir mercadorias, sem desenvolver atividades especializadas;
- Portos Industriais - são aqueles que desenvolvem atividades de movimentação de produtos (matéria-prima ou semiacabados) para abastecimento da indústria;
- Portos Turísticos - são aqueles voltados para atividade de turismo e entretenimento;
- Portos Pesqueiros - são aqueles utilizados para o manejo de mercadorias pesqueiras;
- Portos Multifuncionais - são aqueles que movimentam diversos tipos de cargas.

A infraestrutura portuária é composta pelos ativos fixos sobre os quais é realizada a movimentação de cargas entre os navios e os modos terrestres. Os componentes da infraestrutura são imobilizados, isto é, não podem facilmente ser colocados em uso em outros lugares ou em outras atividades, BNDES (2005).

Os portos turísticos, segundo Castejón e Charlier (2000), desempenham um papel de suma importância para a atividade de cruzeiro, a qual tem como função principal a transferência (embarque e desembarque) de bens e pessoas com atividades de entretenimento, entre outras.

O porto de transbordo, também conhecido como hub port ou porto concentrador atua de forma interligada com os portos do tipo alimentadores. Um porto tipo hub foi definido por Fageda (2000) como aquele em que há a concentração e distribuição de grandes volumes de carga, tendo como fonte o transbordo de navio para navio. Llaquet (2000) ressaltou que os portos tipo hub são escolhidos, especialmente, pela localização geográfica e pela infraestrutura que deve ser capaz de receber navios de todo porte. BARROS (2013) elaborou uma tabela que compara os métodos de classificação dos portos.

Quanto aos aspectos foram escolhidos alguns dos critérios citados acima e criados novos. Dessa forma, tem-se a infraestrutura, movimentação de cargas, atividade econômica, acessibilidade, capacidade de atracação e vocação de carga como características para a base de dados referentes aos portos.

No quesito infraestrutura relata-se principalmente os equipamentos e o espaço necessário para a movimentação e alocação das cargas. Como referência da infraestrutura necessária, têm-se o relatório de impacto ambiental da estação de transbordo de carga de Itaituba, produzido pela CIANPORT. As características do porto citado são: Cais Flutuante, Cais de Contêineres. Estruturas de carga, descarga e armazenamento, Tombadores de caminhões, sistema de correias transportadoras, Balanças, Silos e Pátio de Contêineres.

▪ Carga

No processo de descrição dos tipos de carga, utilizou-se como base dados fornecidos por ANTAQ (2014), conforme tabela abaixo:

As cargas definidas para o banco de dados foram: peixes, graneis líquidos, madeira, graneis sólidos, passageiros, e carga geral. Validando os dados acima, LACERDA (2004) relata os tipos de cargas em algumas hidrovias da região Amazônica:

- A carga granel, também denominada de graneis, é aquela que não é acondicionada em qualquer tipo de embalagem. É carga líquida ou seca embarcada e transportada sem acondicionamento, sem marca de identificação e sem contagem de unidades, tais como petróleo e trigo. Os graneis são cargas que necessitam ser individualizadas, subdividindo-se em graneis sólidos e graneis líquidos.
- São graneis sólidos: os minérios de ferro, manganês, bauxita, carvão, sal trigo, soja, fertilizantes, etc.
- São graneis líquidos: o petróleo e seus subprodutos, óleos vegetais e outros.
- A carga geral denomina-se desta forma devido aos volumes acondicionados em sacos, fardos, caixas, cartões, engradados, amarrados, tambores, etc., ou ainda volumes sem embalagens, como veículos, maquinários industriais ou blocos de pedra. A carga geral (carga heterogênea solta ou fracionada) pode ainda ser sub-classificada em cargas especiais e contêineres.

3.3.1 Transporte Hidroviário no Mundo

O modal de transporte aquaviário geralmente é um elemento crítico para o desenvolvimento econômico de vários países, dada a sua importância no transporte de pessoas e mercadorias, e na consequente manutenção de trabalhos e serviços na sociedade. As pessoas precisam se locomoverem para chegarem aos seus trabalhos, visitarem suas famílias, viajarem a lazer, enfim, exercerem suas funções na sociedade e o seu direito de ir e vir. Para o transporte de carga, esse modal é importante por ser o mais ecologicamente sustentável, e por demandar bem menos capital para a expansão ou aprimoramento do sistema.

Ao propor soluções para problemas complexos, como a carência de infraestrutura do modal hidroviário brasileiro de carga e passageiros, é importante observar o que é praticado em outros países nos quesitos de problemas e soluções para o modal hidroviário, tanto nos de maior quanto nos de menor nível de estruturação do sistema, de modo que soluções para problemas locais possam ser desenvolvidas ou adaptadas tendo em vista tanto o âmbito regional quanto o global.

Na República Democrática do Congo, o rio Congo tem comprimento total de 4.700 km, sendo o principal do país, também apresenta o maior potencial hidroelétrico do mundo (44.000 MW) e a segunda maior descarga do mundo (média de 41.000 m³/s), atrás apenas do Amazonas. O comprimento total de vias navegáveis é estimado em 15.000 km, incluindo o rio Congo, afluentes e lagos. O porto de Kinshasa é o maior porto interior do continente, com 7 km de cais e píeres. Apesar dos números, a navegabilidade do rio é limitada por um trecho de 350 km de corredeiras e cachoeiras, entre Matadi e Kinshasa, impedindo o acesso direto de navios oceânicos a Kinshasa.

A rota de 1.000 km entre Kinshasa e Kisangani pelo rio Congo é a mais longa e mais conhecida. A rota é operada por comboios de empurradores e barcaças, geralmente de idade avançada. Esses comboios funcionam como pequenas cidades flutuantes, onde são realizadas trocas e vendas de produtos, como em uma feira.

O Estados Unidos Da América conta com mais de 250.000 rios, 40.233 km de vias navegáveis, 608 barragens e 257 eclusas em 212 locais diferentes, o país tem uma vasta rede hidroviária interior, destacando-se os maiores, Missouri (3.767 km), Mississipi (3.734 km) e Colorado (2.334 km). Comboios de barcaças e navios de pequeno calado transportam aproximadamente 10% de toda a carga do comércio interno do país. Cerca de 1.200 empresas dedicam-se à atividade hidroviária nos EUA, transportando um volume de carga de aproximadamente 1,5 bilhão de toneladas por ano. As hidrovias são responsáveis por 43% do

movimento dos 400 principais portos americanos, desempenhando papel fundamental no transporte eficiente de grãos, oleaginosas, fertilizantes e carvão nos EUA.

A maior parte da frota de transporte hidroviário interior dos EUA consiste de comboios de barcaças pertencentes à iniciativa privada. Segundo o Banco Mundial (*World Bank*), foram contabilizadas 31.700 embarcações de transporte de carga em 2005, incluindo barcaças e empurradores (no corredor do Mississippi).

No Brasil, o rio Amazonas possui 25 mil quilômetros de vias navegáveis e mais de 7 mil afluentes. Os dez maiores rios brasileiros em termos de vazão estão localizados na bacia amazônica. Segundo Moraes, H. B. de (2002), a inexistência de ferrovias, a precariedade das poucas estradas e o valor elevado das passagens aéreas, impõem o transporte hidroviário como o único meio de transporte acessível à maioria dos oito milhões de habitantes dos estados que compõem a região Amazônica para se deslocarem entre povoados e cidades.

Investir em novos equipamentos e tecnologias de transportes tem sido a principal preocupação dos armadores da região, pois a concorrência acirrada no mercado obrigou as empresas tradicionais a mudarem seus conceitos de transporte. Esta mudança de mentalidade levou as empresas a buscarem soluções que proporcionassem melhores condições de transporte para o passageiro, com isso teve início a substituição das embarcações de madeira pelas de aço nas principais linhas como, Belém-Manaus e Belém-Macapá. Entretanto, ainda de forma desordenada e sem planejamento, como por exemplo, através de reforma de antigas e obsoletas embarcações de aço.

A Europa possui 26 mil km de hidrovias, sendo 40% destas formadas graças a interligações e canais. As hidrovias da Europa Ocidental movimentaram, em 2002, um total de 600 milhões de euros em mercadorias. Dentre os países que mais usam o transporte hidroviário na Europa Ocidental, destacam-se a França, com 8.501km de hidrovias, dos quais 1.800km de grande gabarito, a Alemanha, com 7.339km, a Holanda, com 5.046km, e a Bélgica, com 1.540km. Cerca de 11.500 embarcações registradas percorrem as hidrovias da Europa, de balsas graneleiras e comboios a navios de passageiros e de lazer, administradas por 7.500 empresas ligadas à navegação interior, com cerca de 30.500 pessoas empregadas.

O Reno é um rio com 1.320km de comprimento, sendo de 884 km a navegabilidade da hidrovia, da Basiléia, na Suíça, até Rotterdam, na Holanda. Atravessa ou acompanha seis países: Suíça, Áustria, Liechtenstein, Alemanha, França e os Países Baixos. O porto de Rotterdam é o maior complexo portuário da Europa, localizado no delta do Reno e Mosa, na Holanda, recebendo por ano cerca de 30 mil navios e 200 mil barcaças.

Tendo grandes refinarias de petróleo localizadas a oeste da cidade, as atividades mais importantes para o porto são a indústria petroquímica e a movimentação de carga geral. O complexo funciona como um importante ponto estratégico para o trânsito de granéis e outras mercadorias através da Europa e outras partes do mundo.

Na França, o país destaca-se por sua rede hidroviária amadurecida, marcada por várias soluções de engenharia, com 1.782 eclusas, 559 barragens, 130 canais, 74 pontes sobre canais, 6 planos indicados e elevadores de navios, 35 túneis e 10 sifões (cruzamento subterrâneo de um curso d'água sob o outro). O transporte turístico de passageiros pelo rio Sena também é uma atividade tradicional em Paris, com os *bateaux mouches*, ou barcos mosca, exemplos de embarcações-solução para a região.

A China possui uma costa com aproximadamente 18.400km de extensão e mais de 50.000 rios, seu sistema conta com 125.000km de vias navegáveis interiores (deste total, 61.000km são de vias registradas e 24.000km de vias consideradas “economicamente significativas”), sendo o maior do mundo em extensão e volume de carga transportado. Ao norte do país, as descargas anuais dos rios são instáveis e em pequena quantidade, além de ficarem congelados durante o inverno, o que explica a restrição ao desenvolvimento da navegação naquela área. No total, 5.800km são navegáveis para navios de até 1000 toneladas de capacidade.

A característica marcante da extensa frota chinesa é a sua grande diversidade de tipos de embarcações, de pequenos barcos familiares não registrados de concreto ou madeira a graneleiros e porta-contêineres. Segundo o Banco Mundial (*World Bank*), a frota de embarcações de transporte de carga foi contabilizada em 163.000 unidades em 2006, incluindo embarcações auto propelidas de pequeno porte (capacidade média de 308 ton/embarcação), barcaças e empurradores. Deste total, cerca de 20% estão em poder de companhias públicas, principalmente companhias de navegação estatais e provinciais.

As embarcações de transporte de passageiros registradas foram contabilizadas em 902.580 unidades (Banco Mundial, 2006). As embarcações especializadas para pesca foram contabilizadas em 695.555 unidades em 2012.

A Rússia conta com cerca de 120 mil rios e vários lagos, as vias navegáveis do país se estendem por 101.800 km, constituindo uma das maiores redes hídricas do mundo, mas que são subaproveitadas. A navegação é mais intensa no chamado Sistema Unificada de Águas Profundas da Rússia, UDWS (*Unified Deep Water System of Russia*), na parte europeia do território russo, sendo as rotas do corredor internacional de transporte Norte-Sul.

O UDWS se estende por 6.500km, com uma profundidade mínima de 3,6m, garantindo a navegabilidade de embarcações com uma capacidade de carga de até 5.000 toneladas. Com mais de 100 eclusas e 10.000km de canais artificiais, as hidrovias interiores contam com uma sólida infraestrutura para a organização e administração do seu tráfego.

O sistema hidroviário russo conta com 131 portos fluviais, equipados com terminais multimodais, sendo 15 de importância internacional, e 723 Instalações Hidrotécnicas Navegáveis (*Navigable Hydrotechnical Facilities*). O volume de carga movimentado pelos portos fluviais é de mais de 200 milhões de tons/ano, apesar de os portos operarem com apenas 40-50% de sua capacidade total de movimentação de cargas.

Quadro 3: Características qualitativas das hidrovias.

Países	Extensão	Movimentação	Limitações	Infraestrutura	Integração	Embarcações
Filipinas	3219	2654000	Alta	Ruim	Ruim	904
República Democrática do Congo	4700	3101000	Alta	Ruim	Ruim	2500
Europa	26000	500000000	Baixa	Boa	Boa	11500
China	125000	1180000	Média	Boa	Boa	231000
Bangladesh	24000	580000	Alta	Ruim	Regular	22300
Rússia	101800	200000000	Média	Boa	Boa	29000
Brasil	43000	25200000	Média	Regular	Regular	1864
Estados Unidos da América	43233	800000000	Média	Boa	Boa	38700

Fonte: o Autor.

Nas Filipinas, como se trata de um grande arquipélago, o transporte marítimo entre ilhas é fundamental para a locomoção de seus aproximadamente 100 milhões de habitantes. Os seus cursos navegáveis interiores chegam a 3.219km de extensão, limitados a um calado de 1,5m.

A estrutura da SRNH consiste de três corredores principais: As vias náuticas Oriental, Ocidental e Central (*Western, Eastern and Central*). Até 2008, nas Filipinas existiam 68 rotas Ro-Ro, servidas por 49 diferentes empresas de navegação, números que se expandiram com a finalização da via Central em 2008.⁴⁷ O fluxo anual de passageiros na SRNH em 2013 foi de 52,8 milhões, divididos entre embarcados (27 milhões) e desembarcados (26 milhões).

3.3.2 Transporte Hidroviário na Amazônia

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2003) define a Região Hidrográfica Amazônica como sendo constituída pela Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas, situada em território nacional, e pelas bacias hidrográficas da Ilha de Marajó e do estado do Amapá. Portanto, a Região Hidrográfica diferencia-se da Bacia Hidrográfica por estar totalmente localizada em território brasileiro, abrangendo os estados do Amazonas, Acre, Rondônia, Roraima, Pará, Amapá e norte do Mato Grosso. Ocupa uma área de 3,8 milhões de quilômetros quadrados, correspondendo a 45% da área total do país.

A Amazônia brasileira possui uma rede hidroviária na ordem de 24.000km. Os principais rios que integram este sistema são navegáveis em grande parte de seu percurso e formam a estrutura da rede viária desta Região. (INPE apud SANTOS *et al.*, 2011).

Na região Amazônica os benefícios agregados à região que utiliza o transporte hidroviário são significativos em contextos sociais, econômicos e políticos. Na Amazônia, os municípios são acessados principalmente por via fluvial, tornando assim, o transporte hidroviário, de suma importância para o desenvolvimento econômico e de produção quando se trata de deslocamento de cargas. (MARQUES e KUWAHARA, 2009).

O Ministério do Meio Ambiente - MMA (BRASIL, 2006), no Caderno Setorial de Recursos Hídricos (CSRH), define o tráfego na região como sendo formado “por uma frota aquaviária interior de longo curso, transportando carga geral, combustíveis e, mais recentemente, grãos e por uma vasta frota de embarcações mistas que servem a uma intensa e pulverizada navegação regional”. Os rios Amazonas e Solimões são de grande porte e têm uma vasta rede de afluentes navegáveis por embarcações regionais. A ANTAQ (2012) lista 87 empresas autorizadas a realizar o transporte de cargas na Bacia Amazônica, além de outras 64 empresas de caráter misto que atuam no transporte de passageiros e cargas.

No CSRH destaca-se também a expressiva movimentação fluvial de passageiros que ocorre principalmente nas rotas Belém-Manaus e Belém-Macapá. A movimentação de cargas, por sua vez, tem como rotas principais Belém-Manaus, Belém-Santarém, Manaus-Porto Velho, Porto Velho-Itacoatiara e Porto Velho-Santarém (BRASIL, 2006). De acordo com a mesma fonte, as principais hidrovias da região são a Hidrovia do Madeira e a Amazonas-Solimões, principalmente no trecho do Rio Amazonas (ANTAQ, 2013).

Segundo o SINDARMA (2014), em 2012, no Brasil foram movimentados aproximadamente noventa milhões de toneladas de cargas por meio do uso do transporte hidroviário interior. Em relação à origem/destino das cargas transportadas, observa-se que

85,7% estão concentradas na bacia Amazônica, especialmente, nos estados do Amazonas e Pará.

De modo geral, os fluxos da bacia seguem em direção à foz do Rio Amazonas, no Oceano Atlântico. Esse rio aparece com maior movimentação em todos os horizontes, agregando as cargas provenientes dos outros rios da bacia e permitindo a exportação desses produtos através de seus portos, com a navegação de longo curso (ANTAQ, 2013).

O carregamento nas hidrovias da Bacia Amazônica indica vocação para o transporte de três principais grupos de produtos: carga geral, granel sólido (minério de ferro, minerais metálicos não ferrosos e minerais não metálicos) e granel sólido agrícola (com soja e produtos da exploração florestal e silvicultura). O carregamento não é uniforme, com cada hidrovia transportando tipos diferentes de produtos (ANTAQ, 2013).

Os graneis sólidos são transportados pelo Rio Amazonas a partir do norte do Pará, onde se localizam as grandes reservas minerais do estado. Oriximiná, Almeirim e Macapá são terminais que se dedicam ao escoamento desses minérios. A carga geral é transportada principalmente a partir de Manaus, e através do Rio Madeira. O granel sólido agrícola (principalmente soja), no ano de 2015, entra na hidrovia em Itaituba (PA) e é transportado pela hidrovia do Tapajós - Teles Pires para ser exportado a partir do Porto de Santarém. A movimentação desse grupo aumenta a partir de 2025, com a extensão da hidrovia até o norte do Mato Grosso (ANTAQ, 2013).

O granel líquido (petróleo e gás natural), apesar de apresentar valores significativos na projeção de demanda, possui apenas uma pequena parte da carga alocada nas hidrovias, principalmente em Manaus (AM). O restante destina-se a São Luís (MA), não utilizando as hidrovias amazônicas (ANTAQ, 2013).

As hidrovias possuem um grande número de terminais. Entre os já existentes, destacam-se alguns portos com maior movimentação, como Santarém, Macapá, Manaus, Itaituba e Porto Velho. No entanto, ainda há demanda para o surgimento de novos terminais, inclusive em localidades onde já existem instalações, como nos municípios citados (ANTAQ, 2013).

De acordo com RODRIGUES (2014), os projetos do PAC, PNLT e IIRSA buscam construir uma integração modal (ligações) da Amazônia para todo o Brasil e o continente sul-americano. A título de exemplificação se tem as seguintes obras estruturantes (ligações, representadas por ↔):

- Ponte internacional sobre o rio Oiapoque ↔ a Br-156 no Amapá ↔ Porto do Amapá ↔ mercado exterior (transporte marítimo);

- Reabilitação da rodovia Caracas-Manaus (Br-432) ↔ porto de Manaus (ligando aeroporto de Manaus) ↔ terminais interiores ↔ Mercado exterior (transporte marítimo);
- Rodovia Bonfim ↔ Lethem ↔ Lindem – Geogetown ↔ Boa Vista ↔ Br-432 ↔ Br-174 ↔ porto de Manaus ↔ a rede de terminais ↔ mercado exterior (transporte marítimo);
- Hidroviária Teles Pires-Tapajós ↔ Rodovia Cuiabá-Santarém (Br-163) ↔ Porto de Santarém ↔ mercado exterior (transporte marítimo);
- Construção e pavimentação de 210 km entre Sena Madureira e Cruzeiro do Sul, Br-364 ↔ hidrovia do rio Madeira-terminais interiores ↔ Porto de Manaus ↔ Mercado exterior (transporte marítimo);
- Porto de Vila do Conde ↔ hidrovia Tocantins-araguaia (passando pelas eclusas de Tucuruí) ↔ Br-230 (Transamazônica) ↔ estrada de Ferro norte-sul (com integração com a ferrovia leste-oeste) ↔ Marabá (ou Itaqui) ↔ Mercado exterior (transporte marítimo);
- Navegabilidade do sistema fluvial Solimões ↔ Navegabilidade do Rio Içá ↔ navegabilidade do rio madeira entre Porto Velho ↔ Guyaramerim ↔ terminais interiores - hidrovia do rio madeira ↔ cidade de Porto velho ↔ Cuiabá (via Br-364) ↔ Porto de Santarém ↔ Mercado exterior (transporte marítimo).

Dados revelados pela Pesquisa SINDARMA (2014) relatam que a movimentação de passageiros no transporte fluvial do Amazonas foi de, aproximadamente, 1.3 milhões no ano de 2014; e a quantidade de carga movimentada neste mesmo período foi de aproximadamente 1.8 milhões de toneladas, tendo uma média de movimentação em 73 trechos de 17.000 toneladas. Assim, os trechos estaduais ou intermunicipais representam, aproximadamente, 72% do total do conjunto de rotas para passageiros e 77,77% do total de trechos de rotas de cargas.

A Hidrovia Solimões-Amazonas destaca-se como principal corredor hidroviário brasileiro em volume transportado e distância percorrida. Seu perfil hidrológico, a ligação com a Hidrovia do Madeira e do Tocantins-Araguaia e o acesso ao mar contribuem para o transporte de grandes volumes de carga. Nessa hidrovia foram transportados 47,8 bilhões de TKU (tonelada quilômetro útil) em 2013, o que representa mais de 74% do TKU hidroviário brasileiro. Quase a metade desse valor se refere ao transporte de cabotagem. Outros 40% do TKU estão na navegação de longo curso e 12% na navegação interior (ANTAQ, 2014).

Dentre os produtos mais transportados nessa hidrovia ressaltamos os produtos químicos orgânicos na rota Coari/AM – Manaus/AM; a soja e o milho, que são exportados a partir de

Itacoatiara/AM e Santarém/PA; os combustíveis e contêineres que chegam (ou partem) à Manaus/AM e são oriundos de portos oceânicos; e a bauxita, que é exportada a partir de Oriximiná/PA. (ANTAQ, 2014)

Por estar conectada à hidrovia Solimões-Amazonas, a Hidrovia do Tocantins-Araguaia compartilha com aquele grande volume de carga. Na navegação interior a principal carga transportada é o semirreboque baú, que se concentra principalmente na linha Belém/PA – Manaus/AM. O mesmo acontece na cabotagem com o transporte de bauxita na linha Oriximiná/PA – Barcarena/PA. No longo curso destaca-se a exportação de alumina e caulim de Barcarena/PA para a Europa e a América do Norte que se revezam como o principal destino das mercadorias (ANTAQ, 2014).

A hidrovia do Madeira é segunda hidrovia brasileira em termos de TKU. A cada ano o transporte de cargas cresce significativamente na região. De 2011 a 2013, o crescimento foi de aproximadamente 30%. Destaca-se como carga predominante o transporte de soja e milho, cujo volume em 2013 totalizou 2,6 milhões e 1,6 milhões de toneladas, respectivamente. Elas percorreram o trajeto de Porto Velho/RO até Itacoatiara/AM e Santarém/PA, de onde a maior parte é exportada. (ANTAQ, 2014).

Apesar do grande potencial para o desenvolvimento do transporte hidroviário na região, o estado do Amazonas ainda sofre com a falta de condições que permitam a utilização do modal com toda sua capacidade. Conforme cita Medeiros (2011), as embarcações são o principal meio de transporte na maioria das comunidades do interior do estado, porém ainda sofrem com a ausência de condições mínimas para atracação e permanência de embarcações nestas comunidades, tanto as mais próximas quanto as mais afastadas da capital, Manaus.

Santos *et al.* (2011) concluem que apesar da acessibilidade de Manaus para os navios de contêiner, está ainda não atingiu um desenvolvimento que permitisse igualar operacionalmente aos de outras regiões do país, mesmo tendo grandes indústrias e portos que estão se modernizando. Entretanto, é primordial que tal objetivo seja alcançado em médio prazo, pois, caso contrário, poderá afetar o processo de implantação de indústrias no PIM, pois essas não veem apenas nos incentivos fiscais um fator para fabricação de seus produtos na Zona Franca de Manaus.

4 TOMADA DE DECISÃO

Uma pessoa física pode alguma vez ter dificuldade para tomar decisões pessoais no cotidiano, porém, organizando suas prioridades, é capaz de optar pela melhor alternativa sem tornar essa tarefa demasiado complexa. No entanto, quando se tenta analisar de forma análoga uma organização, a complexidade de decidir toma outras proporções. Primeiro, por o processo de decisão não envolver mais apenas um indivíduo, mas vários; segundo, por os problemas serem muito mais amplos, complexos, e envolverem riscos e incertezas que tornam as soluções empíricas inconcebíveis (SHIMIZU, 2010).

Sendo assim, o processo de tomada de decisão em uma empresa ou organização ganha uma dimensão que torna imprescindível a racionalização desse processo, que deve então estar pautado no conhecimento técnico, bem estruturado, detalhado, consistente e transparente (SHIMIZU, 2010).

A necessidade de racionalização do problema se deve ao fato de, durante o processo de tomada decisão, serem levantados inúmeros questionamentos que podem causar conflitos e retardar o desenvolvimento da empresa, instituição, órgão e afins. Desta forma, devem estar claros quais são os procedimentos estruturados para determinar as alternativas existentes, os critérios de escolha das alternativas e principalmente o objetivo (SHIMIZU, 2010).

Além de estabelecer todos esses parâmetros, o tomador de decisão tem de ter a sensibilidade de escolher o modelo adequado da realidade do universo em que está trabalhando. Assim como este pode escolher um modelo ótimo da realidade – com toda sua confusão e complexidade – para o qual pretende determinar a melhor decisão, pode também adotar um modelo simplificado e considerar que muitos aspectos da realidade são substancialmente irrelevantes em um dado instante, e realizar a escolha da alternativa usando um quadro simplificado da realidade, considerando apenas os fatores cruciais mais relevantes (SHIMIZU, 2010).

A segunda opção, ou “modelo drasticamente simplificado”, mostra-se certamente mais interessante, por facilitar a adoção de um padrão coerente da realidade simplificada, determinado por um número de alternativas de escolha que atendem o problema e é capaz de achar soluções satisfatórias ou adequadas (SHIMIZU, 2010).

Todavia, para se chegar a um modelo drasticamente simplificado é necessário, antes de tudo, tomar algumas medidas. A primeira é elencar todos os objetivos propostos pelos

tomadores de decisão e filtrar os mais relevantes ou o principal, e preocupar-se em trabalhar numa sequência cronológica coerente de metas (SHIMIZU, 2010).

A segunda é minimizar os riscos de incertezas criando a consciência de que o planejamento não deve ser feito apenas a longo prazo, mas dia após dia, num ambiente que propicie a máxima interação possível entre os elementos que intervêm direta e indiretamente com o sistema organizacional. Outra medida essencial é favorecer ações que façam com que a busca da solução gravite em torno do objetivo principal do problema, e não de forma aleatória ou exaustiva. Por último, deve-se buscar a aprendizagem constante e desenvolver a habilidade de adaptação, de mudar os objetivos conforme as exigências e a dinâmica do ambiente mudam, sabendo quando desviar a atenção e quando revisar o procedimento de busca de solução (SHIMIZU, 2010).

Feito isso, deve-se avançar para um outro momento do processo, que consiste em caracterizar o problema, identificando se este pode ser categorizado como um problema estruturado, semiestruturado ou não estruturado. Em seguida, é preciso determinar, dentro de cada uma dessas categorias, em qual nível de decisão – tático, estratégico, operacional e de liberação – encontra-se o problema, pois, apesar de haver sobreposição entre os tipos de problemas e os níveis de decisão, a responsabilidade de decisão cabe a grupos distintos (SHIMIZU, 2010).

Por fim, analisa-se em que nível de complexidade encontra-se o problema através de questionamentos como: o número de variáveis é tão grande quanto o de objetivos? A ocorrência dos valores das variáveis e/ou objetivos está sujeita a riscos ou incertezas? Os valores das variáveis e os objetivos são definidos de modo impreciso, nebuloso ou difuso? E então buscase, dentro da literatura, o modelo de problema de tomada de decisão que melhor se adeque ao objetivo que o tomador de decisão deseja alcançar (SHIMIZU, 2010).

Como última observação, toda e qualquer etapa até aqui discutida deve ser efetuada com responsabilidade, transparência, uma boa coordenação, recursos suficientes e tempo hábil para executar ações bem planejadas. Fundamentando-se nesses princípios, as chances de se chegar com sucesso a melhor decisão serão sempre as maiores possíveis (SHIMIZU, 2010).

4.1 Método de Análise Multicritério

A Método de Análise Multicritério surgiu por volta dos anos 60, é um método muito utilizado na solução de problemas de Tomada de Decisão, que é um processo onde o agente tomador precisa fazer uma escolha entre várias alternativas, recorrendo ao uso de múltiplos

critérios, que estabelecem preferências entre as ações; os critérios podem ser objetivos, alvos ou metas que desejam ser alcançadas.

O objetivo dessa análise é auxiliar uma pessoa, um grupo de pessoas ou até uma organização (chamados de agentes tomadores) a encontrar soluções que envolvem um problema complexo, que apresenta diversos pontos-de-vista e diversas alternativas diferentes e de grande importância; ela não busca a solução perfeita para o problema, mas sim a mais coerente, que todos entrem em consenso e que acreditam ser a mais apropriada para a situação.

Esse processo decisório envolve uma série de etapas; são essas:

- 4) Especificar a questão a ser resolvida;
- 5) Identificar as diversas alternativas apresentadas para solucionar o problema;
- 6) Definir seus agentes tomadores e seus graus de influência;
- 7) Definir também os critérios e a importância relativa de cada um;
- 8) Atribuir valores a cada critério para cada alternativa identificada.

Existem duas principais linhas de pensamento referentes à tomada de decisão: a escola americana e a escola francesa, que foram as pioneiras na utilização desse método.

A Escola Americana diz que, em qualquer problema de decisão existe uma função com um valor real sobre o conjunto das alternativas, agregando assim atributos que devem ser definidos pelo agente tomador. Sendo assim, a teoria assume que o tomador é capaz de identificar várias alternativas discretas para a avaliação e de estruturar os critérios de maneira hierárquica; ou seja, caso certo critério seja considerado pouco ou menos importante diante de outros critérios, ele receberá um valor inferior ao atribuído aos critérios de maior importância. O Método de Análise Hierárquica AHP (SAATY, 1994) utilizado na escola americana é o método mais conhecido e talvez o mais utilizado em todo o mundo, mas também existem outros como a Teoria de Utilidade Multiatributo (KEENEY e RAIFFA, 1993).

Já a Escola Francesa apresenta dois estágios. No primeiro são realizadas comparações entre as alternativas, fazendo relações de sobreclassificação, no segundo essas relações são exploradas, ordenando as alternativas da melhor para a pior para obter a melhor solução. Nessa escola não existem funções de valor ou utilidade, no entanto existem as preferências dos decisores. É permitida uma modelagem mais flexível do problema, não admitindo a comparabilidade entre todas as alternativas, e diferente da Escola Americana não é obrigatório uma estruturação hierárquica dos critérios existentes. Essa escola possui duas vertentes principais: os métodos ELECTRE e os métodos PROMÉTHÉE (VINCKE, 1989; ROY, 1991. BOUYSSOU, 1993; SCHÄRLIG, 1996; BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986; BARBAROMERO; POMEROL, 1997).

A decisão entre o modelo a ser aplicado depende das características do problema, da preferência do tomador e do tipo de resultado que ele deseja, considerando que além das escolas apresentadas acima, existem muitos outros métodos multicritério disponíveis. É necessário que esta decisão não seja influenciada pela popularidade ou facilidade de aplicação, visto que é desejado que se encontre a melhor solução existente para o problema. A avaliação dos parâmetros escolhidos, a forma de pensar do tomador, o conhecimento sobre o problema, os resultados esperados, a necessidade da decisão do grupo; todos esses são pontos de grande importância para a seleção do modelo a ser usado e que se forem bem verificados, aumentam a confiança nos resultados obtidos.

4.1.1 Métodos Multicritério Aplicados ao Transporte hidroviário

O transporte hidroviário é responsável pela sobrevivência do complexo da bacia Amazônica, pois quase a totalidade do abastecimento básico é feita através de suas vias. Assim, o processo de desenvolvimento econômico e social da região requer bom desempenho da prestação de serviços de transporte fluvial. (FROTA apud DUARTE, 2009).

A navegação fluvial é o mais importante meio de transporte de pessoas e mercadorias na região amazônica, conectando as diversas comunidades e polos de produção, comercialização e consumo estabelecidos junto à sua vasta e notável malha hidroviária. Ao mesmo tempo, a sua dinâmica econômica, suas peculiaridades operacionais e as informações quantitativas e qualitativas da atividade são pouco conhecidas e sistematizadas. (ANTAQ, 2013).

Essa falta de conhecimento sobre o transporte hidroviário da região e as condições atuais dos componentes do sistema de transporte e logística que atendem os municípios do interior gera um empecilho no desenvolvimento econômico e social dos estados da região Amazônica e dificultam a proposição de melhorias no serviço prestado pelas empresas privadas e públicas. Nesse sistema identificam-se problemas, como: infraestrutura portuária inexistente, embarcações de projeto impróprio para o transporte de passageiros e carga, descontinuidade e imprevisibilidade de tempo e rota de viagens, insegurança dos passageiros, falta de conforto, acidentes etc.

Segundo Marque e Kuawahara (2009) avaliando segmentos produtivos no estado do Amazonas, identificaram que em planos governamentais não se pensou no transporte como indutor do crescimento e desenvolvimento econômico, ou o crescimento econômico como gerador de demanda por transportes. Observa-se que a falta de planejamento do transporte

aquaviário dos municípios do interior é um dos importantes de ineficiência no escoamento de insumos e produtos.

Ou seja, todos esses diversos problemas como a falta de infraestrutura adequada, as deficiências de projeto, a não integração do sistema hidroviário com os demais modos de transporte, na maioria dos portos da região, a falta de conhecimento sobre a região e etc., são responsáveis por grande parte dos problemas operacionais ocorridos e pela não confiabilidade dos usuários do sistema (BARBOSA, 1982).

Na área dos portos, a maioria dos artigos estavam relacionados à sua eficiência. Como eles têm um importante papel na cadeia logística, o nível de eficiência portuária influencia enormemente a competitividade de um país. Os artigos relacionados às pesquisas sobre portos se restringiam exclusivamente a comparações entre os nacionais, o que não gera um parâmetro eficaz, visto que a maioria deles apresentam os mesmos agravantes. Para mudar esse panorama, são necessários maiores estudos comparativos em relação aos portos nacionais com outros portos que são considerados de ponta e eficientes.

Em relação às hidrovias, os artigos estão relacionados às potencialidades que elas podem oferecer devido aos aspectos sociais, econômicos, ambientais e institucionais. Vários fatores são avaliados para que haja a eficiência no transporte com maior economia, os principais que foram levados em consideração foram: custos logísticos de transporte, fatores ambientais buscando a sustentabilidade e também um maior planejamento logístico em torno da região. O artigo (CARVALHO, 2008). Análise multicritério de projetos de transporte hidroviário interior] retrata bem esta prerrogativa visto que o objetivo é a decisão sobre a construção de uma nova hidrovia, na Ilha de Marajó analisando os critérios econômicos e socioambientais para a tomada de decisão. Os métodos multicritérios utilizados foram o AHP, PROMETHEE e DEA.

As problemáticas referentes às embarcações do transporte fluvial no país seguiram um padrão relacionado aos tipos de embarcações a serem utilizadas para a navegação. No caso regional, as problemáticas da região seguiram um padrão muito semelhante, facilitando assim, a busca por melhorias e sugestões de trabalhos; para que o uso destas embarcações respeite as normas de segurança, acessibilidade e ergonomia, visando o conforto, segurança e higiene dos passageiros.

Os métodos utilizados nesta categoria foram o DEA, AHP E GRA, ambos utilizados para analisar desempenhos em relação às embarcações. Apesar da baixa procura desta categoria, os artigos sobre embarcações também atingiram um grau satisfatório. Uma publicação se destacou por usar metodologia quantitativa como ferramenta de modelagem de uma

embarcação benchmark no sistema de transporte misto no estado do Amazonas, o que mostra que as embarcações passaram a ser aspectos influenciáveis para parâmetros hidroviários.

Nos parâmetros de cargas, alguns artigos relacionaram a grande vantagem do setor hidroviário para o transporte devido ao seu custo operacional relativamente econômico. Entretanto, tentou-se evidenciar a importância também da integração entre os modais rodoviários e aquaviários. O estudo de parâmetros rodoviários relacionados a carga foi feito pois, visto que por mais que um setor hidroviário seja eficiente para transportes de insumos, o mesmo apenas realiza transporte entre terminais.

Assim, tiveram como foco o modal rodoviário visto que a realidade da matriz de transportes o relaciona como o modal com maior índice de transporte de cargas; portanto, exige sua participação é exigida para propiciar a movimentação porta-a-porta entre os centros urbanos. As metodologias utilizadas foram AHP, GRA e FUZZY.

Com exceção do artigo (VERACRUZ e FORTES, 2007). Causas e consequências da limitação da cabotagem no transporte de carga pela costa brasileira: Uma avaliação hierárquica no trecho Manaus-Santos, que tem como objetivo propor uma avaliação por meio do método AHP para a rota Manaus-Santos, para transporte de carga atribuindo critérios socioeconômicos. A categoria carga teve uma demanda satisfatória, pois retratou várias perspectivas e, além disso, o cenário Amazônico foi bastante retratado nesta categoria, o que mostra um maior interesse neste cenário, onde os rios passaram a serem vistos também como aspecto econômico e não apenas social como é o caso de grande parte da Amazônia.

E por fim, na categoria Tipos de Navegação, (FILHO, 2009). Procedimento Metodológico de avaliação de acessibilidade e mobilidade nos polos produtivos no interior do Amazonas] relacionam a cabotagem como critério necessário para uma melhor navegabilidade, entretanto, o primeiro autor relaciona no âmbito nacional e o outro com ênfase principalmente na Amazônia. A publicação também retrata a necessidade de tornar este tipo de navegação mais viável socioeconomicamente por conta da otimização da logística, buscando a redução dos entraves e contribuindo na competitividade das principais rotas hidroviárias, principalmente por meio de uma logística enxuta que possibilite um melhor acesso entre os modais aquaviários e ferroviários.

Nas 4 publicações, todos retrataram os aspectos econômicos, ambientais, legislativos e sociais. Com relação a análise multicritério, o método AHP foi o único a ser utilizado. A busca por esta categoria foi excelente principalmente no cenário regional onde houve a possibilidade de novos estudos relacionados à Região Norte.

5 MODELAGEM

5.1 Alternativas

Inicialmente buscou-se determinar a vocação econômica e de carga de cada município. A vocação econômica deve ser entendida como os atributos econômicos do município, que podem ser traduzidos como o PIB do município, a movimentação anual de carga, o tipo de mercado predominante na região, produtos mais comercializados, principais clientes e fornecedores, etc. Já a vocação de carga diz respeito diretamente a demanda do município, trata-se dos produtos que atendem ao desejo de consumo daquela economia.

Assim, tomando uma região de estudo B com todas as características que a compõe, percebe-se que essas características irão determinar a demanda dessa região, como esquematiza a Figura 3. Essa demanda, por sua vez, terá uma necessidade de resposta, que deverá ser atendida por um modelo logístico adequado a essas características. Os pilares do transporte hidroviário, que consiste nos principais elementos que compõem o sistema, por sua vez, deverão apresentar uma configuração que seja apropriada para atender a vocação (econômica e de carga) dessa região.

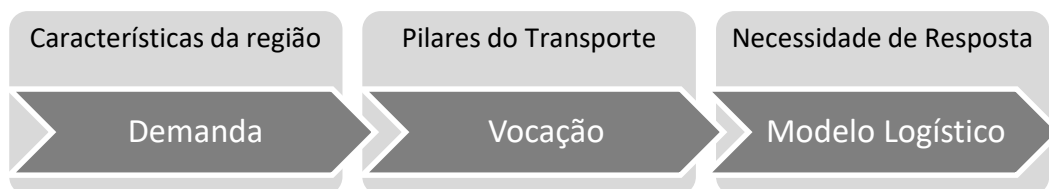


Figura 3: Configuração Geral do Problema

Fonte: O Autor

A vocação, desta forma, estabelece o elo entre esse ponto de partida (demanda) e o objetivo que se deseja alcançar (modelo logístico), seu papel é estabelecer a melhor configuração possível dos pilares do transporte hidroviário, de maneira a gerar um modelo logístico que atenda a necessidade de resposta da demanda.

$$V = f(K_1, K_2, K_3, \dots, K_n) \quad (1)$$

$$V = K_1, K_2, K_3, \dots, K_n = \text{pilares}$$

Em termos matemáticos, pode-se definir que a vocação V de uma região é determinada por uma função $f(K1, K2, K3, \dots, Kn)$, na qual $K1, K2, K3, \dots, Kn$ representam o conjunto que tem a melhor configuração para os pilares estabelecidos, sendo possível assim gerar o modelo logístico mais satisfatório para a demanda da região considerada dadas as suas características.

5.1.1 Pilares do Transporte Hidroviário

O sistema de transporte hidroviário é representado por quatro pilares, a saber: carga, embarcação, hidrovia e porto (PHE, 2012), que estão relacionados conforme Figura 4.

- Carga: Segundo o CSCMP (2013), “carga” é um termo que pode ser associado a mais de uma definição: 1) Termo comum indicando propriedades móveis, mercadoria, ou produtos manufaturados; 2) Todos os materiais que são utilizados para satisfazer as demandas; 3) Total ou parte da carga recebida do remetente, incluindo qualquer equipamento fornecido pelo expedidor.
- Embarcação: Pode ser definida como uma construção feita de madeira, concreto, ferro, aço ou da combinação desses, que flutua e é destinada a transportar pela água pessoas ou cargas.
- Hidrovia: é uma via navegável, que é utilizada por meios de transporte aquáticos para o transporte de mercadorias e passageiros, em oceanos, mares, lagos, rios ou canais. É uma rota pré-determinada para o tráfego aquático, com características como largura, profundidade, sinalização, velocidade da água, dinâmica dos ventos, e outros fatores que determinam essa rota como navegável.
- Porto: Segundo a ANTAQ (2011), porto organizado é aquele construído e aparelhado para atender às necessidades da navegação, do embarque e desembarque de passageiros ou da movimentação e armazenagem de cargas, concedido ou explorado pela União, cujo tráfego e operações portuárias estejam sob a jurisdição de uma autoridade portuária.

Quando tomado cada pilar K_i (Equação 1), observou-se que K_i também é uma função, de modo que $K_i = T(G1, G2, G3, \dots, G_j)$. Sendo T a função “tipo” de K_i , e G_j as várias possibilidades que se podem ter de K . No MHL, foram estabelecidos, como já citado, quatro pilares: carga, embarcação, hidrovia e porto. Assim, para o nosso problema, temos que a vocação V tem suas várias possibilidades, conforme esquematizado no Quadro 4.

Quadro 4: Vocação/Tipos de transporte hidroviário.

		Tipos				
Pilar	<i>K₁: Carga</i>	<i>C₁</i>	<i>C₂</i>	<i>C₃</i>	...	<i>C_b</i>
	<i>K₂: Embarcação</i>	<i>E₁</i>	<i>E₂</i>	<i>E₃</i>	...	<i>E_c</i>
	<i>K₃: Hidrovia</i>	<i>H₁</i>	<i>H₂</i>	<i>H₃</i>	...	<i>H_d</i>
	<i>K₄: Porto</i>	<i>P₁</i>	<i>P₂</i>	<i>P₃</i>	...	<i>P_e</i>

Fonte: o Autor

Estabelecidos os pilares e seus tipos, temos que cada *Pilar*, por sua vez, possui *N* atributos comuns que os caracterizam, dando origem a uma matriz de qualifica o para a uma dada área de estudo. Para melhor compreensão, tome-se o exemplo esquematizado no Quadro 4.

No Quadro 4,   possível observar que, para uma dada área de estudo,   possível combinar *C₁*, *E₁*, *H₁*, *P₁* e gerar uma alternativa *A₁* de modelo logístico, ou ainda, combinar *C₁*, *E₂*, *H₁*, *P₃* e gerar uma alternativa *A₂*, ou mesmo *C₃*, *E₁*, *H₃*, *P₄* e gerar uma alternativa *A₃*, e assim, sucessivamente. Ao final, será possível um número de combina es *Z_n*, isso considerando que todas são factíveis, tal que:

$$Z_n = \frac{n!}{a!(n-a)!} \quad (2)$$

Sendo, *n*   número total de alternativas e *a*   o número de alternativas por combina o. Partindo desse ponto, o desafio foi determinar como seriam geradas essas alternativas de maneira coerente. Assim, dada área de estudo, que se refere a algum município *M* da região considerada, buscou-se então estabelecer as rela es existentes entre município, carga, embarca o, hidrovia e porto. Cada município *M* possui uma determinada demanda de carga que, por sua vez, encontra acomodac o adequada em um determinado tipo de embarca o (Figura 4). Tem-se, portanto, uma rela o linear que parte do município, interliga-se   carga e vai até a embarca o. Porto e Hidrovia, estão relacionadas a embarca o, porém, de forma independente, ou seja, não há uma rela o direta entre porto e hidrovia. Tra ou-se assim a seguinte rela o:

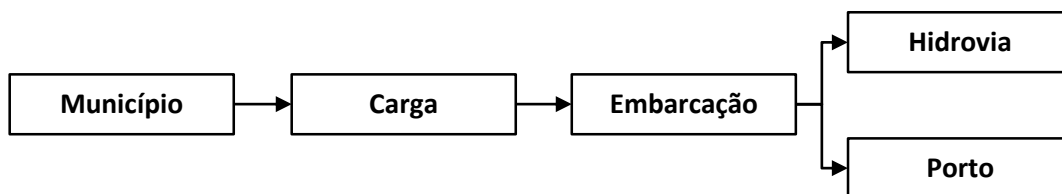


Figura 4: Relação entre os pilares do transporte hidroviário.

Fonte: O Autor

Chega-se assim a uma configuração que associa os elementos do Quadro 5 aos M municípios existentes na região considerada. Há portanto um conjunto M ($M_1, M_2, M_3, \dots, M_a$) de municípios que estão, cada um, associados a uma carga, que pode ser do tipo C_1, C_2, C_3, \dots , ou C_b . Essa carga está associada a uma embarcação, que pode ser do tipo E_1, E_2, E_3, \dots , ou E_c e a embarcação relaciona-se com a hidrovia, que pode ser do tipo H_1, H_2, H_3, \dots , ou H_d da mesma forma, com o porto, que pode ser do tipo P_1, P_2, P_3, \dots , ou P_n . Essas associações possibilitam a existência de n -combinações; pode-se ter, por exemplo, uma alternativa A_1 definida como uma função da forma $A_1(M_1, C_1, E_1, H_1, P_1)$, ou ainda da forma $A_2(M_1, C_1, E_2, H_1, P_2)$, e assim sucessivamente até a alternativa $A_n(M_n, C_n, E_n, H_n, P_n)$.

Quadro 5 – Matriz de alternativas do MHL

Alternativas	Município	Carga	Embarcação	Hidrovia	Porto
A_1	M_1	C_1	E_1	H_1	P_1
A_2	M_2	C_2	E_2	H_2	P_2
A_3	M_3	C_3	E_3	H_3	P_3
A_4	M_4	C_4	E_4	H_4	P_4
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
A_n	M_a	C_b	E_c	H_d	P_e

Fonte: O Autor

Porém, há que se atentar para o fato de que nem todas as combinações são factíveis, pode haver, por exemplo, um determinado tipo de embarcação que não pode ser utilizado em um determinado município devido as características da região. Passou-se então para o próximo passo na modelagem do problema: encontrar um mecanismo que possibilite a exclusão de alternativas infactíveis.

Observou-se que o problema em questão poderia ser solucionado através da Teoria dos Grafos, de maneira que os grafos pudessem traçar as alternativas possíveis. A Figura 4 esquematiza como foi feita a exclusão de alternativas infactíveis.

Cada caminho corresponde a uma alternativa de combinação que é possível, e que pode, portanto, ser de fato considerada uma alternativa, pois o grafo exclui as alternativas infactíveis. A alternativa destacada pelo laço em verde, por exemplo, que será denominada $A_1(M_1, C_1, E_1, H_1, P_1)$, possui um município M_1 que possui uma vocação para a carga C_1 , mas não para C_2 ; porém, se fossem feitas todas as combinações que são possíveis de se fazer, aconteceria de se combinar o M_1 com C_2 , no entanto, essa seria uma possibilidade completamente infactível.

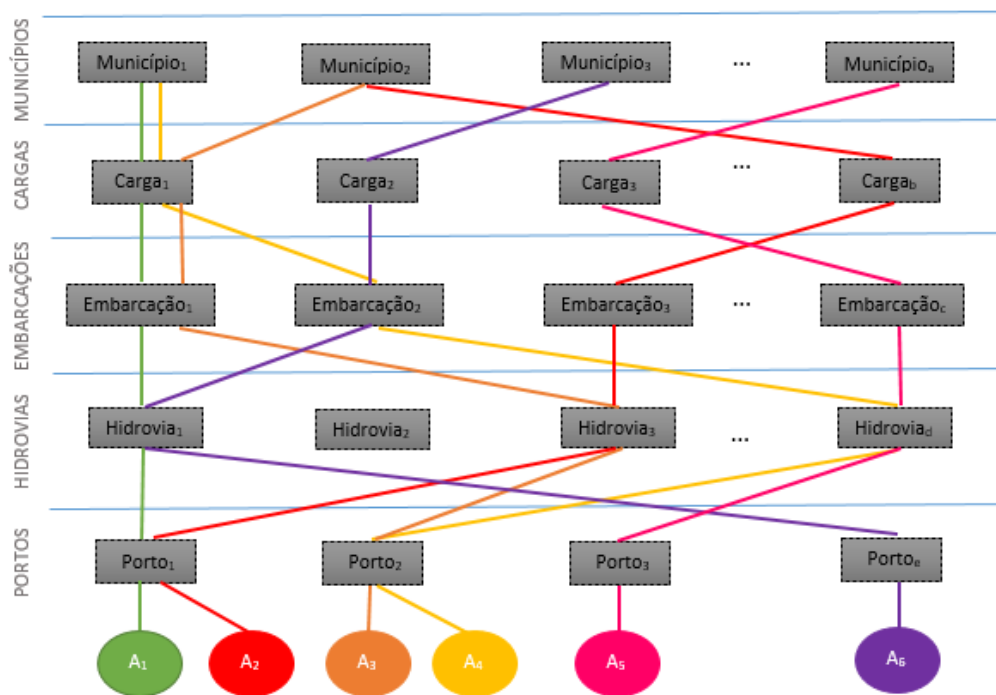


Figura 5: Grafo de construção das alternativas.

Fonte: O Autor

Observando a Figura 5 podem-se identificar os caminhos formados pelo grafo, combinando município, carga, embarcação, hidrovia e porto.

- $A_1 (Município1, Carga1, Embarcação1, Hidrovia1, Porto1)$
- $A_2 (Município2, Carga_b, Embarcação3, Hidrovia3, Porto1)$
- $A_3 (Município2, Carga1, Embarcação1, Hidrovia3, Porto2)$
- $A_4 (Município1, Carga1, Embarcação2, Hidroviad, Porto2)$
- $A_5 (Municípioa, Carga3, Embarcaçãoc, Hidroviad, Porto3)$
- $A_6 (Município3, Carga2, Embarcação2, Hidrovia1, Portoe)$

Sendo assim, cada alternativa A_i será dada pela combinação dos tipos possíveis de combinação de município, carga, embarcação, hidrovia e porto, combinação está que será determinada por uma matriz binária que atribuirá 1 quando houver relação e 0 quando não houver relação entre os tipos. Por fim, traçando-se todos caminhos possíveis, chegou-se a todas as alternativas reais do modelo.

5.2 Critérios

O “Pilar K1” possui N critérios comuns associados a cada tipo C_i , e cada critério atribui uma quantitativa n_{xm} para cada Tipo C_i do “Pilar K1”. A mesma análise é feita para os pilares “Pilar K2”, “Pilar K3” e “Pilar K4”. Assim, por fim, definiram-se os pilares do TH e seus atributos.

Quadro 6: Matriz de critério de avaliação e qualificação.

“Pilar K₁”				
Possibilidades				
Atributos	C_1	C_2	...	C_b
I	Qualificação I,1	Qualificação I,2	...	Qualificação I,m
II	Qualificação II,1	Qualificação II,2	...	Qualificação II,m
.
N	Qualificação n,1	Qualificação n,2	...	Qualificação n,m
“Pilar K₂”				
Possibilidades				
Atributos	E_1	E_2	...	E_c
I	Qualificação I,1	Qualificação I,2	...	Qualificação I,m
II	Qualificação II,1	Qualificação II,2	...	Qualificação II,m
.
N	Qualificação n,1	Qualificação n,2	...	Qualificação n,m
“Pilar K₃”				
Possibilidades				
Atributos	H_1	H_2	...	H_d
I	Qualificação I,1	Qualificação I,2	...	Qualificação I,m
II	Qualificação II,1	Qualificação II,2	...	Qualificação II,m
.
N	Qualificação n,1	Qualificação n,2	...	Qualificação n,m
“Pilar K₄”				
Possibilidades				
Atributos	P_1	P_2	...	P_e
I	Qualificação I,1	Qualificação I,2	...	Qualificação I,m
II	Qualificação II,1	Qualificação II,2	...	Qualificação II,m
.
N	Qualificação n,1	Qualificação n,2	...	Qualificação n,m

Fonte: O Autor

Os critérios avaliados de avaliação pra cada pilar do transporte foram definidos com base na revisão da literatura, são:

- Carga

- Demanda: é o volume de carga transportada nos municípios. Significa dizer o potencial de geração de viagens (atraída e produzida) por uma determinada Zona (município). A demanda é explicada por uma variável quantitativa (tonelada) que expressa grandeza. O critério demanda é considerado o fator mais crítico para a análise do modelo logístico, por ser o foco do transporte, sem demanda não haveria necessidade da carga, tampouco das embarcações e portos, logo é evidência favorece com o mais alto grau de certeza.

- Embarcação

- Comprimento total: É a distância horizontal medida entre os pontos extremos de proa e popa.
- Boca: É a largura da seção transversal a que se referir; a palavra boca, sem referência à seção em que foi tomada, significa a maior largura do casco. Meia boca é a metade da boca.
- Pontal: É a distância vertical, medida junto ao bordo na meia-nau, entre o topo da quilha e o topo do vau do convés superior.
- Calado: refere-se à profundidade em que se encontra o ponto mais baixo da quilha e caracteriza uma restrição que impede a embarcação de navegar em certas vias, principalmente no período de vazante dos rios.
- Deslocamento leve: É o deslocamento que a embarcação, com todos os seus equipamentos e máquinas prontos para funcionar, apresenta quando está completamente descarregada, isto é, sem carga nos porões ou nos demais compartimentos a ela destinados, sem passageiros, tripulantes ou seus pertences, sem provisões, sem água doce, potável ou de lastro e sem combustíveis ou lubrificantes.
- Deslocamento carregado: É o deslocamento que tem a embarcação quando está flutuando na sua condição de maior imersão, ou seja, completamente carregada, e está associado ao calado moldado da embarcação.
- Porte Bruto: O porte bruto é definido como a diferença entre o deslocamento carregado e o deslocamento leve e caracteriza a quantidade de carga que uma

embarcação pode transportar (não apenas a carga paga que normalmente é alocada nos porões ou tanques de carga, mas todo e qualquer item transportado a bordo, exceto quando considerado como item componente do deslocamento leve), sendo normalmente expresso em “toneladas de porte bruto” (TPB) ou “toneladas de *deadweight*” (tdw).

- Velocidade: refere-se à rapidez com que a embarcação transporta a carga. Foram criadas classes que vão de baixa a alta, pois não foi encontrado na literatura a velocidade média em termos quantitativos para todos os tipos de embarcações. Geralmente, apenas embarcações de passageiros navegam em alta velocidade, enquanto que outros tipos de embarcações a velocidade é baixa ou média.
- Potência: Potência instalada no motor/motores.
- No aspecto capacidade, indica-se a tonelada de porte bruto, ou seja, o que pode ser transportado em carga, combustível ou equipamento, a quantidade de carretas, passageiros ou TEU que é o módulo padronizado de um contêiner de 20 pés. Essas características são distintas conforme o tipo de embarcação.

A característica armazenamento refere-se ao local que a embarcação dispõe para as cargas. Estão inclusos porão, convés aberto e coberto, contêiner, tanques, caixas de gelos. Alguns espaços de armazenamento necessitam ser refrigerados.

▪ Porto

- O termo acessibilidade refere-se à via que o porto deve estar conectado para fazer a intermodalidade e a logística ser mais eficiente. Tem-se rodovias, ferrovias e vias terrestres como atributos. As vias terrestres diferem das rodovias, pois significam apenas uma via por onde é possível escoar a carga que chegou ao porto, sem uma infraestrutura tão grande.
- A capacidade de atracação refere-se à quantidade de embarcações que podem atracar no porto ao mesmo tempo. A classe baixa refere-se aos portos que possuem até 2 berços de atracação, a classe média até 6 berços e a classe alta refere-se aos que tem 7 ou mais berços de atracação.
- A vocação de carga refere-se à especialidade do porto, ou seja, o tipo de carga que o porto foi projetado para receber. Têm-se como cargas grãos, minérios, passageiros, carga geral, manufaturados e peixes.

- Hidrovias

- Profundidade mínima: A análise das profundidades mínimas disponíveis nos rios remete diretamente ao grau de acessibilidade de diferentes tipos de embarcações, com diferentes calados. Além do mais o calado das embarcações determina a capacidade de carregamento dos comboios comerciais. PHE (2012).

Quadro 7: Restrições de profundidade mínima.

Trecho com Profundidade Mínima	Potencialidade à navegação	Valor
Maior que 4 m	Muito bom	1
Entre 3 e 4 m	Bom	2
Entre 2 e 3 m	Médio	3
Entre 1 e 2 m	Ruim	4
Menor que 1 m	Muito ruim	5

Fonte: PHE (2012)

- Largura mínima: A largura caracteriza uma das dimensões físicas do rio que impactam diretamente nas condições de navegabilidade do rio. A metodologia consiste na mensuração da menor e da maior distância verificada para cada trecho de 10km de rio, entre as margens do canal principal do rio. Ressalta-se que devido ao fato de as medições serem realizadas sobre a calha principal do rio, eventuais obstáculos existentes nesse, tais como bancos de areia e pedras, podem ocasionar em estreitamentos do rio e conseqüentemente na rota de navegação, não perceptível no presente estudo. O critério adotado para valorar o atributo largura mínima foi o de classificar os trechos de rios de modo a se identificar onde há afunilamentos e passagens demasiadamente estreitas para a navegação de comboios comerciais. As dimensões de um comboio comercial é função do modo de agrupamento das chatas, sendo adotado, no presente plano um comboio típico de 2 x 2, com cerca de 23m de largura e 120m de comprimento.

Quadro 8: Restrições de Largura Mínima.

Largura Mínima do Trecho de Rio	Potencialidade à navegação	Valor
$L_{min} > 100$ m	Muito Bom	1
$75 < L_{min} \leq 100$ m	Bom	2
$50 < L_{min} \leq 75$ m	Médio	3
$L_{min} < 50$ m	Muito Ruim	5

Fonte: PHE (2012).

5.3 Estrutura Hierárquica

A estrutura do problema é composta de quatro (03) níveis (Figura 6) de decisão e resume o processo de seleção do projeto MHL:

- Na raiz da estrutura está o objetivo principal, que é ordenar o projeto MHL;
- No segundo nível estão os pilares do transporte hidroviário/critérios; e
- No quarto nível estão as variáveis (alternativas) de decisão.



Figura 6: Estrutura hierárquica do modelo logístico hidroviário.

A estrutura hierárquica do problema, desenvolvida ao longo do texto, foi obtida de forma interativa, em reuniões sucessivas com os coordenadores e pesquisadores do projeto Modelo Logístico Hidroviário - MLH e por especialista em transportes na Capital da Navegação – Manaus (Figura 7).



Figura 7: Capital da Navegação – Manaus.

Fonte: SINDARMA

O evento é realizado pela Federação Nacional das Empresas de Navegação Aquaviária (FENAVEGA) e Sindicato das Empresas de Navegação Fluvial no Estado do Amazonas (SINDARMA). O evento ocorre a partir das 9h, do dia 6 de outubro, na sala Rio Madeira do Hotel Intercity. Empresários, representantes de vários sindicatos de navegação do Brasil e da Câmara Interamericana de Transportes. Foram convidados parlamentares do Amazonas e representantes de órgãos ligados ao setor de navegação hidroviária do país. Após as discussões será elaborado um documento com indicações e pedidos sobre os problemas apontados.

5.4 Método de Agregação

O Método Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process - AHP*) surgiu na década de 70 e foi desenvolvido por Thomas Saaty para auxiliar na resolução de problemas complexos de tomada de decisão (KUWAHARA, 2008).

Segundo Costa (2010), o método AHP é baseado no procedimento de comparações par-a-par (*pair wise comparisons*). Com base nas comparações de especialistas, obtêm-se as matrizes de julgamentos, de tal forma que $A = [a_{ij}]$, onde $i, j = 1, 2, \dots, m$, que traz o resultado das comparações de pares de elementos em um nível da estrutura hierárquica.

A matriz de julgamento ou matriz de decisão é positiva ($a_{ij} > 0$), quadrada recíproca $n \times n$, tal que $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ e com valores unitários na diagonal principal ($a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$). O valor a_{ij} representa a importância ou preferência relativa e assumem valores de 1 a 9, conforme a escala proposta por Saaty (2004). Então, satisfazendo as propriedades citadas chega-se a uma distribuição de pesos por critérios.

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 Médias Globais - PG. A equação (3) é referente à normalização da matriz de julgamento.

$$a_{ij} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{ik} \quad (3)$$

A PML (4) é obtida para cada um dos nós de julgamentos, pelas médias das linhas da matriz de julgamento normalizada. Após a conclusão dos cálculos das PML, é possível verificar quais alternativas obtiveram as maiores prioridades em relação ao critério julgado.

$$w_k = \sum_{i=1}^n a'_{ij} / n \quad (4)$$

Para calcular a PG (5) é necessário combinar as PML relativas das alternativas e critérios. Os elementos de PG armazenam os desempenhos (prioridades) das alternativas à luz do foco principal.

$$c_d = \sum_{t=1}^{nt} w_t \prod_{l=1}^{nl-1} W_l \quad (5)$$

A estrutura hierárquica das alternativas é obtida por meio de *autovetores* e *autovalores*, que possibilitam o aparecimento de inconsistência no procedimento de comparação. A presença de inconsistência nos julgamentos introduz intransitividades nesta matriz. Para mensurar a intensidade ou grau da inconsistência de uma matriz de julgamentos é necessário avaliar o quanto o maior autovalor desta matriz se afasta da ordem da matriz. Saaty (1980) propõe a equação (6) para o cálculo do Índice de Consistência – IC.

$$IC = \frac{|\lambda_{max} - N|}{N - 1} \quad (6)$$

Para concluir sobre a consistência da matriz, o índice IC deve ser comparado com um índice aleatório de consistência IR. Valores 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 (7), dada por:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (7)$$

O valor limite para a 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 ($RC \leq 0,1$).

5.4.1 Análise de Sensibilidade

Para verificar se o modelo criado para o problema é condizente com a realidade, realizamos o procedimento de análise de sensibilidade que consiste em estudar mudanças nas alternativas ou resultados obtidos pela hierarquia. Esta análise tem a finalidade de avaliar a velocidade com que uma solução se degrada a um nível predeterminado. (GOMES, L.; GOMES; GOMES, F.; ALMEIDA, 2002).

Existem formas de analisar a sensibilidade de problemas de decisão. Dentre elas, podem-se alterar os pesos relativos dos critérios, a quantidade de critérios e de alternativas, por exemplo. Analisado o comportamento do modelo, ele pode ser validado ou então se percebe a necessidade de alterações em alguma etapa.

De acordo com CAMPOS (2011), no caso do problema multicritério, a solução encontrada pode apresentar: Estabilidade fraca se, após a análise de sensibilidade, a melhor solução permanece dentro do conjunto de soluções não dominadas; Estabilidade forte se, após análise de sensibilidade, o conjunto de soluções não dominadas não se altera.

Segundo Wagner (1986, p.103) a análise de sensibilidade tipicamente quer saber até que ponto o parâmetro de entrada pode variar sem causar variações violentas numa solução ótima. Baltar e Cordeiro Netto (1998) dizem que a informação sobre a análise das alternativas deve ser organizada e interpretada de forma que forneça indicadores de sensibilidade ou estabilidade da solução proposta.

6 ESTUDO DE CASO

6.1 Caracterização

O Amazonas apresenta um sistema urbano ou sistema de lugares centrais dinâmico. Segundo o NTCODAM (2013) observa-se que, Manaus é considerado o lugar central de primeira ordem, pois desempenha funções centrais e/ou urbanas que lhe garantem sua primazia na região como um todo.

O município apresenta instituições de grande importância para o próprio município e, também, para sua região. Tal fato induz o município de Manaus a ter uma economia bastante estruturada e diversificada no que tange à oferta de bens e serviços. (THECNA, 2006).

Muitas indústrias estão localizadas em Manaus em função do sistema viário que permite escoar a produção para seu entorno e para grandes centros consumidores como Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro. Segundo o NTCODAM (2013) observa-se que Manaus foi o único centro urbano classificado com acessibilidade excelente.

A cidade é servida por um eixo rodoviário importante, a BR 319. Por três portos que operam com serviço de Turismo, Logo Curso e Cabotagem, além de 58 pontos atracções de embarcações Mistas (carga e passageiro) e Balsas (*Ro-Ro* caboclo). Conta ainda com um aeroporto internacional e um regional (THECNA, 2006).

O desenvolvimento da atividade industrial por sua vez cria demandas que acabam por induzir o crescimento de setores como de comércio e serviços, ou seja, a função industrial é capaz de exercer forte influência sobre o espaço estimulando outras funções desenvolvidas nos centros urbanos.

Apoiado nas colocações de WEBER (1922), afirmar-se que as concentrações de fábricas permitem maior interdependência entre as empresas, em especial entre as do mesmo ramo de atividade, que usufruí de vantagens competitivas como compra de matéria prima em lote, escoamento da produção e especialização da mão-de-obra.

Além da facilidade de acesso, do potencial industrial e da existência seis polos de APL, Manaus apresenta outros bens de serviço que são bem desenvolvidos, tais como: jornais, rádios, emissoras de TV, faculdades que ofereciam mais de 80 cursos superiores das mais diversas áreas, hospitais, leitos hospitalares e leitos de Unidade de Tratamento Intensivo.

6.1.1 Portos

Os tipos de portos para a navegação interior, o grau de movimentação de cargas, atividade econômica e classificação cargas e embarcações especificadas para a demanda do porto, de maneira geral. O Quadro 9 permite a classificação do modelo ideal de porto.

Quadro 9: Caracterização dos portos.

Tipo	Cargas	Econômica	Cap. de Atracação	Vocação de Carga	Embarcações
Estação de Transbordo de Cargas 1	Médio	Conexão Agricultura Mineração	Baixa	Granéis	Balsas Graneleiras Balsas Petroleira
Estação de Transbordo de Cargas 2	Médio	Conexão Agricultura Mineração	Média	Granéis	Balsas Graneleiras Balsas Petroleira
Porto Turístico 1	Pequeno	Turismo	Baixa	Passageiros	Expresso Embarcação Mista
Porto Turístico 2	Médio	Turismo	Média	Passageiros	Expresso Embarcação Mista
Porto de Passageiros 1	Pequeno	Geral	Baixa	Passageiros	Expresso Embarcação Mista Ferry Boat
Porto de Passageiros 2	Médio	Geral	Média	Passageiros	Expresso Embarcação Mista Ferry Boat
Porto de Carga Geral Conteneirizada 1	Médio	Geral	Média	Carga Geral	Balsas Carreteiras Balsas de Contêiner Balsa Armazém Balsa de Carga Geral
Porto de Carga Geral Conteneirizada 2	Médio	Geral	Média	Manufaturados	Balsas Carreteiras Balsas de Contêiner Balsa Armazém Balsa de Carga Geral
Porto Multifuncional 1	Pequeno	Conexão Geral	Baixa	Carga Geral Passageiros Peixes Granéis	Balsas Carreteiras Ferry Boat Balsa Armazém Balsa de Carga Geral Embarcação Mista
Porto Multifuncional 2	Pequeno	Conexão Geral	Média	Carga Geral Passageiros Peixes Granéis	Balsas Carreteiras Ferry Boat Balsa Armazém Balsa de Carga Geral Embarcação Mista
Porto de Contêiner 1	Média	Indústria	Média	Manufaturados/Peixes/Carga Geral	Balsas Carreteiras Balsas de Contêiner Balsa Armazém Balsa de Carga Geral
Porto de Contêiner 2	Média	Indústria	Alta	Manufaturados Peixes Carga Geral	Balsas Carreteiras Balsas de Contêiner Balsa Armazém Balsa de Carga Geral
Portos Pesqueiros 1	Pequeno	Conexão Pesca	Média	Peixes	Balsas Carreteiras Balsas de Contêiner Balsa Armazém Balsa de Carga Geral Embarcação Mista
Portos Pesqueiros 2	Médio	Conexão Pesca	Alta	Peixes	Balsas Carreteiras Balsas de Contêiner Balsa Armazém Balsa de Carga Geral Embarcação Mista

Fonte: O Autor

6.1.2 Embarcações

A navegação interior da Amazônia apresenta vários aspectos particulares. Um deles diz respeito à existência de um grande número de embarcações que trafegam na região oferecendo serviços de diferentes padrões de qualidade, porém com certa regularidade de seus serviços e outras com operação aleatória e sem regularidade nos serviços ofertados, conforme MORAES (2008).

Através da formação de um banco de dados de embarcações semelhantes, busca-se encontrar relações que definam, a nível preliminar, as características principais das embarcações do transporte hidroviário da Amazônia destinadas ao transporte misto (cargas e passageiros) construídas em madeira e aço.

Quadro 10: Caracterização das Embarcações.

	Características							
	Comprimento (m)		Boca (m)		Pontal (m)		Calado (m)	
	(mín)	(máx)	(mín)	(máx)	(mín)	(máx)	(mín)	(máx)
Balsas Graneleiras	55.80	68.20	10.80	13.20	3.84	4.70	2.85	4.27
Balsas Carreteiras	75.60	92.40	13.50	16.50	1.20	1.80	0.97	1.45
Balsas Petroleiras	48.00	72.00	12.00	18.00	2.40	3.60	2.04	3.06
Balsa de Carga Geral	75.60	92.40	13.50	16.50	1.20	1.80	0.97	1.45
Expresso	18.40	27.60	3.20	4.80	1.20	1.80	0.53	0.79
Ferry Boat	33.76	50.64	7.20	10.80	1.92	2.88	1.15	1.73
Balsa Armazém Flutuante	75.60	92.40	13.50	16.50	1.20	1.80	0.97	1.45
Porta Contêiner	75.60	92.40	13.50	16.50	1.20	1.80	0.97	1.45

Fonte: O Autor

As relações obtidas possibilitam estabelecer formulações que indiquem de forma simples e rápida os aspectos de projeto para cada necessidade de transporte dos armadores regionais

6.1.3 Hidrovias

A hidrovia ou via navegável é o aproveitamento de um recurso natural, como via de navegação para o transporte de pessoas e cargas, respeitadas as condições ambientais, de segurança e de navegabilidade do rio. As hidrovias levam em consideração a capacidade das vias em permitir tráfego em função das dimensões (boca, calado, comprimento e tirante de ar)

e da capacidade de carga das embarcações. Essa classificação difere em cada país, porém todas elas retornam como critérios básicos os tipos de embarcações ou restringem-se nas particularidades dos órgãos classificadores.

No que tange ao conceito de hidrovias, o Plano de Hidroviário Estratégico – PHE (2012) considerada hidrovias os rios navegáveis o ano todo, permitindo a navegação segura de comboios ou embarcações autopropulsadas com grande capacidade para o transporte de cargas e passageiros.

Quadro 11: Modelo de classificação de hidrovias (Comboio Empurrado).

Tipo de Vias Navegáveis Interiores	Classe de Vias Navegáveis	Arranjo	Comp. Máximo	Boca Máxima	Calado	Tonelagem
		Nxn	L(m)	B(m)	D(m)	T(ton)
1	2	8	9	10	11	12
De importância Internacional	VI	1x1	85 - 149,9	10,0 - 17,9	2,0 - 2,9	1000 - 6500
	VII	2x3	150 - 219,9	18 - 25,9	3,0 - 3,9	6500 - 14000
	VIII	3x4	220 - 249,9	26,0 - 33,9	4,0 - 4,9	14500 - 30000
	IX	4x5	250 - 309,9	34 - 47,9	5,0 - 5,9	30000 - 52000
	X	5x6	310 - 372	48,0 - 60,0	6,0 - 7,0	52000 - 77000

Fonte: PHE (2012)

Quadro 12: Modelo de classificação de hidrovias (Embarcações a Motor).

Tipo de Vias Navegáveis Interiores	Classe de Vias Navegáveis	Designação	Comp. Máximo	Boca Máxima	Calado	Tonelagem
			L(m)	B(m)	D(m)	T(ton)
1	2	3	4	5	6	7
Recreacional	I	Tipo 1	até 12	até 4	até 1,3	-
	II	Tipo 2	12,1 - 38,4	4,0 - 4,9	1,3 - 2,2	< 300
De importância Regional	III	Tipo 3	38,5 - 49,9	5,0 - 6,49	1,70 - 2,0	< 300
	IV	Tipo 4	50 - 64,9	6,5 - 7,9	1,9 - 2,2	300 - 600
	V	Tipo 5	65 - 84,9	8,0 - 9,9	2,21 - 2,5	600 - 1200
De importância Internacional	VI	Tipo 6	85 - 149,9	10,0 - 17,9	2,0 - 2,9	1000 - 6500
	X					

Fonte: PHE (2012)

BRIGHETTI (2001) afirma que as vias navegáveis podem ser divididas em: vias navegáveis naturais, que podem garantir profundidades adequadas a navegação mesmo em épocas de estiagem. Em vias navegáveis artificiais, são aquelas que para alcançar a

navegabilidade, necessitam de intervenção de obras, como regularização do leito, obras de estabilização, dragagens, canalização, etc.

6.1.4 Cargas

Na análise do fluxo de cargas que ocorreram em Manaus no ano de 2012, conforme o anuário da ANTAQ (2012), tanto no porto público com nos portos privados, foram estimados alguns valores próximos da realidade, para que possam ser aplicados no estudo de caso. A movimentação portuária que ocorreu em 2012 em Manaus, no transporte interior, foi de 8.181.426t de cargas de granel sólido, granel líquido e carga geral.

Quadro 13 - Movimentação portuária nos terminais de uso privativo em Manaus.

Granel sólido	Granel líquido	Carga geral	Total
2,599,022	3,040,558	2,541,846	8,181,426

Fonte: ANATQ (2012).

No ano de 2012 houve um fluxo de 2.559.022 t no transporte de granel sólido nos terminais de uso privativo em Manaus, 3.040.558 t no transporte de granel líquido e 2.541.846 t de carga geral, no total de 8.181.428 t de cargas movimentadas nos portos de uso privativo, considerando apenas a navegação interior.

6.2 Alternativas

No estudo de caso do trabalho foram selecionadas 20 combinações possíveis de carga, embarcação, hidrovia e porto para a cidade de Manaus e os valores obtidos para cada um dos estudos de casos podem ser observados na tabela abaixo:

Os resultados obtidos para a demanda de carga retirados no site da ANTAQ (2012), refletem as quantidades de carga que entram e saem de Manaus no ano, nestes dados é possível notar que a quantidade transportada de granel sólido no ano representa 32% do total, granel líquido 37% e carga geral 31%.

Pode-se notar que a vocação de carga maior para Manaus é o granel líquido, mas os outros tipos de carga estão com valores bastante próximos desta quantidade.

Quadro 14: Variação de valores das alternativas.

Cidade:	Carga	Embarcação			Hidrovia		Porto	
	Demanda	Velocidade	Potência	Capacidade	Profundidade	Largura	Operação	Cap. Atracação
EC1	Granel Líquido	Balsa Petroleira			Via Classe IX		Estação de Transbordo de Carga 2	
	3,040,558 t	Média 5 nós	Média de 1170 HP	Média de 1820 t	6.4 m	210.76 m	Médio	Média
EC2	Carga Geral	Embarcação Mista			Via Classe IV		Porto Multifuncional 4	
	2,541,846 t	Média de 12.5 nós	Média de 315 HP	Média de 59.76 t	2.7 m	34.7 m	Médio	Baixa
wEC3	Carga Geral	Ferry Boat			Via Classe V		Porto Multifuncional 2	
	2,541,846 t	Média de 9 nós	Média de 468 HP	Média de 97.8 t	3 m	39.6 m	Pequeno	Média
EC4	Carga Geral	Balsa Armazem Flutuante			Via Classe VI		Porto de Carga Geral Containerizada 2	
	2,541,846 t	Média de 9 nós	Média de 468 HP	Média de 97.8 t	3.4 m	71.6 m	Médio	Média
EC5	Carga Geral	Porta Container			Via Classe VII		Porto de Carga Geral Conteirizada 3	
	2,541,846 t	Média de 9 nós	Média de 468 HP	Média de 97.8 t	4.4 m	114 m	Médio	Média
EC6	Carga Geral	Balsa de Carga Geral			Via Classe VIII		Porto de Carga Geral Containerizada 1	
	2,541,846 t	Média de 9 nós	Média de 468 HP	Média de 97.8 t	5.4 m	150 m	Médio	Média
EC7	Passageiros	Expresso			Via Classe III		Porto de Passageiros 1	
	1,562,955 t	Média de 25 nós	Média de 600 HP	Média de 13.6 t	1.5 m	28.6 m	Pequeno	Baixa
EC7	Passageiros	Ferry Boat			Via Classe VI		Porto Multifuncional 5	
	1,562,955 t	Média 9 nós	Média de 468 HP	Média de 97.8 t	3.4 m	71.6 m	Médio	Alta
EC8	Passageiros	Embarcação Mista			Via Classe II		Porto Multifuncional 5	
	1,562,955 t	Média de 12.5 nós	Média de 315 HP	Média de 59.76 t	2.7 m	22 m	Médio	Média
EC9	Passageiros	Embarcação Mista			Via Classe II		Porto Multifuncional 5	
	1,562,955 t	Média de 12.5 nós	Média de 315 HP	Média de 59.76 t	2.7 m	22 m	Médio	Média
EC10	Passageiro	Ferry Boat			Via Classe X		Porto de Carga Geral Containerizada 3	
	1,562,955 t	Média de 9 nós	Média de 468 HP	Média de 97.8 t	7.5 m	264 m	Médio	Média
EC11	Granel Líquido	Balsa Petroleira			Via Classe IX		Estação de Transbordo de Carga 1	
	3,040,558 t	Média 5 nós	Média de 1170 HP	Média de 1820 t	6.4 m	210.76 m	Médio	Baixa
EC12	Granel Líquido	Balsa Petroleira			Via Classe IX		Estação de Transbordo de Carga 3	
	3,040,558 t	Média 5 nós	Média de 1170 HP	Média de 1820 t	6.4 m	210.76 m	Grande	Baixa
EC13	Granel Líquido	Balsa Petroleira			Via Classe X		Estação de Transbordo de Carga 4	
	3,040,558 t	Média 5 nós	Média de 1170 HP	Média de 1820 t	7.5 m	264 m	Grande	Média
EC14	Granel Sólido	Balsa Graneleira			Via Classe VIII		Estação de Transbordo de Carga 1	
	2,599,022 t	Média 5 nós	Média de 1170 HP	Média de 2500 t	5.4 m	150 m	Médio	Baixa
EC15	Granel Sólido	Balsa Graneleira			Via Classe IX		Estação de Transbordo de Carga 2	
	2,599,022 t	Média 5 nós	Média de 1170 HP	Média de 2500 t	6.4 m	210.76 m	Médio	Média
EC16	Granel Sólido	Balsa Graneleira			Via Classe X		Estação de Transbordo de Carga 3	
	2,599,022 t	Média 5 nós	Média de 1170 HP	Média de 2500 t	7.5 m	264 m	Grande	Baixa
EC17	Granel Sólido	Balsa Graneleira			Via Classe VIII		Estação de Transbordo de Carga 4	
	2,599,022 t	Média 5 nós	Média de 1170 HP	Média de 2500 t	5.4 m	150 m	Grande	Média
EC18	Carga Geral	Balsa de Carga Geral			Via Classe VII		Porto Multifuncional 4	
	2,541,846 t	Média de 9 nós	Média de 468 HP	Média de 97.8 t	4.4 m	114 m	Médio	Baixa
EC19	Carga Geral	Ferry Boat			Via Classe X		Porto de Carga Geral Containerizada 3	
	2,541,846 t	Média de 9 nós	Média de 468 HP	Média de 97.8 t	7.5 m	264 m	Grande	Baixa
EC20	Carga Geral	Embarcação Mista			Via Classe II		Porto Multifuncional 1	
	2,541,846 t	Média de 12.5 nós	Média de 315 HP	Média de 59.76 t	2.7 m	22 m	Pequeno	Baixa

Fonte: O Autor

Após a definição dos pesos para cada critério, foram selecionadas as alternativas e o estudo de caso foi aplicado. Estas embarcações possuem forte influência no transporte fluvial

em Manaus, então cuidadosamente foram escolhidas as alternativas para a aplicação do estudo, visto na tabela (), e atribui-se valores quantitativos conforme o modelo de Saaty (1991) para aquelas variáveis possuíam aspectos qualitativos.

Quadro 15: Desempenho dos critérios no conjunto de alternativas.

	Carga	Embarcação			Hidrovia		Porto	
	Demanda	Velocidade	Potência	Capacidade	Profundidade	Largura	Operação	Cap. Atracação
A1	3040558	5	1170	1820	6.4	210.76	3	3
A2	2541846	12.5	315	59.76	2.7	34.7	3	2
A3	2541846	9	468	97.8	3	39.6	2	3
A4	2541846	9	468	97.8	3.4	71.6	3	3
A5	2541846	9	468	97.8	4.4	114	3	3
A6	2541846	9	468	87.8	5.4	150	3	3
A7	1562955	25	600	13.6	1.5	28.6	2	2
A8	1562955	9	468	97.8	3.4	71.6	3	4
A9	1562955	12.5	315	59.76	2.7	22	3	3
A10	1562955	9	468	97.8	7.5	264	3	3
A11	3040558	5	1170	1820	6.4	210.76	3	2
A12	3040558	5	1170	1820	6.4	210.76	4	2
A13	3040558	5	1170	1820	7.5	264	4	3
A14	2599022	5	1170	2500	5.4	150	3	2
A15	2599022	5	1170	2500	6.4	210.76	3	3
A16	2599022	5	1170	2500	7.5	264	4	2
A17	2599022	5	1170	2500	5.4	150	4	2
A18	2541846	9	468	87.8	4.4	114	3	2
A19	2541846	9	468	97.8	7.5	264	4	2
A20	2541846	12.5	315	59.76	2.7	22	2	2

Fonte: O Autor.

A seguir o Quadro 15 apresenta todos os critérios em conjunto com as alternativas avaliadas e suas características. Em seguida, após os pesos dos critérios serem definidos, foram distribuídos os pesos para cada alternativa, para que desta forma fossem avaliadas as relevâncias de cada critério para cada alternativa.

6.3 Julgamento dos Critérios

O critério demanda é considerado o fator mais crítico para a análise do modelo logístico, por ser o foco do transporte, sem demanda não haveria necessidade da carga, tampouco das embarcações e portos, logo é evidência favorece com o mais alto grau de certeza. Após o critério demanda, foi considerado o segundo mais importante o fator profundidade da hidrovia, pois através desta é permitida a navegação segura de embarcações com grande capacidade para o

transporte de cargas e passageiros, sendo imprescindível para a determinação do calado das embarcações.

O terceiro fator definido foi a largura da hidrovia, sendo crítica para a determinação da boca e capacidade de manobra das embarcações. O fator determinante para a profundidade mínima da hidrovia possuir maior importância em relação a largura da mesma é pela condição de calado da embarcação, pois quanto maior for a profundidade da hidrovia, maior será a capacidade de carga desta embarcação, suprimindo o fator carga. Em quarto foi decidido o fator capacidade da embarcação, sendo de suma importância para o transporte da carga, quanto maior a capacidade de transporte desta embarcação, mais eficiente será para o suprimento da demanda de carga, sendo classificada como importância grande ou essencial para os demais critérios.

Quadro 16: Peso dos critérios.

		Peso 1	Peso 2	Varição
CARGA	Demanda	12.50	32.68	20.1764
EMBARCAÇÃO	Velocidade	12.50	7.34	-5.15964
	Potência	12.50	4.98	-7.52042
	Capacidade	12.50	10.77	-1.73378
HIDROVIA	Profundidade	12.50	22.73	10.234
	Largura	12.50	15.69	3.18539
PORTO	Operação	12.50	3.40	-9.09847
	Cap. Atracação	12.50	2.42	-10.0834
		100.00	100.00	0

Fonte: O Autor

O critério capacidade de carga da embarcação depende da carga a ser transportada, que depende da condição de profundidade e largura da hidrovia, estes são os que estão acima da capacidade de carga da embarcação.

O quinto critério definido foi o de velocidade da embarcação, sendo imprescindível para determinar a rapidez com que a carga é transportada, o fator crucial para determinar a velocidade da embarcação é a capacidade de carga. Geralmente, apenas embarcações de passageiros navegam em alta velocidade, enquanto que outros tipos de embarcações a velocidade são baixos ou média.

O Sexto fator utilizado no AHP foi a potência da embarcação, que está ligado diretamente com o consumo de combustível e capacidade de carga da embarcação.

Embarcações que apresentaram graus de capacidade bastante elevados, possuem taxas de potências elevadas, elevando o consumo de combustível e custo.

O penúltimo critério selecionado para o modelo logístico hidroviário foi a operação do porto, este é subordinado pelos critérios anteriores. Para que um porto possa ser classificado como ótimo em operação, este deve possuir boa velocidade durante o processo de carga e descarga das cargas vindas das embarcações. Por fim, o último critério da sequência foi a capacidade de atracação do porto, este é o critério considerado com menor relevância comparados aos outros critérios avaliados, porém, possui seu grau de eficiência e importância. A capacidade de atracação do porto determina quantidade de embarcações que podem atracar no porto ao mesmo tempo, os portos que se adaptam de forma mais eficiente as embarcações são os que tem alta capacidade de atracação.

6.3.1 Cálculo de Consistência

A hierarquia do AHP permite que elementos distintos, ou mesmo incomensuráveis, sejam comparados entre si de maneira racional e consistente. A racionalidade provém da quantificação enquanto que a consistência é assegurada pelo modelo, utilizando auto vetores. Considerando que a percepção humana não é capaz de analisar simultaneamente todos os critérios e preferências, o AHP permite a construção de um modelo hierárquico de pesos e critérios para auxiliar na tomada de decisão. Além disso, em problemas complexos, por existir uma grande variedade de alternativas, não é humanamente possível analisar todas as soluções individualmente nem as comparar. Uma vez modeladas as preferências, critérios e pesos, o método AHP permite analisar muitas alternativas.

Quadro 17: Consistência dos pesos dos critérios.

	Carga	Embarcação			Hidrovia		Porto		
	Demanda	Velocidade	Potência	Capacidade	Profundidade	Largura	Operação	Cap. Atracação	
Total	2.718	16.083	21.833	11.283	4.593	7.450	28.500	36.000	
Média	0.327	0.073	0.050	0.108	0.227	0.157	0.034	0.024	
Σ	0.888	1.181	1.087	1.215	1.044	1.169	0.969	0.870	8.42
IC	0.06								
RC	0.0428339	4.28%		< 10%					

Fonte: O Autor

No cálculo do grau de consistência, utilizou-se a matriz de pesos dos critérios e a matriz de peso dos critérios normalizada. No primeiro caso foi feito um somatório de cada coluna para cada critério, obtendo assim o somatório do peso total de cada item. Na matriz normalizada, os valores são referentes a matriz de pesos dos critérios, cada valor da matriz é dividido pelo somatório das colunas correspondentes, gerando assim a matriz normalizada, com isso é feito o somatório na linha da matriz normalizada, para cada critério.

Em seguida foi dividido o somatório em coluna da matriz de pesos dos critérios pelo somatório em colunas dos pesos dos critérios normalizada, para cada critério empregado no AHP. O produtório entre esses valores resultou em um valor de 8.42. Com um este resultado, foi utilizada a equação do índice de inconsistência proposto por Saaty (1991), o valor obtido foi de 0.06. Em seguida, foi calculada a razão de consistência (RC). A condição de consistência dos julgamentos deve ser menor que 10%, $RC < 10\%$. A razão de consistência calculada foi de 4.28%.

6.4 Resultados

Neste tópico será explicado a ordenação de alternativas, por que os itens de maior rendimento são os melhores e por que os itens de baixo desempenho são inferiores em relação a qualidade logística dos mesmos. O resultado de desempenho encontrado neste trabalho para o transporte hidroviário na cidade de Manaus em 2012 é apresentado na Figura 8.

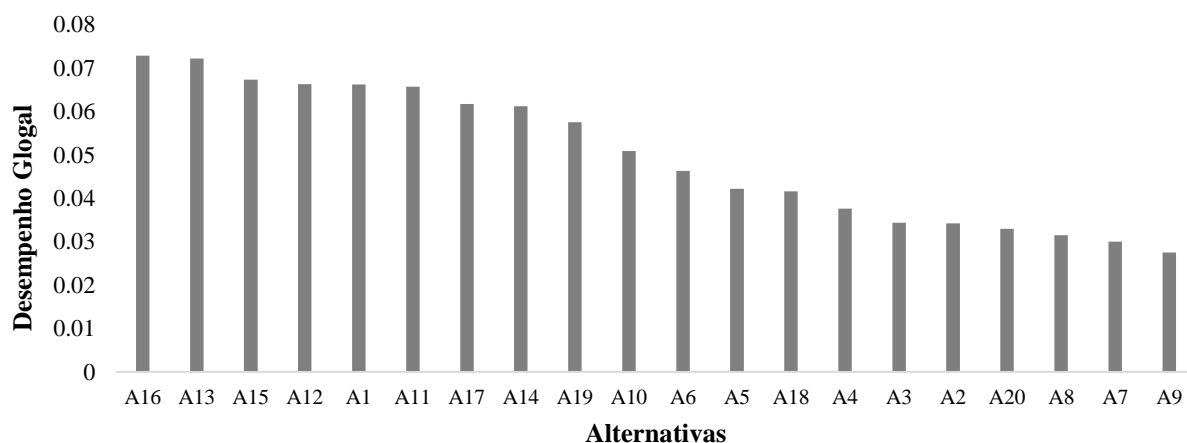


Figura 8: Desempenho global das alternativas dos cenários 2.

Fonte: O Autor

O fator preponderante nesse estudo é a carga transportada e em seguida a hidrovia, depois embarcação e porto. Se pensarmos de uma forma mais pratica chegaremos a seguinte

ideia, supondo que exista grande demanda de uma carga para ser transportada de um destino X a um Y e para isso é necessário se ter uma hidrovia de qualidade para acontecer esse transporte, em seguida é necessário investimento em embarcações de desempenho adequado juntamente com portos que se adaptem a embarcação e a carga a ser transportada. Nesta cadeia exemplificada fica evidente a ordem hierárquica dos pilares e é isso que explica a classificação das alternativas.

As alternativas que estão nas 5 primeiras posições transportam cargas como granel líquido ou granel sólido, utilizando balsas petroleiras ou graneleiras, logo necessitam de hidrovias de alta capacidade. Essas alternativas assim como o modelo pode prever são as que conduzem a maior valor econômico aquaviário na cidade de Manaus no ano de 2012.

As alternativas que estão nas 5 últimas posições transportam cargas do tipo passageiro, utilizando embarcações mistas ou expressos, devido a demanda de passageiros ser menor do que do que os outros tipos de carga e também as embarcações não possuem uma eficiência energética ao nível de balsas graneleiras ou petroleiras.

6.4.1 Sensibilidade

A análise de sensibilidade foi realizada em duas etapas, na primeira foi comparado os desempenhos com os pesos de critérios determinados pelo AHP ao resultado de desempenho considerando os pesos dos critérios iguais, a segunda etapa foi retirada do modelo as alternativas A13 e A16 que são as com maiores desempenhos.

- Teste 1: Comparar diferença de resultado modificando os pesos 1 e 2

Nesta etapa foi analisado o resultado de desempenho considerando o peso dos critérios iguais a 0.125 ou 1/8. Em seguida compara-se o resultado aos desempenhos obtidos anteriormente com os pesos obtidos no modelo AHP. Na tabela abaixo é possível verificar a variação dos desempenhos: Em relação aos itens que estão nas últimas posições da Figura 9 a ordem das alternativas mudou de forma mais significativa.

PESOS AHP	A16	A13	A15	A12	A1	A11	A17	A14	A19	A10	A6	A5	A18	A4	A3	A2	A20	A8	A7	A9
	0,073	0,072	0,067	0,066	0,066	0,066	0,062	0,061	0,058	0,051	0,046	0,042	0,042	0,038	0,034	0,034	0,033	0,032	0,03	0,028

PESOS IGUAIS	A16	A13	A15	A1	A12	A17	A11	A14	A19	A10	A6	A5	A7	A18	A4	A8	A3	A2	A9	A20
	0,071	0,07	0,068	0,064	0,064	0,064	0,062	0,062	0,051	0,049	0,044	0,041	0,039	0,039	0,038	0,038	0,034	0,034	0,034	0,032

Figura 9: Consistência dos pesos dos critérios no teste 1 (peso 1 e 2)

Fonte: O Autor

Pode-se observar através da tabela que a diferença entre os resultados com a modificação dos pesos foi relativamente baixa, mas apesar disso algumas alternativas modificaram suas posições no índice geral de desempenho, no caso dos que estão no topo da tabela de desempenho o resultado foi modificada a alternativa A12 que estava com o quarto melhor desempenho no peso do AHP foi para quinto com os pesos constantes.

- Retirar dos resultados os itens A16 e A13:

Com a retirada dessas duas alternativas o método deve registrar a mesma classificação de alternativas, sendo que o item da terceira posição deve ir para a primeira e assim sucessivamente (Figura 10).

AHP	A15	A12	A1	A11	A17	A14	A19	A10	A6	A5	A18	A4	A3	A2	A20	A8	A7	A9
	0,081	0,079	0,079	0,078	0,074	0,073	0,067	0,06	0,054	0,049	0,048	0,043	0,039	0,039	0,037	0,036	0,034	0,031

Figura 10: Consistência dos pesos dos critérios no teste 2.

Fonte: O Autor

Como pode ser visto na Figura 10 a ordem de alternativas seguiu a mesma sequência quando foram retirados os itens A16 e A13, com isso podemos afirmar que o modelo apresenta consistência quando submetido a modificações desse gênero.

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados do MHL aplicado a Manaus para o transporte de carga de todo ano de 2012, podemos concluir as seguintes informações:

- A implementação do AHP se mostrou consistente, pois a razão de consistência foi de 4.28 %, ou seja, o peso dos critérios foi determinado de forma coerente.
- A geração das alternativas foi realizada com base em informações da ANTAQ, de projetos de embarcações da Amazônia e o Plano Hidroviário Estratégico, logo possuem confiabilidade e robustez na elaboração.
- O modelo AHP elaborado considerando os pesos dos critérios de forma qualitativa e as alternativas com pesos quantitativos foi suficiente para a obtenção de resultados mais precisos do que se fosse considerado o peso das alternativas de forma qualitativa.
- Em relação a sensibilidade, em todas as situações trabalhadas o resultado de desempenho não fugiu da linha de raciocínio inicial, isso significa que mesmo com a retirada de algumas alternativas o resultado apresentou uma classificação que não foge do pré-estabelecido.

De acordo com o desenvolvimento do trabalho pode-se observar que o MHL direciona o desempenho de forma proporcional a qualidade da cadeia logística dos transportes executados, a partir disso podemos afirmar qual a carga, hidrovia, embarcação e tipo de porto mais eficientes.

Os modelos logísticos de melhor qualidade também são aqueles com maior valor econômico agregado e isso indica que o transporte de passageiros na Amazônia vem sendo realizado de forma precária devido ao seu baixo valor agregado.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. M. de; GRANEMANN, S. R.; GARTNER, I.; BERNARDES, R. S. (2000). “Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: aplicação do método AHP”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 2, pp. 257 - 262.

ABREU, L. F. A., BARON, G. D., SILVA, V. M. D., ROSA, H. e COELHO, A. S. (2008) Panorama dos planos estratégicos de investimentos em infraestrutura de transporte e logística para a Amazônia. Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, RJ.

ALMEIDA, C. F. (2008) Elaboração de rede de transporte multimodal de cargas para a região Amazônica sob o enfoque de desenvolvimento econômico. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília.

ALMEIDA, Cristiano Farias. Elaboração de Rede de transporte multimodal de carga para a Região Amazônica sob o enfoque de desenvolvimento econômico. 2011.

ANTAQ, Anuário Estatístico Aquaviário 2013. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br>>. Acesso em: 12.mai.2015.

ANTAQ (2013). Caracterização da oferta e da Demanda do Transporte fluvial de passageiros da região amazônica. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Brasília.

ANTAQ - Agencia Nacional De Transporte Aquaviário (2008). Movimentação de Carga. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/>>. Acesso em: 08 de agosto de 2010.

ANTAQ (2011) RESOLUÇÃO Nº 2240 - ANTAQ, de 4 de outubro de 2011. Agência Nacional de Transporte Aquaviário.

ARACENA, J. G. N., SILVA, A. M. M. e SANTOS, A. M. (2013) Construção de embarcações em madeira na região Amazônica. Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. SOBENA. Jahú, SP – Brasil.

ASSUMPCÃO, Maria Rita Pontes. Reflexão para gestão tecnológica em cadeias de suprimento. Gestão & Produção, v. 10, n. 3, p. 345-362, 2003.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos-: Logística Empresarial. Bookman, 2006.

BALTAR, A. M.; CORDEIRO NETTO, O. D. M. Métodos multicritério aplicados à hierarquização de investimentos na área de recursos hídricos. Simpósio Internacional de Gestão de Recursos Hídricos. Gramado: ABRH. 1998.

BARBOSA, Evandro Brandão et al. Transporte fluvial de passageiros: logística nos portos e itinerários do estado do Amazonas. Observatorio de la Economía Latinoamericana, n. 194, 2014.

BRANSKI, R. M., e LIMA JR., O. F. (2013) Atributos das plataformas logísticas inteligentes. Anais da XVII ANPET, Belém, PA.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. Termo de referência de tecnologia de gestão do uso do poder de compra: Projeto Formação de recursos humanos especializados na tecnologia de gestão do uso do poder de compra. Brasília: MDIC: SEBRAE, 2000b.

BRASIL (2003). 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.

- BUENO, M. J. C., SILVA, G. G. R., STETTINER, C. F., MARCELLOS, L. N., SARDEIRO, F. G. (2013) Modal Fluvial na Amazônia: desafios e oportunidades. Simpósio de Redes de Suprimentos e Logística, Universidade Federal d Grande Dourados, Dourados, MS.
- CALHEIROS, C. S. (2010) Metodologia de tarifa para transporte fluvial de passageiros na Amazônia. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- CALIL, A. N., SALLUM, E. A., DOMINGUES, C. A. e NOGUEIRA, L. S. (2009) Mapeamento das lesões em vítimas de acidentes de trânsito: revisão sistemática da literatura. Revista Latino-americana de Enfermagem, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, v. 17, n. 1.
- CAMPOS, V. R. (2011). Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento. Tese de doutorado, EESC/USP, São Carlos, SP.
- CARDOSO, P., SANTOS, J. T. A. N. e MACHADO, W. V. (2013) Modelo multicritério para determinar o índice de serviço adequado das empresas de navegação fluvial de passageiros. Anais da XXVII ANPET, Belém, PA.
- CNT (2006) Pesquisa Aquaviária: Portos Marítimos: Longo Curso e Cabotagem. Confederação Nacional do Transporte, Brasília, DF.
- CONFORTO, E. C., AMARAL, D. C. e SILVA, S. L. (2011) Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamentos de projetos. Congresso brasileiro de gestão de desenvolvimento de produto, Porto Alegre, RS.
- COPPEAD (2005) Transporte de cargas no Brasil – ameaças e oportunidades para o desenvolvimento do país. Disponível em: <http://www.portalexame.abril.com.br/static/aberto/complementos/790/Diagnostico_e_plano.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2015.
- CÔRTEZ, S.C., PRCARO, R.M., LIFSCHITZ, S., 2002. Mineração de dados – Funcionalidades, Técnicas e Abordagens, Puc-RioInf.MCC10/02.
- COSTA, T. C. e BELDERRAIN, M. C. N. (2009) Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão. Anais do 15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA XV ENCITA / 2009, São José dos Campos, SP.
- CSCMP (2013) Supply Chain Management Terms and Glossary. Council of Supply Chain Management Professionals.
- COUTO, M. A. F., MOITA, M. H. V., MACHADO, V.W. e KUWAHARA, N. (2009). Modelo não paramétrico aplicado à análise de eficiência do Transporte Aquaviário de Passageiros na Região Amazônica. Anais do XXIII Congresso de pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Vitória, ES.
- DE AN SANTOS, José Teixeira; CARVALHO, Dodó. Pesquisa SINDARMA: Transporte Hidroviário Interior de Passageiros e Cargas.
- DEMARIA, Marjory et al. O operador de transporte multimodal com fator de otimização da logística. 2004.
- DNIT/Ministério dos Transportes (2005). Hidrovias do Comércio Exterior Brasileiro. Secretaria de Fomento para Ações de Transportes - SFAT Departamento do Fundo Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Brasília, DF.
- DUARTE, R. C. D. S., KUWAHARA, N. e ALENCAR, L. A. (2009). Perspectiva ergonômica para embarcações do estado do Amazonas. Anais do XXIII Congresso de pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Vitória, ES.

- DUARTE, R. C. D. S., KUWAHARA, N. e SILVA, M. D. (2011) Possibilidades de melhorias no sistema de transporte intermunicipal: o caso da ligação aquaviária Manaus e Careiro da Várzea. *JournalofTransportLiterature*, vol. 5, n. 3, p. 45-63.
- DURSKI, Gislene Regina. Avaliação do desempenho em cadeias de suprimentos. *Revista FAE*, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 27-38, 2003.
- DUL, J., HAK, T. *Case Study Research Methodology in Business Research*, Butterworth-Heinemann, Oxford/Trienekens and Beulens, 2008.
- EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.
- ELLRAM, L. M. The use of the case study methods in logistics research. *Journal of Business Logistics*, v. 17, n. 2, p. 93-138, 1996.
- FERNANDES, E. e MACHADO, W. V. (2011). A Amazônia série de pesquisa: transporte e logística. *EDUA*, Manaus, AM, p. 314.
- FIGUEIRA J., GRECO, S. & EHRGOTT, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of Art Surveys*. Springer Science + Business Media, Inc., Boston.
- FREIRES, Francisco Gaudêncio Mendonça et al. Proposta de um modelo de gestão dos custos da cadeia de suprimentos. 2000.
- FROTA, C. D. (2008). *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.
- GALVÃO C. M., SAWADA, N. O. e TREVISAN, M. A. (2004). Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. *Revista Latino-americana de Enfermagem*, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, v.12, n. 3, p.549-56.
- GASPARETTO, Valdirene. Proposta de uma sistemática para avaliação de desempenho em cadeias de suprimentos. 2003. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- GOMES, L.F.A.M; GOMES, C.F.S; ALMEIDA, A.T. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. São Paulo. Atlas, 2002. 264p.
- IGARASHI, D. C. G., OLIVEIRA, C. R., SILVA, R. A., IGARASHI, W. (2010) O uso da análise horizontal e vertical para apoiar a evidenciação do alinhamento entre o balanço social e o relatório de sustentabilidade: um estudo em uma empresa geradora de energia elétrica. *Gestão e Regionalidade*, Universidade Municipal de São Caetano do Sul, SP, v. 26, n. 77.
- JANS R.; DITTRICH, K. A review of case studies in business research. Dul, J., Hak, T. *Case Study Research Methodology in Business Research*, Butterworth-Heinemann, Oxford/Trienekens and Beulens, 2008.
- JESUS, W. L. A. e ASSIS, M. M. A. (2010) Revisão sistemática sobre o conceito de acesso nos serviços de saúde: contribuições do planejamento. *Ciência e Saúde Coletiva*, Associação Brasileira de Saúde Coletiva, v. 15, n. 1, p. 161 – 170.
- JÚNIOR, José Benedito Silva Santos . A comparative analysis of supply network risk management techniques based on systematic literature review.
- KUWAHARA, N., NETO, J. C. L. e ABENSUR, T. C. (2012) Modelagem de previsão de navegabilidade em rios da Amazônia: ferramenta web de suporte aos usuários do transporte aquaviário. *JournalofTransportLiterature*, v. 6, n. 3, p. 60-89.

WAGNER, H. M. Pesquisa Operacional. 2.ed. Rio de Janeiro : Prentice-Hall, 1986.

MAIA, Jonas Lucio; CERRA, Aline Lamon; ALVES FILHO, Alceu Gomes. Inter-relações entre estratégia de operações e gestão da cadeia de suprimentos: estudos de caso no segmento de motores para automóveis. *Gestão & Produção*, v. 12, n. 3, p. 377-391, 2005.

MARQUES, A. O. e KUWAHARA, N. (2009) Transporte Aquaviário no Amazonas: Necessidade de Mudanças para a Promoção de Desenvolvimento Econômico e Social. *Laboratório Transportar*, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.

MARQUES, A. O., KUWAHARA, N. e ANDRADE, J. B. L. (2011) Escoamento de cargas dos APLs de frutas regionais em municípios da região metropolitana de Manaus: caso do modal aquaviário. *Journal of Transport Literature*, v. 5, n. 1, p. 65-82.

MARQUES, A. O., MACÊDO, C. S., KUWAHARA, N. e SANTOS, A. B. (2010). A influência do sistema de transporte hidroviário na logística dos APLs do Amazonas. *Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, São Carlos, SP.

MCCUTCHEON, D. M., & MEREDITH, J. R.. Conducting case study research in operations management. *Journal of Operations Management*, 11(3), 239-356, 1993.

MEDEIROS, J. T. S. (2011). O transporte fluvial e o direito à dignidade da pessoa humana na Amazônia. Universidade de Estado do Amazonas, AM.

Ministério dos Transportes. Movimentação nas Hidrovias. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/STA/DHI/ESTATISTICA/MovimentaçãoGeral.htm>> Acesso em: 05/05/2015.

MINTZBERG, H. An Emerging Strategy of Direct Research. *Administrative Science Quarterly*, v. 24, p. 582-589, dezembro 1979.

MORGADO, A. V., PORTUGAL, L. S. e MELLO, A. J. R. (2013) Acessibilidade na Região Amazônica através do transporte hidroviário. *Journal of Transport Literature*, v. 7, n. 2, p. 97-312.

MT (2015) Transporte Hidroviário do Brasil. Ministério dos Transportes. Disponível em: <<http://www2.transportes.gov.br/bit/04-hidro/hidro.html>>. Acesso em: 24 out. 2015.

MULATO, Fabrício Mello; OLIVEIRA, MMB de. O impacto de um sistema de agendamento antecipado de docas para carga e descarga na gestão da cadeia de suprimentos. *Revista Produção Online*, v. 6, n. 3, p. 96, 2006.

NETO, Campos et al. Gargalos e demandas da infraestrutura portuária e os investimentos do PAC: mapeamento Ipea de obras portuárias. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2009.

OLIVEIRA, L.K. (2013) Uma revisão sistemática da literatura científica em logística urbana no Brasil. *Anais do XVII ANPET*. Belém, PA.

PADOVEZZI, C. D. (2012) Avaliação dos riscos do transporte fluvial de passageiros na Região Amazônica. *Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore - 2012*, SOBENA, Rio de Janeiro, RJ.

PIRES, Sílvia Roberto Ignacio. Gestão da cadeia de suprimentos e o modelo de consórcio modular. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, v. 33, n. 3, 1998.

PORTER, M. E.. *Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

PREVIDELLI, A. (2013)5 consequências da greve dos caminhoneiros.Época.com. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/4-consequencias-da-greve-dos-caminhoneiros>> Acesso em 9 de março de 2015.

SANTOS, J. T. A. N., CARDOSO, P., MOITA, M.H.V. Análise Envolvória 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.

SANTOS, C.R., CASAGRANDE, A.S., ITURRIOZ, I, 2010. Análise crítica do monitoramento ambiental do rio Gravataí – RS, SOBENA 23º Congresso Nacional de transporte Hidroviário.

SAATY, T.L. Método de análise hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.

SANT'ANNA, José Alex. Rede básica de transportes da Amazônia. 1998.

SANTANA, W. A (2008)Proposta de Diretrizes para Planejamento e Gestão Ambiental do Transporte Hidroviário no Brasil,Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

SANTOS JÚNIOR, J. B. S., LIMA JÚNIOR, O. F., NOVAES, A. G. e SCHOLZ-REITER, B. (2011) A comparative analysis of supply network risk management techniques based on systematic literature review. Anais do XXV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Belo Horizonte, MG.

SANTOS, J. T. A. N., CARDOSO, P. e MOITA, M. H. V. (2011) Atributos de Paralisação como Indicador de Produtividade da Operação Portuária de Cabotagem em Manaus. Journal of Transport Literature, v. 5, n. 4, p. 70-87.

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

SANTOS, J. T. A. N., CARDOSO, P., KUWAHARA, N. e MACHADO, W. V. (2012) Benchmark para projetos de embarcações regionais na Amazônia. Anais do SOBENA, Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, Rio de Janeiro, RJ.

SANTOS, José Teixeira de Araújo Neto et al. Índice de serviço adequado para as empresas de navegação fluvial de passageiros do Amazonas. Blucher Engineering Proceedings, v. 1, n. 1, p. 649-659, 2014.

SANTOS, M. L., RAMIRES, J. B., GUIMARÃES, A. S., BARBOSA, R. V. B. e CUSTÓDIO, T. V. O. (2011) Levantamento da situação socioeconômica dos trabalhadores aquaviários do município de Coari – AM. Saúde e Transformação Social, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, v. 1, n. 2, p. 79-83.

SCHACHTER, R. D. e OLIVEIRA, P. V. S. (2010) Projeto conceitual de embarcação de passageiros e carga para a região Amazônica com casco de semi-planeio e aplicando novos requisitos de segurança, conforto e higiene. Anais do SOBENA, Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, Rio de Janeiro, RJ.

SCRAMIM, Fernando Cezar Leandro; BATALHA, Mário Otávio. Método para análise de benefícios em cadeias de suprimento: um estudo de caso. Gestão & Produção, v. 11, n. 3, p. 331-342, 2004.

SHIMIZU, Tamio. (2010) Decisão nas organizações, p.263.

SILVA, O. C. T.; (2008) Um procedimento para concepção de um modelo de plataforma logística regional: características e tendências para o desenvolvimento sustentável da Região Amazônica. Tese de doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

SILVA, R. M. , SENNA, E. T. P., SENNA, L. A. D.S. e LIMA JÚNIOR, O. F. (2014) Plataformas Logísticas: uma abordagem sobre as tipologias e características através de uma revisão sistemática. *Journal of Transport Literature*, v. 8, n. 1, p. 210-234.

SIMÕES, R. B. A., FERNANDES, E. e MACHADO, W. V. (2011) Reflexões sobre Desenvolvimento, Transporte e Logística na Amazônia Brasileira. EDUA, Manaus, AM, p.305.

SINDARMA (2014) Pesquisa SINDARMA de transporte fluvial de passageiros e de cargas. Relatório técnico do Sindicato das Empresas de Navegação Fluvial do Estado do Amazonas, Manaus, AM.

SOUZA, M. H. (2009). Contribuição metodológica para localização de terminal de integração de passageiros do transporte hidro-rodoviário urbano. Tese de doutorado, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, RJ.

TEIXEIRA, K. M. (2007) Investigação de opções de transportes de carga geral em contêineres nas conexões com a região Amazônica. Tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

TCU (2002) Controle externo sobre o setor hidroviário. *Revista do Tribunal de Contas da União*. Brasília, v.33, n.93, p.11-32.

TCU - Tribunal de Contas da União (2006). 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.

TCU (2006) Relatório de avaliação de programa – Programa Manutenção de Hidrovias. Tribunal de Contas da União, Brasília.

YIN, R. K. *Case Study Research: Design and Methods*, 3a Ed. Sage: Thousands Oaks: Sage, 2003.