

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

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS LOGÍSTICAS PARA O  
TRANSPORTE DE CABOTAGEM DO AMAZONAS UTILIZANDO  
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

RAFAEL LIMA MEDEIROS

MANAUS  
2013

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

RAFAEL LIMA MEDEIROS

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS LOGÍSTICAS PARA O TRANSPORTE  
DE CABOTAGEM DO AMAZONAS UTILIZANDO SIMULAÇÃO  
COMPUTACIONAL

Dissertação apresenta ao Programa de Pós-graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia da Produção, área de concentração Gerência de Produção

Orientador: Profº Dr. Nelson Kuwahara

MANAUS  
2013

Ficha Catalográfica

(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Medeiros, Rafael Lima

M488a      Análise de alternativas logísticas para o transporte de cabotagem do Amazonas utilizando simulação computacional / Rafael Lima Medeiros. - Manaus: UFAM, 2013.  
126 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal do Amazonas / Universidade Federal de Roraima 2013.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Kuwahara

1. Cabotagem 2. Simulação por computador 3. Transporte aquaviário I. Kuwahara, Nelson (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU (2007): 656.618:004.383.4(811.3)(043.3)



*Dedico esta dissertação  
Aos meus pais,  
À minha família,  
Aos meus amigos,  
Aos meus mestres e professores  
E a Deus.*

## AGRADECIMENTOS

A realização de um curso de pós-graduação *Stricto Sensu* exige inúmeros sacrifícios por parte dos acadêmicos que decidem trilhar este caminho. Tal fato impacta diretamente na vida social e profissional dos estudantes, tornando o processo até a conclusão do curso um período em que há a efetiva colaboração de pessoas de diversas áreas na vida do pós-graduando.

Este trabalho não é exceção. Há muitas pessoas que merecem os agradecimentos por colaborar de alguma forma para a conclusão desta dissertação. Em primeiro lugar, agradeço à minha família e em especial aos meus pais, pelo apoio incondicional todos esses anos desde a formação básica até a conclusão do mestrado ainda jovem.

Agradeço pelo apoio, incentivo e compreensão dos colegas de trabalho tanto da Secretaria Municipal de Assistência Social e Desenvolvimento Humano – SEMASDH quanto da Secretaria Municipal de Educação – SEMED. À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade da realização do mestrado profissional através da demanda social.

É necessário citar a cooperação e apoio dos colegas de curso do mestrado durante a realização das disciplinas por promoverem um ambiente de aprendizado e trocas de experiências. Além destes, é importante lembrar o incentivo dos colegas de graduação tanto do curso de Administração na Universidade do Estado do Amazonas, neste caso em especial ao Dr. Cesar Augusto Silva Beheregaray pela inspiração em muitos momentos, quanto do curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Amazonas.

O objeto desta dissertação tem relação direta com o período em que estive no Núcleo de Pesquisa em Transporte e Construção Naval – NTC sob a coordenação da professora Dra. Márcia Moita, por isso é importante agradecer a colaboração dos colegas pesquisadores para a realização do curso, em especial: José Teixeira, Poliana Cardoso e Natália Figueredo. E ao CNPq pelo apoio financeiro no projeto de pesquisa que permitiu a realização deste trabalho.

A professora Dra. Márcia Moita (*in memoriam*) foi a primeira orientadora e principal incentivadora deste trabalho desde o começo, mantendo a função de orientar enquanto foi possível, meus agradecimentos principais vão para esta pessoa incansável. Desta forma é importante mencionar o professor Dr. Nelson Kuwahara que aceitou orientar o trabalho na fase final, a quem agradeço pela confiança e pelo apoio em um momento de adversidade.

E finalmente agradeço a Deus por me proporcionar saúde e paz durante esta etapa.

*Faça todo o bem que puder,  
Com todos os meios que puder,  
De todas as formas que puder,  
Em todos os lugares que puder,  
Todas as vezes que puder,  
Para todas as pessoas que puder,  
Enquanto puder.*

*(John Wesley)*

## RESUMO

A cabotagem é a navegação entre portos do mesmo país, utilizando via marítima ou esta em conjunto com navegação interior. No Estado do Amazonas a cabotagem é utilizada principalmente para transportar carga geral e contêineres, sendo que a movimentação de carga conteinizada possui o maior potencial de crescimento devido a existência do Polo Industrial de Manaus (PIM), o que torna o porto da cidade de Manaus o principal concentrador de carga da Região Norte. Este trabalho propõe a simulação de cenários alternativos para o transporte de cabotagem do Estado do Amazonas utilizando técnicas de simulação computacional para avaliar a eficiência operacional da implementação do serviço *feeder* adaptado ao contexto regional. O estudo caracterizou o transporte de cabotagem no estado do Amazonas permitindo a modelagem do sistema real. A partir do levantamento bibliográfico acerca dos conceitos de serviço *feeder* e portos concentradores foi elaborado cenários alternativos para implementação dessas abordagens no transporte regional. Desta forma, foi possível simular no ambiente ARENA os modelos e cenários construídos, a fim de verificar o desempenho operacional do sistema. Os resultados apontaram que a viabilidade operacional do uso de portos concentradores e serviço *feeder* depende do equilíbrio entre a demanda por movimentação de contêineres e a capacidade de movimentação do porto concentrador e demais portos *feeders* atendidos. Portanto, o estudo revela que é necessário equacionar o volume de cargas conteinizadas que o estado do Amazonas é capaz de gerar e atrair com as características operacionais do porto concentrador, para evitar que ocorra investimentos desnecessários para criação de infraestruturas de transporte que possam ser sub-utilizadas ou não atendam a demanda exigida.

Palavras-chave: Cabotagem. Simulação. Transporte aquaviário.



## ABSTRACT

Cabotage is made between ports of the same country, using sea or sea with waterway. In the state of Amazonas cabotage is mainly used to transport general cargo and containers, but cargo in containers handling has the largest growth potential due to the existence of the Polo Industrial de Manaus (PIM), which makes the port city of Manaus the main cargo hub in the Northern Region. This paper proposes the simulation of alternative scenarios for cabotage in the State of Amazonas using techniques of computer simulation to do evaluation of the operational efficiency on implementation service feeder adapted to the regional context. The study characterized the cabotage in the State of Amazonas enabling the modeling of the real system in the state. From the literature concerning the concepts of service feeder and hubs ports was developed alternative scenarios for implementing these approaches in regional transport. Thus it was possible to simulate with *software* ARENA the models and scenarios constructed in order to verify the performance of the system. The results showed that the operational viability of the use of hubs ports and feeder service depends on the balance between the demand for container handling and the capacity of the hub port and other ports feeders supported. Therefore, the study shows that it is necessary to equate the volume of container cargo that state of Amazonas is able to generate and attract with the operational characteristics of the hub port to avoid causing unnecessary investments for creation of transport infrastructure that may be underutilized or do not support the demand required.

Keywords: Cabotage. Simulation. Water transport.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Participação do modal marítimo nas importações e exportações brasileiras em 2010. .	25
Figura 2: Participação por tipo de navegação em 2011. ....	25
Figura 3: Participação por tipo de navegação no transporte aquaviário dos EUA no período 2004 – 2009.....	28
Figura 4: Matriz de transporte americana na movimentação de cargas internacionais. ....	29
Figura 5: Representação esquemática do transporte de cabotagem.....	31
Figura 6: Principais portos com fluxos de cargas com destino ou origem Manaus. ....	37
Figura 7: Produção industrial do Amazonas de janeiro de 2009 a fevereiro de 2012. ....	42
Figura 8: Porto de Santana no Amapá. ....	46
Figura 9: Mapa de radar da região de Curuçá no estado do Pará.....	47
Figura 10: Projeto do terminal <i>offshore</i> de Espadarte .....	48
Figura 11: Simulação do projeto do Terminal <i>offshore</i> de Espadarte .....	49
Figura 12: Exemplo de rede do tipo <i>hub-and-spoke</i> .....	51
Figura 13: Estrutura metodológica da dissertação.....	61
Figura 14: Principais fluxos com destino ou origem Manaus. ....	64
Figura 15: Principais rotas da navegação de cabotagem com origem ou destino Manaus. ....	65
Figura 16: Transporte de cabotagem real para o estado do Amazonas.....	66
Figura 17: Modelagem do transporte de cabotagem do estado do Amazonas. ....	67
Figura 18: Sistema típico de um terminal de contêiner. ....	67
Figura 19: Modelagem dos processos do transporte de cabotagem do estado do Amazonas. ....	68
Figura 20: Modelo de simulação do transporte de cabotagem real do estado do Amazonas.....	68
Figura 21: Principais rotas do transporte de cabotagem do estado do Amazoans adotando um porto concentrador. ....	73
Figura 22: Modelagem do transporte de cabotagem do estado do Amazonas com um porto concentrador. ....	74
Figura 23: Modelagem dos processos do transporte de cabotagem operando com serviço <i>feeder</i>	74
Figura 24: Modelo de simulação do transporte de cabotagem operando com serviço <i>feeder</i> .....	75
Figura 25: Projeção da demanda por movimentação de contêiner até 2015.....	80
Figura 26: Simulação do transporte de cabotagem em Manaus no ambiente ARENA. ....	86

Figura 27: Quantidade de cargas movimentadas em 2012 versus a quantidade de cargas movimentadas na simulação.....	88
Figura 28: Quantidade de cargas movimentada com origem Manaus versus quantidade de cargas movimentadas na simulação com origem Manaus. ....	88
Figura 29: Quantidade de cargas movimentada com destino Manaus versus quantidade de cargas movimentadas na simulação com destino Manaus.....	89
Figura 30: Custo médio total no transporte real em 2012 versus o custo médio total simulado ...	89
Figura 31: Simulação da demanda por movimentação de contêineres para 2015, quantidade carga movimentada na simulação e quantidade movimentada no transporte real de cabotagem. ....	91
Figura 32: Quantidade de carga movimentada na simulação do transporte de cabotagem real e a quantidade de carga movimentada na simulação do cenário real operando com serviço <i>feeder</i> ..	92
Figura 33: Simulação dos cenários alternativos para o transporte de cabotagem do Amazonas operando com serviço <i>feeder</i> no ambiente ARENA.....	95
Figura 34: Quantidade de carga movimentada nas simulações dos cenários alternativos .....	97
Figura 35: Custo médio total de movimentação de carga nas simulações dos cenários alternativos .....	98
Figura 36: Quantidade de embarcações movimentadas nas simulações dos cenários alternativos	99
Figura 37: Resultados dos indicadores “Tempo médio de operação Porto Manaus” e “Tempo médio de Operação Porto concentrador” nas simulações dos cenários alternativos .....	100
Figura 38: Taxa de ocupação das operações de movimentação nas simulações dos cenários alternativos .....	101
Figura 39: Tempo total médio de operação por carga (TEU) nas simulações dos cenários alternativos .....	102
Figura 40: Resultados dos indicadores “Quantidade média de navios na fila de operação Manaus” e “Quantidade média de navios na fila de operação <i>Hub</i> ” nas simulações dos cenários alternativos .....	103
Figura 41: Tempo total médio de espera por carga (TEU) nas simulações dos cenários alternativos .....	103
Figura 42: Resultados dos indicadores “Tempo médio de espera Porto Manaus” e “Tempo médio de espera Porto <i>Hub</i> ” nas simulações dos cenários alternativos .....	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Participação por tipo de navegação no transporte aquaviário dos EUA no período 2004 – 2009.....	27
Tabela 2: Matriz de transporte americana na movimentação de cargas internacionais. ....	28
Tabela 3: Participação da cabotagem no transporte aquaviário brasileiro .....	30
Tabela 4: Pesquisa sobre as vantagens do transporte de cabotagem. ....	33
Tabela 5: Série histórica da movimentação de contêineres por cabotagem.....	39
Tabela 6: Infraestrutura dos terminais de cabotagem na movimentação de contêineres em Manaus. ....	43
Tabela 7: Demanda de movimentação por cabotagem nos sentidos do fluxo para os cenários alternativos .....	81
Tabela 8: Resumo dos dados de capacidade de movimentação de contêineres nos cenários alternativos .....	83
Tabela 9: Resumo dos cenários avaliados.....	83
Tabela 10: Movimentação de carga dos transporte de cabotagem real e simulado .....	87

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Série histórica da movimentação de contêineres do estado do Amazonas .....	38
Quadro 2: Distinção entre serviços <i>feeder</i> e navegação marítima de curta distância.....	52
Quadro 3: Caracterização do modelo de simulação do transporte de cabotagem real do estado do Amazonas. ....	69
Quadro 4: Caracterização da modelo de simulação do transporte de cabotagem operando com serviço <i>feeder</i> .....	76
Quadro 5: Cenários alternativos para a cabotagem do estado do Amazonas operando com serviço <i>feeder</i> .....	80
Quadro 6: Dados de movimentação de contêineres por cabotagem do Amazonas nos cenários alternativos .....	81
Quadro 7: Caracterização dos tipos de portos concentradores .....	82
Quadro 8: Comparação dos dados do transporte de cabotagem real e os resultados da simulação .....	90
Quadro 9: Resumo dos dados da simulação do transporte de cabotagem de real e a simulação do cenário real com demanda projetada para 2015 .....	92
Quadro 10: Resumo dos dados da simulação do transporte de cabotagem de real e a simulação do cenário real operando com serviço <i>feeder</i> .....	93
Quadro 11: Status de conclusão e tempo consumido para realização da simulação dos cenários	96

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANTAQ	AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS
CD	CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO
CDP	COMPANHIA DE DOCAS DO PARÁ
CDSA	COMPANHIA DE DOCAS DE SANTANA
CIT	CÁMARA INTERAMERICANA DE TRANSPORTES
CNT	CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES
DMM	DEPARTAMENTO DA MARINHA MERCANTE
EUA	ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IDH	ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO
NTC	NÚCLEO DE TRANSPORTE E CONSTRUÇÃO NAVAL
OCDE	ORGANIZAÇÃO DE COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO
PIB	PRODUTO INTERNO BRUTO
PIM	POLO INDUSTRIAL DE MANAUS
RO-RO	ROLL-ON-ROLL-OFF
SINI	SISTEMA DE INFORMAÇÃO DA NAVEGAÇÃO INTERIOR
SEPE	SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS ESTRATÉGICOS DO PARÁ
SNM	SUPERINTENDÊNCIA DE NAVEGAÇÃO MARÍTIMA E DE APOIO
TEU	TWENTY-FOOT EQUIVALENT UNIT
TUP	TERMINAIS DE USO MISTO PRIVATIVO
UFAM	UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
ZFM	ZONA FRANCA DE MANAUS

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 Do contexto ao problema.....	16
1.2 Objetivos do trabalho .....	18
1.3 Justificativa.....	19
1.4 Delimitação do trabalho .....	20
1.5 Estrutura do trabalho.....	21
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>23</b>
2.1 Transporte Aquaviário .....	23
2.1.1 Importância do transporte aquaviário no Brasil e no Mundo .....	24
2.2 Transporte de cabotagem .....	29
2.2.1 Vantagens e desafios para o transporte de cabotagem .....	33
2.3 Transporte de cabotagem no Amazonas .....	36
2.3.1 Aspectos socioeconômicos do estado do Amazonas.....	40
2.3.2 Estrutura do transporte de cabotagem no Amazonas .....	42
2.4 Porto Concentrador na Região Norte.....	43
2.5 Serviço <i>feeder</i> .....	50
2.6 Simulação Computacional.....	53
2.6.1 Vantagens e aplicações da simulação computacional .....	54
2.7 Ambiente de simulação ARENA.....	55
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>58</b>
3.1 Classificação da pesquisa .....	58
3.2 Método Científico e Procedimentos .....	59
3.3 Coleta de dados.....	62
3.4 Tratamento dos dados .....	62
3.5 Validação dos resultados.....	63
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DA MODELAGEM .....</b>	<b>64</b>
4.1 Estrutura do modelo de transporte de cabotagem da cidade de Manaus .....	64
4.1.1 Definição dos dados de entrada.....	70
4.1.2 Definição das saídas esperadas .....	71
4.2 Estrutura do modelo de rede <i>hub-and-spoke</i> para cabotagem na cidade de Manaus.....	71

4.2.1 Definição dos dados de entrada.....	78
4.2.2 Definição das saídas esperadas .....	79
4.3 Cenários alternativos para a cabotagem do estado do Amazonas .....	79
4.4 Escolha do software de simulação .....	84
<b>5 IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL E ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>86</b>
5.1 Simulação do transporte real de cabotagem .....	86
5.2 Resultados da simulação do transporte real de cabotagem .....	87
5.3 Simulação dos cenários alternativos .....	94
5.4 Resultados dos cenários alternativos.....	96
5.5 Análise e discussão dos resultados.....	105
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>109</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>112</b>
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>119</b>
<b>APÊNDICE A</b> – Estatísticas dos dados de desempenho operacional .....	123
<b>APÊNDICE B</b> – Síntese dos resultados das simulações dos cenários alternativos.....	124
<b>ANEXO A</b> – Fórmulas para calcular indicadores de movimentação de contêineres.....	125



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Do contexto ao problema

A atual economia mundial tem como um dos seus pilares a alta velocidade no fluxo de informações, pessoas, cargas e capitais entre praticamente todas as localidades economicamente relevantes. Esse fato deve-se ao desenvolvimento de tecnologias de informação aliadas à crescente modernização dos sistemas de transportes, que oferecem o suporte necessário ao volume de transações exigidas pela economia globalizada.

O desenvolvimento de melhores alternativas para o deslocamento de pessoas, bens, produtos e serviços é uma busca constante nos campos da Gestão e Engenharia de Transporte nas suas diversas aplicações como: mobilidade urbana, transporte de cargas, logística entre outras.

Devido à crescente demanda mercadológica e social por serviços de qualidade, os atuais sistemas de transporte são projetados para que haja forte integração dos diversos entes envolvidos no planejamento, operação e uso da infraestrutura de transporte disponível em determinada região ou localidade.

Desta forma, cada vez mais, é possível notar a tendência de cooperação e integração dos diversos entes presentes na cadeia de abastecimento dos produtos e/ou serviços produzidos em cada região, em um primeiro momento numa perspectiva regional, e em um segundo estágio com um viés de integração com a economia mundial.

O processo de integração dos elementos da cadeia de abastecimento, visando à eficiência na aplicação de recursos e a obtenção de melhores resultados nas operações de transporte, implica, cada vez mais, na necessidade de desenvolvimento de infraestruturas e serviços, com caráter intermodal e multimodal, adequados às características ambientais, sociais e econômicas de cada localidade.

O planejamento e a implementação de uma infraestrutura de transporte, equilibrada e adequada para uma determinada região, deve atender alguns requisitos como: compatibilização entre oferta e demanda por serviços de transporte; definição clara da demanda (nicho) a ser atendida por cada modal utilizado; oferta de serviços complementares específicos para cada tipo de transporte; e condições de infraestrutura adequadas as variáveis ambientais e geográficas, dentre outros (CIT, 2003).

A cidade de Manaus, principal polo de atração de viagens do estado do Amazonas, é um caso típico de localidade com múltiplas alternativas para o escoamento de sua produção, basicamente industrial. No entanto, variáveis ambientais e estruturais limitam as opções de escolha dos armadores, aumentando assim os custos e o *transit time* das operações de transporte de cargas.

Atualmente, a principal forma de escoamento de cargas do estado do Amazonas caracteriza-se pela utilização conjunta dos modais rodoviário e fluvial, ou seja, as cargas saem de Manaus até um porto com acesso rodoviário as demais regiões do País. Este processo é ineficiente em muitos casos, pelos altos custos, baixa taxa de ocupação de barcos e caminhões e pela baixa confiabilidade nos tempos de entrega (CIT, 2003).

Neste contexto, o transporte de cabotagem apresenta-se como uma alternativa, com elevado grau de competitividade, para atender tais demandas por melhores serviços de transporte de cargas para a cidade de Manaus. Todavia, esta modalidade de transporte não substitui os demais modais, porém pode integrar as alternativas logísticas para o escoamento de cargas do estado, tornando o sistema mais competitivo para atender padrões internacionais.

O atual estágio de desenvolvimento do transporte de cabotagem no Amazonas, no entanto, não permite que este modal absorva totalmente a demanda potencial existente para o mercado regional. Mesmo assim, apresenta taxas de participação crescentes na matriz de transporte do estado (SINI, 2012).

Os principais entraves para o desenvolvimento do transporte de cabotagem no Amazonas estão relacionados com a infraestrutura física e operacional portuária, inadequada para atender grandes escalas de demanda por este serviço (MEDEIROS, 2012).

Por estes motivos, existe a seguinte questão em aberto: Quais são as alternativas logísticas mais adequadas para o transporte de cabotagem no Amazonas, considerando a eficiência operacional da movimentação de cargas conteinizadas?

Possíveis soluções para esse questionamento podem gerar diversas alterações na forma de operação do sistema, devido à necessidade de melhorias em áreas como: infraestrutura portuária, integração multimodal e/ou intermodal e legislação portuária, entre outros.

Os impactos que a proposição de alternativas causam devem ser considerados na análise de viabilidade dos projetos de melhorias, comparativamente aos ganhos previstos com a

economia em custos de transporte e com o aumento da competitividade da economia do estado do Amazonas.

A obtenção de melhores padrões de desempenho do transporte de cargas permitirá que a cidade de Manaus aumente o nível de competitividade da sua economia, bem como o das empresas residentes na cidade. Isso permitirá a atração de mais investimentos, que implicarão mais oportunidades de emprego e renda para a população e maior arrecadação para o governo.

Perante tal cenário, a questão torna-se estratégica para o desenvolvimento sustentável regional, em especial da cidade de Manaus, devido à abrangência e à relevância dos efeitos que as melhorias no atual sistema de transporte de cargas, tanto para a importação quanto para a exportação, determinarão no médio e no longo prazo.

## 1.2 Objetivos do trabalho

Este trabalho tem como objetivo contribuir, de forma relevante, para a compreensão da importância e viabilidade da proposição de soluções para o transporte aquaviário de cabotagem para a cidade de Manaus, enfatizando o uso de técnicas computacionais e matemáticas, para análise dos cenários atuais e alternativos.

O objetivo geral deste trabalho é analisar a eficiência operacional de cenários logísticos alternativos para o transporte aquaviário de cabotagem de contêineres para o estado do Amazonas utilizando simulação computacional.

Já os objetivos específicos principais para obtenção desse macro objetivo são os seguintes:

- I. Levantar as principais abordagens para solução dos problemas do transporte de cabotagem no Brasil e no Mundo;
- II. Caracterizar o transporte de cabotagem de contêineres no estado do Amazonas;
- III. Elaborar um modelo representativo do transporte de cabotagem atual do estado do Amazonas;
- IV. Elaborar cenários alternativos a partir de adaptações do transporte real, para aplicação do conceito de serviço *feeder* no transporte de cabotagem regional;
- V. Realizar simulação computacional do modelo desenvolvido a fim de testar computacionalmente a eficiência operacional dos cenários construídos;

### 1.3 Justificativa

O transporte aquaviário de cabotagem no Brasil é uma alternativa significativa para a matriz de transporte dos principais centros geradores de viagem que possuem acesso ao modal, em especial aos polos industriais e agrícolas. Todavia, segundo Neto e Santos (2005) os principais fatores que limitam a utilização e o desenvolvimento do transporte de cabotagem estão ligados às deficiências intrínsecas do próprio setor, em especial à limitação da capacidade de transporte de cargas pela cabotagem havendo, portanto, um estrangulamento da oferta de movimentação. Além disso, os custos portuários elevados e a infraestrutura portuária inadequada são fatores críticos (ANTAQ, 2011c).

O estado do Amazonas encontra-se inserido neste contexto de necessidade de desenvolvimento do transporte de cabotagem, a fim de prover melhores alternativas para o atual sistema de transporte de cargas. A existência de um importante polo industrial, que gera e atrai uma quantidade significativa de viagens, implica na necessidade de redução de custos e tempos nas operações, para a promoção da competitividade das empresas locais no ambiente global.

A elevada quantidade de vias navegáveis disponíveis torna naturalmente o modal uma alternativa bastante óbvia, principalmente levando-se em consideração as limitações de integração rodoviária com os principais centros consumidores da produção do PIM e o restante do país. Além disso, os elevados custos de transporte aéreo para a região inviabilizam o transporte de grandes volumes de cargas por este modal.

Contudo, mesmo com este contexto propício ao crescimento e uso do transporte de cabotagem, há ainda uma clara demanda reprimida por este serviço, devido às condições apresentadas anteriormente. Nos últimos anos, porém, o transporte por cabotagem cresceu acima da média do setor aquaviário, principalmente por investimentos privados no que concerne a aquisição de embarcações (ANTAQ, 2011c).

Segundo dados da Superintendência de Navegação Marítima e de Apoio (SNM, 2010) o número de embarcações em 2010 era da ordem de 147, tendo uma projeção de 222 embarcações para 2014/2015, ou seja um aumento de 51%, que acarretaria em aumento estimado de 151% da capacidade de carga a ser transportada em nível nacional.

O crescimento da demanda e oferta por serviços de cabotagem levanta a questão de como o setor irá superar os fatores limitantes ao seu desenvolvimento, ou seja, como aumentar e

regularizar a oferta dos serviços de transporte de cabotagem reduzindo custos e melhorando a infraestrutura portuária.

Existem diversas abordagens desenvolvidas para a concepção do transporte de cabotagem, considerando variáveis ambientais, demandas por serviços e condições de infraestrutura exigidas. Dentre estas abordagens destaca-se o serviço *feeder* (alimentador) que consiste no fracionamento do transporte de cargas com uso de embarcações menores e portos concentradores (*hubs*). Estes portos apresentam menor tempo de atracagem e operação das embarcações tipo *feeder*, aumentando assim a oferta e frequência do serviço e reduzindo o tempo de espera, e por consequência reduzindo os custos.

A implementação do conceito de serviço *feeder* em um sistema de transporte de carga de uma determinada região deve levar em consideração fatores como: condições de navegabilidade e distribuição da malha hidroviária; a distribuição da demanda; e a oferta de tecnologias e embarcações que operacionalizam o uso do modelo (EVERS e FEIJTER, 2003; TAI e HWANG, 2005; CHANG, LEE e TONGZON, 2008; OLIVEIRA, 2010).

Esta análise *a priori* da implementação, ainda na fase de avaliação da viabilidade econômica e operacional da estratégia, evita que ocorram problemas, como alto índice de ociosidade das embarcações, baixa ocupação dos portos concentradores e desbalanceamento dos fluxos nas rotas.

Neste contexto, este trabalho visa entender como o transporte de cabotagem no estado do Amazonas, com destaque para a cidade de Manaus, poderia operar com o uso do serviço *feeder*, constituindo, assim, um cenário alternativo para a logística regional.

As contribuições que uma pesquisa dessa natureza promove são múltiplas devido ao levantamento de possíveis soluções para o escoamento de cargas do estado que teriam impactos sociais e econômicos relevantes e perenes. Os resultados podem servir de aporte para políticas públicas no setor de transporte, incentivo para pesquisas acadêmicas na área, justificativa para investimentos privados e desenvolvimento de novos serviços.

#### **1.4 Delimitação do trabalho**

O presente trabalho tem como *locus* o transporte de cabotagem no estado do Amazonas com enfoque na cidade de Manaus, em especial sob dois aspectos: a infraestrutura portuária e a

movimentação de contêineres pelo serviço de cabotagem. Já o *focus* da pesquisa será pautado em dois pontos: o emprego do conceito de *feeder* e a eficiência portuária dos cenários construídos, mensurados a partir de indicadores de movimentação e desempenho.

A descrição do cenário atual, bem como dos cenários alternativos são oriundos das bases de dados oficiais encontrados e organizados. Os indicadores de desempenho selecionados são os utilizados pelos órgãos reguladores nacionais. A ferramenta de simulação empregada é a que melhor responde à implementação computacional e à formulação do modelo.

O enfoque principal no desenvolvimento do trabalho foi pela ótica da Administração Pública, no sentido de promover melhores condições para o crescimento do transporte aquaviário de cabotagem na Região. Todavia, questões de interesse dos demais *stakeholders* do serviço, foram consideradas, durante a formulação e análise dos resultados, permitindo uma análise ampla dos impactos resultantes da simulação realizada.

## **1.5 Estrutura do trabalho**

A presente dissertação está organizada em 6 (seis) capítulos, da seguinte forma:

Capítulo 1: Introdução. Esta seção apresenta o escopo do trabalho, bem como seus objetivos macros e específicos; evidencia as justificativas para escolha do tema; e apresenta a estrutura geral do trabalho.

Capítulo 2: Revisão de literatura. Esta seção visa apresentar os conceitos fundamentais dos temas centrais do trabalho como: transporte aquaviário, transporte de cabotagem, serviço *feeder* e simulação computacional.

Capítulo 3: Procedimentos metodológicos. Esta seção visa apresentar a caracterização e classificação metodológica da pesquisa, destacando métodos, coleta e tratamento de dados, e validação dos resultados.

Capítulo 4: Caracterização da modelagem. Esta seção tem como função evidenciar os procedimentos para a construção do modelo representativo do atual sistema de transporte de cabotagem do estado do Amazonas, com enfoque na cidade de Manaus, bem como a construção dos cenários alternativos com a proposta de implementação do conceito de serviço *feeder*, enfatizando aspectos como entradas e saídas desejadas para o modelo.

Capítulo 5: Implementação computacional e análise de resultados. Nesta seção é descrita a implementação computacional da simulação dos modelos desenvolvidos na seção anterior, através de um *software* adequado, bem como apresentar de forma sintética a análise dos resultados obtidos com a simulação.

Capítulo 6: Considerações finais. Nesta última seção são sintetizados e discutidos criticamente os resultados obtidos, frente aos objetivos estabelecidos e às teorias pesquisadas nas seções iniciais. São apresentadas sugestões para trabalhos futuros, e a contribuição do trabalho para os *stakeholders* do sistema de transporte aquaviário da cidade de Manaus.

O presente trabalho foi estruturado com objetivo de facilitar a compreensão e apresentação dos conceitos e técnicas empregados para sua execução.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Transporte Aquaviário

Transporte aquaviário é a denominação moderna do setor em que estão inseridos os transportes marítimo, fluvial e lacustre (DEMARIA, 2004). Os principais órgãos brasileiros reguladores do transporte aquaviário são o Departamento da Marinha Mercante (DMM) do Ministério dos transportes e a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ).

A ANTAQ possui como missão “assegurar à sociedade a adequada prestação de serviços de transporte aquaviário e de exploração da infraestrutura portuária e hidroviária, garantindo condições de competitividade e harmonizando os interesses públicos e privados” (ANTAQ, 2011a, p.24). A ANTAQ é uma autarquia vinculada ao Ministério dos Transportes, criada em 2001.

Já o (DMM) é responsável pelo acompanhamento dessa modalidade de transporte, referente à distribuição de linhas e oferta de espaço, aos valores de frete praticados e ao funcionamento das empresas de navegação, editando a regulamentação necessária (DEMARIA, 2004).

O transporte aquaviário pode ser subdividido em três categorias principais, a saber:

- Navegação de Cabotagem: realizada entre portos ou pontos do território brasileiro utilizando a via marítima ou esta e as vias navegáveis interiores (ANTAQ, 2011b);
- Navegação de Longo Curso: realizada entre portos brasileiros e estrangeiros (ANTAQ, 2011b);
- Navegação Interior: realizada em hidrovias interiores em percurso nacional ou internacional, assim considerados rios, lagos, canais, lagoas, baías, angras, enseadas e áreas marítimas consideradas abrigadas (ANTAQ, 2011b).

Existem, também, as modalidades Navegação de Apoio Marítimo realizada em águas territoriais nacionais e na zona econômica, para o apoio logístico a embarcações e instalações que atuem nas atividades de pesquisa e lavra de minerais e hidrocarbonetos. E, ainda, Navegação de Apoio Portuário, realizada exclusivamente nos portos e terminais aquaviários, para atendimento a embarcações e instalações portuárias.



Transporte Marítimo, segundo Mendonça e Keedi (1997 *apud* Demaria 2004) é aquele realizado por navios a motor, de grande porte, nos mares e oceanos. Já o fluvial é realizado em rios, utiliza principalmente balsas, chatas e pequenos barcos, bem como navios de médio porte. Já o lacustre realizado em lagos possui basicamente as mesmas características do modal fluvial.

O modal aquaviário possui como principais componentes: os órgãos reguladores, armadores, embarcações, portos, infraestrutura portuária e serviços portuários. A organização e a legislação aplicável a esse setor é bastante ampla e complexa por envolver, em muitos casos, entes internacionais e propriedade de terceiros.

As características operacionais do modal aquaviário, em especial marítimo longo curso e cabotagem, colocam este tipo de transporte no contexto nacional e internacional como a alternativa mais viável para o transporte de grandes volumes de cargas para maiores distâncias (TEIXEIRA, 2007).

Segundo Wanke e Fleury (2006) são cinco os modais de transporte de cargas: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aeroviário. Cada um possui estrutura de custos e características operacionais específicas, que os tornam mais adequados para determinados tipos de produtos e de operações.

Ainda segundo Wanke e Fleury (2006) o modal aquaviário apresenta custos fixos medianos, decorrentes do investimento em embarcações e em equipamentos. Seus custos variáveis são relativamente pequenos em razão da capacidade de transportar grandes volumes e tonelagem. Portanto, torna-se o modal mais indicado para o transporte de matérias-primas, grânéis agrícolas e insumos de produção.

### **2.1.1 Importância do transporte aquaviário no Brasil e no Mundo**

As características operacionais do transporte aquaviário permitem que este seja um elo fundamental entre produtores e consumidores de matérias-primas e produtos acabados em praticamente todos os continentes. Tem um papel de destaque na matriz de transportes das principais economias globais.

Em relação aos demais modais o transporte aquaviário apresenta como principais vantagens: maior capacidade de movimentação de cargas, maior segurança, maior confiabilidade na entrega, capacidade de transporte de praticamente todo tipo de material.

A existência de vias navegáveis em todos os continentes permite a integração da malha aquaviária de forma globalizada. No caso brasileiro, o transporte aquaviário marítimo tem uma parcela majoritária dentre os modais utilizados para a importação e exportação do país, conforme segue na Figura 1:

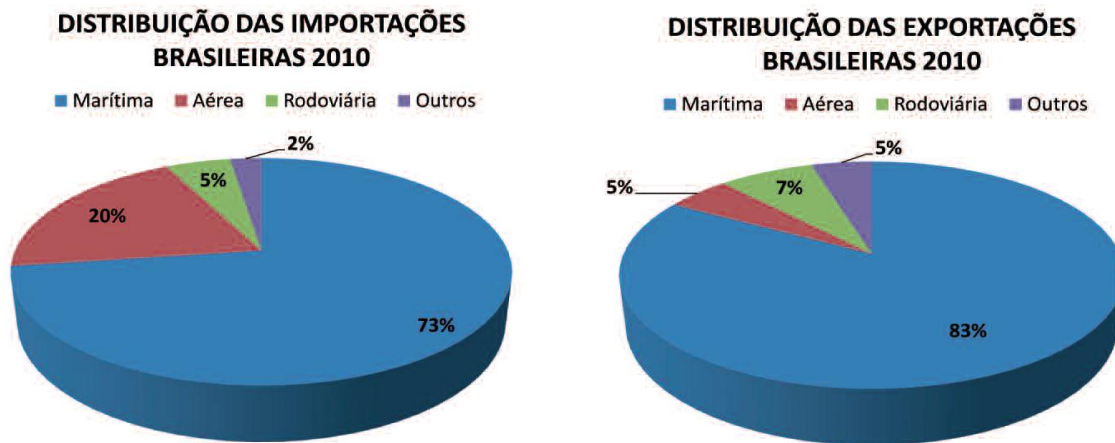


Figura 1: Participação do modal marítimo nas importações e exportações brasileiras em 2010.  
Fonte: Panorama Aquaviário 2011 (ANTAQ, 2011a).

No que se refere à movimentação de cargas em 2011 no Brasil, o transporte aquaviário obteve uma movimentação da ordem de 886 milhões de toneladas. A participação de cada tipo de navegação do transporte aquaviário é apresentada na Figura 2:

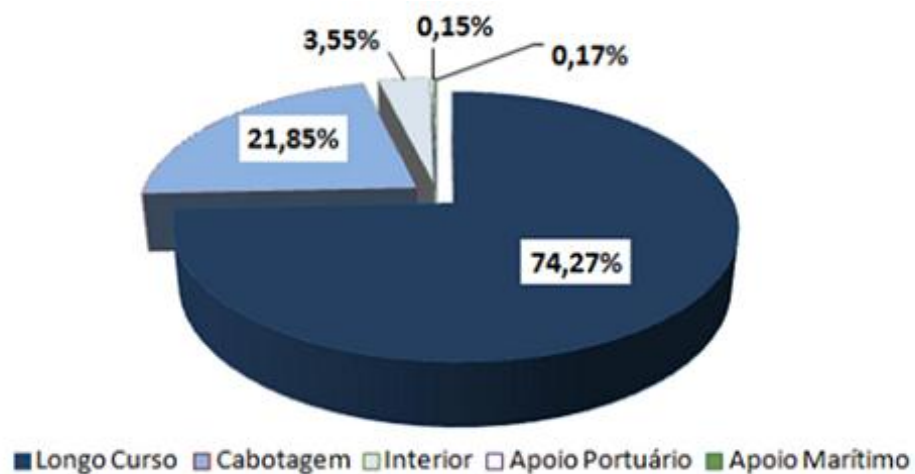


Figura 2: Participação por tipo de navegação em 2011.  
Fonte: Panorama Aquaviário 2011 (ANTAQ, 2011a).

Santana (2008) aponta algumas das vantagens com o uso do transporte aquaviário em todo o mundo: modal de competitividade ímpar, quando se trata de transportar grandes volumes de cargas em grandes distâncias; com poucas intervenções e investimentos, malhas viárias ficam disponíveis para a navegação durante todo o ano; menor consumo de combustíveis; menor peso necessário para transportar 1 (uma) tonelada de carga útil; maior tempo de vida útil dos veículos; menor custo de implantação; menor poluição do ar; menor nível de ruído; menor contaminação do sítio ocupado; menores índices de acidentes fatais.

Na Europa, o transporte aquaviário tem papel fundamental na integração das economias e na movimentação de cargas nos tipos de navegação costeira e interior. A *European Commission* é a principal responsável pelo desenvolvimento da regulação do transporte aquaviário na Europa. Os artigos 86 e 87 do Tratado da União Europeia especificam as bases para a exploração das linhas de navegação, em uma economia de mercado comum (UNITED NATIONS - ESCAP, 2011).

Na Holanda, Evers e Feijter (2003) apontam que o transporte aquaviário é o principal modal de transporte para o escoamento de carga da região, destacando a importância do Porto de Roterdã para o transporte intercontinental.

Na Região do Mediterrâneo, mais especificamente na Itália, Foschi (2004) destaca, em seu estudo intitulado “*The impact of hub and spokes networks in the Mediterranean peculiarity*”, que esta região apresenta diversos pequenos portos que são operados por uma grande quantidade de armadores que atendem uma grande quantidade de rotas. Destaca, ainda, que os destinos mais requisitados são os portos de Roterdã, Hamburgo, Antuérpia e Bremen.

De acordo com dados da *European Commission* em 2010 os três principais portos da Europa foram Roterdã, Antuérpia e Hamburgo, tendo cada um crescido acima de 10% de 2009 para 2010. Segundo o mesmo estudo, a Espanha merece destaque, com uma movimentação de contêineres estimada em 112 milhões de toneladas. Grécia e Itália lideram o transporte de passageiros pelo modal aquaviário.

Segundo Wang e Slack (2000) o forte desenvolvimento da economia da China, a partir dos anos de 1980, propiciou uma grande evolução da infraestrutura e tecnologia do porto de Hong Kong (sob influência do regime chinês), transformando este em um dos mais importantes do mundo, devido a necessidade de atender um país em rápido processo de industrialização. A infraestrutura e eficiência portuária do porto de Hong Kong é um dos sustentáculos da economia

chinesa, levando o porto a torna-se um *hub* fundamental para o processo de conteneurização de cargas para toda a Ásia.

Nos Estados Unidos (EUA) a Administração Marítima ligada ao Departamento de Transporte do país apresentou em 2011 dados relativos à atividade do transporte aquaviário no quinquênio 2004-2009, onde ficou evidenciada a importância do setor para a economia da região, sobretudo a partir de 2009, ano em que o país não apresentou as mesmas taxas de crescimento de outrora.

Os indicadores macros do transporte aquaviário nos EUA apontam para um aumento da quantidade movimentada pelas companhias que operam nas principais linhas marítimas para o país, bem como a valorização dos serviços de cabotagem e navegação interior. Destaca-se ainda a forte participação do transporte de contêineres.

A Tabela 1, a seguir, evidencia os valores médios das cargas transportadas por cada tipo de navegação existente naquele país, tomando como referência os resultados obtidos em 2004. Nota-se o crescimento consistente até 2008, enquanto que, em 2009, houve uma redução nos valores obtidos com o transporte aquaviário no país.

Tabela 1: Participação por tipo de navegação no transporte aquaviário dos EUA no período 2004 – 2009.

Transporte Aquaviário nos EUA 2004 - 2009 (indicador base 2004=100)						
Segmento	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Transporte Aquaviário	100.0	105.0	109.7	112.0	125.4	114.6
Longo Curso	100.0	102.6	103.2	101.8	114.3	96.9
Cabotagem	100.0	110.1	119.7	131.6	137.3	131.6
Navegação em Grande lagos	100.0	104.0	111.7	123.7	143.0	145.0
Interior	100.0	115.6	139.6	142.1	166.6	161.4

Fonte: U.S. *Department of Transportation*, 2011.

A Figura 3 apresenta os dados da Tabela 1 em formato gráfico, sendo possível perceber que a cabotagem de 2004 a 2009 obteve a terceira maior taxa de crescimento entre as modalidades de navegação realizadas no país, atrás apenas das navegações em lagos e interior, ao contrário do contexto brasileiro, que concentra a maior quantidade de operações do transporte aquaviário na navegação de longo curso.

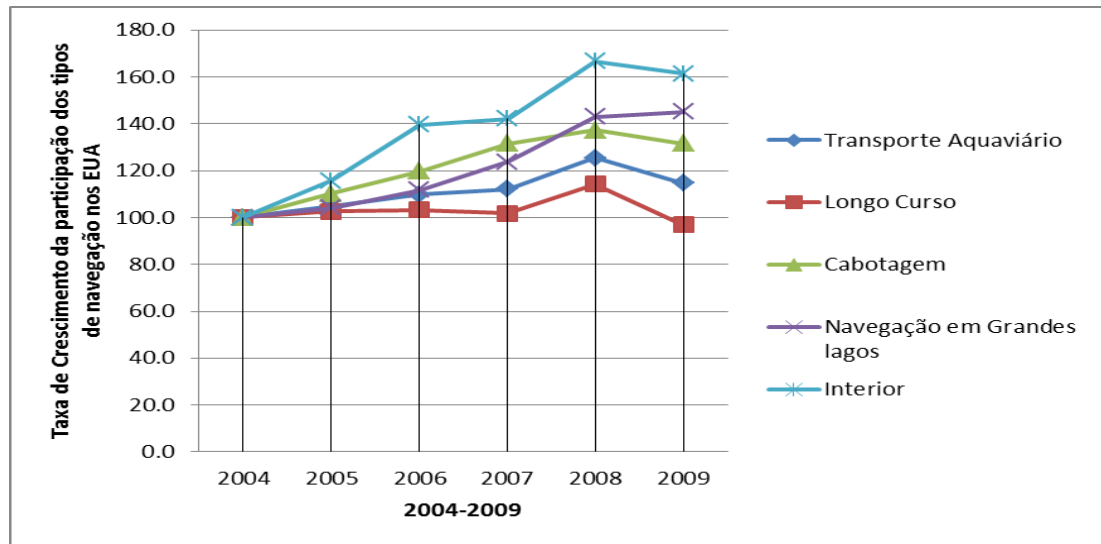


Figura 3: Participação por tipo de navegação no transporte aquaviário dos EUA no período 2004 – 2009.  
Fonte: U.S. Department of Transportation, 2011.

A importância do modal aquaviário na economia americana pode ser mensurada com a verificação da parcela do transporte aquaviário e do uso de contêineres na movimentação de cargas com o mercado internacional, em comparação com os demais modais, conforme estudo do U.S. Department of Transportation<sup>1</sup> (2011), conforme mostrado na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Matriz de transporte americana na movimentação de cargas internacionais.

Participação do Mercado por Modal nos EUA 2004-2009						
Participação por Modal (%)	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Aquaviário	42,0	43,6	44,4	45,0	47,9	44,4
Contêiner	23,0	23,5	23,3	23,7	23,6	24,9
Terrestre	31,8	31,1	30,2	29,8	28,4	28,7
Aéreo	26,2	25,3	25,4	25,2	23,8	26,8

Fonte: U.S. Department Of Transportation, 2011.

A Figura 4 ilustra a evolução da participação dos tipos de transporte que compõem a matriz de movimentação de cargas dos EUA apresentada na Tabela 2 note-se a importância do modal aquaviário e a participação da carga conteinizada.

<sup>1</sup> U.S. Department of Transportation é o Departamento de Transporte dos Estados Unidos, órgão responsável por controlar e normatizar o setor norte-americano.

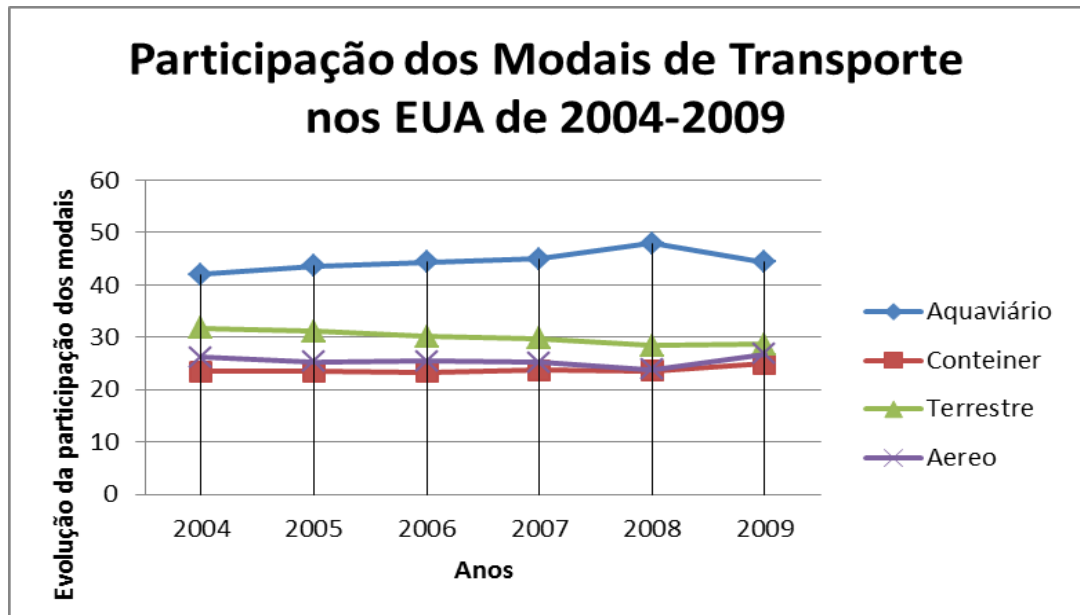


Figura 4: Matriz de transporte americana na movimentação de cargas internacionais.  
Fonte: U.S. Department Of Transportation, 2011.

Ainda segundo o *US Department of Transportation* (2011) o Brasil ocupa o 6º lugar no *ranking* dos principais países que mais utilizam o transporte aquaviário para realizar comércio internacional com os EUA. O que implica que o Brasil precisa continuar atendendo as exigências legais, tecnológicas e operacionais do transporte marítimo norte-americano, para que possa aumentar ou manter sua parcela de movimentação de carga junto a economia dos EUA.

## 2.2 Transporte de cabotagem

Segundo a definição da ANTAQ (2011b), navegação de cabotagem é aquela realizada entre portos ou pontos do território brasileiro utilizando a via marítima ou esta e as vias navegáveis interiores. Todavia Medina *et al* (2010) subdividem a cabotagem em dois tipos: grande cabotagem e pequena cabotagem.

A grande cabotagem é realizada no tráfego marítimo mercantil entre os portos brasileiros e entre estes e os portos da Costa Atlântica da América do Sul, das Antilhas e da Costa Leste da América Central. Já a pequena cabotagem acontece no tráfego marítimo mercantil entre os portos brasileiros, considera-se que a pequena cabotagem é a navegação realizada com fins comerciais entre a costa brasileira (MEDINA *et al*, 2010).

No Brasil a cabotagem é uma alternativa para equilibrar a matriz de transporte brasileira que atualmente é basicamente sustentada pelo modal rodoviário. Comparativamente a outros países europeus e da América do Norte o setor de cabotagem brasileiro ocupa uma fatia pequena em relação aos outros modais e tipos de navegação.

Segundo dados da ANTAQ (2010a) apresentados na Tabela 3, o percentual da participação da cabotagem no modal aquaviário se manteve estável em torno de 22% a 24%, no entanto obteve crescimento absoluto na movimentação de cargas da ordem de 9%.

Tabela 3: Participação da cabotagem no transporte aquaviário brasileiro

Movimentação Anual Em Toneladas (t)			
Tipos de navegação	2008	2009	2010
Longo curso	568.404.889	531.277.169	616.397.721
Cabotagem	172.392.766	177.287.367	188.011.103
Navegação interior	27.525.895	24.366.605	29.473.972
Total	768.232.550	732.931.141	833.882.796

Fonte: Adaptado de “Análise de Movimentação de Cargas 2010” (ANTAQ, 2010a).

Nakamura (2010) argumenta que as mudanças legais para o setor, a partir dos anos 1990 no Brasil, tais como: a Lei de Modernização dos Portos (Lei 8.630 de 25/02/1993); a Regulamentação para o Transporte de Cabotagem (Lei 9.432 de 08/01/1997); e a Lei do Operador de Transporte Multimodal (Lei 9.611 de 19/02/1998), permitiram que a cabotagem obtivesse uma maior competitividade operacional frente aos demais modais. Todavia o início dos anos 1990 foi um período de fortes mudanças econômicas, o que terminou por diluir os efeitos esperados pelas legislações emergentes.

No final dos anos 1990 e início dos anos 2000, houve uma maior busca por tornar o transporte de cabotagem no Brasil mais competitivo principalmente frente ao modal rodoviário, que constituía a maior parcela da movimentação de cargas brasileiras, mesmo para longas distâncias, nicho que preferencialmente deveria optar pelo transporte aquaviário para ser realizado.

Teixeira (2007) destaca que atualmente existe a predominância do transporte rodoviário no corredor norte-sudeste, o que desperdiça o potencial de outros modos de transporte como cabotagem, transporte fluvial e futuramente transporte ferroviário.

Cuoco (2008) afirma que os principais produtos movimentados do Norte/Nordeste para Sul/Sudeste pelo modal cabotagem são: eletrodomésticos, minérios, resinas plásticas, produtos petroquímicos, embalagens, sal, sucatas, produtos siderúrgicos e outros. Já no sentido contrário a carga movimentada é constituída principalmente por: gêneros alimentícios, produtos químicos, materiais de construção, partes e peças, têxteis, higiene e limpeza, carga refrigerada, resinas, dentre outros.

A navegação de cabotagem, no caso brasileiro, é utilizada principalmente para transportar carga geral e contêineres. A crescente procura por serviços destinados a atender a movimentação destes tipos de cargas é o principal propulsor de investimentos no setor. Nos portos internacionais, as principais aplicações da navegação de cabotagem estão voltadas para a movimentação de contêineres no comércio internacional (LIU, 2010).

O processo comum de implementação do transporte de cabotagem na matriz de transporte pode ser sintetizado de forma bastante simples na Figura 5 a seguir. Conclui-se que a cabotagem no contexto brasileiro constitui um elo entre portos de uma cadeia de suprimentos, normalmente baseada no conceito de integração da estrutura portuária e articulação com os demais modais e tipos de navegação.

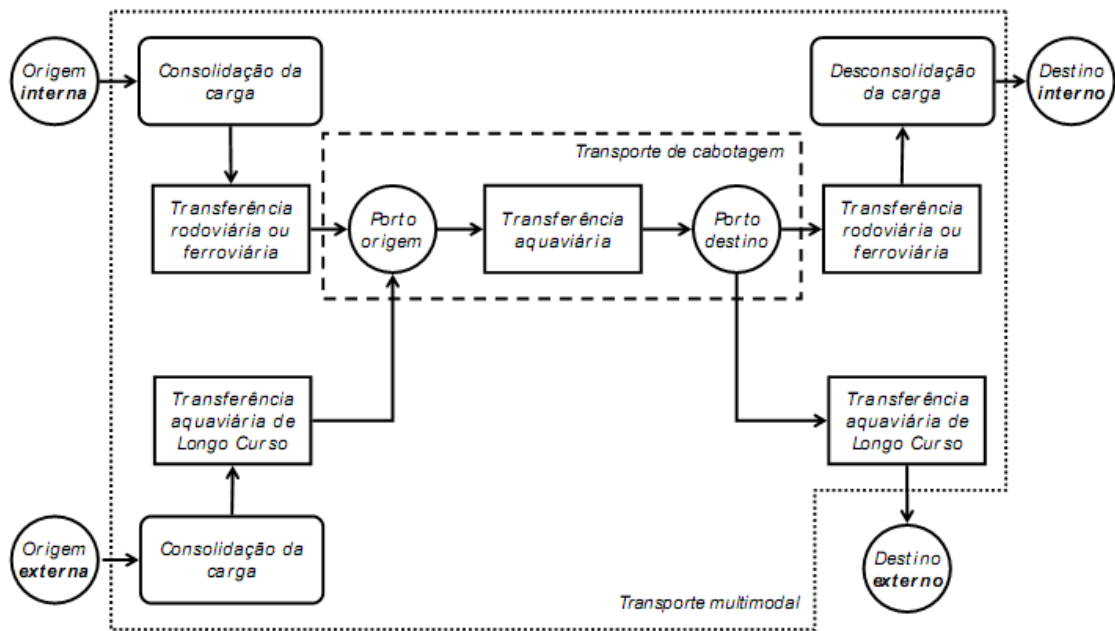


Figura 5: Representação esquemática do transporte de cabotagem.

Fonte: Medina *et al.* (2010).



O termo cabotagem é definido pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) como “uma reserva de navegação comercial doméstica dos países para embarcações que trafegam com a bandeira do Estado, aplica-se para navegação costeira e interior” (OCDE, 2001, p.39). Esta definição é a mais utilizada no contexto internacional para caracterizar a navegação de cabotagem, podendo haver legislações específicas que variam em cada país que estendem ou restringem este conceito.

A cabotagem no contexto internacional é muito utilizada no transporte de carga contêinerizada e granel líquido. Evers e Feijter (2003) apontam que as linhas de navegação que atendem à navegação costeira e à navegação interior são um fator crítico para o transporte de contêineres intercontinental.

Greaves (2011) ressalta a importância da regulamentação da cabotagem na União Europeia, a partir da unificação dos Estados-Nação para o aumento da competitividade da navegação comercial, em países como Portugal, Itália, Espanha e Grécia, embora estes países não apresentassem, inicialmente, condições de competir com os principais portos europeus.

Nos países da Ásia – em especial aqueles que são centros industriais como Japão, China, Taiwan, Indonésia, Índia, Singapura – o desenvolvimento de sistemas de transporte marítimos tornou-se uma necessidade competitiva desde o início dos anos de 1980. Wang e Slack (2000) afirmam que o *Hub Port* de Hong Kong concentra aproximadamente 95% da carga contêinerizada que chega ou sai da China, por cabotagem ou longo curso. Em 2010, o Porto de Shanghai movimentou cerca de 37% dos contêineres com destino ou origem da China.

No que concerne à África, os fluxos de contêineres que são movimentados pela costa leste e oeste do continente por cabotagem, além da movimentação com o mercado internacional, motivaram o estudo da construção de um porto concentrador de carga na Região de *Ngqura* (África do Sul) devido a sua localização estratégica (NDoT, 2011).

Segundo dados do *U.S. Department of Transportation* (2011), nos Estados Unidos a navegação costeira e interior representou cerca de 80% do transporte de cargas doméstico, em 2009 e aproximadamente 32% do total de carga movimentada pelo modal aquaviário. Além da importância das cargas contêinerizadas para a navegação de cabotagem norte-americana, destaca-se ainda o uso deste modal para o transporte de graneis líquidos na costa americana.

No Mercosul, Moura e Botter (2011) afirmam que a cabotagem internacional deveria seguir o exemplo da União Europeia, que é um referencial para a integração econômica da

América Latina, onde a reserva de bandeira praticada por Brasil, Chile e Argentina impede o surgimento de rotas regionais, que poderiam ganhar economia de escala ao incorporar o transporte de mercadorias de outros países do bloco e, portanto, melhorar o nível dos serviços de transportes.

### 2.2.1 Vantagens e desafios para o transporte de cabotagem

As principais vantagens do transporte de cabotagem, segundo pesquisa da Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2006), são: o custo do frete, segurança da carga, confiabilidade dos prazos e nível de avarias. Conforme a Tabela 4 a seguir:

Tabela 4: Pesquisa sobre as vantagens do transporte de cabotagem.

Vantagens da cabotagem	Entrevistas	Porcentagem
Custo do frete	78	41,3%
Segurança da carga	49	25,9%
Confiabilidade dos prazos	23	12,2%
Nível de avarias	21	11,1%
Armazenagem da carga	6	3,2%
Serviços complementares	1	0,5%
Comunicação/informação sobre a carga	0	0,0%
Outros	4	2,1%
não sabe ou não respondeu	7	3,7%

Fonte: CNT (2006).

Nascimento (2012), afirma que o transporte de cabotagem apresenta alta competitividade em relação ao custo do frete pois, em média, o frete da cabotagem no Brasil é de R\$40,00 por tonelada a cada 1.000 km, enquanto o frete ferroviário é de R\$65,00 e o rodoviário alcança os R\$100,00. Todavia este fator não se constitui como elemento suficiente para atrair cargas para este tipo transporte, tampouco promover o crescimento do setor.

Segundo a ANTAQ (2011c) as principais vantagens da cabotagem são: maior eficiência energética; capacidade de movimentação de grandes quantidades; vida útil elevada da infraestrutura, equipamentos e veículos; segurança da carga; menor consumo de combustível; menor emissão de poluentes; menor custo de infraestrutura; menor custo operacional.

Todavia a ANTAQ (2011c) também aponta os seguintes entraves para o desenvolvimento da cabotagem no Brasil: alto custo do combustível; frota envelhecida; dificuldade de renovação

da frota; altos custos portuários; dificuldade de atracação; baixa acessibilidade aos portos; e baixa produtividades em alguns portos.

Os principais entraves para o desenvolvimento da cabotagem são intrínsecos ao setor. Santos (2010) esclarece que um dos principais aspectos que dificultam o desenvolvimento da cabotagem no Brasil, são a baixa eficiência e produtividade dos terminais, na movimentação de contêineres, haja vista a importância dos contêineres para o uso do transporte de cabotagem.

Ono (2001) aponta que a viabilidade do segmento de cabotagem depende do nível de serviço oferecido ao usuário, da qualidade dos serviços, da confiabilidade, da regularidade e continuidade, do *transit time*, frequência compatível com a carga, e principalmente de fretes competitivos, sendo um dos principais desafios do setor atender estes critérios frente as limitações operacionais e estruturais dos portos brasileiros.

A demanda reprimida por serviços de cabotagem é uma realidade tanto no que se refere à substituição do modal rodoviário em longas distâncias, quanto à tendência da expansão do setor. Segundo dados da empresa Login S/A (2011), sobre o potencial de mercado do setor de transporte no estado do Amazonas, o modal aquaviário tem potencial de movimentação de 332,5 mil TEU, enquanto o modal rodoviário tem potencial de mercado estimado em 668,2 mil TEU. Portanto estima-se que haja 1 milhão de TEU como potencial de movimentação de carga no estado.

Neto e Santos (2005) apresentam os seguintes fatores macroeconômicos como favoráveis para a expansão da cabotagem no Brasil: redução da inflação, competitividade das empresas, a taxa básica de juros, queda da taxa do câmbio, falta de recursos para recuperação das malhas rodoviárias, ferroviárias e hidroviárias.

Moura e Botter (2011), afirmam que a cabotagem, aliada aos demais modais de transportes, ferroviário, rodoviário e hidroviário, pode contribuir muito para redução dos custos logísticos nacionais, além de reduzir avarias de transporte, perda de carga etc. Este é um desafio para o segmento nos próximos anos. Nakamura (2010), evidencia que a multimodalidade nos serviços de cabotagem foi fundamental para o desenvolvimento do setor, no caso do comércio europeu.

Na Região Norte, os resultados da pesquisa de Teixeira (2007) reforçam o argumento sobre o potencial da cabotagem no Brasil, o qual, com alguns investimentos no setor e com maior

incentivo à utilização, proporcionariam significativa redução dos custos de transporte de carga fracionada em contêineres no corredor norte-sudeste.

As expectativas para o transporte de cabotagem nos próximos anos é bem sintetizada nos comentários de Moura e Botter (2011) que evidenciam que a cabotagem é largamente utilizada na União Europeia e nos Estados Unidos. O Brasil pode espelhar-se em algumas experiências dessas experiências bem sucedidas para alavancar este segmento de transporte, prover a intermodalidade e melhorar o nível de serviço prestado ao mercado.

Se, no caso brasileiro, a cabotagem encontra-se em estágio de desenvolvimento de condições de infraestrutura portuária para prover maior capacidade de movimentação deste tipo de navegação, no contexto internacional os desafios para a evolução da cabotagem estão voltados para outros temas como: integração com outros modais e tipos de navegação; redução de custos; regulamentação mais moderna para a cabotagem como interface para o transporte marítimo internacional; oferta de serviço *feeder*; adequação do tamanho e capacidade das embarcações; uso ou não portos concentradores (OECD, 2001; WILMSMEIER, MARTÍNEZ-ZARZOSO e FIESS, 2010; GREAVES, 2011).

Esses temas são críticos para o desenvolvimento de soluções para as deficiências da cabotagem internacional, bem como para sua evolução. As soluções mais utilizadas para tratar esses assuntos são (MOURA e BOTTER, 2011):

- Emprego de serviços *feeder* para racionalizar os fluxos de cargas por cabotagem (NDoT, 2011);
- Investimento no setor de construção naval para permitir a criação de embarcações mais adequadas para a cabotagem (ONO, 2001);
- Proposta de criação de plataformas logísticas para melhorar a integração com outros modais e tipos de navegação (MINISTERIO DE FOMENTO ESPAÑA, 2010);
- Reformas na legislação para a cabotagem internacional, nos casos da União Europeia e Leste Asiático (OECD, 2001);
- Construção de portos *hubs* e portos *spokes* (NOTTEBOOM, 2012);
- Novas formas de financiamento de intervenções no setor, tais como Parceria Público-Privado (MINISTERIO DE FOMENTO ESPAÑA, 2010).

As soluções levantadas neste trabalho não esgotam o universo de temas e soluções relevantes sobre a cabotagem. Todavia são os temas mais citados em trabalhos acadêmicos e

documentos oficiais de órgãos reguladores internacionais responsáveis pelo setor nos últimos anos. Não pode ser descartada a importância para o setor de temas como: gestão naval; tecnologias de operação portuária; oferta de serviços complementares, entre outros.

### **2.3 Transporte de cabotagem no Amazonas**

O transporte de cabotagem no Amazonas apresenta indicadores significativos frente à movimentação nacional de cargas por meio deste tipo de navegação, com cerca de 15,46% do volume total transportado em 2010. A cidade de Manaus é a única localização considerada como porto de origem, devido às características econômicas da cidade que possui um importante polo industrial, que gera e atrai praticamente toda a demanda por movimentação de contêineres, bem como pelo fato de os terminais privados, que movimentam estes tipos de carga, estarem localizados apenas nessa capital.

O município de Manaus, por sua característica econômica, concentra a maior economia do estado do Amazonas, e é descrito como um ponto de distribuição que abastece não somente seu interior, mas outras regiões do país (SILVA, 2008 *apud* SANTOS, 2010).

Neste trabalho a movimentação de contêineres do estado do Amazonas é considerada como totalmente realizada através da cidade de Manaus. Tal consideração é baseada nos relatórios da ANTAQ (2010b), que consideram o desempenho do transporte de cabotagem do estado como a soma das capacidades dos terminais privados que atuam na cidade, de forma similar com o que é realizado em outras regiões.

O escoamento mais eficiente da produção do Polo Industrial de Manaus é o principal agente motivador para a busca de soluções e alternativas para o transporte aquaviário no Amazonas. A produção agrícola, oriunda do interior, atende basicamente à capital Manaus, sendo o transporte interior suficiente para atender esta demanda.

A distância de Manaus para os principais centros consumidores do PIM, bem como dos principais fornecedores exige que os custos logísticos sejam levados em consideração na definição das estratégias de escoamento da produção, instalação de empresas e seleção de mercados consumidores preferenciais.

SANTOS (2010), situa o principal percurso para o transporte marítimo (longo curso e cabotagem) como sendo realizado com acesso pela foz do Rio Amazonas, no Amapá, que

apresenta dois pontos onde o calado é limitado, sendo eles: o trecho Fazendinha localizado na entrada pela Barra Norte (Amapá) e o outro em Itacoatiara (Amazonas).

Lacerda (2004) argumenta que o porto de Manaus é o maior movimentador de carga geral na navegação de cabotagem devido, principalmente, às mercadorias provenientes ou com destino ao PIM. Para uma melhor análise dos principais fluxos de escoamento de cargas conteinizadas com destino e origem Manaus dados da ANTAQ (2012) são apresentados graficamente a seguir na Figura 6.

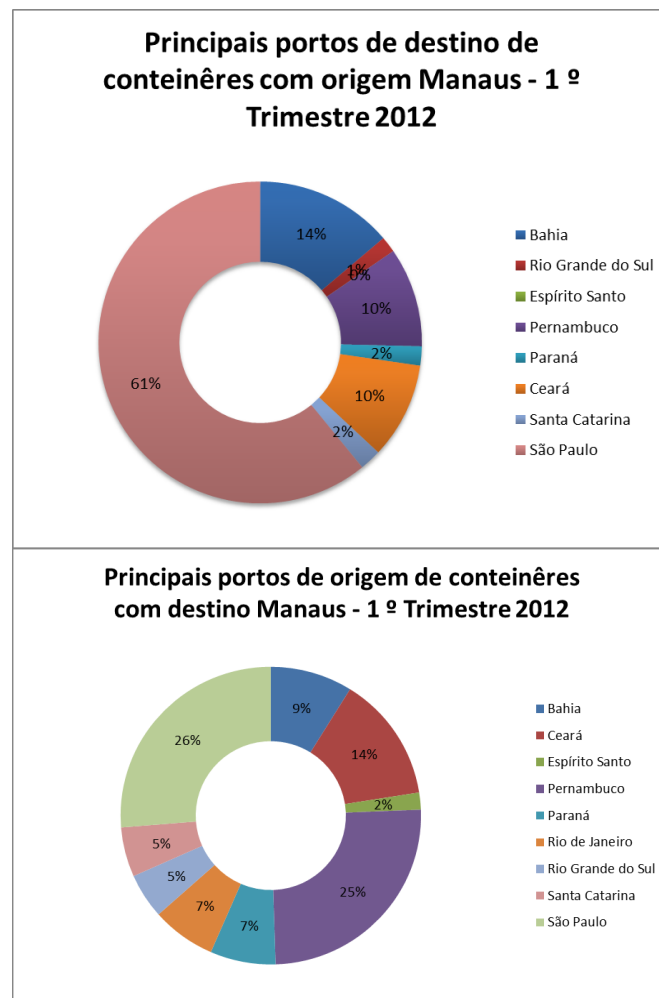


Figura 6: Principais portos com fluxos de cargas com destino ou origem Manaus.  
Fonte: Adaptado de ANTAQ (2012).

Os dados apontam para uma forte atração do porto de Manaus em relação aos Portos de Santos (SP), Suape (PE), Fortaleza (CE) e Salvador (BA). Os principais produtos que possuem destino e origem a Região Norte explicam o destaque para esses estados, além do fator PIM, que

tende a ter maior movimentação em direção a fornecedores e mercados consumidores representativos.

Já na análise realizada por Santos (2011), no Núcleo de Transporte e Construção Naval (NTC) da UFAM, ficou evidenciada que a matriz O-D da cidade de Manaus pelo modal marítimo (longo curso e cabotagem) temos uma distribuição similar a apresentada pela ANTAQ em 2012.

Segundo Santos *et al* (2011) a distribuição dos principais fluxos das cargas produzidas por Manaus pode ser explicada por nove pontos destinos que representam 95% da atração total de carga com um valor médio de 2.241.390,3 ton. Dentre esses, destaca-se a concentração do maior volume de carga no Porto de Aratu (BA) com 66% e no Porto de Santos (SP) com 16%, além dos portos de Itaguaí (RJ), Barra dos Coqueiros (SE), Suape (PE), Pecem (CE), Salvador (BA), Buenos Aires (Argentina) e Barranquilla (Colômbia). Já no caso das cargas atraídas por Manaus, Santos *et al* (2011) demonstra que os principais fluxos de atrações de viagem são provenientes dos portos de Coari (AM) com 27%, São Sebastião (AM) 12%, Santos (SP) 11%, Rio de Janeiro (RJ) 7% e por fim o porto de Aratu (BA) com 5%.

Considerando a movimentação de contêineres na navegação de longo curso e cabotagem dados do SINI (2012) apontam a série histórica de 2006 a 2012 presente no Quadro 1. No entanto, até 2008, o Porto Público apresentava movimentação significativa de contêineres, porém neste ano este porto entrou em reforma e toda a movimentação de contêineres foi concentrada nos dois terminais privados presentes na cidade, situação que persistiu até o final do ano de 2012.

Quadro 1: Série histórica da movimentação de contêineres do estado do Amazonas

<b>Mov Total</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
jan	22.322	19.282	24.927	23.204	26.594	34.948	40.259
fev	19.211	19.847	21.992	19.926	29.868	37.631	36.556
mar	24.334	24.253	26.575	22.883	35.043	39.868	37.188
abr	21.206	24.362	24.911	18.665	32.245	31.652	35.171
mai	24.382	23.468	24.676	21.764	35.595	41.513	41.391
jun	24.856	23.961	29.699	22.631	30.354	36.342	40.036
jul	25.960	23.284	29.371	28.806	34.408	38.683	43.152
ago	27.396	29.438	31.372	28.143	41.384	40.342	43.028
set	27.134	27.552	37.558	28.945	35.682	41.491	43.603
out	25.723	27.689	38.619	31.864	33.117	42.275	52.423
nov	22.068	23.623	33.443	29.991	35.232	37.900	38.790
dez	22.253	27.892	26.063	32.371	40.618	32.767	-
<b>Total</b>	<b>286.845</b>	<b>294.651</b>	<b>349.206</b>	<b>309.193</b>	<b>410.140</b>	<b>455.412</b>	<b>451.597</b>
<b>Variação (%)</b>		<b>↑ 2,72</b>	<b>↑ 18,52</b>	<b>↓ 11,46</b>	<b>↑ 32,65</b>	<b>↑ 11,04</b>	

Fonte: SINI, 2012.

No que se refere apenas a movimentação de contêineres por cabotagem, o TUP Superterminais movimentou entre janeiro de 2012 a novembro de 2012 um total de 23.715 TEU, ou seja cerca de 13,5% do volume total transportado pelos TUP da cidade de Manaus, enquanto que o TUP Chibatão movimentou 150.893 TEU, aproximadamente 86,4% de um total 174.608 TEU (SINI, 2012).

A diferença de movimentação de contêineres por cabotagem apresentada entre os dois TUP pode ser explicada pelo perfil de demanda que é atendida por cada terminal, enquanto o TUP Chibatão é responsável pela maior demanda por cabotagem o TUP Superterminais abrange a maior parcela de carga para longo curso.

No que concerne ao sentido da carga 46% (80.629 TEU) do volume transportado possui origem Manaus, enquanto que 54% (93.979 TEU) da carga conteinizada movimentada nos TUP de Manaus é proveniente de outros portos. Conforme apresentado na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5: Série histórica da movimentação de contêineres por cabotagem

Mês/2012	TUP Chibatão		TUP Superterminais		Total	
	Origem Manaus	Destino Manaus	Origem Manaus	Destino Manaus	Origem Manaus	Destino Manaus
Janeiro	6404	7210	561	1268	6965	8478
Fevereiro	5426	6697	511	379	5937	7076
Março	6197	7260	872	767	7069	8027
Abril	5218	6637	784	1113	6002	7750
Maio	5599	6705	1173	1603	6772	8308
Junho	5962	7993	833	1470	6795	9463
Julho	5076	6712	819	1169	5895	7881
Agosto	8611	7079	1463	1965	10074	9044
Setembro	6302	7471	832	1362	7134	8833
Outubro	9366	9036	1257	1516	10623	10552
Novembro	6670	7262	693	1305	7363	8567
<b>Total</b>	<b>70831</b>	<b>80062</b>	<b>9798</b>	<b>13917</b>	<b>80629</b>	<b>93979</b>

Fonte: Adaptado de SINI (2012).

Nos estudos exploratórios de Monteverde (2007), sobre alternativas para o transporte intermodal entre Manaus e o Oceano Pacífico, ficou evidenciado que, se este eixo possuir todos os equipamentos necessários para a movimentação de contêineres, poderá transportar maiores fluxos de cargas. Segundo Monteverde (2007) os fluxos de cargas provenientes do PIM



mensurados na sua análise justificam os investimentos iniciais na melhoria das alternativas logísticas para a região.

O atual cenário da cabotagem no Amazonas apresenta como características a dependência de Manaus como porto concentrador da demanda para o estado, sendo também o porto mais significativo para a Região Norte.

Os estudos de Teixeira (2007), sobre possíveis alternativas para o transporte de carga geral utilizando contêiner, na Amazônia, apresentam que para as rotas entre Manaus e São Paulo, os resultados das opções de rotas indicam que a maior redução obtida foi de 38%, com o transporte intermodal rodo-marítimo. A cabotagem transportou em 2004 23% dos produtos fabricados na Zona Franca de Manaus.

Os produtos necessários para o abastecimento da Região Norte, transportados no sentido sudeste-norte, também poderiam explorar o potencial de redução nos custos de transporte oferecidos pela cabotagem (TEIXEIRA, 2007). Para tanto é necessário superar os conhecidos entraves no setor.

### **2.3.1 Aspectos socioeconômicos do estado do Amazonas**

Santos *et al* (2011) esclarece que a Região Geoeconômica da Amazônia ou Complexa Regional Amazônica compreende todos os estados da Região Norte do Brasil (com exceção do extremo sul do Tocantins), praticamente todo o Mato Grosso e o oeste do Maranhão e está localizada em uma área de aproximadamente 5,1 milhões de quilômetros quadrados (cerca de 60% do território do país).

O estado do Amazonas é o maior em extensão territorial, tendo aproximadamente 1,5 milhão de km<sup>2</sup>. Segundo censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010 a população do Amazonas está estimada em 3.480.937 habitantes, contudo a capital Manaus possui 1.802.525 habitantes, cerca de 51,7% do total da população (IBGE, 2010a).

Os indicadores sociais apontam que o estado do Amazonas não se encontra em condições favoráveis de desenvolvimento humano, segundo dados do IBGE (2010b) a taxa de mortalidade infantil no Amazonas (24,3%) encontra-se acima da média nacional (22,5%).

Já o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que é um indicador da qualidade de vida, que considera os indicadores de educação (alfabetização e taxa de matrícula), longevidade

(expectativa de vida ao nascer) e renda (PIB per capita) revela que oito, dos nove estados da Região possuem IDH inferior ao IDH Nacional (0,757), exceção feita ao estado de Mato Grosso cujo IDH é 0,773 (SANTOS *et al* 2011).

A taxa de escolarização líquida dos adolescentes entre 15 e 17 anos aponta que os estados da Região Norte estão bem abaixo da média nacional no que se refere a escolaridade de jovens, enquanto que na Região Norte esse indicador é da ordem de 39,1% em 2009 a média nacional atinge um nível de 50,9%, sendo a Região Sudeste destaque com 60,5 % (IBGE, 2009).

A população dos alunos acadêmicos do Amazonas representa 2,49% da quantidade nacional, comparativamente, a população do Amazonas representa 2% da população total brasileira.

O Produto Interno Bruto (PIB) dos estados da Região Norte, a preços correntes, alcançou R\$ 163,2 bilhões em 2009 correspondendo a 5,03% do PIB nacional. Já o estado do Amazonas alcançou PIB de 49,6 bilhões em 2009 representando 30,33% do montante da Região Norte, porém apenas 1,25% do volume nacional (IBGE, 2009).

Para o desempenho econômico do estado, a capital Manaus tem papel fundamental, já que seu PIB atingiu em 2009 um valor de 49,5 bilhões em valores correntes, ou seja, 81% do total do estado e 24,8% do PIB de toda a região Norte.

O setor industrial, carro-chefe da economia do estado do Amazonas apresenta taxas de crescimento consistentes desde os anos de 1990. O faturamento conjunto das empresas incentivadas no PIM, em 2007, atingiu um valor em torno de US\$ 26,0 bilhões; o crescimento é de 147,1% em relação a 2000. Os três subsetores responsáveis por 69,6% deste faturamento total foram: eletroeletrônico 29,4%, veículos e duas rodas 23,2% e os bens de informática 17,1% (SANTOS, 2010).

Dados sobre a produção industrial do Amazonas apontam que o setor cresceu significativamente nos últimos 3 anos, embora tenha registrado recuo de 3,3 % no primeiro bimestre de 2012, a Figura 7 a seguir ilustra esse quadro:

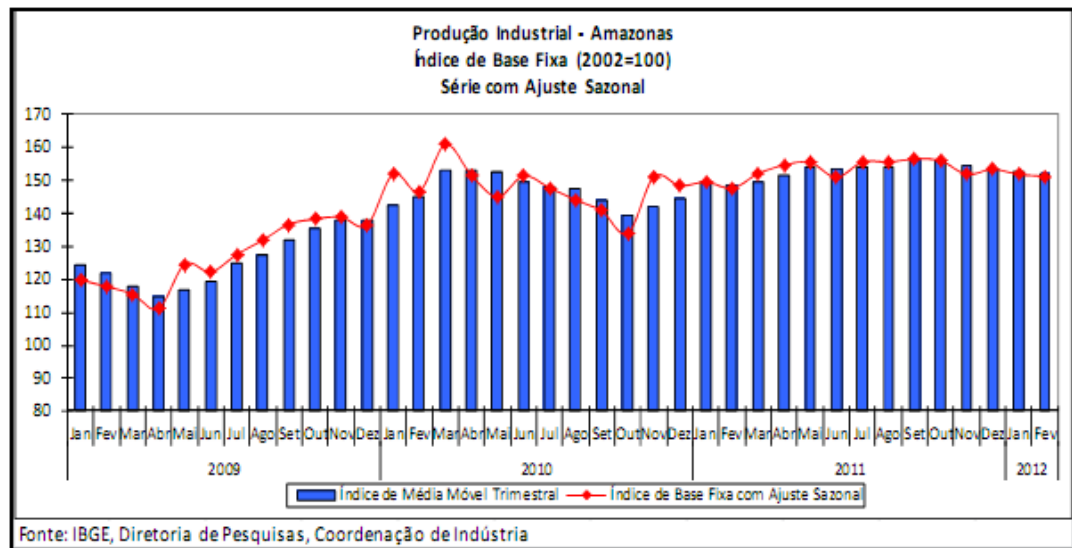


Figura 7: Produção industrial do Amazonas de janeiro de 2009 a fevereiro de 2012.  
Fonte: Pesquisa Industrial Mensal – Produção Física Regional (IBGE, 2012).

Os dados sobre os aspectos socioeconômicos do Amazonas evidenciam a necessidade de exploração da capacidade industrial do estado, sobretudo de Manaus, haja vista tratar-se da principal fonte de receita. A indústria de transformação tem uma notável participação no PIB estadual do Amazonas (55,4%). Os investimentos na infraestrutura do setor permitem que o estado mantenha seu papel de destaque na economia regional, possibilitando que os indicadores sociais sejam melhorados a médio e longo prazo.

### 2.3.2 Estrutura do transporte de cabotagem no Amazonas

Segundo Santos *et al* (2010), o município de Manaus possui dois Terminais de Uso Misto Privativo (TUP) para embarque e desembarque de carga de contêineres. Ambos estão situados na margem esquerda do rio Negro, possuem píer flutuante conectados por uma ponte de acesso com cais de atracação, oferecendo duas posições de acostagem, berços internos e os outros berços externos. O processo de armação de cabotagem, toda ela é constituída de embarcações “*roll-on-roll-off*” (RO-RO) e “*full-containers*”.

A Tabela 6 a seguir destaca os principais dados de infraestrutura dos terminais portuários movimentadores de contêineres na cidade Manaus, os TUP de empresas privadas são definidos como Terminal A e Terminal B.

Tabela 6: Infraestrutura dos terminais de cabotagem na movimentação de contêineres em Manaus.

Dados dos Terminais de Contêiner – Manaus		
Item	Terminal – A	Terminal – B
Cais Flutuante (metros)	-	431.5
Capacidade de Atracação	3	4
Guindastes Lierbherr	3	6
Retroárea (m2)	70.000	146.501
Produtividade Média	30	30

Fonte: Santos (2010).

Segundo SANTOS (2011 *apud* 2007) são 58 pontos de atracação situados na orla do Rio Negro nas circunvizinhanças de Manaus, sendo 21% terminais autorizados. Quanto aos serviços prestados, 10 (dez) foram classificados como estaleiros, 48 (quarenta e oito) terminais privados, sendo 1 (um) serviço *offshore* e 8 (oito) são empresas de navegação.

Quanto ao que se refere ao atual estágio do transporte de cabotagem pelo Porto de Manaus a *Câmara Interamericana de Transportes* (CIT) afirma que o movimento desse porto diz respeito, na sua quase totalidade, aos contêineres com cargas para o mercado interno, já que a cabotagem tem transportado pouca carga embarcada em Manaus com destino ao exterior (CIT, 2003).

Atribuí-se a quase nula participação de cargas de exportação no tráfego à inexistência de um serviço coordenado de transporte, entre a cabotagem e o longo curso, fazendo com que os exportadores deixem de cogitar da realização de negócios com países para os quais não haja transporte direto (CIT, 2003).

## 2.4 Porto Concentrador na Região Norte

O desenvolvimento de projetos que visam melhorar as condições logísticas dos estados da Região Norte é algo bastante comum nos últimos anos, devido ao crescimento das economias das principais cidades, ao aumento dos repasses governamentais para o setor e ao surgimento de parcerias público-privadas para realizar investimentos, entre outros fatores.

A abordagem baseada na criação de portos concentradores, para atender o escoamento da produção regional, não é algo novo. Todavia, determinar a localização ideal ou possíveis alternativas para implementação deste porto é uma tarefa complexa, pois a escolha de uma

localidade para construção de um porto concentrador, que atenda a demanda por serviços de cabotagem e longo curso na Região Norte, envolve inúmeras variáveis. Isto resulta devido ao porte de uma obra deste tipo impactar, indubitavelmente, na malha de transporte de todo o país e ao volume de recursos financeiros empregados na sua execução.

Do ponto de vista do escoamento de cargas com origem e/ou destino em um dos principais portos e/ou cidades da Região Norte, destaca-se o escoamento dos minérios nos estados do Pará e Amapá, cargas contêinerizadas provenientes de Manaus (Amazonas) e o escoamento da produção de grãos dos estados do Pará, Mato Grosso, Rondônia e Maranhão (TEIXEIRA, 2007).

O fato da Região Norte possuir dimensão continental, associado às condições de infraestrutura de transporte deficientes nos modais rodoviário, aquaviário e ferroviário, bem como a concentração populacional ser significativa apenas em torno das grandes cidades da região, limitam as opções de escolha de uma localidade operacionalmente e economicamente viável para receber um porto concentrador de carga.

Dentre os fatores técnicos que devem ser considerados para a escolha de qual localidade deve ser escolhida para receber um porto concentrador de cargas que atenda boa parte da demanda de uma região deve-se considerar (ANTAQ, 2008):

- Quais tipos de cargas pretende-se atender, um ou mais tipos? Quais as principais rotas de escoamento de carga?
- A localidade atende aos requisitos ambientais para receber um porto, tais como, calado mínimo para receber embarcações do porte que necessita? Exige altos investimentos em obras nas hidrovias para garantir a navegabilidade? Entre outros questionamentos ambientais.
- Qual a disponibilidade de tecnologia e recursos humanos para a construção da obra? Qual a disponibilidade de tecnologia e recursos humanos para a operação e manutenção do porto quando este estiver em funcionamento?
- Qual o nível de integração com os demais serviços portuários e demais tipos de modais haja vista a necessidade de articulação com a cadeia de suprimentos das cargas movimentadas?
- Qual o impacto sobre o custo e tempo na movimentação das cargas movimentadas em relação ao cenário atual?

- Qual o impacto que o porto traria sobre os demais portos nacionais? Quais oportunidades poderiam surgir? Como o porto afetaria a demanda por serviços de outros modais?

Todos estes questionamentos não são suficientes para garantir a ampla viabilidade do projeto, nem sua execução, pois há, ainda, a influência do fator político e seu desdobramento social na região que receber um porto importante.

Da mesma forma, é necessário que as empresas de navegação, bem como as empresas e produtores localizados na Região Norte que utilizam os serviços de transporte aquaviário para escoamento de cargas, vejam o modelo de transporte utilizando um porto concentrador como economicamente mais viável e operacionalmente mais eficiente para garantir que a obra seja efetivamente útil em caso de implementação.

Nos últimos anos surgiram diversos estudos acadêmicos e governamentais no sentido de propor a localização de portos concentradores na Região Norte. Na maioria dos casos, com o objetivo de atender apenas um tipo de carga, normalmente minérios, grãos ou contêineres. Na maioria dos casos os principais tipos de navegação escolhidos são cabotagem para movimentar contêineres e grãos e longo curso para movimentar minérios, visando atender à demanda do mercado exterior.

Dentre esses estudos destacam-se dois, o primeiro visa construir um porto concentrador de contêineres na cidade de Santana no Amapá, próximo a capital Macapá. Já o segundo mais recente realizado pela Companhia de Docas do Pará (CDP) pretende construir um terminal movimentador de minérios e grãos na região de Curuçá, chamado de Porto de Espadarte, próximo da capital Belém (SEPE, 2011).

O projeto de criação de um porto concentrador de contêineres na cidade de Santana localizada no estado do Amapá – extremo norte do território brasileiro – visa atender a demanda de contêineres tanto por cabotagem quanto longo curso. O porto de Santana já existe e fica localizado na foz do Rio Amazonas no acesso denominado Barra Norte próximo ao porto localizado na capital Macapá.

A Figura 8 a seguir apresenta uma foto da estrutura física do Porto de Santana (CDSA, 2010).



Figura 8: Porto de Santana no Amapá.  
Fonte: CDSA (2010).

A Companhia de Docas de Santana (CDSA), em 2010, realizou um estudo no qual avaliou diversos cenários alternativos, que foram propostos para atender a demanda por contêineres da Região Norte, principalmente nos portos de Manaus (AM), Belém (PA) e Vila do Conde (PA).

Os cenários utilizados para a projeção de movimentação de contêineres foram baseados na hipótese das instalações portuárias de Santana servirem ao transbordo das cargas descarregadas de navios e embarcadas de balsas fluviais. Outra proposição era o cenário de transferência por transbordo, de navios de maior porte para outros navios menores que pudessem atingir os terminais situados na Bacia Amazônica (CDSA, 2010).

O estudo apontou, como resultados relevantes, que há a possibilidade de criação do porto concentrador. Falta a demonstração de exequibilidade, considerando outros fatores, como a questão da redução de custos que poderia ser obtida, tanto nos fretes marítimos quanto no trajeto hidroviário desde a foz do Amazonas até Manaus. Destaque-se que, por parte do porto, não haveria necessidade de construção de novos berços, mas apenas a disponibilização de equipamentos (CDSA, 2010).

Enquanto a proposta de criação de um porto concentrador de contêineres nos Portos de Santana ou Macapá está em pauta desde os anos de 1990, com a elaboração do estudo “Integração do Porto de Macapá ao MERCONORTE” realizado pelo Ministério dos Transportes (TAPAJÓS, 1998), a proposta de criação de um superterminal na região da cidade de Curuçá no Estado do Pará, é mais recente, surgindo como alternativas para o escoamento de minérios

produzidos nas jazidas do Pará e do Maranhão, podendo atender ainda ao escoamento de grãos, como soja.

Segundo a Secretaria de Estado de Projetos Estratégicos (SEPE) do Pará o projeto do porto conta com um calado superior a 22 m. O Porto do Espardate, quando construído, encurtará em 400 quilômetros a distância entre as minas de Carajás e os navios de exportação da indústria minério-metalúrgica.

O local é estratégico, pois além da proximidade das grandes concentrações de minério, estudos mostram que a região seria ideal para receber navios com capacidade de carregamento de até 500 mil toneladas (SEPE, 2011). Desta forma, possui calado e capacidade de carregamento para atender o escoamento da produção de grãos e a movimentação de contêineres. A Figura 9 apresenta uma imagem da região nordeste da costa marítima do Pará onde fica localizado o conjunto de ilhas onde está a cidade de Curuçá.



Figura 9: Mapa de radar da região de Curuçá no estado do Pará  
Fonte: CDP (2004).

Em 2004 a Companhia de Docas do Pará realizou um estudo sobre a viabilidade técnica e ambiental da construção do projeto denominado “Terminal *Offshore* do Espardate” na Ilha dos



Guarás (Mariteua), na região de Curuçá conforme mostrado na Figura 10. O relatório atestou que a localidade atende às necessidades físicas para receber o empreendimento.

A ilha escolhida para receber o projeto do terminal *offshore* fica há 140 km de Belém, sendo que sua *hinterland* contempla toda a Amazônia Ocidental e os estados do Maranhão e Mato Grosso. O projeto tem custo estimado em 400 milhões de Reais.

O projeto do Terminal de Espadarte apresenta, como principais vantagens: localização estratégica, tanto para cabotagem quanto longo curso; integração com os demais transporte para transbordo de cargas; condições físicas e ambientais adequadas com às necessidades de um porto com elevada capacidade de movimentação, para atender embarcações que exigem grande calado; múltiplas oportunidades de movimentação de cargas diferentes (grãos, minérios, contêineres). A Figura 10 ilustra as alternativas de escoamento suportadas pelo projeto do Terminal de Espadarte:



Figura 10: Projeto do terminal *offshore* de Espadarte  
Fonte: CDP (2004).

A implementação do Terminal de Espadarte poderá vir a concentrar as cargas que possuíam origem e/ou destino nos portos e terminais das cidades de Manaus, Belém, Santana, Macapá, Vila do Conde, São Luís, Itacoatiara, entre outros. Portanto, é necessário planejar a logística de toda a Região Norte com a existência de um porto com essa capacidade de movimentação de diferentes tipos de carga. No início de 2012 a mineradora Vale S/A adquiriu a ilha escolhida para receber o projeto do Porto de Espadarte. A mineradora irá prover parte dos recursos financeiros, em articulação com o governo estadual, para execução da obra. O projeto do Porto de Espadarte possui a simulação de como será o porto quando concluído, a Figura 11 apresenta este protótipo.



Figura 11: Simulação do projeto do Terminal *offshore* de Espadarte  
Fonte: CDP (2004).

Todavia, as alternativas apresentadas neste trabalho não excluem a possibilidade que um terminal exclusivo para movimentação de contêineres ou outros tipos de carga seja construído em outras localidades, que já foram apontadas como possíveis alternativas, em diversos outros trabalhos, tais como: Itacoatiara, Macapá, Vila do Conde, entre outras. No entanto, não faz parte do escopo deste trabalho explorar todas as alternativas de localização para um porto concentrador na Região Norte, e sim testar sua viabilidade operacional.

## 2.5 Serviço *feeder*

Para Nakamura (2010) em países como o EUA e alguns da União Europeia, a cabotagem encontra-se em um estágio de desenvolvimento superior aos encontrados no Brasil. Basicamente, tal fato deve-se às diferenças no nível de desenvolvimento das infraestruturas portuárias, nível de integração entre os entes que compõe o sistema de transporte aquaviário e as tecnologias empregadas na gestão e operação da cabotagem nesses países.

Botter (2006) *apud* Nakamura (2010) destaca que nos países onde a cabotagem é mais desenvolvida são utilizados serviços *feeders* (alimentadores) para a obtenção de cargas em portos com possibilidade de atracação de navios de grande porte, normalmente portos concentradores de cargas (*hub ports*), isso racionaliza o transporte de cargas, normalmente conteinizada.

Segundo Teixeira (2007) um *hub port* tem como função consolidar cargas vindas de diferentes origens, classificá-las por destino e distribuí-las. Já Goldberg (2009) descreve os *hubs* como portos da quarta geração dotados de grandes áreas e infraestrutura para receber navios maiores. No caso dos portos *feeders* Goldberg (2009) afirma que estes têm a função de receber cargas oriundas dos *hubs* com navios menores de cabotagem.

Para Cuoco (2008), serviço *feeder* é o transporte que ocorre na modalidade porto-a-porto, tanto para contêineres vazios quanto cheios, sendo especialmente importante para armadores de carga de navegação longo curso.

Na definição da ANTAQ (2008), o serviço *feeder* é constituído por operações de movimentação de grandes volumes de cargas de importação e de exportação, em portos concentradores, para posterior distribuição para portos e terminais portuários de menor capacidade, em navios de menor porte (*feeders*), na navegação de cabotagem. Os navios *feeders* transportam, em média, entre 500 e 1100 TEU.

Wang e Slack (2000) demonstraram que o serviço *feeder* e a criação de *hub ports* é a abordagem mais viável para o transporte de cargas conteinizadas pelo Porto de Hong Kong, sendo a mais indicada para atender a escala de produção de economias industriais. No caso italiano, Foschi (2004) afirma que os serviços *feeders* são utilizados para a conexão com grandes portos fora do mediterrâneo.

A lógica de funcionamento de uma rede de transporte que utiliza pontos concentradores (*hubs*) e pontos alimentadores (*feeders*) normalmente é representada por redes do tipo “*hub-and-*

*spoke*”, em tradução, literal cubo e raio. Ou seja, existem nós específicos para a concentração de cargas (*hub*), que formam os corredores principais para o escoamento de cargas, por outro lado, existem nós menores (*spokes*) com influência importante apenas em contexto regional. Estes nós menores são atendidos e alimentam um ou mais dos nós concentradores através de serviços *feeders*.

Um caso prático de como funciona um sistema “*hub-and-spoke*” é discutido no exemplo de Silva e Cunha (2004) apresentado na Figura 12 a seguir:

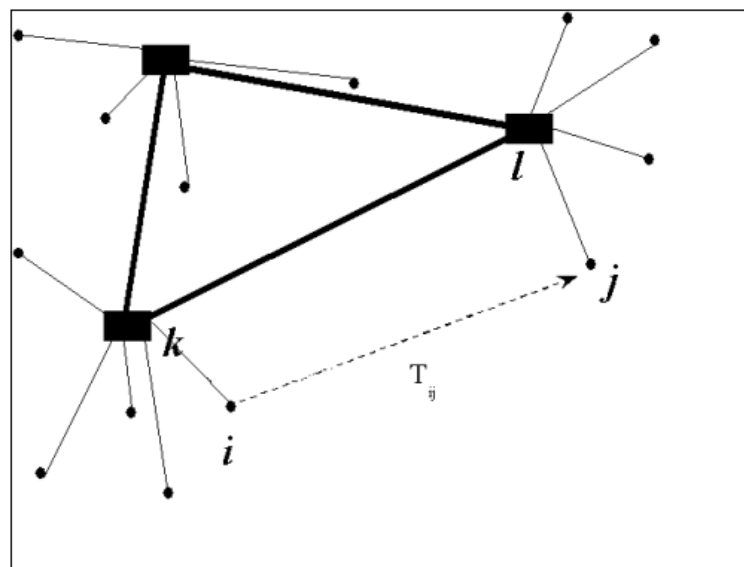


Figura 12: Exemplo de rede do tipo *hub-and-spoke*  
Fonte: Silva e Cunha (2004).

Os nós  $k$  e  $l$  representam os terminais para consolidação de carga (“*hubs*”) e os nós  $i$  e  $j$  aqueles que são atendidos através dos terminais (“*spokes*”). Um fluxo de carga  $T_{ij}$ , com origem do nó  $i$  e destino  $j$ , é atendido da seguinte forma: inicialmente a carga em  $i$  é enviada para o terminal de consolidação (“*hub*”)  $k$ , onde é consolidada com outras cargas e enviada para o “*hub*”  $l$  e daí distribuída para os pontos atendidos por  $l$ , incluindo o nó  $j$  (SILVA e CUNHA, 2004).

A aplicação do conceito de rede *hub-and-spoke* no transporte de contêineres não é algo novo no cenário internacional. Existem outras forma de operação das linhas marítimas além de redes *hub-and-spoke*, tais como: porto-a-porto, ponto-a-ponto, pendular, *round-the-world* e *transhipments* (OCDE, 2001).

Todavia a configuração da rede de transporte operando em *hub-and-spoke* é a que melhor se ajusta ao modelo de transporte baseado na criação de terminais concentradores e alimentadores, sendo empregada, com êxito, nos modais aéreo e marítimo.

No que se refere ao transporte aquaviário, o serviço *feeder* apresenta um aspecto complementar às navegações de cabotagem e longo curso. Trata-se, portanto, de um elo entre os demais nós que constituem uma rede de transporte, seja ela regional, nacional ou internacional.

O Quadro 2 apresenta as principais diferenças entre o serviço *feeder* e navegação marítima de curta distância, nomenclatura esta usada em outros países para designar a cabotagem comum entre portos da mesma região.

Quadro 2: Distinção entre serviços *feeder* e navegação marítima de curta distância

<b>Características</b>	<b>Serviço Feeder</b>	<b>Serviços de navegação marítima de curta distância regional</b>
Mercado Atendido	Carga Feeder (chegando via navio mãe)	Carga Regional ou entre empresas
Serviços Ancorados	Chamado por navios da linha principal	Escalonamento fixo
Origens dos Serviços	Transbordo para/de navio mãe	Carga da Região ou da hinterland
Tipo de Carga	Contêineres	Contêiner, Ro-Ro, break-bulk
Serviço Típico	Porto a porto	Ponto-Ponto, Quay-Quay, Porta-Porta
Rota/Rede	Conexão com Porto Hub	Pode ou não conectar-se ao Porto Hub
Compete com	Chamada direta por serviço	Transporte Rodoviário e Ferroviário

Fonte: *Transport Canada* (2010).

O Quadro 2 evidencia a natureza integrativa do serviço *feeder* com a navegação de cabotagem, não se tratando portanto de um serviço substitutivo, e sim complementar, haja vista o tipo de mercado atendido, a origem dos serviços e a forma de atuação na rede.

No caso real do Amazonas, Medeiros (2012) afirma que Manaus é o porto concentrador de cargas da Amazônia Ocidental, composta pelos estados do Amazonas, Rondônia, Acre e Roraima. Segundo a CIT (2003), o Porto de Manaus pode se transformar em porto alimentador de cargas destinadas ao longo curso, dos portos do Rio de Janeiro e Santos, bastando para isso que a armação de cabotagem, toda ela constituída de embarcações “*roll-on-roll-off*” (RO-RO) e “*full-containers*”, seja empregada no serviço alimentador, ou “*feeder-service*”. Cabe, pois, à armação de cabotagem, o papel de desempenhar o “*feeder-service*” para complementar as finalidades do corredor de exportação e abastecimento da Amazônia.

## 2.6 Simulação Computacional

Robinson (1964, p.12) conceitua simulação como experimentação realizada com uma imitação simplificada das operações de um sistema, durante o progresso do tempo com a proposta de entender melhor ou/e otimizar este sistema.

Na definição de Ehrlich (1985 *apud* Gavira 2003), a simulação é um método empregado para estudar o desempenho de um sistema por meio da formulação de um modelo matemático, o qual deve reproduzir, da maneira mais fiel possível, as características do sistema original.

Na visão de Borba e Rodrigues (1999) a simulação computacional busca representar a realidade através da utilização de modelos, buscando “testar” as possíveis alternativas para chegar a melhor decisão, reduzindo riscos e custos envolvidos no processo de mudança. Gavira (2003) entende a simulação como uma técnica que consiste em realizar um modelo da situação real, e nele levar a cabo experiências.

Moreira (2007) define simulação como o processo que envolve a construção de um modelo aproximado da realidade, o qual será operado muitas vezes, analisando-se então seus resultados para que ele possa ser mais bem compreendido, manipulado e controlado.

Com base nos conceitos supracitados, deve-se compreender o significado dos termos: sistema e modelo.

Sistema significa um conjunto de entidades relacionadas entre si, cada uma caracterizada por atributos, que podem estar entre eles relacionadas (PORTUGAL, 2005).

Os sistemas são os objetos da modelagem, realiza-se a construção de modelos para simplificar sistemas reais complexos, enfatizando os aspectos mais relevantes para o resultado da modelagem. Modelos são, portanto, a construção de uma representação de um sistema em estudo.

Para Shannon (1975 *apud* Gavira 2003, p.44 ), modelos são “...uma representação de um objeto, sistema ou ideia em alguma forma outra que não a própria identidade”. Já a modelagem, segundo Powell e Baker (2006), é o processo de criar uma representação simplificada da realidade, a fim de entender ou controlar algum aspecto do mundo.

Para a realização de uma simulação é necessário realizar um processo de modelagem que consiste na escolha de um modelo adequado para inserção das características de funcionamento e dinâmica dos sistemas reais estudados. Gavira (2003) subdivide os tipos de simulação em: estocásticos ou dinâmicos; determinísticos ou estocásticos; e discretos ou contínuos.

Juliá (2010) define estes tipos de sistemas, que impactam no tipo de simulação mais adequada a ser realizada, como:

- Determinístico: aqueles que o comportamento pode ser totalmente predito;
- Estocásticos: aqueles que o comportamento podem ser predito somente em termos de distribuições de probabilidade;
- Estáticos: aqueles que não se alteram com o tempo;
- Dinâmicos: aqueles que variam ao longo do tempo;
- Contínuos: aqueles nos quais as variáveis de estado mudam continuamente no tempo;
- Discretos: sistemas nos quais as variáveis mudam de estado só num conjunto discreto de pontos no tempo

A definição correta do tipo de sistema e simulação mais adequada para representa o sistema real que se deseja simular é fundamental para garantir a validade do modelo e da simulação desenvolvida.

### **2.6.1 Vantagens e aplicações da simulação computacional**

Robinson (1964) destaca as seguintes vantagens no uso da simulação computacional: baixo custo devido à ausência de necessidade da alteração dos sistemas reais, possibilidade de simular grandes intervalos de tempo, elevado nível de controle nas condições do experimento e possibilidade de simular cenários que não existem.

Gavira (2003) aponta as seguintes vantagens do uso da simulação: modelos mais realistas; modelagem evolutiva; aplicação a problemas “mal-estruturados”; soluções rápidas; flexibilidade; compressão e expansão do tempo; exploração de possibilidades, dentre muitos outros.

Robinson (1964) afirma que é impossível listar todas as aplicações da simulação computacional, mas destaca as seguintes áreas: sistemas de produção; serviços públicos como educação, saúde, segurança; sistemas de transporte; sistemas de construção; negócios; performance de sistemas computacionais.

Em trabalhos práticos há uma grande utilização desta técnica em pesquisas acadêmicas. Borba e Rodrigues (1999) utilizam simulação computacional para avaliar o desempenho de hospitais em Porto Alegre. Pereira (2009) simula o emprego de um novo método heurístico para sistemas *job shop*.

Medau (2011) utilizou simulação computacional para avaliar a capacidade do lado aéreo de aeroportos, a partir do emprego do *software* SIMMOD no tráfego aéreo do Aeroporto de Congonhas em São Paulo (SP).

A simulação rapidamente se popularizou sobre as questões de transporte e tráfego devido à sofisticação e aos avanços das técnicas computacionais. Os modelos mais atualizados permitem a representação de redes viárias de grande porte e fazem a alocação do tráfego utilizando ainda diferentes meios de transporte (PORTUGAL, 2005).

Todavia, o uso da simulação computacional requer alguns cuidados e pode apresentar algumas desvantagens. Gavira (2003) aponta as seguintes desvantagens no uso da simulação computacional: necessidade de treinamento especial; difícil interpretação dos resultados; os custos com modelagem e análise podem ser muito onerosos; os resultados podem ser de difícil implementação prática; baixa precisão dos resultados, entre outros.

A simulação demonstra ser uma técnica eficiente na análise de cenários alternativos a diversos sistemas reais, desde que seu emprego seja feito de forma correta desde a escolha da técnica de simulação até a correta interpretação dos resultados. Para tanto, é necessário possuir conhecimento suficiente acerca do comportamento do sistema real para representá-lo em um modelo representativo da realidade.

## **2.7 Ambiente de simulação ARENA**

Segundo Medau (2011) o ARENA<sup>®</sup> é um *software* de simulação lançado em 1993 pela empresa *System Modeling*, tendo sido apresentado como sucessor de outras aplicações de simulação mais antigas como o SIMAN e o CINEMA. A *System Modeling* foi posteriormente incorporada pela *Rockwell Software*, atual distribuidora do ARENA.

O ARENA possui um conjunto de módulos que são utilizados para descrever um sistema real. Cada módulo possui comandos como os de uma linguagem de programação, adequados para a tarefa de simulação (MEDAU, 2011).

Oliveira *et al* (2009) afirma que o ARENA tem uma “visão de mundo” baseada na simplificação através de eventos discretos. A linguagem basicamente enxerga o sistema como dados de entradas e resultados da simulação.



As características da linguagem de programação, na qual foi construído o ambiente ARENA, é adequada para implementação de diferentes tipos de modelos de simulação, pois é capaz de realizar executar diversas distribuições estatísticas aplicadas para representar o funcionamento de processos, uso de recursos, criação de insumos, etc.

Outro fator relevante é que, no caso de usar um pacote fechado como o ARENA, não há a preocupação de criar um programa eficaz para geração de números aleatórios, que é um dos principais elementos para desenvolver uma boa simulação.

Os principais pontos positivos da simulação em Ambiente ARENA são: fácil interface entre usuário e recursos do sistema; disponibilidade de ferramentas de controle para o mapeamento de variáveis; múltiplas alternativas para caracterização de processos, recursos e entidades; existência de blocos de decisão que reduzem o tamanho da modelagem; *softwares* auxiliares para apoio a modelagem.

Dentre os pontos negativos para realizar a implementação da simulação do modelo no ambiente ARENA estão: difícil construção de animações gráficas para simulação física de processos complexos, crescimento exponencial do tempo de simulação com o aumento do número de interações, dificuldade no mapeamento de gargalos do sistema, difícil interpretação dos resultados.

O fato do ARENA ser um ambiente de modelagem genérico, sem uma área de aplicação específica, tornou o *software* aplicado a diferentes áreas, permitindo que esteja disponível diversos estudos que podem servir de *benchmarking* para o desenvolvimento de novos trabalhos.

Na área de sistema de controle e educação, Rangel *et al* (2012) mostraram que o uso do ARENA é viável para o ensino e treinamento com Controladores Lógico Programáveis (CLP), apresentando basicamente as mesmas características do modelo de simulação utilizado tradicionalmente para este conteúdo.

No campo da saúde, Pacheco e Cardoso (2005) desenvolveram um modelo de simulação para o sistema de saúde público no ambulatório da Santa Casa de Misericórdia de Goiânia com objetivo de identificar os principais fatores que impactam nas filas de atendimento e na baixa eficiência do serviço.

Já no campo da Gestão da Produção, Pereira e Costa (2012) utilizaram o ARENA no desenvolvimento de modelo de simulação para a programação da produção de um frigorífico de

peixe, mostrando que o *software* é uma boa alternativa para apoiar as organizações na tomada de decisões relativas a programação da produção e uso dos recursos produtivos.

No setor de transporte aquaviário, Brito (2009) elaborou no ARENA um modelo de simulação para propor um Terminal Regulador de Contêineres no porto de Santos. Neste estudo o autor abordou os processos internos dos modais de transporte (rodoviário, aquaviário e ferroviário) que impactariam na demanda de operação e capacidade do Terminal Regulador proposto.

No mesmo campo de estudo, Juliá (2010) desenvolveu no ARENA um modelo de simulação para dimensionamento de um sistema integrado pátio-porto, aplicado a uma empresa do ramo de mineração do Espírito Santo, enfatizando a eficiência operacional no carregamento/descarregamento dos minérios nas embarcações.

Cardoso *et al* (2012) propuseram utilizando o ARENA, um modelo para análise do transporte de tijolos produzidos no norte do estado do Rio de Janeiro, afim de verificar a viabilidade do uso do transporte ferroviário como alternativa para o escoamento da produção. Os resultados apontaram que a utilização dos procedimentos corretos pode viabilizar o transporte de cargas e até proporcionar melhor desempenho para o escoamento da produção.

No presente estudo, o campo de aplicação foi o transporte aquaviário. Todavia, a ênfase não está no detalhamento dos processos internos dos terminais movimentadores de contêineres e sim no desempenho macro do sistema para o escoamento da carga conteinizada. Os estudos apresentados demonstram que é possível realizar tal proposta no ARENA para diversos tipos de modais de transporte.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 Classificação da pesquisa

A metodologia para execução deste trabalho foi múltipla para atender aos objetivos propostos. Segundo Gil (2009), a pesquisa foi classificada quanto aos seus objetivos e quanto aos procedimentos técnicos utilizados para sua execução. Quanto aos seus objetivos a pesquisa é do tipo descritiva na fase inicial, pois parte da necessidade de descrever a estrutura e funcionamento do atual do sistema de transporte de cabotagem. Gil (2009) afirma que as pesquisas descritivas tem por objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou então, o estabelecimento de relações entre variáveis. Ou seja, exatamente, o que foi realizado na primeira etapa do estudo.

Ainda quanto à classificação da pesquisa, no que diz respeito aos objetivos propostos, a pesquisa é do tipo exploratória a partir do processo de modelagem, pois busca propor a aplicação de conceitos em sistemas não concebidos fisicamente, utilizando técnicas e abordagens pouco discutidas no contexto do transporte aquaviário regional. Gil (2009) explicita que estes tipos de pesquisas, em geral, tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. No caso, do presente estudo, o aprimoramento da ideia que se buscou foi a compreensão da viabilidade operacional de uma nova abordagem para o transporte aquaviário regional.

Gil (2009) ainda ressalta a integração entre as pesquisas do tipo descritivas e exploratórias, enfatizando que possuem caráter complementar na elaboração de estudos, pois, segundo este autor, estas pesquisas são as mais realizadas quando os pesquisadores estão preocupados com a atuação prática.

A classificação da pesquisa quanto aos procedimentos foi segundo Gil (2009), em ordem: pesquisa bibliográfica, documental, pesquisa de campo, estudo de caso (transporte de cabotagem no Amazonas) e simulação computacional. Esta classificação operacional da pesquisa é detalhada no item 3.2 deste trabalho.

O universo da pesquisa pode ser compreendido como sendo o transporte de cabotagem do Amazonas, ou mais especificamente o transporte de contêineres por cabotagem no Amazonas.

Para tanto o objeto de estudo compreende a quantidade de carga conteinizada movimentada por cabotagem no estado.

Como os dados são oriundos de agências e órgãos reguladores pode-se atestar que os dados utilizados representam todo o universo de carga de contêiner movimentada por cabotagem legalizada no período de janeiro de 2012 à novembro de 2012, considerando ainda o volume total de 2006 a 2012, conforme dados obtidos junto ao SINI (2012). Já os dados de desempenho operacional dos TUP de Manaus período de janeiro de 2010 a agosto de 2012 foram obtidos junto ao sistema de informações gerenciais mantido pela ANTAQ.

### **3.2 Método Científico e Procedimentos**

O método científico mais adequado para o desenvolvimento e caracterização desta pesquisa foi o hipotético-dedutivo. Segundo Gil (2009), o método hipotético-dedutivo se inicia com um problema ou lacuna no conhecimento científico, passando pela formulação de hipóteses e por um processo de inferência dedutiva.

Uma pesquisa com esta abordagem inicia-se com o descobrimento de um problema e com sua descrição clara e precisa, a fim de facilitar a obtenção de um modelo simplificado e a identificação de outros conhecimentos e instrumentos, relevantes ao problema, que auxiliarão o pesquisador em seu trabalho.

No que concerne aos procedimentos técnicos utilizados na pesquisa, na fase inicial há a pesquisa bibliográfica que enfatiza a conceituação e a compreensão dos temas centrais do trabalho como: transporte aquaviário de cabotagem, serviço *feeder* e simulação computacional.

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos (GIL, 2009). Neste trabalho as principais fontes de material bibliográfico foram bases de dados online de diferentes países sobre os temas supracitados.

Complementarmente a pesquisa bibliográfica ocorreu a pesquisa documental realizada junto aos órgãos consultados como: ANTAQ, NTC, CDP, CDSA e IBGE. Onde foi possível obter informações relevantes para o estudo em documentos diversos como: relatórios de pesquisa; relatórios de avaliação; banco de dados; projetos de obras, entre outros.

A pesquisa documental, segundo definição de Gil (2009, p.46) que diz “... a pesquisa documental vale-se de materiais que não recebem ainda nenhum tratamento analítico (...) ou documentos de segunda mão, que de alguma forma já foram analisados” é muito útil para compor o comportamento real do sistema objeto da pesquisa.

A pesquisa de campo foi realizada a fim de validar o modelo do atual sistema de transporte de cabotagem em Manaus, bem como a relevância dos cenários alternativos construídos para os atores do sistema. Tal etapa foi realizada com visitas em órgãos de controles e portos de Manaus, para levantamentos de informações do sistema.

O estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2009). Na visão de Yin (2001) o estudo de caso é mais indicado para responder questões de pesquisa do tipo “como” e “por quê”. Segundo Yin (1994), os estudos de caso são utilizados quando o pesquisador tem interesse em entender melhor condições contextuais, acreditando que estas são pertinentes para o fenômeno em estudo.

Yin (2001) ressalta a necessidade do levantamento de múltiplas evidências quantitativas e/ou qualitativas para validação do estudo de caso, dentre as fontes de evidências destaca-se: Documentos; Registros em arquivo; entrevistas; Observação direta; Observação participante.

Neste trabalho é feito o levantamento de múltiplas evidências baseado na consulta à múltiplas fontes para caracterizar o objeto do estudo de caso, no caso o transporte de cabotagem regional, cumprindo os requisitos metodológicos do procedimento.

A consolidação dos dados obtidos nas etapas anteriores permite que seja realizada a modelagem do sistema real de transporte de cabotagem, e a construção de cenários alternativos adaptando o modelo representativo do sistema atual para a implementação de uma abordagem *feeder* com a inclusão de um porto concentrador e embarcações tipos *feeder*, que impactariam tanto no desempenho nos portos de Manaus quanto no porto concentrador.

O modelo de desenvolvimento de simulação adotado neste estudo é o proposto por Banks *et al* (2009) que contempla as seguintes etapas: (1ª) Formulação do problema; (2ª) Planejamento do projeto; (3ª) Construção do modelo conceitual; (4ª) Definição dos dados de entrada e saída; (5ª) Tradução do modelo; (6ª) Definição da ferramenta de simulação; (7ª) Verificação e validação; (8ª) Experimentação; (9ª) Interpretação e análise de resultados.

Os cenários, portanto, são compostos por diferentes padrões de desempenho do porto concentrador e diferentes níveis de demanda por serviços de cabotagem utilizando o serviço *feeder*. A etapa seguinte consiste no uso de simulação computacional para implementação do modelo descrito e dos cenários concebidos na fase de modelagem.

Ratcliffe (2000) *apud* Teixeira (2007) inclui a técnica de modelos de simulação como um método eficiente para a construção e análise de cenários. A grande facilidade desta técnica é poder avaliar a sensibilidade de determinados parâmetros para cada cenário. Neste trabalho a construção dos cenários alternativos foi realizada identificando as variáveis mais relevantes para o comportamento do sistema.

As considerações finais limitam-se a sintetizar e discutir os resultados obtidos frente aos objetivos estabelecidos e as teorias pesquisadas. A Figura 13, a seguir, ilustra as etapas, sequência e interações entre as etapas da pesquisa.

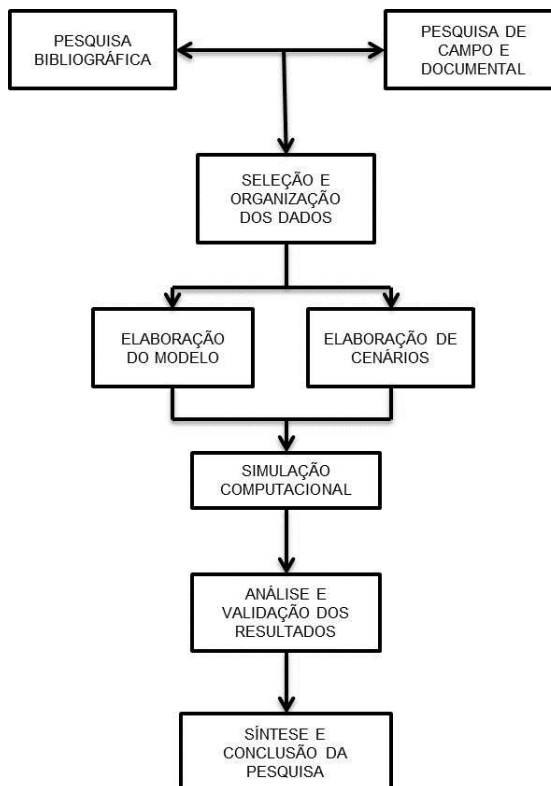


Figura 13: Estrutura metodológica da dissertação  
Fonte: Elaboração própria.

O estudo da solução para a problemática deste trabalho, por questões de economicidade e precisão, será voltado para o emprego de técnicas e ferramentas de simulação computacional, pois permitem o melhor tratamento de dados quantitativos e análise da eficiência de sistemas transporte sem que haja investimento prévio.

### 3.3 Coleta de dados

Os dados de entradas foram obtidos ainda na fase de pesquisa de campo e documental, sendo basicamente dois tipos: o primeiro refere-se a quantidade de carga conteinizada movimentada pelos terminais privados de Manaus na navegação de cabotagem a cada mês, e o segundo é em relação aos dados de desempenho operacional dos TUP de Manaus.

A fonte de dados para obter o total de carga movimentada por cabotagem foi o Sistema de Navegação Interior (SINI), pois apresentou dados mais consistentes quanto ao transporte de contêineres, não havendo a necessidade de tratar os dados para obter a parcela de carga movimentada apenas por cabotagem nos terminais privados localizados em Manaus.

O período considerado para representar a chegada de cargas para o modelo foi de janeiro a novembro de 2012. Já os dados da ANTAQ, em relação ao desempenho portuário dos TUP na navegação de cabotagem, foram utilizados para representar o funcionamento e a capacidade do sistema real, os dados coletados referem-se ao período de janeiro de 2010 à agosto de 2012.

### 3.4 Tratamento dos dados

A análise de resultados é do tipo quantitativa, pois faz uso de ferramentas matemáticas para avaliar os resultados da simulação. O uso de estatística descritiva é realizado durante as fases de coleta e interpretação das entradas, instâncias e saídas do modelo de simulação. Para realizar estas análises foi feito uso dos *softwares* *Input Analyzer*<sup>®</sup> e MS<sup>®</sup> Excel<sup>®</sup> 2010.

No caso do *Input Analyzer*, Costa (2009) afirma que este programa trata-se de um analisador de entrada que é fornecido como um componente padrão do ambiente ARENA. Esta ferramenta poderosa e versátil pode ser usada para determinar a qualidade do ajuste de funções de distribuição de probabilidade aos dados de entrada.

Os arquivos de dados processados por este recurso normalmente representam os intervalos de tempo associados a um processo aleatório, como por exemplo, um conjunto de chegadas, um conjunto de tempos de processo ou o tempo entre sucessivas falhas do sistema (COSTA, 2009).

### **3.5 Validação dos resultados**

A validação dos resultados obtidos da simulação foi realizada comparando os resultados da simulação do cenário real com os dados conhecidos do sistema de transporte real, a fim de atestar a correta calibragem do modelo conceitual e do modelo de simulação. Neste estudo foram selecionados três parâmetros: total carga movimentada, custo total médio e tempo médio de operação.

Já os resultados da simulação dos cenários alternativos foram validados comparando os resultados entre si, a fim de verificar se houver coerência entre as entradas e saídas obtidas para cada cenário.



## 4 CARACTERIZAÇÃO DA MODELAGEM

Nesta seção são descritas as etapas para a construção do modelo representativo do transporte de cabotagem no Amazonas, bem como a construção de cenários alternativos para o escoamento de carga contêinerizada por este tipo de navegação. Desta forma foi possível simular, no capítulo seguinte, os modelos desenvolvidos.

Para fins de modelagem, a cidade de Manaus foi tomada como único porto representativo para a cabotagem no estado, devido a grande concentração que a cidade exerce sobre a entrada e saída de carga para a Região, conforme já discutido anteriormente.

### 4.1 Estrutura do modelo de transporte de cabotagem da cidade de Manaus

Esta etapa corresponde à primeira, na metodologia de Banks *et al* (2009): formulação do problema. Conforme apresentado por Santos *et al* (2010), Manaus possui dois Terminais de Uso Misto Privativo para embarque e desembarque de carga de contêineres. A carga transportada com origem ou destino Manaus é realizada diretamente com o outro porto, na ponta do fluxo de carga.

Em relação à movimentação de contêineres, nota-se na análise dos principais fluxos a partir de Manaus que a sua área de influência está situada no contexto nacional e internacional. As maiores influências de Manaus estão principalmente nos portos de Coari, Aratu, Santos, São Sebastião, Rio de Janeiro entre outros (SANTOS, 2011). A Figura 14 abaixo ilustra este cenário:

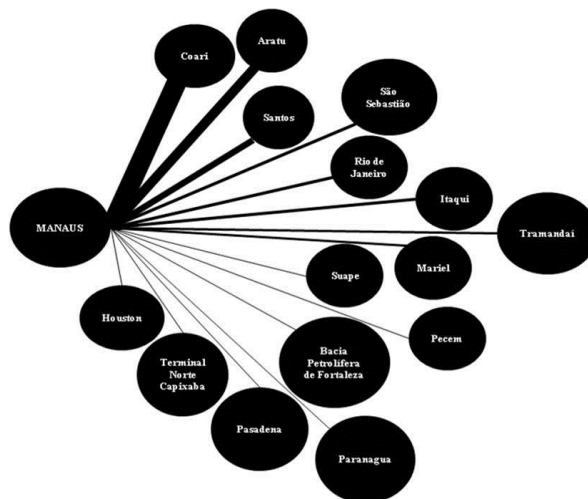


Figura 14: Principais fluxos com destino ou origem Manaus.  
Fonte: SANTOS (2011).

A distribuição espacial dos principais fluxos de contêineres por cabotagem coloca Manaus como o porto mais afastado dentre aqueles que fazem parte dos principais movimentadores de carga unitizada. A Figura 15, a seguir, apresenta as principais rotas de transporte de cabotagem no contexto atual:

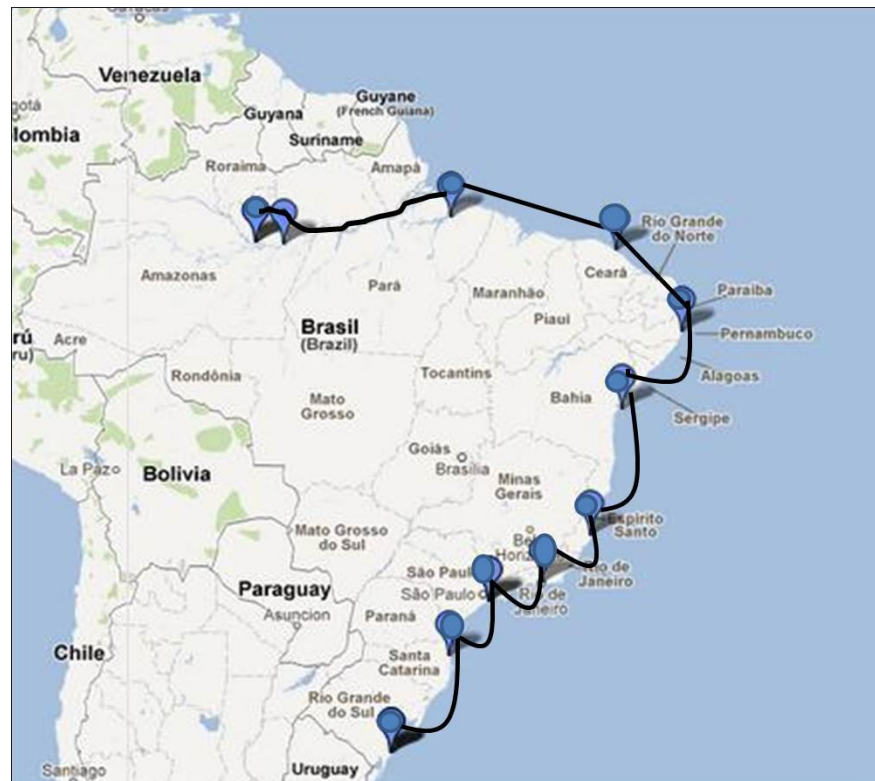


Figura 15: Principais rotas da navegação de cabotagem com origem ou destino Manaus.  
Fonte: Elaboração própria.

Atualmente, Manaus atua como porto concentrador regional de cargas, desta forma o uso do modal marítimo, seja na navegação de longo curso ou na cabotagem, é realizado diretamente com o porto de destino.

As empresas localizadas na cidade para enviar ou receber contêineres realizam os processos de carregamento ou descarregamento em algum TUP da cidade, que por sua vez movimenta esta carga via transporte marítimo diretamente com o porto final ou de origem.

No porto de destino a carga segue para o processo de distribuição até o cliente final, normalmente utilizando outros tipos de modais como rodovias ou ferrovias.

Os armadores em Manaus embarcam as cargas contêinerizadas, sabendo que as operações de movimentação e transbordo serão realizadas apenas no porto de destino (salvo eventuais escalas para carregamento ou descarregamento de carga), no sentido inverso o mesmo fato acontece, transbordo e movimentação de contêineres acontece apenas em alguns dos dois TUP de Manaus. Esta análise, *a priori*, é denominada planejamento do projeto, segunda etapa na metodologia de Banks *et al* (2009). Com base nas características da movimentação de cargas por contêineres em Manaus, o esquema de utilização do transporte de cabotagem é apresentado na Figura 16 a seguir:

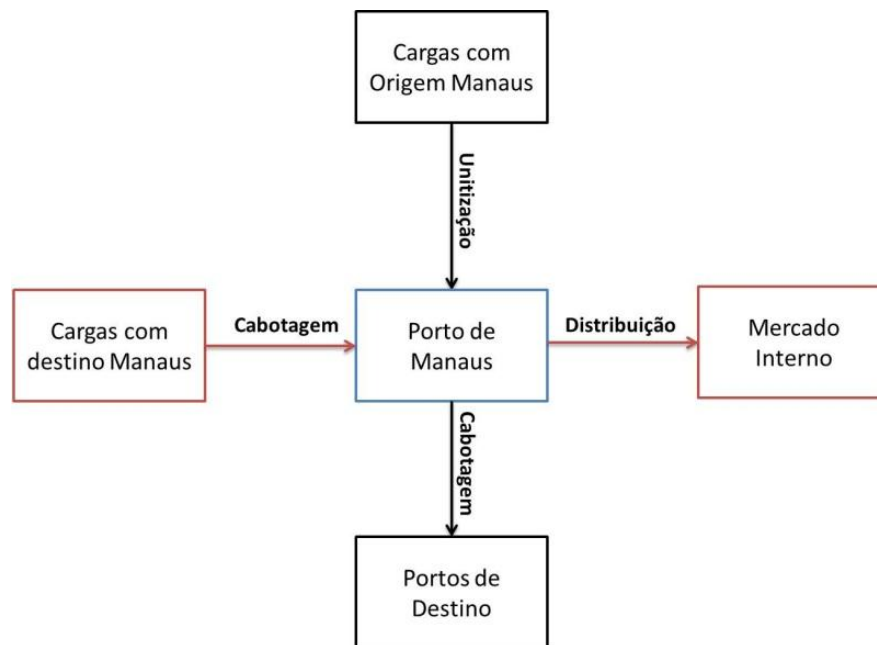


Figura 16: Transporte de cabotagem real para o estado do Amazonas.  
Fonte: Elaboração própria.

A terceira etapa na metodologia Banks *et al* (2009), que trata da definição do modelo conceitual, representa o atual funcionamento lógico da rede de transporte aquaviário pela navegação de cabotagem, com centroide em Manaus, sendo apresentado na Figura 17, a seguir. Nota-se que o fluxo é bidirecional, ou seja, em ambos os sentidos. Destaca-se uma rota importante para o escoamento da produção do estado. Utiliza-se do modal fluvial até Belém para chegar com cargas até São Paulo, via modal rodoviário.

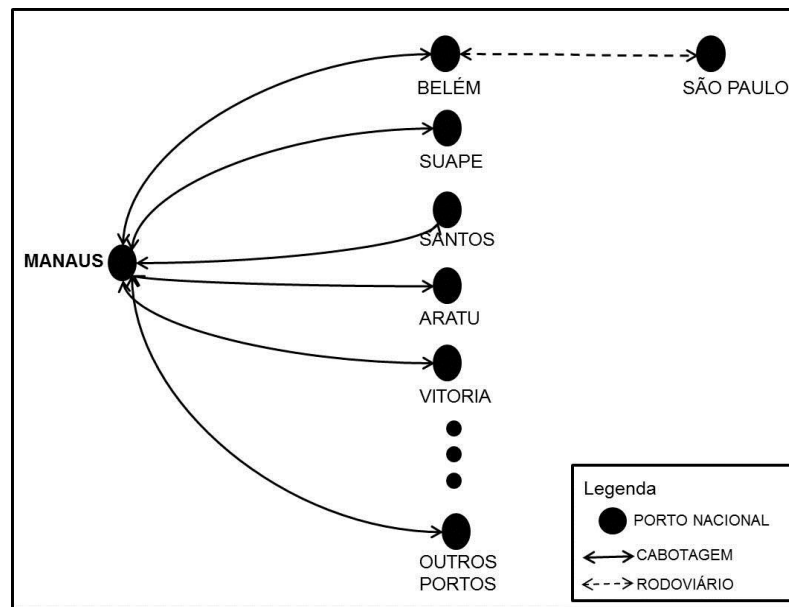


Figura 17: Modelagem do transporte de cabotagem do estado do Amazonas.  
Fonte: Elaboração própria.

A modelagem proposta neste trabalho, para simular o comportamento deste sistema, parte da premissa do conhecimento dos principais fluxos de cargas e da capacidade de movimentação dos terminais de Manaus. A abordagem utilizada para realizar o mapeamento dos processos de um terminal portuário movimentador de contêiner é baseado nos estudos de Liu (2010), conforme Figura 18 abaixo:

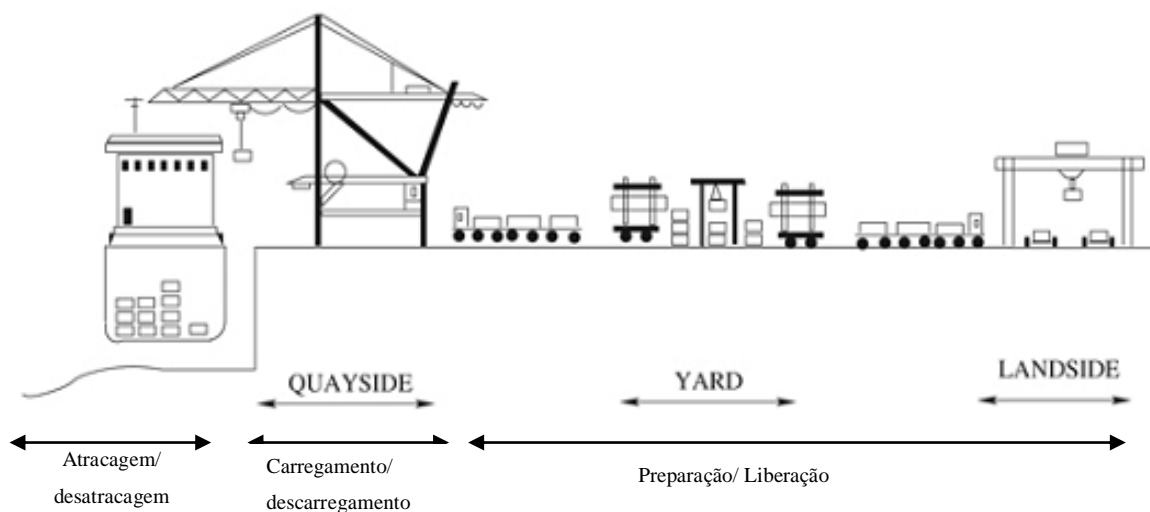


Figura 18: Sistema típico de um terminal de contêiner.  
Fonte: Adaptado de Monaco, Moccia e Sammarra (2009) *apud* Liu (2010).

O objetivo do modelo a seguir é conseguir determinar quanto tempo o terminal leva para realizar todas as operações necessárias inerentes ao fluxo de carga entre a chegada e a saída das embarcações, permitindo avaliar se há cenários viáveis diferentes do cenário atual, e quais são e o quanto são mais eficientes.

O diagrama dos processos de funcionamento de um terminal portuário movimentador de contêineres utilizado neste trabalho é mostrado na Figura 19. As macro-etapas do processo de movimentação de carga que representam a movimentação dos TUP locais são assim descritas:

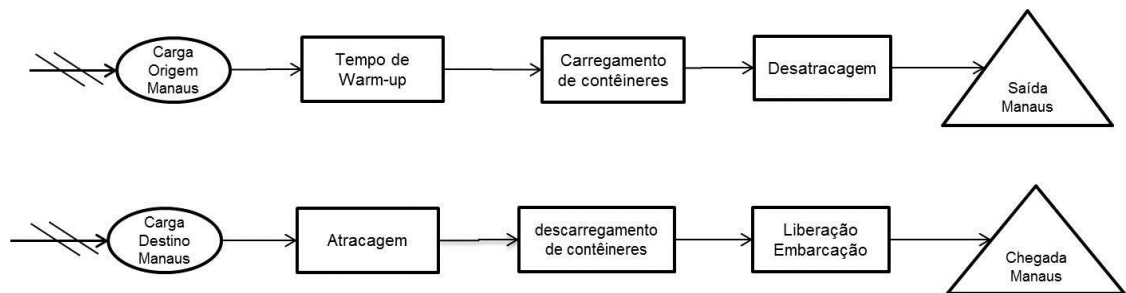


Figura 19: Modelagem dos processos do transporte de cabotagem do estado do Amazonas.  
Fonte: Elaboração própria

A partir das etapas de funcionamento de um terminal portuário de contêineres, apresentado na Figura 19, foi possível definir um modelo representativo do sistema real, inserindo os recursos utilizados, o compartilhamento dos recursos e o ciclo de informação que permeiam os processos portuários. Esta modelagem é apresentada na Figura 20:

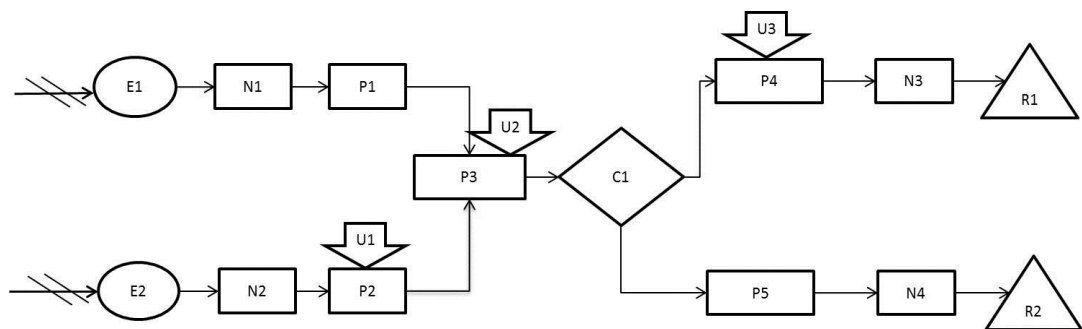


Figura 20: Modelo de simulação do transporte de cabotagem real do estado do Amazonas.  
Fonte: Elaboração própria

A Figura 20 apresenta os processos mapeados em forma de um modelo que representa o fluxo de funcionamento de um terminal portuário movimentador de carga convenientemente

arranjado para ser feito uso dos dados obtidos junto a ANTAQ, no que diz respeito ao desempenho portuário dos TUP de Manaus.

Os itens presentes no modelo da Figura 20 são discriminados no Quadro 3 onde são descritos o significado, a natureza e o parâmetro de cada elemento, conforme segue:

Quadro 3: Caracterização do modelo de simulação do transporte de cabotagem real do estado do Amazonas.

ELEMENTO	DESCRIÇÃO	PARÂMETRO
E1	Quantidade de Carga Conteinizada com Origem Manaus	Constante 10.18 (TEU/hora)
E2	Quantidade de Carga Conteinizada com Destino Manaus	Constante 11.86 (TEU/hora)
P1	Tempo de Início de Operação ( <i>Warm-up</i> )	Lognormal (2.85, 2.04) (h)
P2	Tempo médio de atracagem	1.2 + Normal (1.43) (hora)
P3	Tempo médio de operação	NORM(36.9, 8.14) (h)
P4	Tempo Médio de desatracagem	1 + LOGN(5.74, 8.45) (h)
P5	Tempo Médio de Liberação da Embarcação (Liberação para Estocagem)	1 + LOGN(6.54, 6.75) (h)
C1	Seleção do Destino da Carga	Seletor
R1	Controle de cargas origem Manaus	Contador
R2	Controle de cargas destino Manaus	Contador
U1	Berço	1
U2	Guindaste (Portêiner )	1 (24 mover/ hora)
U3	Berço	1
N1	Alocação TEU em Embarcação	802 (TEU/ Embarcação)
N2	Alocação TEU em Embarcação	742 (TEU/ Embarcação)
N3	Retirada de TEU da Embarcação	Desfaz Operação N1
N4	Retirada de TEU da Embarcação	Desfaz Operação N2
Custo	Custo Médio Total	302.5 (R\$/contêiner)

Fonte: Elaboração própria.

Os valores para os parâmetros presentes no Quadro 3 são detalhados no Apêndice A onde são apresentados as estatísticas completas de cada item de processo do modelo da Figura 20. Cada equação foi obtida com 32 valores referentes aos meses entre janeiro de 2010 a agosto de 2012 presentes no sistema de acompanhamento de desempenho portuário da ANTAQ. Esses valores constituíram uma série para cada elemento, desta forma utilizando o *software Input Analyzer* foi possível obter a melhor distribuição estatística que explica a movimentação portuária no período estudado. Já os dados de custos médios totais foram obtidos junto a ANTAQ (2010c).

#### **4.1.1 Definição dos dados de entrada**

Os itens 4.1.1 e 4.1.2 estão previstos na quarta etapa da metodologia de Banks *et al* (2009). Os dados de entradas na simulação são diversos e referem-se à capacidade dos TUP de Manaus e às distribuições de cargas com origem e destino para Manaus, os principais dados são:

- Tempo médio de chegada de carga gerada por Manaus. Este item é referente a frequência e a quantidade de cargas que possuem origem Manaus que chegam aos TUP para serem embarcadas para outras cidades;
- Tempo médio de chegada de carga atraídas por Manaus. Este item é referente a frequência e a quantidade de cargas que possuem destino Manaus que chegam aos TUP;
- Tempo médio de Operação. Esta entrada traduz a capacidade e o desempenho de movimentação dos TUP (somatório das capacidades dos TUP);
- Tempo médio de Início da Operação (*Warm-up*). Tempo médio de espera para que os recursos das operações de carregamento e descarregamento de contêineres estejam disponíveis para uso;
- Tempo médio de atracagem. Tempo estimado para que a operação de atracagem seja realizada;
- Tempo médio de desatracagem. Tempo estimado para que a operação de desatracagem seja realizada;
- Tempo médio de liberação da embarcação (Tempo de fim da operação ou liberação para estocagem). Tempo entre o fim da operação de movimentação de carga e o início da próxima operação, normalmente estocagem no pátio, conforme modelo de Liu (2010);

- Custos médios totais. Custo médio de todas as operações portuárias;
- Recursos Portuários: Berços e Portêineres (Guindaste).

Como ficou evidenciada no referencial teórico toda modelagem é uma representação simplificada da realidade, com base nessa premissa, não serão considerados nesta simulação detalhes de movimentação dos portos, sendo objeto de explicação matemática o macro desempenho do sistema.

#### **4.1.2 Definição das saídas esperadas**

Os dados de saída na simulação são diversos e referem-se à capacidade dos TUP de Manaus e às distribuições de cargas com origem e destino para Manaus, os principais dados são:

- Tempo Total de Operação. Tempo entre o início e o fim das operações de embarque e desembarque de carga nos TUP por unidade de carga;
- Fila. Número de embarcações em fila, quando ocorrer;
- Tempo médio de Espera. Tempo médio de espera para uso dos recursos alocados no processo;
- Custo Total de Movimentação. Custo total das operações de movimentação de carga;
- Quantidade movimentada. Quantidade total de carga movimentada;

O sistema real do transporte de cabotagem no Amazonas consiste no somatório das capacidades dos terminais da cidade de Manaus para movimentar carga contêinerizada com destino ou origem em Manaus. Não há portos ou estações intermediárias entre a origem e destino da carga como Centros de Distribuição (CD) ou Centros de consolidação de carga. Portanto, é necessário fazer as seguintes considerações:

- Cada unidade de carga é dotada de valor médio para o custo da operação.
- Cada unidade de carga tem apenas um destino e uma origem.
- O sistema de entrega é do tipo porto-a-porto realizado por um único operador.

#### **4.2 Estrutura do modelo de rede *hub-and-spoke* para cabotagem na cidade de Manaus**

A estrutura do modelo para a implementação de uma rede *hub-and-spoke*, para atender Manaus, deve considerar aspectos operacionais, financeiros, humanos, econômicos, geográficos,



entre outros. O foco deste trabalho é a questão operacional. Portanto, foi adotada como localização ideal para o porto concentrador de contêineres a Região de Curuçá no estado do Pará onde fica a área destinada para a construção do Terminal Marítimo de Espadarte.

O projeto deste superterminal está concluído, seu objetivo inicial é atender a demanda por navegação de longo curso e cabotagem para escoamento de cargas agrícolas (soja) e produção de minérios (granel sólido) do estado do Pará. A localização estratégica do terminal permitirá a maximização do potencial do uso de embarcações tipo *feeder* e a integração com embarcações com grande capacidade de transporte de contêineres. Esta etapa corresponde a primeira na metodologia de Banks *et al* (2009): formulação do problema.

As principais vantagens do uso do projeto do Terminal de Espadarte, como a localização para o porto concentrador movimentador de contêineres, são:

- Acesso à navegação interior para os principais rios da Amazônia, inclusive Manaus;
- Acesso ao Oceano Atlântico permitindo o fluxo de cargas por cabotagem, *feeder* e longo curso;
- Calado suficiente para atender quaisquer tipos de embarcação;
- Infraestrutura de escoamento de cargas diversificado pelos modais: aquaviário, ferroviário e rodoviário;
- Atendimento de cargas de produção agrícola (soja), granel sólido (mineradoras) e transporte de contêineres no mesmo superterminal;
- Projeto de instalação do terminal em estágio mais avançado;
- Proximidades com centros urbanos que permitem a facilidade de acesso à tecnologias e recursos humanos necessários para a operação e manutenção do funcionamento do terminal;
- Possibilidade de operação da rede em um sistema “*hub-and-spoke*” com serviços *feeder* para atender aos demais portos.

O mapa da Figura 21 apresentar a nova configuração dos fluxos de carga conteinizada com a adoção de um porto concentrador na região de Curuçá nas proximidades de Belém. Neste cenário os contêineres com origem ou destino Amazonas realizam o trajeto Manaus-porto concentrador via embarcações *feeder*. No porto concentrador são transbordadas para embarcações maiores para realizar outro trajeto maior para diversos portos finais via cabotagem, longo curso

ou outro tipo de modal. Esta análise, *a priori*, é denominada planejamento do projeto, segunda etapa na metodologia de Banks *et al* (2009).



Figura 21: Principais rotas do transporte de cabotagem do estado do Amazonas adotando um porto concentrador.

Fonte: Elaboração própria.

O mapa da Figura 21 representa uma mudança nos fluxos de cargas, a existência de um porto concentrador em Espadarte servirá de acesso a Manaus e aos demais portos regionais menores. Note-se, ainda, que este superterminal influenciaria todos os estados da Amazônia Ocidental. A Figura 22 apresenta a modelagem da malharia aquaviária, do ponto de vista de Manaus, com a existência de um porto concentrador para atender a demanda regional, esta etapa corresponde à terceira na metodologia Banks *et al* (2009): construção do modelo conceitual.

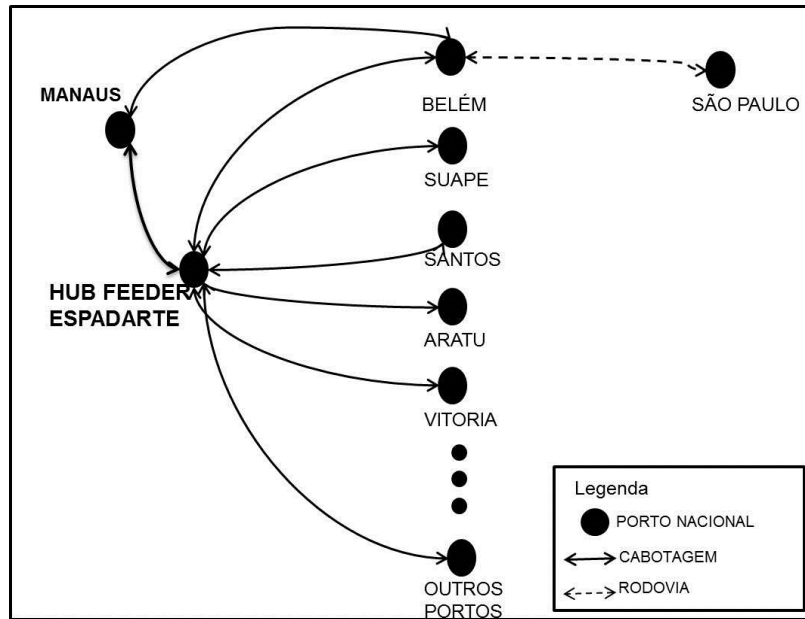


Figura 22: Modelagem do transporte de cabotagem do estado do Amazonas com um porto concentrador.  
 Fonte: Elaboração própria

A Figura 23 apresenta os principais processos do funcionamento dos TUP de Manaus e do porto concentrador operando em conjunto. Esta configuração está baseada no conceito de rede *hub-and-spoke*.

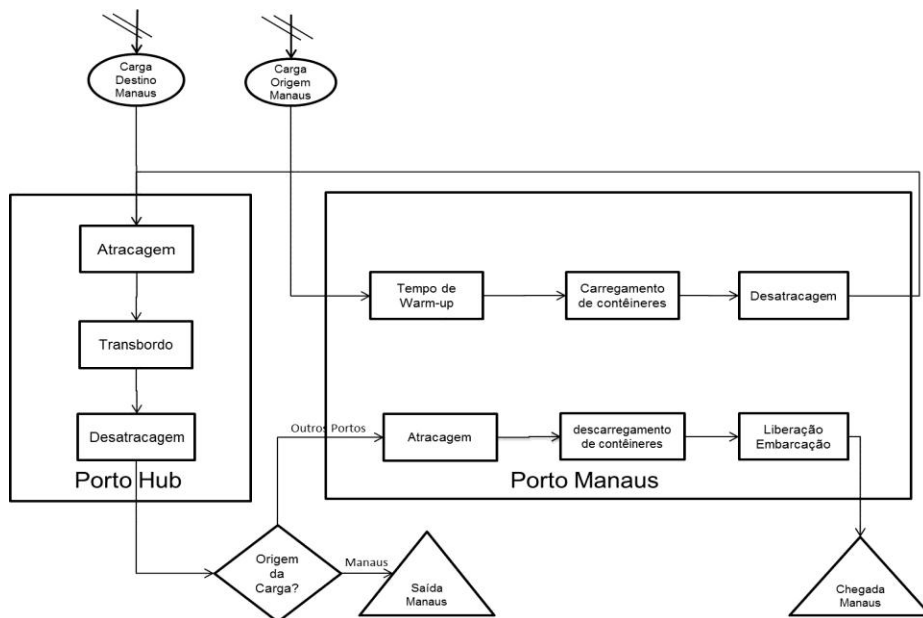


Figura 23: Modelagem dos processos do transporte de cabotagem operando com serviço *feeder*  
 Fonte: Elaboração própria

Nota-se na Figura 23 que a quantidade de processos em uma rede *hub-and-spoke* aumenta consideravelmente com a criação de um porto concentrador operando junto com os terminais de Manaus. O ganho operacional esperado com uso dessa abordagem está na redução no tempo de processamento das embarcações menores e no aumento da velocidade do fluxo de cargas com o fracionamento do envio dos contêineres.

A Figura 24, a seguir, apresenta a modelagem dos processos da Figura 23 para fins de representação do sistema operando em uma rede *hub-and-spoke*. É relevante notar que os processos referentes aos terminais de Manaus não são alterados, as mudanças realizadas são a diminuição do tempo de operação, por necessitar de menos tempo para movimentar uma quantidade de carga menor em embarcações *feeder*, e a maior frequência de chegada de embarcações do tipo *feeder*.

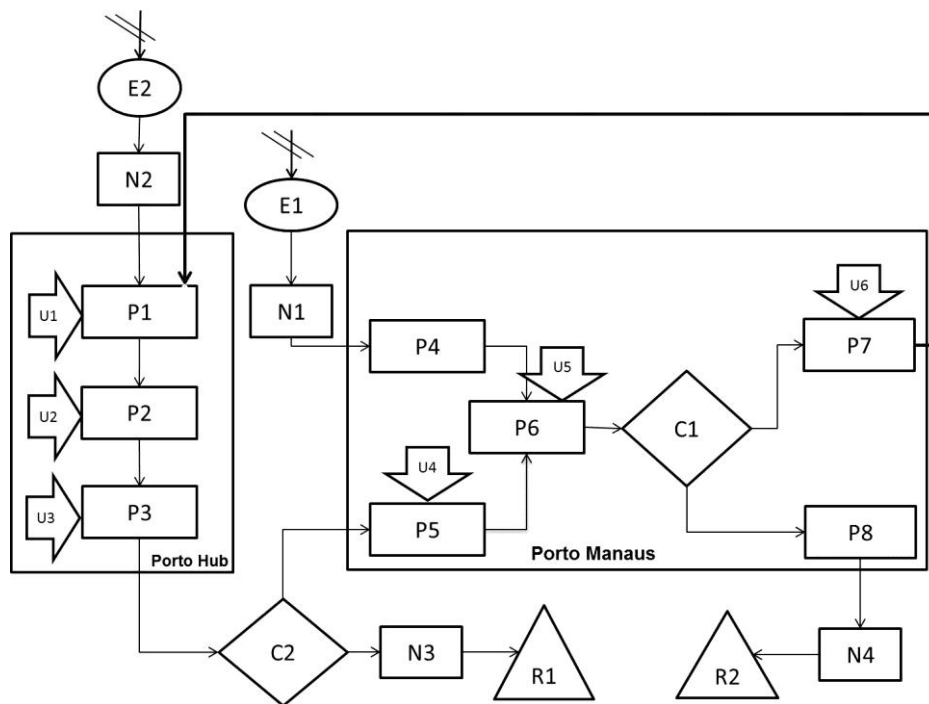


Figura 24: Modelo de simulação do transporte de cabotagem operando com serviço *feeder*  
Fonte: Elaboração própria.

O Quadro 4, a seguir, apresenta o detalhamento dos elementos que compõem a modelagem da rede *hub-and-spoke* presente na Figura 24. As informações referentes à operação do porto concentrador estão presentes no item 4.3 deste trabalho, que trata exclusivamente das

questões de capacidade operacional deste porto que constituem os cenários alternativos a serem simulados.

Quadro 4: Caracterização da modelo de simulação do transporte de cabotagem operando com serviço *feeder*

ELEMENTO	DESCRIÇÃO	PARÂMETRO
E1	Quantidade de Carga Conteinizada com Origem Manaus	Vide Quadro 6
E2	Quantidade de Carga Conteinizada com Destino Manaus	Vide Quadro 6
P1	Tempo médio de atracagem	1.2 + Normal (1.43) (hora)
P2	Tempo médio de operação	Vide Tabela 8
P3	Tempo médio de desatracagem	1 + LOGN(5.74, 8.45) (h)
P4	Tempo de início de operação	Lognormal (2.85, 2.04) (h)
P5	Tempo médio de atracagem	1.2 + Normal (1.43) (hora)
P6	Tempo médio de operação	Vide Tabela 8
P7	Tempo médio de desatracagem	1 + LOGN(5.74, 8.45) (h)
P8	Tempo médio de liberação da embarcação	1 + LOGN(6.54, 6.75) (h)
C1	Seleção carga Destino Manaus	Seletor
C2	Seleção carga Origem Manaus	Seletor
R1	Controle de cargas destino Manaus	Contador (h)
R2	Controle de cargas destino Manaus	Contador (h)
U1	Berço	1
U2	Guindaste (Portêiner)	1
U3	Berço	1
U4	Berço	1
U5	Guindaste (Portêiner)	1
U6	Berço	1
N1	Alocação TEU em Embarcação	1200 (TEU/ Embarcação)
N2	Alocação TEU em Embarcação	514 (TEU/ Embarcação)
N3	Retirada de TEU da Embarcação	Desfaz Operação N1
N4	Retirada de TEU da Embarcação	Desfaz Operação N2
Custo	Custo Médio total	249.56 (R\$/Contêiner)

Fonte: Elaboração própria.

No que se refere a custo no contexto de operação do serviço *feeder* para apoiar a cabotagem regional adotou-se como referência que em relação ao modelo de operação ponto-a-

ponto o uso de serviço *feeder* implica em uma redução média de até 25% nos custos de movimentação (PEDREIRA, 2006). No entanto no Brasil os custos de movimentação de carga representam entre 70% a 90% dos custos médios totais de movimentação de um contêiner<sup>2</sup> nos terminais nacionais (GOLDBERG, 2009).

Para avaliar o impacto em custos que obtém-se com o uso do serviço *feeder* na região, foi adotado uma redução de 25% do custo médio sobre os custos de movimentação, sendo que este tipo de custo equivale a 70% do custo total de movimentação por contêiner. Logo temos que o custo médio a ser utilizado no modelo pode ser calculado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{custo\_m\u00e9dio\_real} &= \text{custo\_movimentac\u00e3o} + \text{outros\_custos} \\ \text{custo\_movimentac\u00e3o} &= \text{custo\_m\u00e9dio\_real} \times 0.70 \\ \text{outros\_custos} &= \text{custo\_m\u00e9dio\_real} \times 0.30 \\ \text{custo\_m\u00e9dio\_real} &= \text{custo\_movimentac\u00e3o} \times 0.70 + \text{outros\_custos} \times 0.30 \\ \text{custo\_m\u00e9dio\_real} &= 302.5R\$ \therefore \\ \text{custo\_movimentac\u00e3o} &= 211.75R\$ \\ \text{outros\_custos} &= 90.7R\$ \end{aligned}$$

Aplicando os dados acima no m\u00e9todo de determina\u00e7\u00e3o do custo do modelo de transporte com uso de servi\u00e7o *feeder*, temos:

$$\begin{aligned} \text{custo\_m\u00e9dio\_feeder} &= \text{custo\_movimentac\u00e3o} + \text{outros\_custos} \\ \text{custo\_movimentac\u00e3o\_feeder} &= (\text{custo\_m\u00e9dio\_real} \times 0.70) \times 0.75 \\ \text{outros\_custos} &= \text{custo\_m\u00e9dio\_real} \times 0.30 \\ \text{custo\_m\u00e9dio\_feeder} &= (\text{custo\_m\u00e9dio\_real} \times 0.70) \times 0.75 + \text{outros\_custos} \times 0.30 \end{aligned}$$

Sendo:

$$\text{custo\_m\u00e9dio\_real} = 302.5R\$ \therefore$$

Temos:

$$\text{custo\_movimentac\u00e3o\_feeder} = 158.81R\$$$

$$\text{outros\_custos} = 90.7R\$$$

Logo:

$$\text{custo\_m\u00e9dio\_feeder} = 249.56$$

---

<sup>2</sup> A m\u00e9dia do custo m\u00e9dio total de movimentac\u00e3o por cont\u00eainer, nos anos de 2008 e 2009, foi de R\$ 302,5 nos terminais da cidade de Manaus, segundo a ANTAQ (2010c).

#### 4.2.1 Definição dos dados de entrada

Os itens 4.2.1 e 4.2.2 estão previstos na quarta etapa da metodologia de Banks *et al* (2009). Os dados de entradas na simulação são diversos e referem-se à capacidade dos TUP de Manaus, bem como do porto concentrador de atender uma determinada demanda. As diferentes capacidades de movimentação de TEU/hora do porto concentrador estão relacionadas com a sua abrangência (Regional, Nacional ou Internacional).

No caso dos TUP de Manaus foi verificado em simulações preliminares que não é possível utilizar o serviço *feeder* adotando um porto concentrador, com elevada capacidade de movimentação de carga, sem que os terminais da cidade não sejam capazes de operar em condições similares. Se houver uma grande discrepância entre a capacidade do porto concentrador e do porto alimentador ocorrerá, inevitavelmente, uma sobrecarga de demanda no nos TUP de Manaus, tornando o sistema muito ineficiente e gerando filas e gargalos.

Por estes motivos adotou-se que os TUP de Manaus, representados na simulação como um único porto, operam nos cenários alternativos sendo até 15% menos velozes que o porto concentrador. Da mesma forma, as operações de atracagem e desatracagem do porto concentrador operam na mesma velocidade dos TUP de Manaus.

Portanto, a principal diferença entre o porto concentrador e os TUP de Manaus é a capacidade de movimentação TEU/hora que varia em função do cenário construído para analisar a eficiência da movimentação de contêineres. Logo, os principais dados de entrada são:

- Tempo médio de chegada de carga gerada por Manaus. Este item é referente a frequência e a quantidade de cargas que possuem origem Manaus que chegam aos TUP para serem embarcadas para outras cidades;
- Tempo médio de chegada de carga atraídas por Manaus. Este item é referente a frequência e a quantidade de cargas que possuem destino Manaus que chegam aos TUP;
- Tempo médio de Operação. Esta entrada traduz a capacidade e o desempenho de movimentação dos TUP e do porto concentrador;
- Tempo médio de Início da Operação. Tempo médio de espera para que os recursos das operações de carregamento e descarregamento de contêineres esteja disponível;
- Tempo médio de atracagem. Tempo estimado para que a operação de atracagem seja realizada (TUP e porto concentrador);

- Tempo médio de desatracagem. Tempo estimado para que a operação de desatracagem seja realizada (TUP e porto concentrador);
- Tempo médio de liberação da embarcação (Tempo de fim da operação ou liberação para estocagem). Tempo entre o fim da operação de movimentação de carga e o início da próxima operação (TUP e porto concentrador);
- Custos médios totais. Custo médio de todas as operações portuárias;
- Recursos Portuários: Berços e portêineres.

#### **4.2.2 Definição das saídas esperadas**

Os dados de saída obtidos na simulação foram diversos e referem-se principalmente às estatísticas de operação, filas, recursos e entidades criadas dentro do modelo tanto dos TUP de Manaus quanto do Porto concentrador. Desta forma, os resultados escolhidos como mais relevantes para análise do resultado são:

- Tempo Total de Operação. Tempo entre o início e o fim das operações de embarque e desembarque de carga nos TUP, porto concentrador e total;
- Fila. Número de embarcações em fila, quando ocorrer (TUP e Porto concentrador);
- Tempo médio de Espera. Tempo médio de espera para uso dos recursos alocados nos processos;
- Custo Total de Movimentação. Custo total das operações de movimentação de carga;
- Quantidade movimentada. Quantidade total de carga movimentada TUP, Porto hub e total;

#### **4.3 Cenários alternativos para a cabotagem do estado do Amazonas**

Os cenários a serem simulados visam avaliar quais os níveis de demanda são suportados pela rede *hub-and-spoke*. Outro objetivo relevante é determinar quais as capacidades de movimentação do porto concentrador são mais adequadas para atender os diferentes níveis de demanda que Manaus pode vir a atrair com a modernização do sistema de cabotagem atual. A intersecção dessas duas variáveis permite gerar os cenários apresentados no Quadro 5 a seguir:



Quadro 5: Cenários alternativos para a cabotagem do estado do Amazonas operando com serviço *feeder*

Variáveis	Capacidade do porto concentrador		
	Regional	Nacional	Internacional
Níveis de Demanda			
Demanda Prevista (2015)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Demanda Potencial	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Super Demanda	Cenário 7	Cenário 8	Cenário 9

Fonte: Elaboração própria.

A variável “Níveis de Demanda” refere-se a demanda por movimentação de contêiner por cabotagem. A demanda prevista consiste na regressão linear da demanda atual para o ano de 2015, seguindo a série histórica de 2006 a 2012. Todavia, a demanda prevista calculada na Figura 25 refere-se à movimentação de contêineres por diversos tipos de navegação, a participação da navegação de cabotagem é apresentada no Quadro 6.

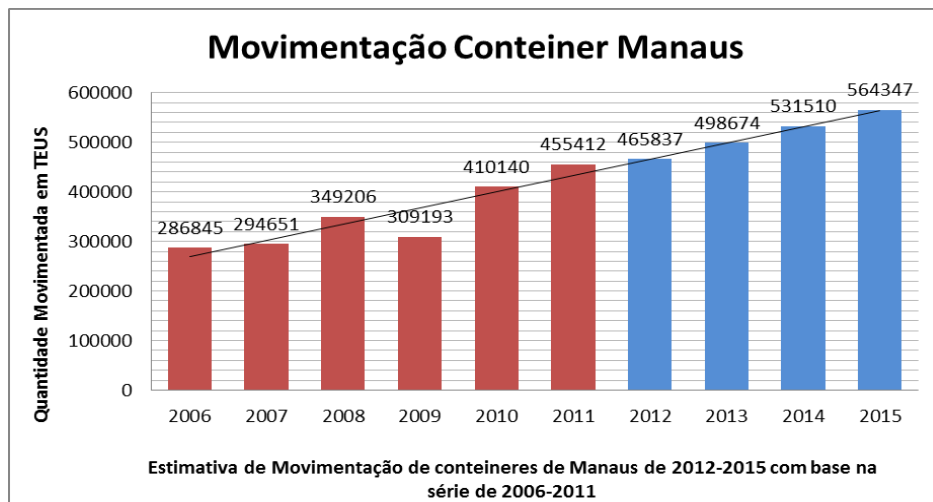


Figura 25: Projeção da demanda por movimentação de contêiner até 2015

Fonte: Elaboração própria.

A demanda potencial consiste na capacidade de movimentação de contêineres que o mercado estima que Manaus pode gerar, ou seja, é a demanda prevista mais a demanda reprimida por condições adversas do transporte de cabotagem. Neste caso foram usados como referência os estudos da empresa Login S/A (2011). E a super demanda refere-se ao potencial de demanda que Manaus pode gerar mais o potencial de negócio que Manaus pode atrair com a adoção de um

porto concentrador. Em todos os casos, foi considerado que taxa de participação da cabotagem no transporte aquaviário do estado é mantida constante.

Quadro 6: Dados de movimentação de contêineres por cabotagem do Amazonas nos cenários alternativos

Níveis de Demanda	Quantidade de TEU <sup>3</sup>	Quantidade de TEU movimentados por cabotagem
Demanda Atual (2012)	488.741	193.044
Demanda Prevista (2015)	564.347	222.916
Demanda Potencial	1.000.000	390.000
Super Demanda	1.500.000	585.000

Fonte: Adaptado de SINI (2012); LOGIN S/A(2010).

A demanda atual é utilizada para desenvolver e calibrar o modelo do sistema real, a fim de conseguir um obter um modelo representativo do transporte de cabotagem real no estado do Amazonas. Os demais níveis de demanda são utilizados para realizar as simulações dos cenários logísticos alternativos.

Os indicadores de desempenho dos tipos de portos concentradores são retirados com base em pesquisas de portos similares onde existe serviço *feeder*, operando com diferentes capacidades de portos concentradores. A Tabela 7 apresenta a síntese dos níveis de demanda de movimentação de contêineres por navegação cabotagem e o respectivo impacto na quantidade de entrada de carga no modelo de simulação.

Tabela 7: Demanda de movimentação por cabotagem nos sentidos do fluxo para os cenários alternativos

	Cenário real	Cenário 2015	Demanda potencial	Super demanda
Carga movimentada por cabotagem (TEU)	193.044	222.915	390.000	585.000
Entrada carga origem Manaus (TEU/hora)	10,18	11,75	20,56	30,84
Entrada carga destino Manaus (TEU/hora)	11,86	13,70	23,96	35,94

Fonte: Elaboração própria.

<sup>3</sup> Medidas de transformação: 1 TEU equivale há 16,3 tonelada. Já 1 contêiner de 20 pés (8x8x20) possui capacidade de aproximadamente 20 toneladas.

O Quadro 7, a seguir, apresenta os principais indicadores que caracterizam os diferentes tipos de portos concentradores presentes em uma rede do tipo *feeder* (UNITED NATIONS - ESCAP, 2011) utilizados para determinar os diversos cenários estabelecidos como relevantes para testar a aplicação do serviço *feeder* na cabotagem do estado.

Os valores de investimentos foram obtidos a partir de uma média do investimento para a construção ou ampliação de portos movimentadores de contêineres ao redor do mundo, variando de acordo com a capacidade operacional do porto construído (CONSTRUCTIONWEEKONLINE, 2010). Cabe lembrar que apenas a implementação do projeto original de construção do Terminal de Espadarte está orçado em R\$ 400 milhões.

Portanto, a definição exata do custo que cada porto concentrador (regional, nacional ou internacional) exigiria só poder ser obtido através de um estudo específico, sendo os valores utilizados neste trabalho aproximações baseadas em trabalhos recentes sobre o tema em estudo.

Desta forma, quanto maior a capacidade do porto maior tende a ser o investimento necessário para prover a infraestrutura. Os valores obtidos são, portanto, uma estimativa da necessidade do capital necessário para construir um porto concentrador.

Quadro 7: Caracterização dos tipos de portos concentradores

Indicadores Operacionais	Capacidade do Porto Concentrador		
	Hub Regional	Hub Nacional	Hub Internacional
Tempo médio de operação (TEU/hora)	69	137	200
Capacidade de Movimentação Anual por Berço (TEU)	200.000	300.000	350.000
Capacidade de Movimentação (TEU)	604.440	1.200.120	1.752.000
Custo médio por berço (R\$/m)	80,00	120,00	160,00
Quantidade média de Berço (u)	3	4	5
Quantidade de Berços (m)	2631	3970	4.631
Previsão de investimento ( R\$ Milhões)	400	1.000	1.800

Fonte: Adaptado de United Nations-ESCAP (2011) e Constructionweekonline (2010).

A capacidade instalada do porto concentrador impacta diretamente na capacidade de movimentação de contêineres por hora, conforme apresentado na Tabela 8. Da mesma forma, o

tamanho e a consignação média das embarcações movimentadas, tanto pelo porto concentrador quanto pelos TUP de Manaus, influenciam no tempo de processamento (carregamento/descarregamento) que o porto consome nessa operação.

Tabela 8: Resumo dos dados de capacidade de movimentação de contêineres nos cenários alternativos

	Capacidade de movimentação Ano	Capacidade movimentação hora	Tempo de Processamento Embarcação Normal (1200 TEU) – hora	Tempo de Processamento Embarcação Feeder (514 TEU) – hora	Tempo de movimentação Porto Manaus
Porto Hub Regional	604.440	69	17,39	7,44	8,57
Porto Hub Nacional	1.200.120	137	8,75	3,75	4,32
Porto Hub Internacional	1.752.000	200	6,00	2,57	2,96

Fonte: Elaboração própria.

As informações presentes nas Tabelas 7 e 8 são as variáveis utilizadas para criar os cenários alternativos avaliados neste trabalho. A Tabela 9 é a síntese dos cenários avaliados com os respectivos valores das variáveis de entrada no modelo de simulação.

Os cenários foram concebidos para verificar como portos concentradores de diferentes portes atenderiam níveis alternativos de escala de demanda por transporte de cabotagem, considerando Manaus como a localização do único porto *feeder* representativo, e permitindo analisar o desempenho operacional do sistema como um todo.

Tabela 9: Resumo dos cenários avaliados

Nº dos Cenários	Demanda de TEU por cabotagem	Capacidade Porto Concentrador
Cenário 1	222.916	69 TEU/Hora
Cenário 2	222.916	137 TEU/Hora
Cenário 3	222.916	200 TEU/Hora
Cenário 4	390.000	69 TEU/Hora
Cenário 5	390.000	137 TEU/Hora
Cenário 6	390.000	200 TEU/Hora
Cenário 7	585.000	69 TEU/Hora
Cenário 8	585.000	137 TEU/Hora
Cenário 9	585.000	200 TEU/Hora

Fonte: Elaboração própria.

Em caso de implementação prática da proposta, é importante notar que o porto concentrador receberia carga de outros portos importantes da região como Belém, Santarém, Macapá, Santana, Vila do Conde, entre outros. Em tal cenário, as condições de desempenho operacional do porto mudam em função da maior demanda por movimentação de carga.

#### 4.4 Escolha do software de simulação

O *software* escolhido para realizar a simulação apresentada é o ARENA<sup>®</sup> Rockwell Software Inc. 11.0<sup>®</sup> versão acadêmica proprietária, disponibilizada para institutos de pesquisas e/ou ensino que desenvolvam estudos no campo da simulação computacional, tal etapa equivale a sexta na metodologia de Banks *et al* (2009).

Esta versão do ARENA é equivalente ao pacote proprietário básico e conta com diversos módulos de apoio a simulação, inclusive os *softwares*: *Input Analyzer*<sup>®</sup>, *Process Analyzer*<sup>®</sup> e *OptQues*<sup>®</sup>.

A escolha do ARENA deve-se ao fato deste ser um simulador genérico, sendo flexível para representar processos produtivos, comportamento de redes de transporte e decisões lógicas que precisam ser consideradas durante o funcionamento de um terminal portuário movimentador de contêiner inserido em um contexto de malha aquaviária.

Essas características do ARENA podem ser explicada pelo fato da linguagem utilizada na construção da ferramenta ser baseada na Teoria das Filas e em no conceito de eventos discretos (KELTON; SADOWSKI; STURROCK, 2007).

Gavira (2003) afirma que a Teoria das Filas é uma técnica de Pesquisa Operacional que utiliza conceitos de processos estocásticos e de matemática aplicada para analisar o fenômeno de formação de filas e suas características, essa teoria foi desenvolvida para resolver problemas de congestionamento e dimensionamento de instalações. Já um modelo de eventos discretos (ou mudança discreta) é aquele em que as variáveis se modificam discretamente em pontos específicos do tempo simulado.

Considerando a modelagem do transporte de cabotagem real do estado do Amazonas, bem como a modelagem dos cenários alternativos criados, no Ambiente ARENA os processos e o fluxo de informação, a serem representados durante a simulação, são facilmente executados pelos blocos existentes. Da mesma forma, que a mudança dos valores das variáveis “Níveis de

Demanda” e “Capacidade do Porto Concentrador” podem ser alterados sem que haja a necessidade da reconstrução do modelo para cada cenário alternativo.

A escolha do ambiente ARENA não implica que outros simuladores não estejam aptos a executar o modelo proposto, ou que não seja possível desenvolver um *software* em uma linguagem de programação adequada para realizar a simulação do modelo. Todavia, sua escolha justifica-se na medida que o modelo de simulação aproxima-se do modelo conceitual proposto inicialmente, a partir do mapeamento dos processos de funcionamento do transporte de cabotagem do estado do Amazonas.

## 5 IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL E ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta seção são implementadas as simulações computacionais dos modelos propostos para os cenários real e alternativos para a cabotagem no estado do Amazonas, conforme discutido no item anterior, para tal foi utilizado um microcomputador Emachines<sup>®</sup> E725 com um processador Intel<sup>®</sup> Pentium<sup>®</sup> dual-core usando sistema operacional Windows<sup>®</sup> 7 Professional<sup>®</sup>.

### 5.1 Simulação do transporte real de cabotagem

A simulação do transporte de cabotagem real no Amazonas é apresentada na Figura 26 a seguir, esta etapa é denominada tradução do modelo. A etapa seguinte consiste em verificar e validar a capacidade do modelo de representar satisfatoriamente o comportamento dos terminais portuários movimentadores de contêineres da cidade de Manaus, no caso os dois terminais privados instalados na cidade.

Os parâmetros utilizados nesta verificação de validação da simulação do modelo foram os seguintes:

- Quantidades de cargas movimentadas;
- Tempo médio de operação do porto de Manaus;
- Custos médios totais de operação;
- Indicadores de desempenho operacional utilizados como entrada do modelo de simulação.

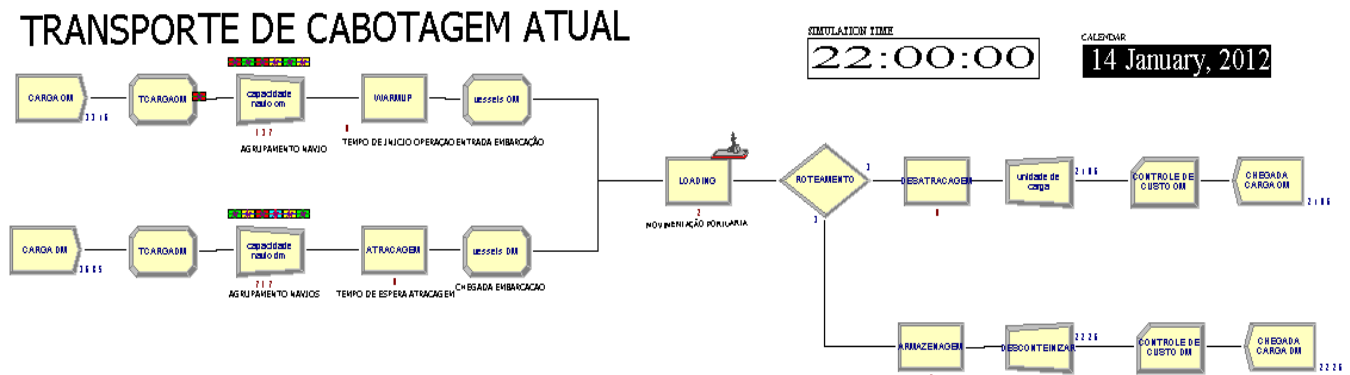


Figura 26: Simulação do transporte de cabotagem em Manaus no ambiente ARENA.  
Fonte: Elaboração própria

A Figura 26 é a simulação no ambiente ARENA do modelo desenvolvido no capítulo 4 e apresentado na Figura 20. Note-se que há ocorrência de dois processos simultâneos que representam a dinâmica de entrada e saída de cargas nos TUP da cidade de Manaus.

## 5.2 Resultados da simulação do transporte real de cabotagem

A simulação foi realizada com 100 replicações para um tempo de operação de 334 dias seguidos, ou seja, onze meses de operação dos dois Terminais de Uso Misto Privativo de Manaus, o mesmo período considerado para determinar a quantidade de carga movimentada no sistema real. Este procedimento consumiu 6 horas e 36 minutos de processamento, e diz respeito à etapa de experimentação.

A Tabela 10 apresenta os resultados referentes ao total de carga movimentada na simulação do cenário real, ao longo de onze meses, em comparação com os dados reais observados durante o mesmo período no ano de 2012.

Tabela 10: Movimentação de carga dos transporte de cabotagem real e simulado

Mês/2012	Chibatão		Superterminais		Total/Real			Total/Simulado		
	Origem Manaus (TEU)	Destino Manaus (TEU)	Origem Manaus (TEU)	Destino Manaus (TEU)	Origem Manaus (TEU)	Destino Manaus (TEU)	Total Manaus (TEU)	Origem Manaus (TEU)	Destino Manaus (TEU)	Total Manaus (TEU)
Janeiro	6.404	7.210	561	1.268	6.965	8.478	15.443	6.416	6.678	13.094
Fevereiro	5.426	6.697	511	379	5.937	7.076	13.013	6.432	7.439	13.871
Março	6.197	7.260	872	767	7.069	8.027	15.096	8.030	8.916	16.946
Abril	5.218	6.637	784	1.113	6.002	7.750	13.752	6.424	7.430	13.854
Mai	5.599	6.705	1.173	1.603	6.772	8.308	15.080	7.227	8.173	15.400
Junho	5.962	7.993	833	1.470	6.795	9.463	16.258	7.227	7.430	14.657
Julho	5.076	6.712	819	1.169	5.895	7.881	13.776	8.030	8.916	16.946
Agosto	8.611	7.079	1.463	1.965	10.074	9.044	19.118	8.030	8.173	16.203
Setembro	6.302	7.471	832	1.362	7.134	8.833	15.967	6.424	8.173	14.597
Outubro	9.366	9.036	1.257	1.516	10.623	10.552	21.175	7.227	7.430	14.657
Novembro	6.670	7.262	693	1.305	7.363	8.567	15.930	7.227	7.430	14.657
<b>Total</b>	<b>70.831</b>	<b>80.062</b>	<b>9.798</b>	<b>13.917</b>	<b>80.629</b>	<b>93.979</b>	<b>174.608</b>	<b>78.694</b>	<b>86.188</b>	<b>164.882</b>
Média (TEU/hora)	8,836	9,988	1,222	1,736	10,059	11,724	21,782	9,817	1,752	20,569

Fonte: Elaboração própria.



A Figura 27 apresenta o comportamento do volume de cargas movimentadas ao longo do ano de 2012 em comparação com o resultado da simulação do volume de cargas movimentadas pelo modelo representativo da cabotagem real. O volume de carga movimentado pelo transporte de cabotagem no ano de 2012 é descrito pela curva “Total Real Manaus”, enquanto que o resultado da simulação é denominado “Total Simulado Manaus”.

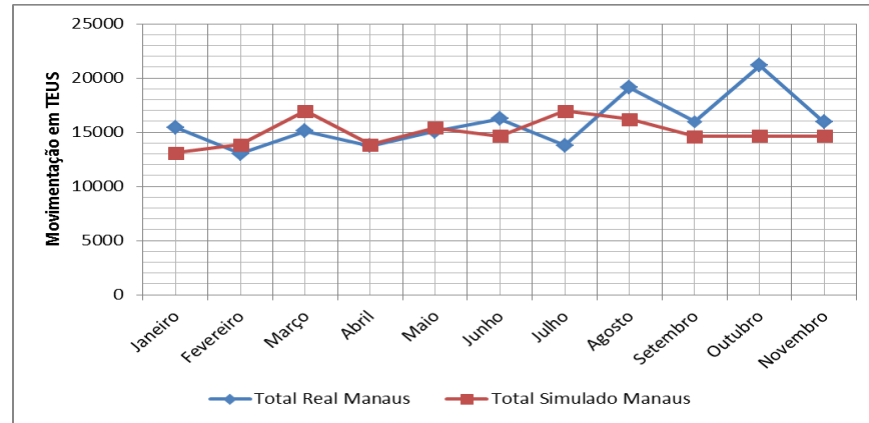


Figura 27: Quantidade de cargas movimentadas em 2012 versus a quantidade de cargas movimentadas na simulação.

Fonte: Elaboração própria

No que se refere, especificamente, a quantidade de carga movimentada com origem Manaus, a Figura 28 ilustra o comportamento da saída de carga da cidade, utilizando o sistema de transporte real por cabotagem (“Origem Manaus Real”), e o resultado obtido com a simulação (“Origem Manaus Simulado”).

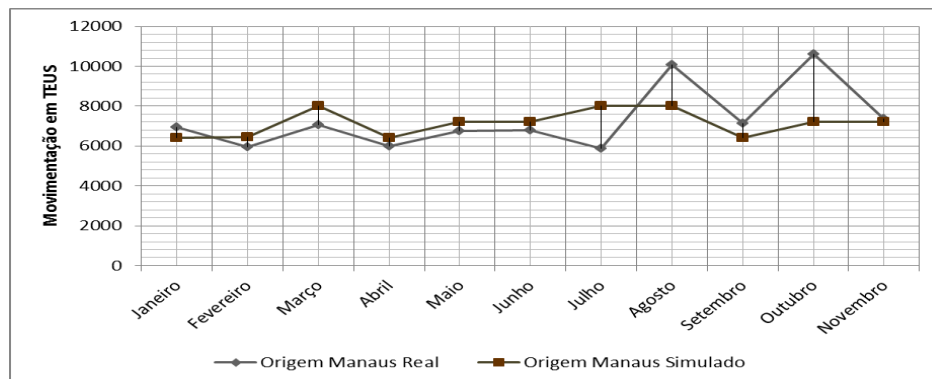


Figura 28: Quantidade de cargas movimentada com origem Manaus versus quantidade de cargas movimentadas na simulação com origem Manaus.

Fonte: Elaboração própria.

No sentido inverso do fluxo de carga, ou seja, cargas com destino estado do Amazonas, mas precisamente a cidade de Manaus, temos o comportamento tanto do volume transportado pelo transporte de cabotagem quanto o resultado da simulação, evidenciado na Figura 29 abaixo:

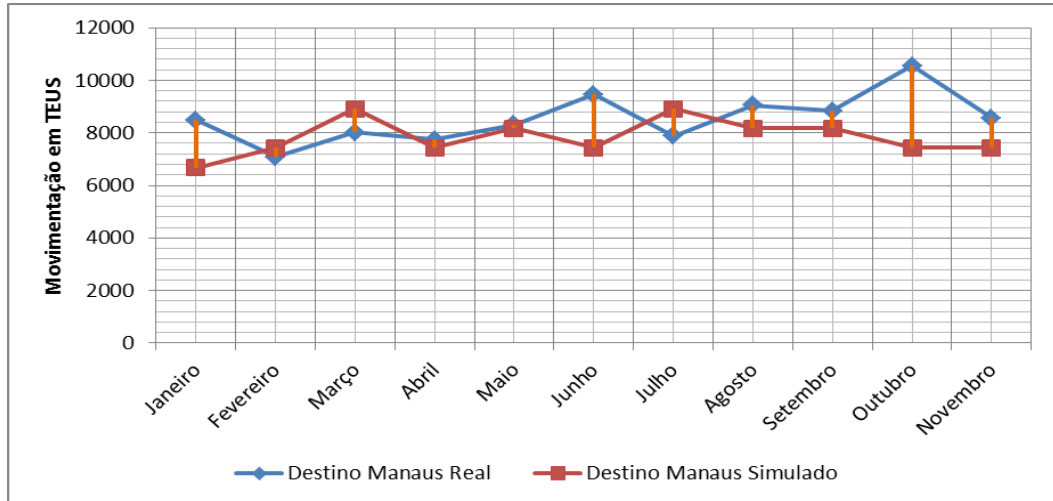


Figura 29: Quantidade de cargas movimentada com destino Manaus versus quantidade de cargas movimentadas na simulação com destino Manaus

Fonte: Elaboração própria.

Os custos das operações de movimentação de carga do transporte real e da simulação do cenário real estão mostradas na Figura 30. Note-se que os custos são expressos em função das unidades de contêineres movimentados e tratam dos custos médios totais, logo, o valor dos custos depende da quantidade total movimentada:

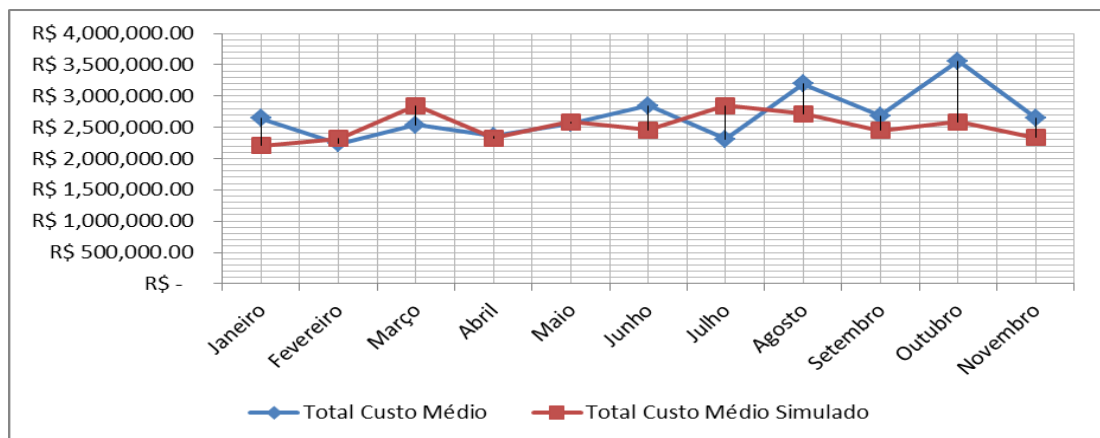


Figura 30: Custo médio total no transporte real em 2012 versus o custo médio total simulado

Fonte: Elaboração própria.

O resumo dos resultados do desempenho operacional dos TUP de Manaus obtidos na simulação do transporte real de cabotagem é apresentado no Quadro 8. As informações de “Tempo Médio de Espera” e a “Quantidade Média na Fila de Operação Portuária” não são informações estatísticas presentes nos bancos de dados pesquisados, por este motivo não é possível fazer comparação direta com o transporte de cabotagem real nesses itens, todavia são informações relevantes para avaliar o desempenho operacional do sistema como um todo.

Quadro 8: Comparação dos dados do transporte de cabotagem real e os resultados da simulação

<b>Respostas</b>	<b>Transporte real</b>	<b>Simulação Cenário real</b>
Tempo médio de operação (h)	36.9	36.87
Quantidade média na fila de operação portuária (navios)	-	1.5
Tempo médio de espera (h)	-	93.2
Custo total de movimentação (R\$)	29,594,613.00	27,689,162.58
Quantidade movimentada (TEU)	174608	164882
Tempo médio total de operação (h)	-	139.42
Tempo médio de atracagem (h)	1.2	1.3
Tempo médio de desatracagem (h)	6.27	6.8
Tempo médio de <i>warm-up</i> (h)	2.9	2.8
Tempo médio de liberação da embarcação (h)	7.47	7.6

Fonte: Elaboração própria.

A necessidade de promover o desenvolvimento do transporte de cabotagem é proeminente conforme evidenciado na revisão de literatura. O crescimento da demanda por cabotagem é uma realidade apresentada na seção anterior.

Portanto, se faz necessário analisar como a capacidade atual dos TUP de Manaus atenderia a demanda futura prevista. A fim de diagnosticar o quão operacionalmente é relevante para o desempenho do sistema o aumento da capacidade de movimentação de contêineres por cabotagem, bem como, o impacto sobre os indicadores operacionais, foi realizado uma simulação com dados de capacidade de movimentação do transporte atual com a demanda prevista para 2015.

Esta segunda simulação realizada tem o objetivo de testar o modelo representativo do transporte real visando verificar como a capacidade do sistema atual atenderia a uma demanda

superior a que é exigida do sistema atualmente, no caso, o cenário construído utiliza a demanda prevista para o ano de 2015.

A Figura 31 a seguir mostra o comportamento do volume de carga movimentada na simulação do transporte real, o volume movimentado na simulação com demanda para 2015 e a quantidade de carga criada dentro do sistema para este cenário.

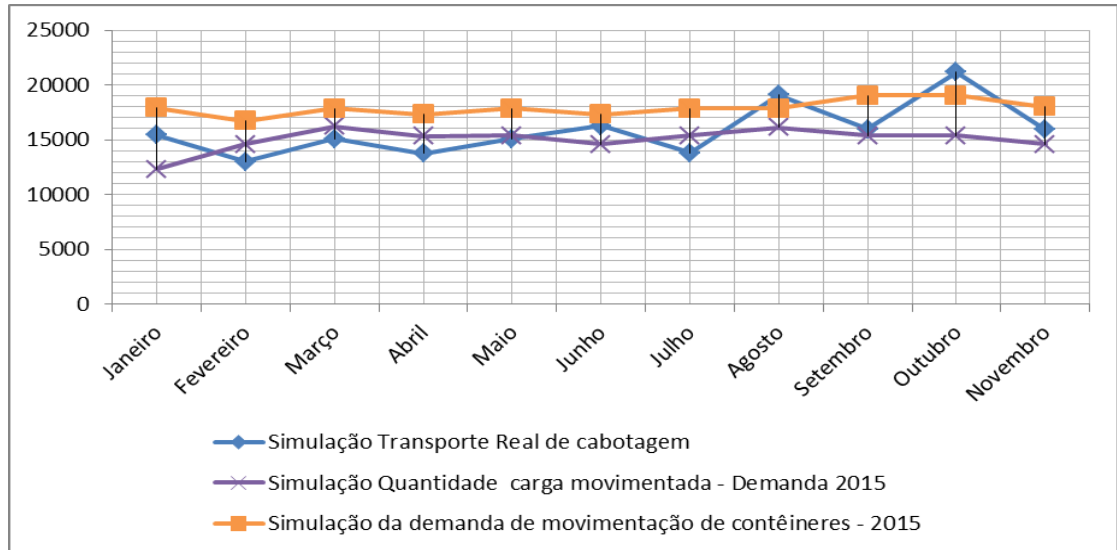


Figura 31: Simulação da demanda por movimentação de contêineres para 2015, quantidade carga movimentada na simulação e quantidade movimentada no transporte real de cabotagem.

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 31 evidencia que a diferença entre a demanda de movimentação de contêineres ao longo de onze meses de operação dos TUP de Manaus esteve todo o período acima da capacidade de movimentação, ou seja, o sistema não é capaz de absolver a demanda exigida em um futuro próximo, caso a capacidade de movimentação não continue a crescer gradativamente.

Simultaneamente, o desempenho portuário dos TUP de Manaus teve piora significativa em relação aos indicadores apresentado na simulação do transporte real. Conforme demonstrado no Quadro 9, itens como “Tempo médio de espera na fila” e “Quantidade média na fila de operação portuária” tiveram aumento significativo nos valores auferidos com a simulação, o que evidencia que o sistema perde eficiência com o aumento do volume exigido de movimentação de contêineres.

Quadro 9: Resumo dos dados da simulação do transporte de cabotagem de real e a simulação do cenário real com demanda projetada para 2015

Respostas	Simulação transporte real	Simulação cenário demanda 2015	Variação (%)
Tempo médio de operação (h)	36.9	36.9	0%
Quantidade média fila operação portuária (navios)	-	17	-
Tempo médio de espera (h)	-	593.5	-
Custo total de movimentação (R\$)	R\$ 29,594,613.00	R\$ 33,360,898.78	13%
Quantidade movimentada (TEU)	174608	196829	13%
Tempo médio total de operação (h)	-	640.22	-
Tempo médio de atracagem	1.2	1.26	5%
Tempo médio de desatracagem	6.27	7.4	18%
Tempo médio de <i>warm-up</i>	2.9	3.03	4%
Tempo médio de liberação da embarcação	7.47	7.2	-4%

Fonte: Elaboração própria.

O terceiro teste do modelo de simulação do transporte real é a comparação com o modelo de simulação que adota o serviço *feeder*. Nesta etapa, o objetivo é verificar se há ganhos com uso do modelo *feeder* em relação ao cenário real, considerando a demanda de movimentação do ano de 2012, e fixando a capacidade do porto concentrador como de tamanho regional, ou seja, o menor entre os estimados como cenários alternativos. A Figura 32 a seguir apresenta a movimentação de carga da simulação da cabotagem do Amazonas operando com serviço *feeder* em comparação com a simulação do transporte real.

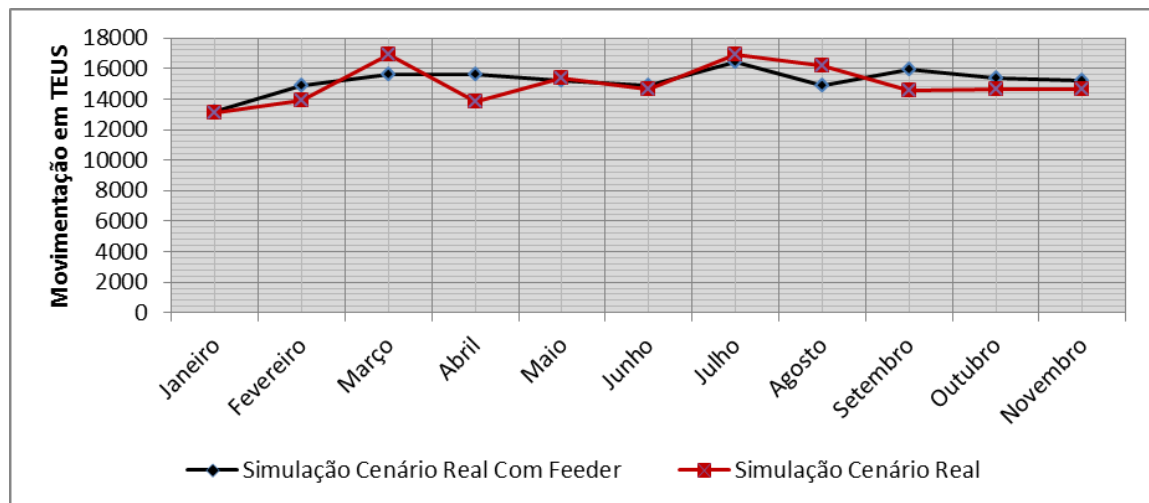


Figura 32: Quantidade de carga movimentada na simulação do transporte de cabotagem real e a quantidade de carga movimentada na simulação do cenário real operando com serviço *feeder*

Fonte: Elaboração própria.

A simulação da Figura 32 evidencia que o total da movimentação de contêineres para o ano de 2012 apresentou resultados muito similares entre o cenário com o uso do serviço *feeder* e o sistema real. Embora as diferenças sejam discretas quanto ao total movimentado, é possível verificar que o transporte de cabotagem com *feeder* torna-se mais eficiente se observado os indicadores operacionais presentes no Quadro 10 a seguir.

Apesar das diferenças significativas nos indicadores de desempenho do transporte de cabotagem com uso do serviço *feeder* em relação ao cenário real, a baixa variação da quantidade movimentada pode ser explicada pelo fato do sistema estar ocioso em boa parte do ano, devido a capacidade instalada ser bem maior que a demanda exigida por transporte de contêineres por cabotagem.

Quadro 10: Resumo dos dados da simulação do transporte de cabotagem de real e a simulação do cenário real operando com serviço *feeder*

Respostas	Simulação transporte real	Simulação demanda atual com serviço <i>feeder</i>	Variação (%)
Tempo médio de operação (h)	36,87	8,570	-77%
Quantidade média fila operação portuária (navios)	1,50	0,290	-81%
Tempo médio de espera Manaus (h)	55,57	7.1637	-87%
Tempo médio de operação hub (h)	-	12.385	-
Quantidade média fila operação portuária <i>hub</i> (navios)	-	0,057	-
Tempo médio de espera <i>hub</i> (h)	-	3,200	-
Custo total de movimentação (R\$)	27.689.162,580	23.172.301,680	-16%
Quantidade movimentada (TEU)	167.312	166.994	-0,19%
Tempo médio total de operação (h)	139,420	127,920	-8%
Tempo médio de espera por carga (h)	93,200	95,000	2%

Fonte: Elaboração própria.

Os testes realizados para validar o modelo de simulação do transporte de cabotagem real apresentaram resultados satisfatórios, pois no primeiro momento, quando buscou-se verificar se os resultados operacionais simulados apresentavam boa proximidade com os dados reais, foi constatado que todos os indicadores operacionais simulados apresentavam variação menor que 6% em relação aos dados reais (vide Quadro 8).

As diferenças de custo e quantidade movimentada deve-se basicamente a quantidade de carga em processamento, que por questões de modelagem e de ambiente de simulação, apenas são computadas como resultado quando passam por todas as etapas do modelo.

No que diz respeito à simulação do cenário real com a demanda prevista para 2015 e com a capacidade de movimentação atual, foi constatado que o sistema atual não consegue acompanhar a demanda por movimentação de contêineres em todo o período, levando a um estrangulamento do sistema, com elevado número de embarcações em fila e o crescimento considerável das horas em fila nos processos portuários.

A simulação do transporte atual operando com serviço *feeder* e com a demanda atual evidencia que esta abordagem tornaria o sistema operacionalmente mais eficiente em seus processos, em contrapartida bastante ocioso boa parte do tempo de funcionamento.

Este resultado indica que para tornar viável o uso do serviço *feeder* é necessário que o volume da demanda por movimentação de carga conteinizada seja maior do que os níveis atuais, para justificar o investimento exigido para a realização de uma obra do porte da construção de um porto concentrador especializado.

Entretanto, conforme já foi discutido nas seções iniciais do trabalho, o potencial de movimentação da cabotagem no estado do Amazonas é maior do que o efetivamente é executado nos terminais privados da cidade, devido as deficiências conhecidas do serviço.

### 5.3 Simulação dos cenários alternativos

A simulação do transporte de contêineres por navegação de cabotagem, utilizando serviço *feeder* e um porto concentrador para atender a demanda do estado do Amazonas, foi realizada conforme a Figura 33, seguindo o modelo desenvolvido na seção 4.2 e a etapa de tradução do modelo na metodologia de Banks *et al* (2009).

A simulação dos cenários alternativos no Ambiente ARENA foi organizada em quatro unidades:

- **Entrada do Fluxo de Carga:** refere-se a entrada de carga conteinizada nos TUP de Manaus seja com destino ou origem Manaus;
- **Porto *Hub*:** (concentrador) refere-se as operações deste porto;
- **TUP de Manaus:** segue o modelo desenvolvido na etapa de simulação do transporte real, sendo alterado apenas as variáveis referentes à construção dos cenários alternativos;
- **Saída do Fluxo de Carga:** é relativo ao processo de saída de cargas do sistema seja chegando ou saindo de Manaus.



Figura 33: Simulação dos cenários alternativos para o transporte de cabotagem do Amazonas operando com serviço *feeder* no ambiente ARENA  
 Fonte: Elaboração própria.

Diferentemente das simulações realizadas para validação do cenário real, que operavam onze meses referentes ao ano de 2012, o tempo simulado para a operação da cabotagem com serviço *feeder* foi de um ano completo, ou seja, 8760 (365 dias) horas de operação seguidas, esta é a etapa de experimentação.



Foram realizadas 100 replicações para o teste de cada modelo. Este processo consumiu muito mais tempo para a realização das simulações por diversos motivos como: maior número de operações portuárias a serem realizadas para cada carga/embarcação gerada pelo sistema; maior volume de cargas movimentadas pelos portos; maior volume de resultados estatísticos gerados pelo ambiente de simulação.

Quadro 11: Status de conclusão e tempo consumido para realização da simulação dos cenários

Cenários Simulados	Status de Conclusão	Tempo para conclusão da simulação (min)
Cenário 1	SIM	1511
Cenário 2	SIM	716
Cenário 3	SIM	972
Cenário 4	NÃO	-
Cenário 5	SIM	1902
Cenário 6	SIM	741
Cenário 7	NÃO	-
Cenário 8	SIM	3375
Cenário 9	SIM	1318
Total		10.535

Fonte: Elaboração própria.

O tempo total consumido para concluir as simulações foi de 10.535 minutos, o que equivale a 175 horas e meia ou 7,3 dias seguidos de processamento.

#### 5.4 Resultados dos cenários alternativos

As simulações de cada cenário alternativo construído para avaliar o desempenho operacional do transporte de cabotagem do estado do Amazonas, com uso do serviço *feeder* e de um porto concentrador, apontaram que dois dos cenários da Tabela 9 não são exequíveis operacionalmente.

Os cenários 4 e 7 não puderam ser concluídos devido o grande desbalanceamento entre capacidade operacional e demanda por movimentação de cargas, que gera uma quantidade grande de entidades dentro do modelo, simultaneamente ao crescimento exponencial de embarcações em fila. Desta forma, é possível verificar, de forma preliminar à conclusão das respectivas simulações, que estes cenários são muito ineficientes em relação aos demais.

No ambiente de simulação ARENA, estes cenários não concluíram o processamento para o período de operação estipulado para todos os cenários, pois excederam o limite de entidades em processo, que devido a versão do *software* trata-se de um número elevado (mais de 65 mil entidades), mas limitado. A principal característica dos resultados parciais apresentados, por estes dois cenários, é a retenção da carga gerada pelo modelo, devido a capacidade de movimentação tanto do porto concentrador (69 TEU/hora) quanto dos TUP de Manaus (80 TEU/hora) não ser suficiente para atender a demanda tanto do cenário 4 (390.000 TEU por ano), quanto do cenário 7 (585.000 TEU por ano).

Os resultados dos demais cenários alternativos executados serão apresentados a seguir. As principais saídas definidas durante a fase de modelagem são: Tempo total de operação; Fila; Tempo médio de Espera; Custo total de movimentação; Quantidade movimentada. O quadro com o resumo dos resultados obtidos com a simulação dos cenários alternativo *feeder* está disposto no Apêndice B deste trabalho.

Os resultados da simulação dos cenários *feeder* referente a quantidade de carga movimentada em TEU está apresentado no gráfico da Figura 34. Nota-se que há baixa variação nos resultados para cada faixa de demanda: prevista (2015), demanda potencial e super demanda.

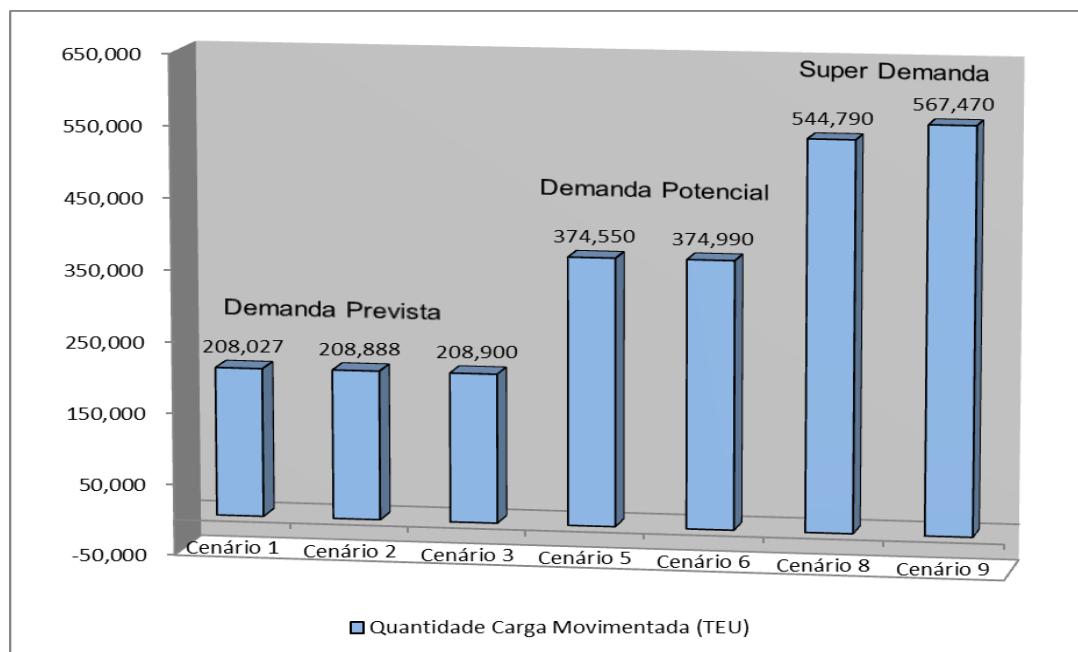


Figura 34: Quantidade de carga movimentada nas simulações dos cenários alternativos  
Fonte: Elaboração própria.

Nestes casos, o porto concentrador e os TUP dos Cenários 1, 2, 3, 5, 6, 8 e 9 estão aptos a atender todos os volumes de carga exigidos para movimentação, diferentemente dos Cenários 4 e 7 que não são capazes de atender satisfatoriamente a quantidade total.

De forma análoga ao resultado da quantidade de carga movimentada, os valores obtidos para o custo total de movimentação, descritos no gráfico da Figura 35, podem ser agrupados conforme o nível de demanda.

Este fato deve-se aos custos tratados neste trabalho serem referentes apenas ao custo médio total da operação de movimentação, não sendo considerado pelo modelo de simulação, aspectos como: custo de espera na fila, custos fixos, custos variáveis, entre outros.

Logo, o valor obtido para o custo total de movimentação está diretamente ligado ao volume total transportado pelo sistema, e serve para verificar o volume de recursos financeiros que o serviço *feeder* é capaz de gerar apenas considerando a operação de movimentação portuária para armadores, empresas e órgãos públicos.

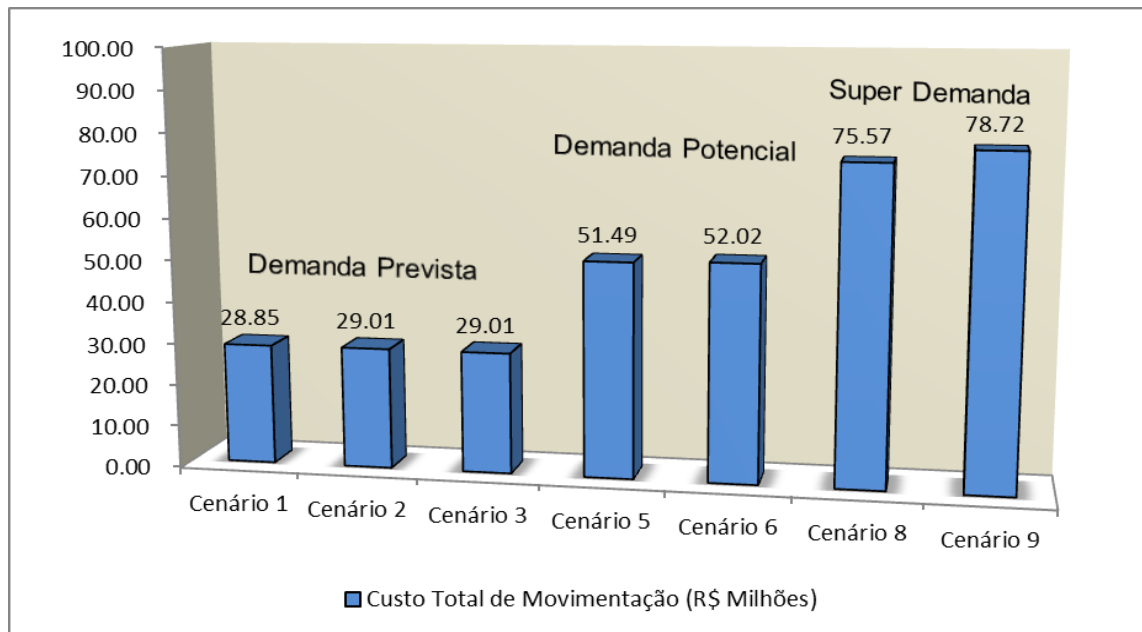


Figura 35: Custo médio total de movimentação de carga nas simulações dos cenários alternativos  
Fonte: Elaboração própria.

O transporte de cabotagem real custou cerca de 29 milhões apenas nas operações de movimentação de carga em 2012, sendo que os Cenários 1, 2 e 3 com uma movimentação aproximadamente 8% maior custariam praticamente o mesmo montante de custo.

Para os cenários em que o volume de movimentação de carga conteinizada é denominada como demanda potencial o crescimento dos custos chega a 75% em relação a demanda prevista, e no caso da super demanda o crescimento relativo é da ordem de 168%.

Estes valores revelam que a tendência é que ocorra uma grande economia na movimentação de contêineres obtida com o aumento da escala de transporte, ao passo que o incremento na quantidade de carga transportada implica no crescimento das receitas dos transportadores, corroborando para viabilidade do projeto.

O aumento do volume de carga transportada tem impacto direto em outra variável do modelo de simulação: a quantidade de embarcações movimentadas, que são atendidas tanto pelo porto concentrador quanto pelo TUP de Manaus.

Como parâmetro de comparação, a quantidade de embarcações atendidas pelos TUP de Manaus é da ordem de 289 navios com consignação média de 852 TEU. Já na modelagem dos cenários *feeder* as embarcações utilizadas são de 514 TEU (embarcações *feeder*) e 1200 TEU embarcações normais).

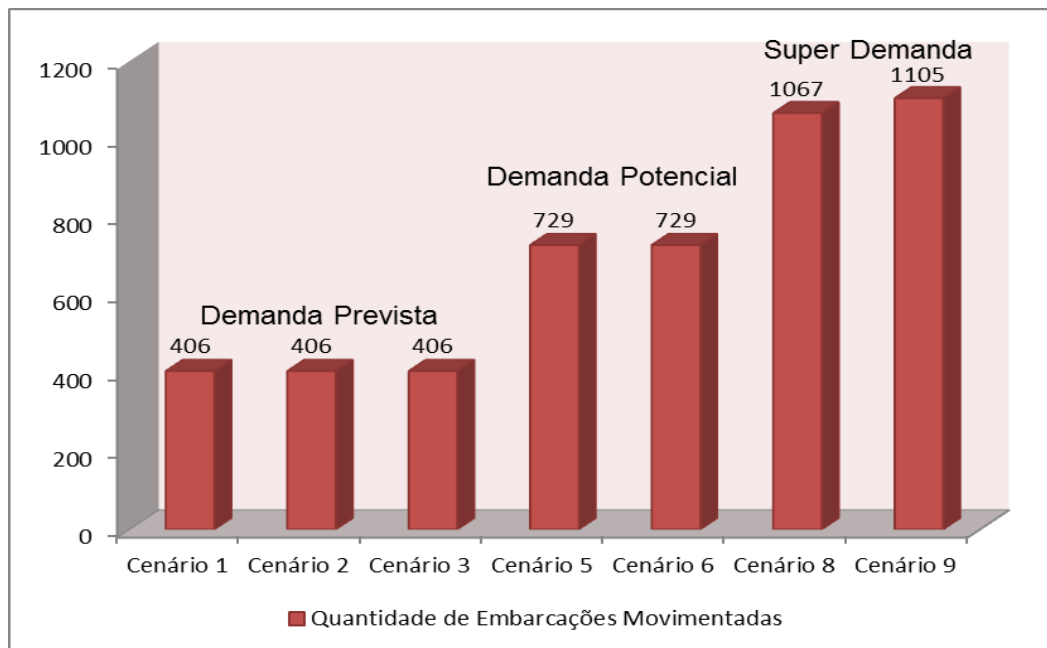


Figura 36: Quantidade de embarcações movimentadas nas simulações dos cenários alternativos  
Fonte: Elaboração própria.

O volume de embarcações cresce significativamente em relação ao transporte de cabotagem real devido as várias peculiaridades do serviço *feeder* como: o fracionamento da carga

em embarcações menores, e a consideração de que o volume de carga a ser transportado será maior do que é realizado atualmente.

A disponibilidade da quantidade de embarcações exigida para operar um sistema com serviço *feeder* é uma questão que deve ser verificada para garantir a viabilidade operacional da proposta em termos práticos, assim como a disponibilidade de berços para atender o crescimento expressivo do número de navios.

Os resultados seguintes tratam dos indicadores de desempenho operacional obtidos com a simulação dos cenários *feeder*. O gráfico da Figura 37 mostra o comparativo do tempo médio de operação tanto para o porto concentrador quanto para os TUP da cidade de Manaus.

O porto concentrador com abrangência regional atende apenas a demanda do Cenário 1, enquanto que os portos concentradores com abrangência nacional e internacional, atendem todos os níveis de demanda a que foram submetidos. Este resultado evidencia as limitações que o porto concentrador regional impõe a longo prazo.

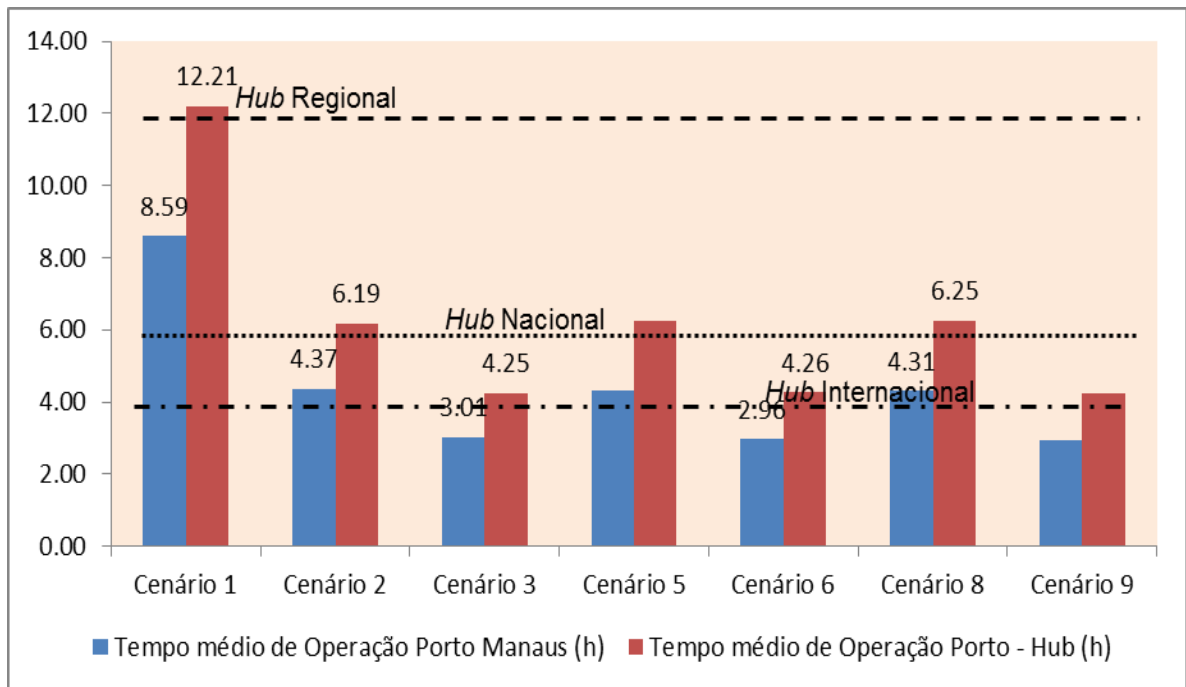


Figura 37: Resultados dos indicadores “Tempo médio de operação Porto Manaus” e “Tempo médio de Operação Porto concentrador” nas simulações dos cenários alternativos

Fonte: Elaboração própria.

A Taxa de ocupação da operação de movimentação dos portos concentradores, bem como dos TUP de Manaus permite inferir em quais cenários o sistema de transporte está ocioso ou saturado.

Os resultados apontados na Figura 38 a seguir ilustram o comportamento da variável taxa de ocupação das operações portuárias de carregamento e descarregamento, a principal atividade realizada nos terminais movimentadores de contêineres, para o cenários que se apresentaram exequíveis:

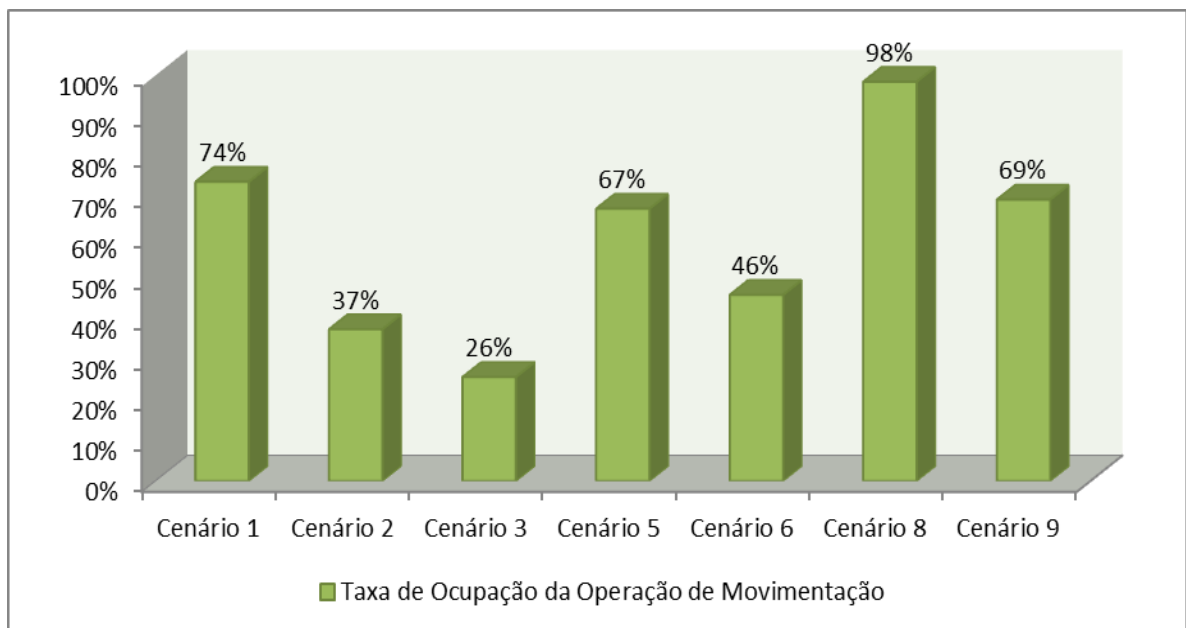


Figura 38: Taxa de ocupação das operações de movimentação nas simulações dos cenários alternativos  
Fonte: Elaboração própria

Os Cenários 2, 3 e 6 apresentam baixa taxa de ocupação, da ordem de 37%, 26% e 46% respectivamente. Condição inversa ao Cenário 8 que opera de forma saturada, com taxa de ocupação de 98%, próximo do limite da capacidade de movimentação. Já os Cenários 1, 5 e 9 apresentam taxa de ocupação em torno de 70% o que permite opera sem gerar maiores gargalos e com possibilidade de aumento do volume transportável.

O tempo total médio de operação expressa quanto tempo a carga consome desde a entrada até a saída do sistema, considerando tempos de processamento e os tempos em espera. Os resultados deste indicador estão apresentados na Figura 39:

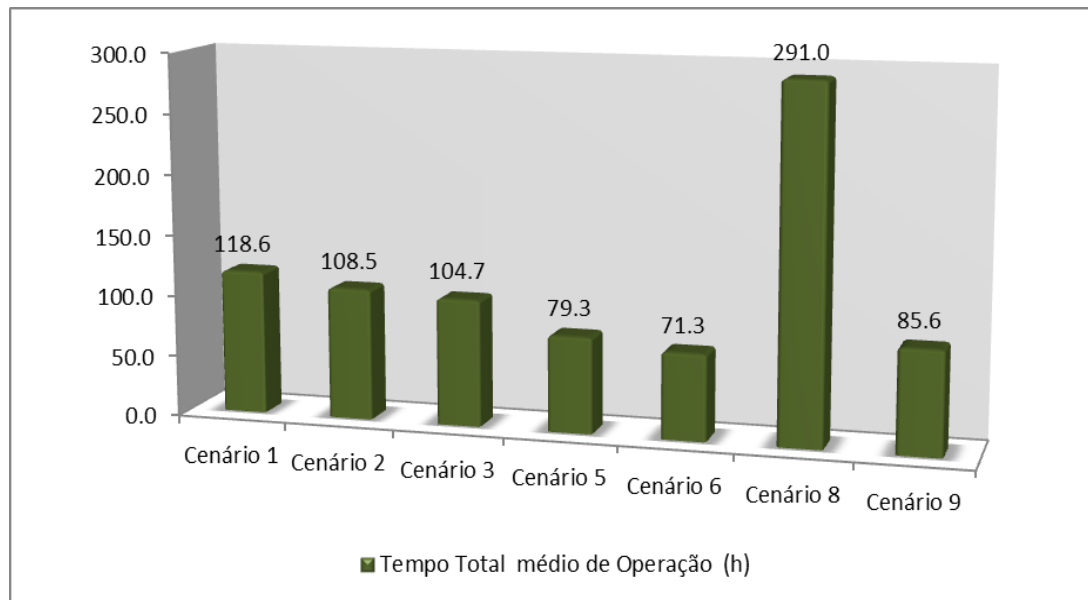


Figura 39: Tempo total médio de operação por carga (TEU) nas simulações dos cenários alternativos  
Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que o pior desempenho neste indicador é do Cenário 8, este fato é explicado pela alta taxa de ocupação deste cenário que implica em um maior tempo de espera para processamento, aumentando assim o tempo total médio por unidade de carga movimentada.

Com exceção ao Cenário 8, todos os demais cenários apresentaram melhor desempenho do que o obtido na simulação do sistema de transporte real, que obteve tempo total médio de 139.42 horas, ou seja, geram redução significativa do tempo consumido para movimentar uma capacidade carga maior do que é realizado pelo sistema real.

A quantidade média de embarcações (navios) em espera na fila para a operação de movimentação (carregamento/ descarregamento) tanto para o porto concentrador quanto para os TUP de Manaus são mostrados no gráfico da Figura 40 a seguir:

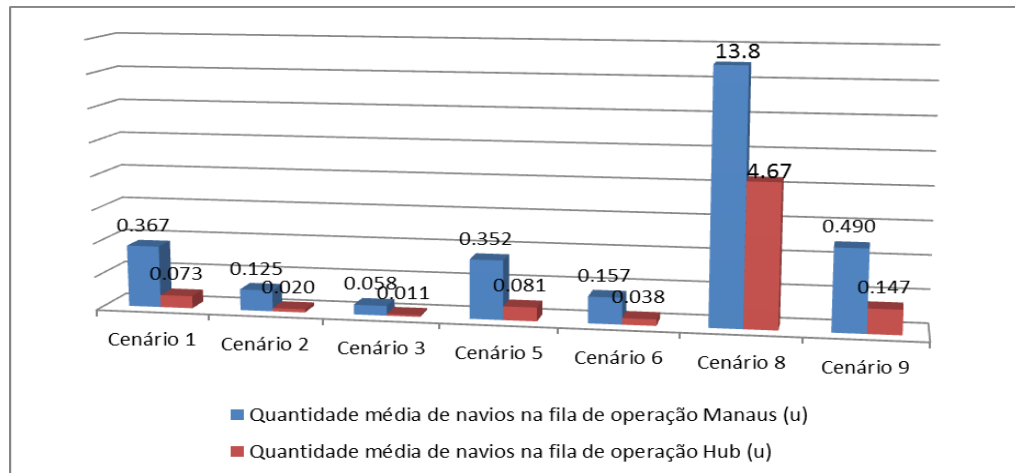


Figura 40: Resultados dos indicadores “Quantidade média de navios na fila de operação Manaus” e “Quantidade média de navios na fila de operação Hub” nas simulações dos cenários alternativos  
Fonte: Elaboração própria

Novamente, destaca-se o resultado ruim do Cenário 8 em relação ao demais, devido possuir um número médio muito maior de navios em fila. Todavia, os cenários com taxa de ocupação média em torno de 70% apresentam uma quantidade de navios em fila nas operações significativamente maior do que os cenários em que o sistema encontra-se ocioso, com taxa de ocupação inferior a 50%, casos dos Cenários 2, 3 e 6. No que refere-se ao Tempo Total Médio de Espera em fila, nos diversos processos portuários, os valores expresso no gráfico da Figura 41 abaixo estão apresentados em função da unidade de carga movimentada:

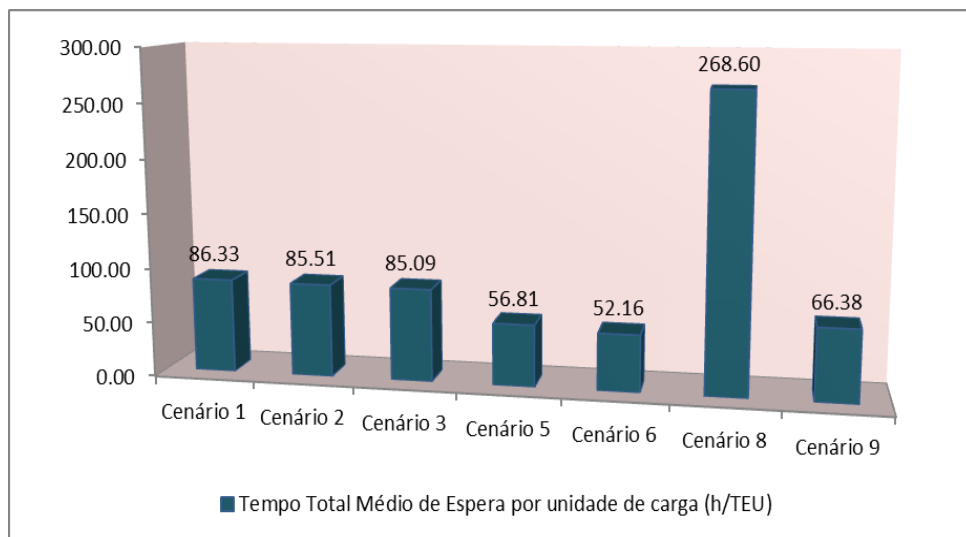


Figura 41: Tempo total médio de espera por carga (TEU) nas simulações dos cenários alternativos  
Fonte: Elaboração própria



De forma similar, aos resultados referentes ao tempo total médio de operação, que considera o tempo total médio de espera como um dos seus componentes, temos que a alta taxa de ocupação do Cenário 8 torna seu desempenho pior frente aos demais. Destaca-se os resultados obtidos pelos Cenários 5, 6 e 9. A simulação do cenário real de transporte mostrou que as cargas com origem e destino em Manaus possuem tempo de espera estimado em 93.2 horas, ou seja, bem acima dos resultados dos cenários alternativos, com exceção ao Cenário 8.

No que diz respeito à participação do tempo médio de espera na operação de movimentação de carga para o valor bruto de tempo total médio de espera para todo o sistema, temos os seguintes resultados mostrados no gráfico da Figura 42:

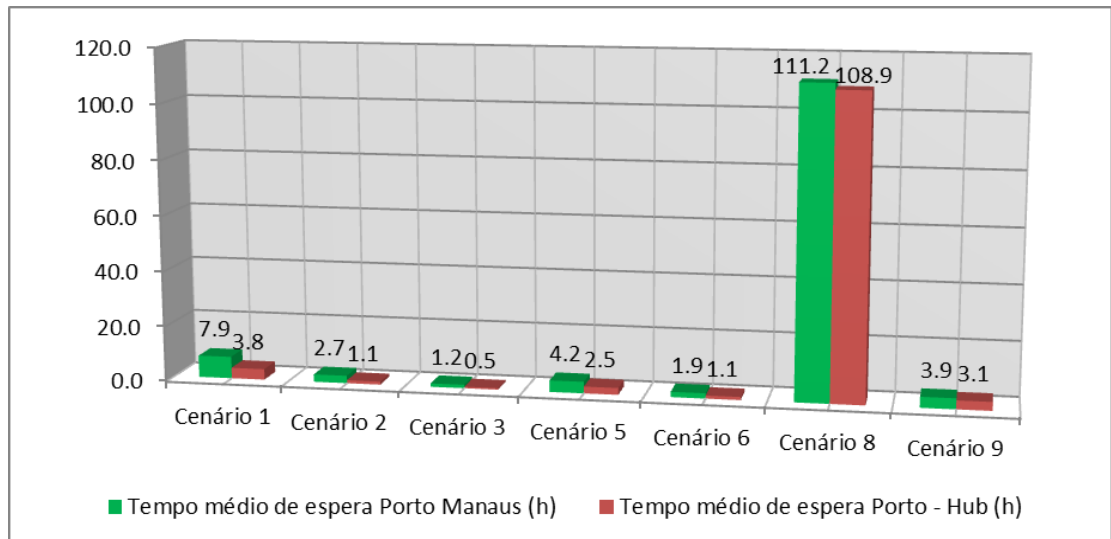


Figura 42: Resultados dos indicadores “Tempo médio de espera Porto Manaus” e “Tempo médio de espera Porto Hub” nas simulações dos cenários alternativos

Fonte: Elaboração própria

Apenas no caso do Cenário 8, o tempo médio de espera na operação de movimentação de carga é responsável por boa parte do tempo total de espera de carga no sistema, este fato é relevante, pois implica que para a melhoria global do desempenho do sistema, e consequente redução do tempo de espera por recursos é necessário que haja a melhoria do desempenho dos demais processos envolvidos na movimentação de carga conteinizada, tais como: atracagem, desatracagem, estocagem, disponibilidade de berços, disponibilidade de equipamentos, entre outros.

## 5.5 Análise e discussão dos resultados

Os resultados da simulação dos TUP da cidade Manaus, presentes no transporte real, operando em um contexto de rede *feeder*, que foram apresentados no item anterior, evidenciam quais os cenários são mais representativos para a verificação de quais condições tornam o modelo de cabotagem com uso de serviço *feeder* mais eficiente. Na metodologia de Banks *et al* (2009) esta é a última etapa denominada interpretação e análise de resultados.

Na fase de simulação do transporte de cabotagem real do estado do Amazonas foi constatado que o atual desempenho dos TUP de Manaus não atende a projeção da demanda de movimentação de contêineres prevista para o ano de 2015, tampouco, o volume de carga estipulado para os demais níveis de demanda.

Este resultado revela a importância, a curto prazo, do aumento da capacidade de movimentação de contêineres nos TUP de Manaus para atender a demanda por transporte de contêineres. Já a médio e longo prazo, visando a ampliação da participação da cabotagem na movimentação de cargas com origem ou destino estado do Amazonas, é necessário pensar em soluções mais consistentes para o setor.

As simulações preliminares dos cenários *feeder* evidenciaram que o desbalanceamento da capacidade operacional entre o porto concentrador e os TUP de Manaus gera um gargalo de movimentação de contêineres em ambos os sentidos no fluxo de carga, sendo necessário que haja a melhoria do nível de desempenho operacional dos TUP de Manaus, para que a proposta de criação de portos concentradores seja operacionalmente eficiente.

O problema do desbalanceamento entre a capacidade operacional e a demanda por movimentação de contêineres implicou que as simulações dos Cenários 4 e 7 não puderam ser concluídas, devido exceder o limites de entidades que podem ser criadas pelo ambiente de simulação.

No que tange, especificamente, aos resultados obtidos pelos cenários exequíveis mostrados nos gráficos do item 5.4, temos que dentre os Cenários 1, 2 e 3, que operam com um volume de demanda calculado a partir da estimativa de movimentação de contêineres para 2015, o Cenário 1 é o mais representativo, pois os demais cenários encontram-se muito ociosos operacionalmente.

O Cenário 1 é relevante para mostrar que, a médio prazo, o modelo de cabotagem operando com serviço *feeder* é uma solução eficiente para atender um volume de carga futuro, com margem para aumento do volume transportado, já que sua taxa de ocupação é de 74%.

No que refere-se a variável custo, o Cenário 1 consome praticamente o mesmo montante do que foi utilizado pelo transporte atual para o ano de 2012. É importante ressaltar, que no contexto operacional, este cenário implica na melhoria de todos os indicadores operacionais frente ao atual transporte de cabotagem que atende o estado do Amazonas.

Quanto aos Cenários 2 e 3, embora possuam melhores indicadores operacionais que o Cenário 1, estes possuem como fatores negativos críticos a baixa taxa de ocupação e o grande volume de recursos necessários para construção de portos concentradores de maior porte. O ponto forte destes cenários é que caso a demanda por transporte de cabotagem seja ampliada acima da capacidade estimada para 2015, estes cenários estariam aptos a absolver esta demanda, ao contrário do Cenário 1.

Os Cenários 5 e 6 operam com o nível de demanda potencial e os resultados apontaram que estes cenários tiveram os melhores resultados dentre todos os cenários para os indicadores tempo total médio de operação e tempo total médio de espera. O Cenário 5 tem a vantagem de possuir uma taxa de ocupação mais equilibrada de 67%, enquanto que o Cenário 6 tem menos da metade da capacidade de movimentação ocupada (46%).

O Cenário 5 é o mais adequado para atender o nível de demanda potencial, sendo um resultado relevante, pois possui como característica atender uma quantidade de carga contêinerizada que, segundo estudos de empresas do setor, Manaus já possui. Do ponto de vista de investimento é mais acessível que o Cenário 6.

Já o Cenário 6 tem como ponto negativo consumir mais investimento para construção do porto concentrador do que o Cenário 5, já o ponto positivo está na capacidade de absolver uma quantidade maior do que o Cenário 5, devido possuir uma menor taxa de ocupação, e utilizar um porto concentrador de maior capacidade, com abrangência internacional.

No que concerne aos cenários que atuam com uma super demanda apenas o porto concentrador de abrangência nacional e internacional são capazes de atender este volume de carga. Todavia, o Cenário 8 não é desejado, pois devido a sua alta taxa de ocupação, os indicadores operacionais são bem piores que os demais cenários, sendo mais ineficiente que o atual sistema de transporte por cabotagem nos principais indicadores de desempenho operacional.

Desta forma, o Cenário 9 é o mais adequado para atender a uma super demanda por movimentação de contêineres, isto é importante, pois no caso de implementação prática de um porto concentrador com serviço *feeder* é provável que este serviço atraía uma grande quantidade de movimentação de contêineres provenientes de outros portos, outros tipos de navegação, e outros tipos de cargas, exigindo uma margem de crescimento da capacidade de movimentação do sistema como um todo. O ponto negativo do cenário 9 é a necessidade de investimento para construir o porto concentrador, adequar operacionalmente os TUP de Manaus, alocar maior número de embarcações e investir em tecnologia para operação do serviço.

Do ponto de vista da abrangência do porto concentrador, temos três importantes resultados diferentes que resumem a análise dos dados obtidos com a simulação:

- O porto concentrador regional atende satisfatoriamente a demanda atual e a demanda prevista para 2015, no entanto, não é capaz de suprir a necessidade de movimentação de níveis maiores do serviço de movimentação de contêineres. É, portanto, uma solução com limitações a longo prazo. Podendo ser usado como uma primeira etapa para posterior aumento da capacidade do porto concentrador;
- O porto concentrador nacional é capaz de atender os três níveis de demanda. Todavia, sua aplicabilidade é relevante apenas para atender a demanda potencial, já que no caso da demanda prevista este porto permanece muito tempo ocioso, e no caso da super demanda sua taxa de ocupação aproxima-se de 100%. É uma solução de menor risco, pois está no meio termo entre investimento e capacidade de atração de carga pelo estado do Amazonas;
- O porto concentrador internacional é capaz de atender os três níveis de demanda. Todavia, sua aplicabilidade é relevante apenas para atender a super demanda, já que no caso da demanda prevista e da demanda potencial este porto possui altas taxas de ociosidade. É uma solução relevante para o caso de prospecção de negócios envolvendo a navegação de cabotagem para região, todavia exige maiores volumes de recursos financeiros.

A partir destas análises, é possível afirmar que os cenários mais relevantes avaliados são os Cenários 1, 5 e 9, pois apresentam a melhor relação demanda por movimentação de contêineres e capacidade operacional do porto concentrador, resultando em indicadores operacionais mais equilibrados.

Cada cenário possui características próprias, sendo que sua aplicabilidade envolve outros fatores não tratados neste trabalho tais como: detalhamento de custos, investimentos na melhoria dos serviços oferecidos pelos TUP da cidade de Manaus, oferta de mão-de-obra para operação do sistema, investimento na atração de cargas para o porto concentrador, entre outros.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo abordou a questão do desenvolvimento de cenários alternativos para a melhoria do desempenho operacional da cabotagem no estado do Amazonas, utilizando serviço *feeder* e a adoção de um porto concentrador, para que o sistema possa funcionar usando a lógica de uma rede “*hub-and-spoke*”. Para tornar possível a realização deste estudo foi adotado o uso de técnicas de modelagem e simulação que permitissem construir cenários relevantes para a cabotagem regional.

O estudo levantou as principais problemáticas e soluções para os problemas enfrentados pela cabotagem no contexto nacional e internacional, tendo sido verificado que as principais soluções são voltadas para o emprego de uma legislação mais moderna e adoção de novos modelos de operação como: uso de serviço *feeder*; construção de portos concentradores; criação de plataforma logísticas, entre outros.

*A posteriori*, o estudo realizou o levantamento das principais características do transporte de cabotagem da cidade de Manaus, pois a capital concentra a entrada e saída de cargas conteinizada para o estado do Amazonas por este tipo de navegação. Desta forma, foi elaborado um modelo representativo do transporte de cabotagem real.

A partir da revisão bibliográfica realizada, foram construídos cenários alternativos para aplicação do conceito de serviço *feeder* no transporte de cabotagem regional, tendo como variáveis o nível de demanda e a capacidade de movimentação portuária. A modelagem dos cenários *feeder* foi realizada de forma analóga à modelagem do transporte real de cabotagem, para que fosse possível a simulação dos cenários construídos, em um *software* adequado.

O ambiente de simulação escolhido foi o ARENA<sup>®</sup> 11.0, no qual foi simulado tanto o transporte de cabotagem real quanto os nove cenários alternativos construídos. Os resultados apontaram, que em alguns casos, onde há uma grande diferença entre demanda por movimentação de contêineres e capacidade de operação portuária, o uso do serviço *feeder* é ineficiente, apresentando resultados piores até mesmo do que o modelo real, porto-a-porto.

No que diz respeito à simulação do transporte real de cabotagem, os resultados apontaram que os Terminais de Uso Misto Privativo, que são responsáveis pela movimentação de contêineres por cabotagem no estado, operam próximo do limite de movimentação, pois quando a demanda é aumentada os indicadores operacionais tendem a piorar consideravelmente. Segundo a

ANTAQ (2010a), o tempo médio de espera dos TUP de Manaus chega a ser cinco vezes maior do que a média de outros terminais e portos nacionais. A simulação permitiu mostrar que a abordagem utilizada, em alguns cenários, torna o sistema com tempo médio de espera compatível com a média portuária nacional.

Todavia, para a demanda do ano de 2012, o sistema operando com serviço *feeder* torna-se significativamente ocioso, logo, é necessário um aumento do volume de cargas transportada para justificar o investimento na mudança do atual modelo de escoamento de cargas contêinerizadas.

Já os resultados dos cenários alternativos permitem afirmar que é necessário que a capacidade de movimentação dos terminais de Manaus esteja próxima do nível do porto concentrador, pois se houver uma grande discrepância no tempo de operação entre os portos, o trecho Manaus-Porto Concentrador irá gerar um número excessivo de embarcações em espera, em ambos os sentidos do fluxo.

Os resultados das simulações dos cenários alternativos evidenciaram que alguns cenários obtiveram resultados operacionais que permite afirmar que o serviço *feeder*, para determinados níveis de demanda, tornam o sistema sub-utilizado. Neste contexto, verificou-se que os cenários que apresentaram resultados mais significativos são aqueles que obtiveram o melhor equilíbrio entre demanda e capacidade operacional.

Desta forma, o porto concentrador regional é o mais indicado para atender a demanda prevista para os próximos anos (Cenário 1), não estando apto para atender maiores volumes de movimentação de contêineres, como nos casos dos níveis de demanda potencial e super demanda.

O porto concentrador de abrangência nacional, (Cenário 5), é o mais indicado para o volume de movimentação de contêineres estimado para a demanda potencial que o estado do Amazonas pode atrair, segundo empresas do setor. Isto ocorre porque este tipo porto é sub-utilizado para a demanda prevista e opera saturado para uma super demanda.

O porto concentrador de abrangência internacional, (Cenário 9), apenas tem justificado seu uso no caso de uma super demanda de movimentação de contêineres por navegação de cabotagem, devido os elevados custos de implementação de um projeto deste porte. Considera-se, ainda, que para níveis inferiores de demanda o porto opera com baixas taxas de ocupação.

Estes resultados evidenciam que a viabilidade do serviço *feeder*, como modelo de funcionamento para cabotagem do estado do Amazonas, depende do volume que se pretende

atingir na movimentação de contêineres, bem como da disponibilidade de recursos financeiros para a construção e operacionalização do projeto.

Os *stakeholders* do sistema devem conhecer os benefícios e as dificuldades com a adoção do serviço *feeder* e a construção de um porto concentrador de cargas contêinerizadas, para que a análise de alternativas logísticas, que envolvam essa abordagem, seja mais eficaz para a cabotagem regional.

Desta forma, é possível facilitar o planejamento e o desenvolvimento de soluções para obtenção de melhores níveis de serviço no transporte de cabotagem regional, rompendo com o paradigma nacional de possuir uma matriz de transporte desbalanceada entre os modais. Permitindo aumentar a competitividade da economia das principais cidades da região de influência do porto concentrador.

A fim de elucidar aspectos, não abordados neste trabalho, que possuam caráter complementar ou alternativo à abordagem desenvolvida, pode ser citado como sugestões de possíveis temas de pesquisas e trabalhos futuros, os seguintes estudos:

- Estudo e simulação de cenários alternativos para aplicação do serviço *feeder* com a construção de portos concentradores em outras localidades;
- Estudo de custos operacionais para avaliar o impacto da ineficiência operacional sobre a viabilidade econômica dos cenários alternativos;
- Desenvolvimento e projeto de embarcações especializadas que sejam adequadas para atender o serviço *feeder* entre o trecho Manaus-Porto concentrador;
- Simulação da operação do porto concentrador operando com múltiplos tipos de carga e múltiplos portos *feeder*;
- Simulação da operação do transporte de cabotagem regional operando com o conceito de plataforma logística invés ao porto concentrador e serviço *feeder*;
- Estudo da necessidade da adequação dos TUP de Manaus para atuar em conjunto com um porto concentrador e embarcações especializadas para movimentação de contêineres.



## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Panorama Aquaviário 2011**. Brasília, 2011a.

\_\_\_\_\_. **Glossário ANTAQ 2011**. Brasília, 2011b.

\_\_\_\_\_. **Superintendência de Portos e Gerência de Estudos: Desempenho Portuário Boletim Informativo Portuário 4º Trimestre/2011**. Brasília, 2011c.

\_\_\_\_\_. **Análise da movimentação de cargas nos portos organizados e terminais de uso privativo em 2010**. Brasília, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Anuário Estatístico Aquaviário 2010 – Navegação de cabotagem: Transporte de Contêineres**. Brasília, 2010b.

\_\_\_\_\_. **Comparativo dos Preços Médios Totais: Contêineres – 2008 e 2009: Tabela 29**. Brasília, 2010c.

\_\_\_\_\_. **Desempenho Portuário: Sistema Permanente para o Acompanhamento dos Preços e Desempenho Operacional dos Serviços Portuários On-line**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/DesempenhoPortuario/Index.asp>>, acesso em: 25/04/2012.

\_\_\_\_\_. **Marinha Mercante Brasileira**. Rio de Janeiro, 2008.

BANKS, J.; CARSON, J.S.; NELSON B.L.; NICOL D.M. **Discrete-event System Simulation**. 5ª ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 2009.

BORBA, G. S. de; RODRIGUES, L. H. **Pesquisa conhecimento e viabilidade da utilização de simulação computacional nos hospitais da região metropolitana**. UFRGS - PPGEPP – NUCSIM. Porto Alegre, 1999.

BRITO, T. B. **Modelagem e simulação de um terminal regulador de contêineres**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, 2009.

CARDOSO, L. das D.; RANGEL, J. J. de A.; SHIMODA, E. **Simulação computacional para análise do transporte de tijolos produzidos no norte do Estado do Rio de Janeiro**. Revista PODes. v.4, n.2, p. 216-229. Rio de Janeiro: SOBRAPO, 2012.

COMPANHIA DE DOCAS DO PARÁ. **Ilha dos Guarás (Mariteua) – Município de Curuçá (NE do Pará): Aspectos Físicos, Meteorológicos & oceanográficos**. CHD/GEMC: Belém, 2004.

COMPANHIA DOCAS DE SANTANA. **Atualização do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto Organizado de Macapá**. Macapá, 2010.

CHANG, Y.; LEE, S.; TONGZON, J. L. **Port selection factors by shipping lines: Different perspectives between trunk liners and feeder service providers.** Graduate School of Logistics, Inha University, 253 Yonghyun-dong, Nam-gu, Incheon 402-751, Republic of Korea. *Marine Policy* 32, pp 877–885. Elsevier, 2008.

CÁMARA INTERAMERICANA DE TRANSPORTES. **Livro Transporte vol II.** Transporte aquaviário (TAC). 2003.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa Aquaviária CNT 2006: Portos marítimos: Longo Curso e Cabotagem.** Brasília, 2006.

CONSTRUCTIONWEEKONLINE. **Top 10 Port Projects.** Carlin Gerbich on Sep 27, 2010. Disponível em: <<http://www.constructionweekonline.com/article-9412-top-10-port-projects/1>>. Último acesso em: 25/02/2013.

COSTA, M. A. B. da. **Apostila ARENA 11.0.** São Carlos: UFSCar, 2009.

CUOCO, M. **Otimização da seleção e alocação de cargas em navios de contêineres.** 2008. 116f. Dissertação (Mestrado Em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, 2008.

DEMARIA, M. **O operador de transporte multimodal como fator de otimização da logística.** 2004. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

EUROPEAN COMMISSION. **European Union - energy and transport in figures.** Disponível em: <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>>, acesso em: 26/04/12. UE, 2010.

EVERS , J. J.M. ; FEIJTER ,R. de. **Centralized versus distributed feeder ship service: the case of the Maasvlakte harbour area of Rotterdam.** *Transportation Planning and Technology*, Vol. 27, No. 5. Netherlands, 2004.

FOSCHI; A. D. **A cost – transit time choice model: monomodality vs. Intermodality.** Discussion: Papers del Dipartimento di Scienze Economiche – Università di Pisa, n. 47. 2004.

GAVIRA, M. de O. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento.** 2003. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GOLDBERG, D. J. K. **Regulação do setor portuário no Brasil.** 2009. 226f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo, 2009.

GREAVES, R. **The application of the ec common rules on Competition to cabotage, including island Cabotage**. Seminar Cabotage & Short –Sea Shipping. Universities of Glasgow and Oslo, 2011.

H. TAI; HWANG, C. **Analysis of hub port choice for container trunk lines in East Asia**. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. Vol. 6. pp. 907 - 919, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE – Pesquisa industrial mensal: produção física regional de Fevereiro de 2012**. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **Indicadores sociodemográficos e de saúde no Brasil em 2009**. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **Síntese de Indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira 2010**. Rio de Janeiro, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Censo demográfico 2010 – Estado do Amazonas**. Rio de Janeiro, 2010b.

JULIÁ, A. F. **Desenvolvimento de um modelo de simulação para dimensionamento de um sistema integrado pátio-porto na cadeia do minério de ferro**. 2010. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

KEINERT, T. M. M. **Administração pública no Brasil: crise e mudanças de paradigmas**. 2. ed. São Paulo: Annablume/Fapesp, 2007.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D. T. **Simulation with Arena**. 4 ed. Mc Graw Hill: Boston, 2007.

LACERDA, S. M. **Navegação de Cabotagem: Regulação ou Política Industrial?** Revista BNDES Setorial, n. 19. Rio de Janeiro, 2004.

LIU, Q. **Efficiency Analysis of Container Ports and Terminals**. 2010. 206f. Thesis of Doctor of Philosophy of University - Centre for Transport Studies of College London. Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering. University College London. UK, 2010.

LOGIN SA, Logística Internacional. **Log-In Jacarandá em operação e LI do Porto das Lajes**. Rio de Janeiro: Projeto brasileiro de cabotagem, 2011.

MEDAU, J. C. **Análise de capacidade do lado aéreo de aeroporto baseada em simulação computacional: aplicação ao aeroporto de São Paulo – Congonhas**. 2011. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, 2011.

MEDEIROS, R. L. **Análise dos serviços de cabotagem e longo curso do sistema de transporte aquaviário da cidade de Manaus**. 2012. 82f. Monografia (Especialização em Engenharia da

Produção) – Universidade do Estado do Amazonas – Escola Superior de Tecnologia, Manaus, 2012.

MEDINA, A. C.; MOURA, D. A.; FAVARIN, J. V. R.; PINTO, M. M. O.; BOTTER, R. C. **Análise da competitividade da indústria marítima brasileira e um panorama do setor de cabotagem no Brasil e no exterior:** uma visão da indústria da construção naval brasileira e seus principais atores. São Paulo: Iglu, 2010.

MINISTERIO DE FOMENTO ESPANÑA. **Análisis, informacion y divulgacion sobre la aportacion del transporte por carretera a la intermodalidad.** Centro de Documentación del Transporte Paseo de la Castellana, 72 – 28076. Madrid, 2003.

MONTEVERDE, A. F. A. **Análise de Alternativas de Transporte Intermodal de Cargas entre Manaus e o Oceano Pacífico no Peru.** 2007. 300f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, Rio de Janeiro, 2007.

MOREIRA, D. A. **Pesquisa Operacional:** Curso Introdutório. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

MOURA, D. A. de; BOTTER, R. C. **O transporte por cabotagem no Brasil** - potencialidade para a intermodalidade visando a melhoria do fluxo logístico. Revista Produção Online, v.11, n. 2. Florianópolis, 2011.

NAKAMURA, C. Y. **Análise da viabilidade da utilização do transporte por cabotagem para a movimentação de automóveis novos no Brasil:** um estudo de caso. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

NASCIMENTO, M. V. **Proteção e liberalização no transporte marítimo de cabotagem: o uso da regulação nos mercados canadense e brasileiro.** Journal of Transport Literature, vol. 6, n. 4. 2012.

NDOT SA. **Maritime Transport Sector Study.** Part 3. 2011

NETO, C. A. da S. C.; SANTOS, M. de B. **Perspectivas do crescimento do transporte por cabotagem no Brasil.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Texto para discussão nº 1129. Brasília, 2005.

NOTTEBOOM, T. **Towards a new intermediate hub region in container shipping?** Relay and interlining via the Cape route vs. the Suez route. Journal of Transport Geography, 22, 164–178.2012.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Regulatory Issues In International Maritime Transport.** Directorate For Science, Technology And Industry Division Of Transport. Paris, 2001.

OLIVEIRA, R. G. de. et al. **Manual do ARENA 11.0 v 2.1**. Departamento de Automação e Sistemas. UFSC, 2009.

OLIVEIRA, G. M. de. **Transporte marítimo de contêiner: a importância dos navios *feeders* neste modal**. 2010. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Construção Naval) – UEZO, Rio de Janeiro, 2010.

ONO, R. T. **Estudo de viabilidade do transporte marítimo de contêineres por cabotagem na Costa Brasileira**. 2001. 132f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, São Paulo, 2001.

PACHECO R. F.; CARDOSO, T. de M. **Utilização de simulação na análise de sistemas de saúde: um estudo de caso no ambulatório da santa casa de misericórdia de Goiânia**. XII SIMPEP - Bauru, 2005.

PEDREIRA, A. F. **Os recentes avanços da multimodalidade no Brasil**. 2006. 158f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial. Rio de Janeiro, 2006.

PEREIRA, C. R.; COSTA, M. A. B. da. **Um modelo de simulação de sistemas aplicado à programação da produção de um frigorífico de peixe**. Revista Produção Online. v.12, n. 4, p. 972-1001. Florianópolis, 2012.

PEREIRA, M. T. **Proposta de um modelo de simulação computacional para a programação de operações em sistemas assembly shop**. 2009. 179f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo, 2009.

PORTUGAL, L. da S. **Simulação de tráfego: conceitos, técnicas de modelagem**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

POWELL, S. G.; BAKER, K. R. **A arte da modelagem com planilhas: ciência da gestão, engenharia de planilhas e arte de modelagem**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

RANGEL, J. J. de A.; SOUZA, A. A. de; BASTOS, P. J. T.; BAPTISTA, R. C. T. **Simulação a eventos discretos para treinamento em sistemas de controle**. Revista PODes, v.4, n.1, p. 97-111. Rio de Janeiro: SOBRAPO, 2012.

ROBINSON, S. **Simulation: the practice of model development and use**. Jhon Wiley & Sons Ltda: England, 1964.

SANTANA, W. A. **Proposta de diretrizes para planejamento e gestão ambiental do transporte hidroviário no Brasil**. 2008. 325f. Tese (Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SANTOS, J. T. A. N. dos; CARDOSO, P.; MOITA, M. H. V. **Análise dos principais fluxos de cargas do sistema aquaviário da cidade de Manaus**. VI Simpósio amazonense de engenharia de produção. Gestão de Operações e Serviços: Inovações e Oportunidades. Manaus, 2011.

SANTOS, J. T. A. N. dos; CARDOSO, P.; MOITA, M. H. V. **As paralizações na operação de embarque e desembarque de carga influenciam na produtividade das operações de cabotagem? Um estudo de caso no terminal de uso misto privativo de Manaus.** MIEPEX: Manaus, 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS ESTRATÉGICOS. **Guia do Investidor.** Belém: SEPE/DCOMEX, 2011.

SILVA, M. R.; CUNHA, C. B. **Configuração de redes do tipo hub-and-spoke para o transporte rodoviário de carga parcelada no Brasil utilizando algoritmos genéticos.** Revista Transportes, volume XI, n 2. 2004.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DA NAVEGAÇÃO INTERIOR. **Relatório Estatística Portuária:** Apresentação da movimentação geral de contêineres, serviços portuários e a análise estatística dos indicadores operacionais dos Portos e Terminais de Manaus/AM. Manaus: INTRA, 2012.

SUPERINTENDÊNCIA DE NAVEGAÇÃO MARÍTIMA E DE APOIO. **Raio X da frota brasileira na navegação de cabotagem:** principais empresas e suas frotas. Rio de Janeiro, 2010.

TAPAJÓS, D. R. **Transporte Aquaviário de Contêineres na Amazônia.** 1998. 122f. Tese (Doutorado em Engenharia Oceânica) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 1998.

TEIXEIRA, K. M. **Investigação de opções de transporte de carga geral em contêineres nas conexões com a Região Amazônica.** 2007. 250f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

TRANSPORT CANADA. **Study on potencial Hub-and-Spoke Container Transshipment operations in Eastern Canada for Marine Movements of Freight (Short Sea Shipping).** Disponível em: <<http://www.tc.gc.ca/eng/policy/report-acf-tp14876-menu-1012.htm#request>>. Último acesso em: 20/09/2012. Montreal, 2010.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, Maritime Administration. **U.S. Water Transportation Statistical Snapshot.** New Jersey, 2011.

UNITED NATIONS - ESCAP. **Regional shipping and port development strategies:** under a changing maritime environment. 2011.

WANG, J. J.; SLACK, B. **The evolution of a regional container port system:** the Pearl River Delta. Elsevier, 2000.

WANKE, P.; FLEURY, P. F. **Transporte de cargas no Brasil:** estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos. Revista Gestão & Produção, v. 4, n. 2. São Paulo, 2006.

WILMSMEIER, G.; MARTÍNEZ-ZARZOSO, I.; FIESS, N. **Regional Hub Port Development** – The Case of Montevideo, Uruguay. Instituto Iberoamericano de Pesquisa Econômica/ Georg-August-Universität Göttingen. Göttingen, 2010.

YIN, R. **Case Study Research: Design and Methods**. 2° ed. Thousand Oaks. CA: Sage Publications, 1994.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## GLOSSÁRIO

Armador – Denomina-se aquele que física ou juridicamente, com recursos próprios, equipa, mantém e explora comercialmente as embarcações mercantis. É a empresa proprietária do navio que tem como objetivo transportar mercadorias.

Berço – Espaço de atracação destino a uma embarcação em um cais ou píer.

Cais – Parte da estrutura do terminal portuário de uso privativo de turismo, para movimentação de passageiros, onde atracam as embarcações de passageiros em turismo e são efetuados embarques e desembarques de passageiros, tripulantes e bagagens (ANTAQ, 2011).

Calado – distância vertical entre a superfície da água em que a embarcação flutua e a face inferior de sua quilha, ou ainda, profundidade mínima de água necessária para a embarcação flutuar (CIT, 2003).

Carga geral – carga embarcada, com marca de identificação e contagem de unidades, podendo ser soltas ou unitizadas.

*Feeder port* – porto alimentador.

*Focus* – é a perspectiva teórica que coloca à disposição conceitos para selecionar e interpretar os fatos reais e as observações integrativas relevantes. O *focus* é o instrumento analítico utilizado, um certo “enfoque especializado” (KEINERT, 2007).

*Full-containers* – exclusivo para o transporte de contêineres. A utilização intensa de guindastes reduz sensivelmente a necessidade de mão-de-obra.

Granel líquido – tipo de carga geral em estado líquido, normalmente petróleo de derivados de petróleo.

*Hinterland* – potencial gerador de cargas do porto ou sua área de influência terrestre.



*Hub-and-spoke* – tipo de estrutura rede que utiliza nós concentradores para conectar nós periféricos para diminuir o número de arcos presentes na rede afim de otimizar os fluxos internos.

*Hub Port* – porto concentrador.

*Locus* – *locus* é o que delimita o território a ser explorado pelo estudo definindo os fenômenos empíricos que constituem o objeto da pesquisa. O *locus* é o local institucional do campo (KEINERT, 2007).

Modais de transporte – são os meios de transporte utilizados para movimentar cargas, pessoas, informação e bens. Os mais comuns são: aéreo, terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e aquaviário (hidroviário e marítimo).

Navegação Interior – realizada em hidrovias interiores em percurso nacional ou internacional, assim considerados rios, lagos, canais, lagoas, baías, angras, enseadas e áreas marítimas consideradas abrigadas, por embarcações classificadas ou certificadas exclusivamente para esta modalidade de navegação (ANTAQ, 2011).

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é uma organização internacional composta por 30 países, que tem como objetivos, coordenar políticas econômicas e sociais, apoiar o crescimento sustentado, aumentar o emprego e a qualidade de vida dos cidadãos.

*Offshore* – navegação de apoio marítimo que fornece o apoio logístico às unidades de exploração e produção de petróleo.

Pesquisa Operacional – Conjunto de técnicas quantitativas com o intuito de auxiliar o processo de decisão dentro de uma filosofia de modelagem e, preferencialmente, de otimização (GAVIRA, 2003).

Pier – Estrutura portuária onde atracam as embarcações de passageiros em turismo e são efetuados embarques e desembarques de passageiros, tripulantes e bagagens, ligada à terra por ponte de acesso (ANTAQ, 2011).

Porto *spoke* (Nó ou ponto *spoke*) – porto, nó ou ponto responsável por alimentar o ponto concentrador em uma rede *hub-and-spoke*.

Retroárea – A retroárea ou retroporto consiste em um instrumento logístico e aduaneiro fundamental para regular os fluxos nos portos e de extrema importância para a competitividade de tais portos. São áreas externas aos portos onde ocorrem atividades essenciais para o funcionamento dos mesmos.

*Roll-on-roll-off* – Navio apropriado para o transporte de veículos, que são embarcados e desembarcados por rampas. Pode propiciar a conjugação com o transporte terrestre, ao carregar a própria carreta ou o contêiner sobre rodas.

*Service feeder* – serviço de alimentação.

*Stakeholders* – setor, pessoas, instituições que compõe as partes interessadas.

Terminal Portuário de Uso Privativo Misto – A instalação, não integrante do patrimônio do porto público, construída ou a ser construída por empresa privada ou entidade pública para a movimentação ou movimentação e armazenagem, além da carga própria, de carga de terceiros, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário (ANTAQ, 2011).

*Transit time* – Tempo de viagem, ou tempo consumido em operações de transporte.

Transporte intermodal – envolve mais de uma modalidade e para cada trecho/ modal é realizado um contrato.

Transporte multimodal – envolve mais de uma modalidade, porém regido por um único contrato.

Transbordo – Movimentação de contêineres descarregados de um navio para serem reembarcados em outro da mesma ou de outra companhia (ANTAQ, 2011).

*Transshipment* – transbordo.

**APÊNDICE A – Estatísticas dos dados de desempenho operacional**

<b>Estatísticas</b>	<b>Tempo Médio de Atracação</b>	<b>Tempo Médio de Desatracação</b>	<b>Tempo Médio de Início de Operação</b>	<b>Tempo Médio de Operação</b>	<b>Tempo Médio de Liberação Embarcação</b>
Distribuição	Normal	Lognormal	Lognormal	Normal	Lognormal
Expressão	NORM(1.2, 1.41)	1 + LOGN(5.74, 8.45)	LOGN(2.85, 2.04)	NORM(36.9, 8.14)	1 + LOGN(6.54, 6.75)
Erro quadrado	0.059088	0.019337	0.027788	0.018394	0.036405
Teste Kolmogorov - Smirnov	0.456	0.094	0.0927	0.102	0.085
p-valor	< 0.01	> 0.15	> 0.15	> 0.15	> 0.15
Média	1.2	6.27	2.9	36.9	7.47
Desvio Padrão	1.43	5.32	2.3	8.25	5.99
Qui Quadrado	24	2.42	4.31	2.32	1.02
p-valor	< 0.005	0.131	0.124	0.142	0.338

Obs.: Unidade de tempo: horas.

**APÊNDICE B – Síntese dos resultados das simulações dos cenários alternativos**

Respostas	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7	Cenário 8	Cenário 9
Tempo médio de Operação Porto - Manaus	8.5947	4.3653	3.0111	-	4.3343	2.961	-	4.3059	2.9521
Quantidade média de navios na fila de operação Manaus (u)	0.3668	0.1253	0.05788	-	0.35202	0.1574	-	13.806	0.48958
Tempo médio de espera Porto - Manaus	7.9142	2.7035	1.2489	-	4.1608	1.8914	-	111.16	3.8843
Tempo médio de Operação Porto - Hub	12.20695	6.1885	4.24895	-	6.2359	4.26295	-	6.2548	4.25505
Quantidade média de navios na fila de operação Hub (u)	0.072885	0.01963	0.0105	-	0.08124	0.038255	-	4.6793	0.147055
Tempo médio de espera Porto – Hub	3.84885	1.08539	0.5448	-	2.4563	1.103825	-	108.865	3.14875
Custo Total de Movimentação (R\$ Milhões)	28.85	29.01	29.01	-	51.49	52.02	-	75.57	78.72
Quantidade Carga Movimentada (TEU)	208,027.00	208,888.00	208,900.00	-	374,550.00	374,990.00	-	544,790.00	567,470.00
Tempo Total médio de Operação	118.58	108.54	104.6625	-	79.2935	71.2755	-	290.975	85.611
Tempo Total Médio de Espera por unidade de carga (h/TEU)	86.3255	85.509	85.094	-	56.813	52.1595	-	268.6	66.3795
Taxa de Ocupação das Operações de Movimentação	74%	37%	26%	-	67%	46%	-	98%	69%
Quantidade de Embarcações Movimentadas	406	406	406	-	729	729	-	1067	1105

Obs. 1: Unidade de tempo horas.

Obs. 2: Os dados apresentados são os valores médios obtidos para as variáveis na realização da simulação.

## ANEXO A – Fórmulas para calcular indicadores de movimentação de contêineres

Fonte: ANTAQ, 2010.

### Indicadores de Contêiner

#### Taxa Média de Ocupação:

Unidade de medida: % (por cento)

Fórmula de cálculo:  $\frac{\text{somatório do tempo atracado em horas}}{\text{n}^\circ \text{ de berços}} / (365 * 24) * (100)$

Utilidade: Verifica o nível de utilização das instalações do terminal ou conjunto de berços.

#### Tamanho Médio de Consignação

Unidade de medida: unidades/navio

Fórmula de cálculo:  $\frac{\text{somatório das unidades movimentadas}}{\text{n}^\circ \text{ de atracações}}$

Utilidade: Indica a característica do tamanho de navio que frequenta o porto, para movimentação de contêiner, em cada terminal ou conjunto de berços.

#### Tempo Médio de Espera

Unidade de medida: h (hora)

Fórmula de cálculo:  $\frac{\text{somatório do tempo de espera de atracação dos navios}}{\text{quantidade de atracções}}$

Utilidade: Indica o tempo gasto em espera para atracação dos navios contêineres, para cada terminal ou conjunto berços.

#### Quantidade de Atracções

Unidade de medida: unidades

Fórmula de cálculo: quantidade de atracções

Utilidade: Indica a quantidade de atracções que compõe a amostragem para o cálculo dos indicadores de desempenho para contêiner

#### Quantidade de Contêineres

Unidade de medida: unidades

Fórmula de cálculo: quantidade de contêineres

Utilidade: Indica a quantidade de contêineres que compõe a amostragem para o cálculo dos indicadores de desempenho