

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

LUCAS LUZ DUARTE

PROJETO CONCEITUAL DE UMA EMBARCAÇÃO DO TIPO
CATAMARÃ PARA TRANSPORTE DE PASSAGEIROS NA REGIÃO DE
MANAUS

JOINVILLE
2017

Lucas Luz Duarte

PROJETO CONCEITUAL DE UMA EMBARCAÇÃO DO TIPO
CATAMARÃ PARA TRANSPORTE DE PASSAGEIROS NA REGIÃO DE
MANAUS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Naval, da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Joinville, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Esp. Luiz Eduardo Bueno
Minioli

JOINVILLE
2017

LUCAS LUZ DUARTE

PROJETO CONCEITUAL DE UMA EMBARCAÇÃO DO TIPO CATAMARÃ PARA
TRANSPORTE DE PASSAGEIROS NA REGIÃO DE MANAUS

Esta Monografia foi julgada e aprovada como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Naval na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 29 de Novembro de 2017.

Prof. Dr. Eng. Luis Fernando Peres Calil
Coordenador de Curso

Banca Examinadora:

Prof. Eng. Esp. Luiz Eduardo Bueno Minioli
Presidente/Orientador

Prof. Dr. Eng. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto
Membro

Prof. Dr. Eng. Thiago Pontin Tancredi
Membro

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente na minha vida, me dando forças e iluminando para passar por todas as dificuldades encontradas.

Aos meus pais, Carlos Roberto Duarte e Cleude Ferreira da Luz Duarte, por estarem sempre me apoiando em todas as minhas decisões e por serem pais maravilhosos. Com certeza nada disso seria possível sem eles.

A minha família, em especial meu irmão Caio Luz Duarte, por todo apoio, carinho e por sempre acreditarem em mim.

Ao meu orientador Luiz Eduardo Minioli, pelo apoio, paciência e dedicação durante todo esse período.

Ao meu quase coorientador Marcelo Hermann, por ter dedicado seu tempo e sua paciência para tirar dúvidas e dar sugestões de melhorias durante todo o trabalho, e também, por ter sido um grande amigo e ter compartilhado grandes aventuras comigo durante o tempo em Manaus.

Aos meus irmãos de coração, Carneiro, Cuiaba, Crippa, Daniel, Digo, Duca, Du, Fabio, Gi, Guerreirinho, Hector, Ique, Juan, Luizinho, Marcelo, Matheuszinho, Marlon, Muca, Samuca, Sandrones, Shimizu, Thales, Thiaguinho, Galvani, William Japa, Willianzinho, por terem proporcionado os melhores anos da minha vida, por estarem sempre presentes nos momentos de alegria e também nos momentos difíceis, com certeza vocês fizeram tudo isso valer a pena. Minha segunda família, Família RAPEIZE!

RESUMO

O trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto de uma embarcação do tipo catamarã para transporte de passageiros na região de Manaus, buscando apresentar uma nova alternativa de embarcação para os armadores daquela região. O desenvolvimento se deu através de uma metodologia clássica de desenvolvimento de projetos, seguindo as etapas da Espiral de Evans. Foram analisadas etapas de arranjo geral, resistência ao avanço, estabilidade e projeto estrutural, buscando atender as normas requeridas pela autoridade marítima brasileira. Como resultado, foi proposto um projeto de uma embarcação com arqueação bruta igual a 20, com um comprimento total igual a 11 metros, que poderá transportar 44 passageiros em uma das rotas de maior demanda de passageiros na região amazônica, servindo como opção para os armadores daquela região, buscando seguir o caminho do que vem acontecendo nos países desenvolvidos, onde cada vez mais são utilizadas embarcações do tipo catamarã para o transporte de passageiros.

Palavras-chaves: Projeto. Catamarã. Lancha Expresso. Transporte passageiros. Manaus.

ABSTRACT

This paper presents the development of the design of a catamaran type boat for passenger transportation in the region of Manaus, seeking to present a new boat alternative for the shipowners of that region. The development took place through a classic methodology of project development, following the steps of the Evans Spiral. Steps of general arrangement, resistance to advance, stability and structural design were analyzed, seeking to meet the standards required by the Brazilian maritime authority. As a result, a project of a vessel with a gross tonnage equal to 20, with a total length of 11 meters, was proposed that could carry 44 passengers on one of the routes of greatest demand for passengers in the Amazon region, serving as an option for shipowners of that region, seeking to follow the path of what has been happening in developed countries, where more and more catamaran vessels are used to transport passengers.

Keywords: Project. Catamaran. Motorboat Express. Passenger transportation. Manaus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia Amazônica	13
Figura 2 - Embarcação Lancha Crystal I	21
Figura 3 - Catamarã	22
Figura 4 - Embarcação Catherine Hamlin, Sydney	26
Figura 5 - Embarcação Fjord Cat	27
Figura 6 - A esquerda rotas Catalina Express e a direita a embarcação Jet Cat Express	29
Figura 7 - Embarcação Austal Cat da empresa TurboJet	30
Figura 8 - Área de atuação empresa Ido em Istanbul	31
Figura 9 - Embarcações da empresa Ido classificadas como Fast Ferry	32
Figura 10 - Linhas do transporte aquaviário do Rio de Janeiro com saída da praça XV	33
Figura 11 - Embarcações convencionais de madeira e aço e a tradicional acomodação em redes	35
Figura 12 - Embarcação de alta velocidade e suas confortáveis acomodações	35
Figura 13 - Linhas Longitudinais com as maiores demandas de passageiros (por ano) - Amazônia	36
Figura 14 - Parcelas que compõem a resistência total ao avanço	38
Figura 15 - Posição do centro de gravidade e carena	40
Figura 16 - Estabilidade transversal a pequenos ângulos	41
Figura 17 - Critério de estabilidade para embarcações na Área 1	44
Figura 18 - Arranjo estrutural típico de uma embarcação	46
Figura 19 - Espiral de Evans	48
Figura 20 - Embarcação semelhante ASV 1100	52
Figura 21 - Formas típicas dos cascos de catamarãs	53
Figura 22 - Casco 1 modelado	55
Figura 23 - Modulo de referência	56
Figura 24 - Sanitário acessível para cadeirantes	56
Figura 25 - Dimensionamento dos espaços para cadeiras	57
Figura 26 - Layout convés embarcação 1	58

Figura 27 - Layout convés embarcação 2	58
Figura 28 - Layout convés embarcação 3	58
Figura 29 - Gráfico comparativo das resistências ao avanço das embarcações geradas	62
Figura 30 - Perfis estruturais	63
Figura 31 - Divisão do casco segundo sua espessura do laminado.....	65
Figura 32 - Reforçadores longitudinais.....	67
Figura 33 - Posicionamento das anteparas	69
Figura 34 - Distribuição de carga para cálculo do momento fletor.	71
Figura 35 - Perfil industrial quadrado TUQ - 060.....	71
Figura 36 - Gráfico de curva de estabilidade estática e braço de emborcamento.....	75
Figura 37 - Gráfico da resistência ao avanço x velocidade	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características embarcação Catherine Hamlin	26
Tabela 2 - Características embarcação Fjord Cat	28
Tabela 3 - Características embarcação Jet Cat Express	29
Tabela 4 - Características embarcação Austal Cat	30
Tabela 5 - Matriz de influência	47
Tabela 6 - Relação comprimento total pelo comprimento da casaria das embarcações semelhantes	54
Tabela 7 - Características das embarcações geradas	54
Tabela 8 - Capacidade de passageiros para os diferentes modelos	59
Tabela 9 - Velocidade de navegação requerida para as linhas saindo de Manaus...60	
Tabela 10 - Embarcações semelhantes e suas velocidades.....	61
Tabela 11 - Comparativo das resistências ao avanço.....	62
Tabela 12 - Espessura do laminado.....	66
Tabela 13 - Dimensionamento dos reforçadores longitudinais.....	67
Tabela 15 - Densidade dos materiais.....	72
Tabela 16 - Itens que compõem a massa do casco da embarcação	73
Tabela 17 - Pesos e centros.....	74
Tabela 18 - Ângulo de imersão do convés e alagamento	76
Tabela 19 - Critérios gerais de estabilidade para área 1 de navegação	76
Tabela 20 - Novo calado gerado após análise de estabilidade	77
Tabela 21 - Combinação dos parâmetros do hélice	79
Tabela 22 - Eficiências do sistema propulsivo.....	80
Tabela 23 - Características motor Volvo Penta D3-150	81
Tabela 24 - Lista de equipamentos para segurança e salvação	82
Tabela 25 - Luzes de navegação	83

LISTA DE SIGLAS

AB – Arqueação Bruta

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANTAQ – Agência Nacional de Transporte Aquaviário

BLH – Bottom Laminate Height – Altura do laminado inferior

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento

BOA – Beam Over All – Boca total

CAD – Computer Aided Design – Desenho auxiliado por computador

ITTC – International Towing Tank Conference

LCG – Longitudinal Center of Gravity – Centro de gravidade longitudinal

LOA – Length Over All – Comprimento total

NORMAM – Normas da Autoridade Marítima

TCG – Transversal Center of Gravity – Centro de gravidade transversal

TCU – Tribunal de Contas da União

VCG – Vertical Center of Gravity – Centro de gravidade vertical

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	13
1.1	Objetivos.....	15
1.1.1	Objetivo geral	15
1.1.2	Objetivos específicos.....	15
2.	Referencial Teórico.....	17
2.1	Breve Histórico da Navegação na Região Amazônica.....	17
2.1	Embarcações de navegação interior	20
2.1.1	Lancha do tipo “expresso”	20
2.1.2	Catamarã.....	22
2.2	Sistema de transporte aquaviário de alta velocidade para passageiros no mundo.....	24
2.2.1	Austrália	25
2.2.2	Noruega.....	27
2.2.3	U.S.A.....	28
2.2.4	China.....	29
2.2.5	Turquia	31
2.2.6	Brasil	32
2.3	Resistência ao avanço.....	37
2.4	Estabilidade	40
2.4.1	Estabilidade a pequenos ângulos.....	41
2.4.2	Critérios de estabilidade exigidos pela NORMAM-02.....	42
2.5	Projeto Estrutural	45
3.	Metodologia	47
4.	Desenvolvimento	50
4.1	Requisitos de projeto	50

4.2	Dimensões principais.....	50
4.3	Escolha do conceito.....	55
4.3.1	Capacidade de Carga.....	55
4.3.2	Velocidade de operação e âmbito de atuação	59
4.3.3	Resistência ao avanço	61
4.4	Projeto estrutural	63
4.4.1	Espessura de chapeamento.....	64
4.4.2	Reforçadores longitudinais	66
4.4.3	Anteparas	68
4.4.4	Vigas de ligação e vigas de convés	69
4.5	Pesos e centros.....	72
4.6	Estabilidade	74
4.7	Motorização	77
4.7.1	Seleção do propulsor.....	78
4.7.2	Seleção do motor	80
4.8	Segurança e salvatagem.....	81
5.	Conclusão.....	84
	Referencias.....	85
	Anexo A – Linhas de transporte de passageiro no Brasil	92
	Anexo B – propostas de projeto netuno engenharia naval ltda.....	94
	Anexo C – Lista das embarcações semelhantes	99
	Anexo D – Tabela de cotas.....	100
	Anexo E – Condições de estabilidade	101
	Anexo F – Arranjo Geral	105

2017). Logo, há a necessidade de embarcações com melhor custo-benefício, de modo a serem mais eficazes, reduzir o consumo de combustível, estimular a competitividade, bem como garantir um tempo hábil de serviço para os passageiros e uma margem maior de lucro aos armadores.

Segundo Claudomiro Carvalho Filho, vice-presidente do Sindicato das Empresas de Navegação Fluvial no Estado do Amazonas (Sindarma), o transporte de insumos e alimentos que são escoados pela região, cerca de 60% do total, acontecem através de balsas e navios (MIRANDA, 2017). Já para o transporte de passageiros, são utilizadas tanto embarcações destinadas exclusivamente para esse tipo de transporte, como é o caso dos expressos, como também embarcações que são destinadas ao transporte misto, tanto de carga quanto de passageiros, como é o caso de muitos barcos tradicionais da região.

Contudo a aparição dos expressos, ou lanchas a jato como também são conhecidos, é recente, o que resultou em viagens com um tempo de duração menor. Uma viagem que antes demorava dias, com o aparecimento dessa nova classe de embarcações, passou a demorar horas (DAVID, 2010). Isso deve-se ao fato de que até poucos anos atrás, a principal forma de transporte de passageiros se dava através de embarcações de médio e grande porte, responsáveis pelo transporte também de mercadorias, sendo assim embarcações pesadas e conseqüentemente lentas.

O que possibilita esse tipo de embarcação ser mais leve e mais rápida, é o fato de ela ser construída de alumínio e ser destinada ao transporte de passageiros e seus pertences (DAVID, 2010).

Contudo, segundo Moraes e Moraes (2008), a concepção dos novos barcos se dá praticamente através de um processo artesanal realizado entre os estaleiros e os armadores regionais, que na maioria das vezes tem como referências as embarcações regionais de épocas passadas, conseqüentemente sem apresentar nenhum tipo de inovações tecnológicas. Desse modo, a modernização destas se faz necessária, visando uma maior segurança e conforto aos passageiros, e também, podendo gerar um maior lucro aos armadores.

O comportamento descrito anteriormente é diferente do que vem acontecendo em países onde o mercado naval é bastante consolidado em projetos e construção de embarcações direcionadas ao transporte de passageiros, como é o caso da Noruega, Japão e Austrália, onde os estaleiros oferecem projetos modernos e um emprego

acentuado de equipamentos de alta tecnologia, e também, uma utilização cada vez maior de embarcação do tipo catamarã para esse objetivo de transporte (MORAES, 2002; SUDAM, 2005).

Por conseguinte, este trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto de um catamarã para transporte de passageiros na região de Manaus, seguindo a mesma tendência do que vem acontecendo nos países citados acima, buscando apresentar uma nova alternativa para os armadores daquela região em relação aos expressos, de forma a garantir a concorrência de mercado.

Todavia, segundo Alexandre da Rocha Correa, dono de uma conceituada empresa de projetos navais existente na cidade de Manaus, devido à crise que o país está passando, a busca por embarcações menores, que apresentem um reduzido custo de construção e inscrição na capitania fluvial, vem aumentando de um tempo para cá. Seguindo essa lógica, o projeto aqui desenvolvido, apresentará uma arqueação bruta máxima de 20, tornando seu projeto mais barato e sem a necessidade de ser analisado por uma classificadora ou certificadora, o que envolveria custos, resultando em uma inscrição direta na capitania fluvial.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver o projeto inovador de um catamarã que apresente uma arqueação bruta máxima igual a 20 para o transporte de passageiros na região de Manaus, conceito pouco explorado naquela região, atendendo aos critérios exigidos pelas normas da autoridade marítima brasileira.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar as dimensões principais da embarcação, de maneira que ela não ultrapasse o seu limite de arqueação;
- ✓ Propor um projeto de um catamarã para transporte de passageiros em uma das rotas com maior demanda de passageiros partindo de Manaus;

- ✓ Dimensionar 3 opções iniciais de embarcação, que durante o desenvolvimento será escolhida aquela que apresente as melhores características para seguir adiante no trabalho;
- ✓ Determinar a capacidade de passageiros para cada embarcação;
- ✓ Realizar o desenvolvimento das etapas de projeto: Arranjo geral, resistência ao avanço, estabilidade e projeto estrutural;
- ✓ Realizar análise dos resultados do item anterior;
- ✓ Utilizar os critérios requisitados pela NORMAM-02 (2005) para este tipo de embarcação.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

A presente seção visa, primeiramente, descrever um pouco da história da navegação na Amazônia, desde a época em que só haviam os índios presentes na região, até os dias atuais, e a importância da navegação lá. Será relatado também as características de duas embarcações utilizadas na navegação interna, os expressos, embarcação bastante comum na região amazônica, e os catamarãs, classe de embarcações pouco encontrada naquela região. Posteriormente haverá um tópico sobre a utilização dos catamarãs para transporte de passageiros pelo mundo. E finalmente a descrição de algumas características importantes de projeto de uma embarcação.

2.1 BREVE HISTÓRICO DA NAVEGAÇÃO NA REGIÃO AMAZÔNICA

A região amazônica apresenta características bastante peculiares se comparado com as outras regiões do país, com um grande destaque para o imenso espaço territorial cortado por uma vasta rede hidrográfica, o qual proporciona uma baixa densidade demográfica com pequenas concentrações de pessoas dispersas pela região. Visto a possibilidade de chegada nessas regiões apenas pelo transporte hidroviário, faz com que a população ribeirinha, na qual apresenta um reduzido poder aquisitivo, não tenha outro modo para sua locomoção (MORAES e MORAES, 2008).

A utilização do modal hidroviário para transporte de pessoas, alimentos e outros tipos de carga se faz necessária desde quando somente os índios viviam ali. Naquela época eram utilizados os materiais disponíveis na natureza, como por exemplo os troncos de árvores para fabricação de canoas e balsas de madeira. Contudo, com a chegada dos europeus na região e a constante curiosidade por conhecer a Amazônia, fez com que houvesse a necessidade de construção de embarcações maiores, que fossem capazes de transportar um maior volume de carga e passageiros (BARBOSA, 2013 apud BARBOSA e PRADO, 2014).

No decorrer do século XIX a região amazônica sofreu uma grande expansão econômica resultado da exploração das seringueiras para a produção da borracha, que até então só existiam nessa região do mundo. A Amazônia passava pelo seu primeiro grande Ciclo da Borracha, o qual proporcionou a fase de maior prosperidade

da sua história. Conseqüentemente, a exploração do látex teve uma participação essencial no processo demográfico, na urbanização e mesmo na cultura da região (MORAES, 1991).

A explosão comercial da borracha fez com que o transporte fluvial da região amazônica sofresse um grande impulso. Foram trazidos da Inglaterra diversos novos navios do tipo “gaiola” e houve também o aparecimento de novas empresas de navegação, como foi o caso da *Amazon Steam Navigation Company* LTDA, ex Companhia de Comércio e Navegação do Amazonas, a qual fora transferido o controle da sua concessão aos ingleses. Em meados de 1900 a empresa foi considerada a maior empresa de navegação hidroviária do mundo, tanto pela quantidade de embarcações presentes na sua frota, quanto pela extensão de suas linhas (FIGUEIREDO, 1982 apud MORAES, 1991; FADDA, 1987 apud BRITO, 2008).

Contudo, a hegemonia da Amazônia sobre a borracha mundial durou apenas até 1913, quando a produção extrativista brasileira ganhou um novo concorrente. Neste ano os Ingleses iniciaram a produção do látex no sudeste asiático, com mudas provenientes do norte brasileiro. Com a produtividade bastante elevada em relação ao modo de cultivo, fez com que os preços da borracha no mercado mundial caíssem drasticamente, tornando a produção brasileira incapaz de competir, resultando em uma grande retração econômica na região amazônica (NERY, 2015; OLIVEIRA, 2010).

O transporte hidroviário que havia ganhando um grande impulso tecnológico com a introdução do navio a vapor durante o primeiro ciclo da borracha, entrou em declínio. E com isso o desenvolvimento no transporte fluvial foi sendo deixado de lado, já que as atividades econômicas da região não justificavam uma navegação de melhor qualidade, e por outro lado, a ineficiência apresentada por esse meio de transporte não permitia um maior dinamismo das atividades econômicas na área, causando assim um ciclo vicioso na região (MORAES, 1991).

Com o passar do tempo as empresas que haviam se instalado no Brasil começaram a perder o interesse em investir na navegação fluvial. Assim o governo passou a ter a função de renovação dos meios de transporte fluvial na região. Em 1955 sob o comando da empresa governamental SNAPP (Serviços de Navegação da Amazônia e Administração de Portos do Pará) foram adquiridos novos navios para a realização do transporte fluvial de passageiros, contudo, com o passar do tempo as

frotas tornaram-se obsoletas e sem condições de atender a frequência de viagens antes executadas pelas empresas estrangeiras (FIGUEIREDO, 1982 apud MORAES, 1991).

Contudo, houve a priorização do transporte de carga pelo governo, que nos anos 70, transformou a SNAPP, empresa que não visava o lucro e sim sua função social, na ENASA (Empresa de Navegação da Amazônia S/A), essa na qual apresentava uma mentalidade voltada ao lucro. Dessa maneira, o foco do governo foi na construção de empurradores e balsas, deixando de lado a já precária frota de embarcações de aço que eram utilizadas para o transporte misto (MORAES, 1991).

Com o total desinteresse do governo para com o transporte passageiros e a precariedade apresentada pelas embarcações de aço, novas embarcações de madeira, agora de particulares, passaram a atender o transporte de passageiros e cargas na região, sem um mínimo de segurança, conforto e higiene. Condições justificadas pela necessidade de cobrar tarifas baixas, devido ao baixo poder econômico do homem ribeirinho (LINS NETO, 1991 apud BALBI, 2009; MORAES, 1991).

Segundo David (2010), o deslocamento de passageiros através das embarcações tradicionais é o meio de locomoção mais utilizado na região até os dias atuais. Porém, o transporte de cargas regionais, como alimentos e mercadorias, é feito juntamente com os passageiros nesses casos, fazendo com que esse tipo de embarcação, também conhecida como ‘embarcação de transporte de baixa renda’ tenha uma parcela importante no transporte de passageiros e cargas entre os municípios do estado do Amazonas.

Nos últimos anos tem havido uma busca constante pela implantação de novos tipos de embarcações, com o intuito de diminuir o tempo de duração das viagens, fazendo com que a navegação amazônica sofresse consideráveis alterações. Percursos antes que duravam dias com a utilização das embarcações tradicionais da região, passaram a durar horas com o aparecimento dos “expressos” (David, 2010; David e Nogueira, 2010).

2.1 EMBARCAÇÕES DE NAVEGAÇÃO INTERIOR

Segundo a NORMAM-02 (2005) a navegação interior é definida como sendo qualquer navegação realizada em rios, lagos, canais, lagoas, baías, angras, enseadas e áreas marítimas consideradas abrigadas, ou seja, são aquelas realizadas em hidrovias interiores.

Atualmente existem cerca de 2660 embarcações de navegação interior registradas na ANTAQ, divididas em 35 categorias referentes ao tipo de embarcação e a sua utilização, sendo as de maiores quantidades as balsas (1.135), os empurradores/rebocadores (736), barcaça (312), lanchas (155) e as chatas (108). Das 214 embarcações restantes, vale a pena destacar as embarcações de passageiros/carga geral (75), somente passageiro (40) e a catamarãs (3). Como é possível observar, o número de catamarãs é muito menor do que as lanchas, categoria na qual se encontram os expressos.

Devido a sua importância para esse trabalho, serão descritos a seguir os sistemas e características das lanchas, com enfoque nos expressos, e dos catamarãs.

2.1.1 Lancha do tipo “expresso”

A NORMAM-02 (2005) define as lanchas como sendo uma embarcação rápida com propulsão mecânica, a qual pode apresentar diversos formatos e portes, normalmente utilizada para transporte de pessoas.

Com surgimento nos anos 90, o transporte fluvial expresso apareceu com o intuito de criar uma nova alternativa de transporte para os passageiros, diante das lentas embarcações tradicionais existentes da região amazônica até então (DAVID, 2010).

A primeira aparição desse tipo de embarcação, que tenderam a apresentar rotas fixas de navegação a fim de diminuir o tempo das viagens, foi através da embarcação ‘Ajato III’, que teve início a sua navegação em 1996, fazendo a travessia entre Manaus e Cacau Pirêra (DAVID, 2010).

Contudo, foi em 1999, com a criação do Ajato 2000 que esse tipo de embarcação começou a ganhar reconhecimento, realizando viagens entre Manaus e Santarém- PA com apenas 13 horas de duração, menos da metade do tempo médio

dos barcos tradicionais usados na época. Foi a partir daí que os proprietários de embarcações e pequenos empreendedores perceberam uma possibilidade de expansão da procura por esse segmento de transporte (DAVID, 2010).

Segundo David (2010), o que contribui para que essa embarcação seja leve e rápida quando comparada as embarcações tradicionais é o fato dela ser construída de alumínio e transportar apenas passageiros. Bem como o fato dela apresentar um motor a diesel, motor de força usado principalmente em embarcações de maior porte, em um barco desse tamanho, resulta em uma embarcação extremamente veloz em relação as outras.

David (2010) ainda ressalta que além da concorrência com as embarcações tradicionais, esse novo segmento de transporte amazônico busca ganhar a clientela de alto poder aquisitivo, que antigamente realizavam apenas viagens aéreas, visto que esses dois meios de transporte presentes na região apresentam grandes deficiências na Amazônia. Os barcos tradicionais são lentos e, em muitos casos, além de atrasar suas viagens, são de péssima qualidade. Já o transporte aéreo enfrenta obstáculos devido a precariedade dos aeroportos da região, frota reduzida e preços elevados.

Na figura a seguir é possível observar uma embarcação do tipo expresso presente nas linhas que abrangem Manaus e algumas cidades do interior do Amazonas.

Figura 2 - Embarcação Lancha Crystal I



Fonte: CRIS Transporte Navegação (2017)

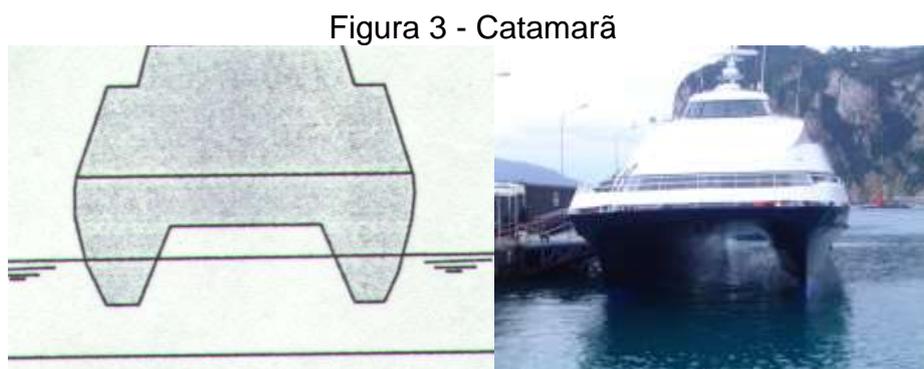
As lanchas apresentam características próprias, em relação ao seu modo de operação. Como é possível observar na Figura 2, os expressos tendem a ter o casco com fundo em “V” ou até mesmo chato, para que possa entrar em regime de planeio ou semi-planeio mais facilmente com o aumento da velocidade, fazendo com que a embarcação atinja maiores velocidades com menores potências de motor (NAKANISHI, 2015).

Por ser um segmento recente de navegação na região amazônica, a literatura que trate dos expressos é bastante escassa.

2.1.2 Catamarã

Os catamarãs são embarcações do tipo multicasco, ou seja, apresentam dois cascos separados, unidos através de uma plataforma rasa, formando assim uma estrutura rígida e estável para navegar, podendo apresentar uma propulsão mecânica ou em muitos casos através de velas, sendo comumente utilizados para transporte rápido de passageiros e/ou carga, estações de pesquisa, vela esportiva, entre outros (BORGES et al., 2014; VASCONCELLOS, 2001).

Na Figura 3, é possível compreender o conceito descrito acima de uma embarcação do tipo catamarã.



Fonte: VASCONCELLOS (2005)

Essa classe de embarcações teve sua origem na Polinésia com o intuito de aumentar a estabilidade das embarcações como uma alternativa aos monocascos. Naquela época eram construídos de troncos de madeira ligados entre si por fibras de

coqueiros, o qual apesar de pouca durabilidade, proporcionavam um bom rendimento devido ao seu fundo arredondado (BORGES et al., 2014).

Contudo, foram nos anos de 1950 em que houve o desenvolvimento dos primeiros catamarãs modernos à vela para competição. E a partir daí com a obtenção de novos materiais e técnicas avançadas de construção, essa classe de embarcações foi se tornando cada vez mais presente na indústria naval (MORAES, 2002).

O fato desse tipo de embarcação apresentar uma razão comprimento-boca total numa faixa de 2.5 a 3.5, faz com elas tenham uma estabilidade transversal inicial intacta maior do que as embarcações do tipo monocasco, o qual apresenta, normalmente, a mesma razão na faixa entre 6 e 7. E conseqüentemente, o catamarã acaba apresentando um melhor espaço útil para o desenvolvimento do arranjo da embarcação (MORAES, 2002).

Contudo, ao projetar um catamarã, o projetista deve levar em conta a capacidade de carga que a embarcação poderá carregar, pois a variação de calado em uma embarcação desse tipo é muito mais sensível a variação do carregamento do que em um monocasco equivalente. Por isso, busca-se, na maioria das vezes, a utilização de materiais mais leves para a sua construção, como é o caso do alumínio e da fibra de vidro. Já que a sobrecarga em um catamarã pode comprometer o seu funcionamento, podendo ocorrer falhas estruturais, devido ao choque da água contra a estrutura que liga os dois cascos da embarcação (MORAES, 2002).

Ainda assim, apesar da dificuldade apresentada ao projetar um catamarã, e mesmo o elevado custo da construção do mesmo, Moraes (2002) e Berman (2015) citam vantagens que podem ser levadas em consideração quando na escolha entre um multicasco e os monocascos, de mesmas características. Sendo elas:

- Maior espaço de convés para um mesmo comprimento e deslocamento, favorecendo um melhor arranjo para o transporte de passageiros e veículos;
- Grande estabilidade transversal;
- Superior capacidade de manobra devido à propulsão dupla;
- Menor resistência de onda em altas velocidades em virtude de possibilitar cascos mais esbeltos;

Segundo Oliveira (2009) e Melo (2015), a propulsão dos catamarãs atualmente se dá, na maioria das vezes, por motores de hidrojetos, diferentemente das

instalações de linha de eixo com hélice que eram normalmente utilizadas até o final dos anos 80. Isso se dá ao fato desse tipo de propulsão poder ser utilizado em embarcações com restrição de calado, apresentar boa manobrabilidade em todo alcance de velocidade, e também, menores ruídos internos e vibrações quando comparado aos hélices.

O meio de transporte através de catamarãs vem se mostrando uma excelente opção para linhas curtas com distâncias inferiores a 100 milhas e velocidades superiores a 30 nós, se tornando um concorrente direto aos meios de transporte já saturados das grandes metrópoles (VASCONCELLOS, 2001).

Atualmente existem cerca de 1728 embarcações entre catamarãs e monocascos de alta velocidade registradas para o transporte de passageiros no mundo. E dessas quase duas mil embarcações, 73% é representado pelos catamarãs (FAST FERRY, 2017). É possível notar que a busca por embarcações do tipo catamarã vêm sendo preferência quando se trata de transporte de passageiros pelo mundo.

2.2 SISTEMA DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO DE ALTA VELOCIDADE PARA PASSAGEIROS NO MUNDO

A mobilidade urbana vem sendo um problema presente em muitas partes do mundo, devido ao mau desenvolvimento das cidades juntamente com as grandes densidades demográficas. Conseqüentemente, muitos países vêm buscando novas opções de transporte, para servir de alternativa para sua população (REIS, 2016).

Com o intuito de atender o transporte de passageiros através do modal aquaviário, muitos países como China, Coreia, Hong Kong, Japão, Inglaterra, França, Noruega, Dinamarca e ainda que em menor quantidade, o Brasil e a Argentina, aumentaram a demanda por esse tipo de embarcação nos últimos anos. A participação do governo apoiando a iniciativa privada em países como Noruega e Austrália, com o objetivo de exportação e conquista de mercado internacional, fez com que esses países atingissem a liderança sobre encomendas de embarcações através de projetos modernos, técnicas de construção avançadas e emprego acentuado de equipamentos de alta tecnologia (SUDAM, 2005).

Na atualidade os países que mais constroem embarcações do tipo catamarã de alta velocidade no mundo são: Austrália (327), Noruega (277), USA (201), Singapura (115) e China (67). Não muito diferente, se encontram os países que mais utilizam esse tipo de embarcação, sendo ele USA (175), China (160), Austrália (101), Noruega (81) e Turquia (43) (BLUNDEN, 2017).

O objetivo desse tópico é conhecer melhor o cenário mundial de utilização desse tipo de embarcações de passageiros, procurando apresentar as principais regiões onde o transporte de passageiros é utilizado e suas características. A seguir serão apresentadas tipos de embarcação de alta velocidade presente nos 5 países que mais utilizam esse tipo de embarcação, e também, as características do transporte aquaviário no Brasil.

2.2.1 Austrália

Conhecida por ser um dos principais países produtores e operadores de embarcações de alta velocidade do mundo, a Austrália apresenta um sistema de transporte aquaviário caracterizado por transporte de características urbanas e turísticas na Baía de Sidney, o transporte de passageiros para ilhas do litoral e transporte litorâneo entre cidades. Com distâncias inferiores a 60 milhas, faz com que a embarcação do tipo catamarã seja a mais empregada nesse país, seguido pelo monoscasco de alta velocidade (MORAES, 2002).

A embarcação Catherine Hamlin é uma embarcação do tipo catamarã de alumínio, construída pela empresa “*Incat Tasmania Pty Ltd*” no ano de 2016 e operada pela empresa governamental “Transport Sydney Ferries”, utilizada para o transporte de passageiros na baía de Sydney. É possível observar a embarcação Catherine Hamlin na Figura 4, embarcação essa que é apenas a primeira dos seis catamarãs encomendados pelo governo australiano (INCAT, 2016; DRUMMOND, 2016).

Figura 4 - Embarcação Catherine Hamlin, Sydney



Fonte: DRUMMOND, 2016

Na tabela a seguir estão descritas algumas das características dessa embarcação, tais como: comprimento, capacidade de passageiros e velocidade de operação.

Tabela 1 - Características embarcação Catherine Hamlin

Dimensões principais	
Comprimento (m)	36,379
Boca (m)	10,39
Calado (m)	1,743
Capacidade de carga	
Passageiros	400
Tripulação	3
Cadeirantes	13
Deslocamento (ton)	39,556
Velocidade de serviço	
Velocidade (nós)	26

Fonte: INCAT (2016)

2.2.2 Noruega

Com o maior índice de desenvolvimento humano do mundo, a Noruega encontra-se na parte oeste da península Escandinávia, no norte da Europa, local que apresenta uma costa recordada por golfos estreitos cercados por montanha. Fator esse que favorece a utilização de um transporte hidroviário de passageiros rápido e de alto padrão (MARTINS, 2015; MORAES, 2002).

Com sua população concentrando-se em sua maioria no litoral sul, onde a temperatura é mais amena e ostenta alto padrão de vida, a Noruega é um dos países que mais utilizam embarcações de alta velocidade para transporte de passageiros no mundo, e também, um dos países que apresenta o maior desenvolvimento nesse setor. Conseqüentemente, pela geografia apresentada pelo país, o transporte de passageiros ocorre praticamente todo no litoral sul e em golfos, estreitos e rios (BLUNDEN, 2017; MORAES, 2002).

Responsável pela linha “Kristiansand-Hirtshals”, a embarcação *Fjord Cat* sustenta, até os dias atuais, o recorde mundial de embarcação mais rápida a atravessar o atlântico, fato que ocorreu em 1998, quando a embarcação fez a travessia em pouco menos de três dias. Trata-se de uma embarcação do tipo catamarã, com capacidade de até 900 passageiros e 220 carros, podendo operar a uma velocidade máxima de 41 nós (HSC...2017).

Na Figura 5 e Tabela 2 mostradas a seguir, é possível ver a embarcação citada anteriormente, e também, suas características, respectivamente.

Figura 5 - Embarcação Fjord Cat



Fonte: Marine Traffic (2017)

Tabela 2 - Características embarcação Fjord Cat

Dimensões Principais	
Comprimento (m)	92
Boca (m)	26
Calado (m)	3,8
Deslocamento (ton)	500
Capacidade de carga	
Passageiros	900
Automóveis	220
Velocidade de serviço	
Velocidade (nós)	31,5

Fonte: Marine Traffic (2017); Direct Ferries (2017); FleetMom (2017).

2.2.3 U.S.A

Considerado o país que mais utiliza embarcações de alta velocidade segundo Blunden (2017), apresentando cerca de 175 embarcações desse tipo operando no país, os EUA vêm investindo nesse meio de transporte visando a uma nova alternativa de transporte para o já congestionado trânsito urbano apresentado em suas cidades (MORAES, 2002).

Afim de reduzir o tempo de viagem entre Nova York (NYC) e algumas ilhas próximas, Sea Conn LLC construiu uma embarcação de alta velocidade capaz de transportar passageiros e veículos, o que resultou em um trajeto mais rápido e que fugisse do trânsito congestionado dessas cidades. Podendo destacar algumas vantagens que essa nova rota trouxe para a população, como citadas a seguir por Moraes (2002):

- Redução radical de tempo entre NYC e algumas localidades: em muitos casos o tempo fora reduzido pela metade
- Destinos novos e conexões, como nova possibilidade de ir para NYC e com conexão para o aeroporto de La Guardia
- Aumento de conforto com serviços semelhantes ao do avião
- Segurança e tranquilidade

Outro trecho que vem sendo bastante explorada nos últimos 35 anos na América do Norte, é a linha que liga o litoral da Califórnia à Ilha Catalina. A Catalina Express, é uma empresa que conta com oito embarcações de alta velocidade, delas

4 são do tipo catamarã, oferecendo cerca de 30 viagens com duração de 1 hora por dia, saindo de diferentes lugares da costa californiana, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - A esquerda rotas Catalina Express e a direita a embarcação Jet Cat Express



Fonte: Catalina Express (2017)

A embarcação Jet Cat Express mostrada acima, trata-se de um catamarã inteiramente de alumínio projetado pela empresa Australiana, Incat Designs of Austrália. Suas características serão apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 3 - Características embarcação Jet Cat Express

Dimensões Principais	
Comprimento (m)	44
Boca (m)	11
Calado (m)	2
Capacidade de carga	
Passageiros	381
Velocidade	
Velocidade de serviço (nós)	37

Fonte: Catalina Express (2017)

2.2.4 China

A China nos dias atuais, juntamente com os Estados Unidos, apresenta o maior número de embarcações de alta velocidade em construção, algo que deverá mudar sua posição na lista dos países com o maior número de embarcações construídas no mundo nos próximos anos (BLUNDEN, 2017).

Situada em uma grande região de planície, onde podem ser encontradas as principais áreas agrícolas da região, a China utiliza seus rios como forma de transporte para seus grãos, através de chatas, e para passageiros, através de embarcações

convencionais e de alta velocidade. Sendo que a maioria do transporte no país se dá pelos rios, ou pelo menos se iniciam neles, como é o caso do transporte no rio *Yangtzé* e seus afluentes, muito semelhante ao que acontece nos rios da Amazônia, onde o transporte de carga e passageiros se dá em grandes distancias, podendo atingir até 1500 milhas, no caso da China (MORAES, 2002).

Dentre as linhas verificadas, é possível observar uma grande utilização das embarcações de alta velocidade para ligação dos países vizinhos a China, como Hong Kong, Coreia do Sul e Japão.

Na Figura 7 é possível observar uma embarcação catamarã da empresa TurboJet, responsável por linhas entre China, Hong Kong e Macau. Em seguida, é possível observar as especificações dessa embarcação na Tabela 4.

Figura 7 - Embarcação Austal Cat da empresa TurboJet



Fonte: TurboJet (2017)

Tabela 4 - Características embarcação Austal Cat

Dimensões Principais	
Comprimento (m)	47,4
Boca (m)	11,8
Calado (m)	1,63
Capacidade de carga	
Passageiros	427
Velocidade	
Velocidade (nós)	43

Fonte: TurboJet (2017)

2.2.5 Turquia

Segundo Blunden (2017), a Turquia se encontra na quinta posição na lista de países que mais utilizam embarcações catamarã de alta velocidade para o transporte de passageiros, com aproximadamente 43 embarcações desse tipo operando no país.

O transporte hidroviário na cidade de Istanbul vem sendo uma alternativa por mais de 27 anos no país. Sendo a maior cidade da Turquia, e a quarta maior do mundo. O transporte marítimo é indispensável como uma alternativa para o cada vez mais caótico transito de Istanbul. A Figura 8 apresenta a área de atuação da empresa na região (SIMAS, 2014).

Figura 8 - Área de atuação empresa Ido em Istanbul



Fonte: Simas (2014)

Criada pelo Conselho Metropolitano da Turquia em 1987, com o objetivo de promover o transporte marítimo de passageiros e veículos, a empresa *Istanbul Deniz Otobusleri (Ido)* tem introduzido novas rotas visando atender o aumento da demanda por esse transporte na região, e também, vem buscando a diminuição dos preços, para que em um futuro próximo os preços se tornem competitivos aos outros meios de transporte (IDO, 2017).

A seguir serão apresentadas as embarcações da empresa Ido classificadas como *fast ferries*, responsáveis pelo transporte de passageiros e veículos no país.

Figura 9 - Embarcações da empresa Ido classificadas como Fast Ferry



Fonte: Ido (2017)

2.2.6 Brasil

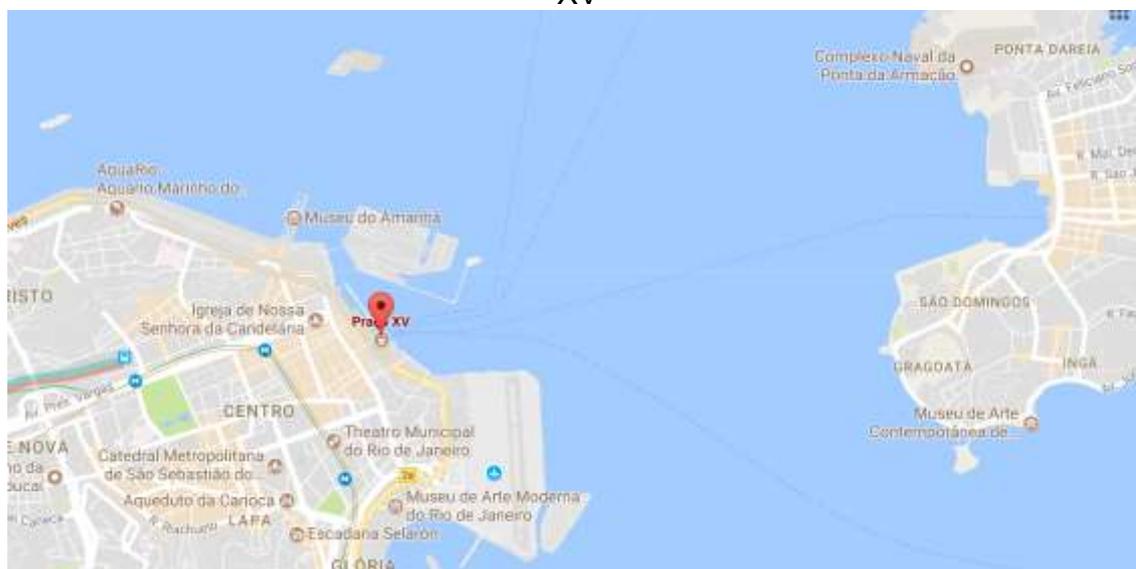
O TCU (2006) em relatório sobre a avaliação realizada no 'Programa Manutenção de Hidrovias', destaca que apesar do Brasil possuir um dos maiores potenciais híbridos do mundo, apresenta uma utilização dos meios hidroviários, tanto para transporte de passageiros quanto transporte de carga, muito reduzida. Isso se dá pela preferência do transporte brasileiro pelo modal rodoviário, representando cerca de 62% de todos os modais, bastante diferente do que acontece em países como EUA (32%), Canadá (43%) e China (19%), e até mesmo de regiões do próprio Brasil, como é o caso da Amazônia, onde existem lugares que só é possível chegar por rio.

Segundo Moraes (2002), a utilização do sistema hidroviário brasileiro se dá em sua maioria nos aglomerados urbanos localizados na orla marítima do

sudeste/nordeste, em apoio a plataforma de petróleo e na bacia Amazônica em linhas urbanas e interestaduais. Destacando ainda que as regiões que apresentam maior potencial para utilização de embarcações de alta velocidade no Brasil são: Rio de Janeiro, Santos, Salvador, Aracaju, São Luís, Belém e o sistema Amazônico como um todo.

O sistema de transporte aquaviário do Rio de Janeiro (RJ) é considerado o sistema mais importante do país, constituído de seis linhas de transporte frequente de passageiros, sendo utilizadas por cerca de 25 milhões de pessoas por anos, tendo como principal ponto de partida a praça XV no centro do Rio de Janeiro, como é possível observar na Figura 10. A travessia Praça XV – Praça Arariboia, que em 1998 foi responsável por transportar 32% de todos os passageiros que atravessavam do Rio de Janeiro em direção a Niterói, foi considerada a principal linha do Rio na época, recebendo o reconhecimento de maior do Brasil, em número de passageiros, frota e capacidade das embarcações (CCR BARCAS, 2017; BRITO, 2008).

Figura 10 - Linhas do transporte aquaviário do Rio de Janeiro com saída da praça XV



Fonte: Googlemaps (2017)

O segundo sistema de transporte aquaviário mais importante do Brasil, o sistema de Santos conta atualmente com um total de 8 linhas, sendo 6 para o transporte de veículos e passageiros através de embarcações monocasco e 4 utilizadas apenas para o transporte de passageiros através de lanchas do tipo

catamarã, que são capazes de transportar diariamente 22 mil pedestres, 22 mil veículos, 11 mil bicicletas e 9 mil motos (BRITO, 2008; DERSA, 2017).

Segundo BNDES (1999) o terceiro sistema mais importante é o sistema de Salvador (BA), tendo como principal linha a Salvador-Ilha de Itaparica, que transportou cerca de 5,7 milhões de passageiros no ano de 1998, representando 1,2% do total de passageiros transportados pelas embarcações do tipo ferry boat e ônibus de Salvador.

O sistema de transporte de Aracaju (SE), conta com duas linhas de transporte principais, a linha Aracaju-Centro (Barra dos Coqueiros) e Aracaju – Atalaia Nova (Barra dos Coqueiros), ambas atravessando o rio Sergipe. Representando cerca de 2,7% do total de passageiros transportados por barcas e ônibus na região de Aracaju. Operada pela empresa H. Dantas, esse sistema transportou 2,2 milhões de passageiros em 1998, sendo a ligação mais rápida e econômica entre Aracaju e o município de Barra dos Coqueiros (BRITO, 2008).

O sistema de transporte de São Luís (MA) conta duas linhas principais, transportando passageiros da Capital do Maranhão a Alcântara. No ano de 2014, o transporte aquaviário de São Luís transportou cerca de 1,7 milhão de passageiros na linha Ponta da Espera (São Luís) – Cujupe (Alcântara), viagem essa que apresenta uma diferença de aproximadamente 300 quilômetros quando comparada ao meio de transporte rodoviário (EMAP, 2016; MORAES, 2002).

O transporte aquaviário de Belém (PA) é responsável pela ligação da capital do estado do Pará a 42 ilhas do município onde seria essa a única forma de acesso a essas localidades. Além de se tratar de um tráfego hidroviário municipal reduzido, é extremamente essencial para os habitantes das ilhas que compõem esse município. O Pará conta com cerca de 61 linhas de navegação e uma frota de aproximadamente 173 embarcações. (ANTAQ, 2013; MORAES, 2002).

Devido a inexistência de ferrovias, a precariedade ou até mesmo a falta de estradas para chegar as cidades e povoados, juntamente com o elevado valor das passagens aéreas, torna o transporte aquaviário da região Amazônica, o meio de transporte mais importante para a população daquela região, não possuindo a população ribeirinha outro modo para sua locomoção (MORAES, 2002; RITA, 2013).

Com o aumento da concorrência nesse setor, muitos armadores se viram obrigados a mudar seus conceitos de transporte, deixando de lado as antigas embarcações de madeira inseguras, lentas e desconfortáveis, e passando a investir

em tecnologia e novos equipamentos, possibilitando aos passageiros maior conforto, segurança e rapidez. Dessa forma, viagens que demoravam dias através das antigas embarcações, passaram a demorar apenas horas (DAVID, 2010; MORAES, 2002).

As Figura 11 e Figura 12 procuram confrontar as diversas tecnologias existentes na região Amazônica, onde se observa a confusa, mas tradicional, acomodação em redes, proporcionada pelas embarcações convencionais de madeira e aço, em comparação as acomodações em poltronas das embarcações de alta velocidade existentes na região.

Figura 11 - Embarcações convencionais de madeira e aço e a tradicional acomodação em redes



Fonte: Christ (2014); Cattelan (2016)

Figura 12 - Embarcação de alta velocidade e suas confortáveis acomodações

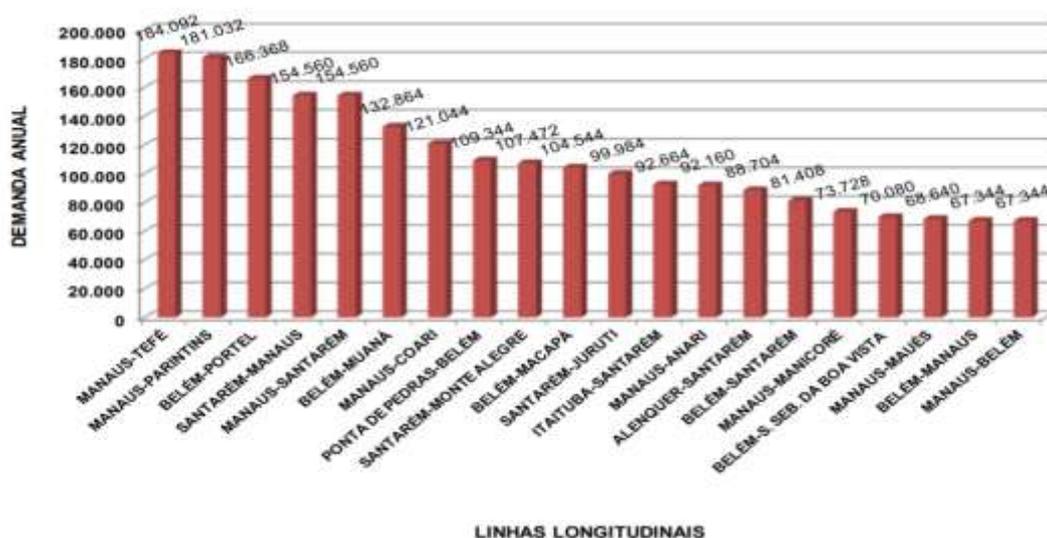


Fonte: CRIS Transporte Navegação (2017); Alves (2016)

Segundo estudo realizado pela ANTAQ (2012), a região amazônica é responsável por transportar pouco mais de 1 milhão de passageiros por mês, entre

linhas que ligam os estados do Amazonas, Pará, Rondônia e Amapá. Somente no estado do Amazonas são transportados cerca de 586 mil passageiros mensalmente, tornando esse sistema de transporte um dos mais importantes da região norte do país. Dentre as linhas que apresentam maior movimentação de pessoas nessa região, vale a pena destacar as três mais importantes, são elas: Manaus-Tefé, transportando cerca de 184 mil passageiros por ano, Manaus – Parintins, com aproximadamente 181 mil passageiros por ano, ambas no estado do Amazonas, e também, a linha Belém-Portel, no estado do Pará, que é responsável por transportar mais de 166 mil pessoas anualmente. A *Figura 13* traz a lista completa com as 20 linhas com maior demanda de passageiros por ano em todo o território Amazônico.

Figura 13 - Linhas Longitudinais com as maiores demandas de passageiros (por ano) - Amazônia



Fonte: ANTAQ (2012)

No Anexo A é possível observar algumas linhas de navegação presentes no território brasileiro. Nota-se que a utilização de catamarãs para o transporte de passageiros no Brasil, é bastante inferior se comparada as embarcações monocasco, principalmente na região amazônica, onde a presença desse tipo de embarcação é praticamente nula. Diferente do que acontece no restante do mundo, onde existe uma tendência pela utilização de embarcações do tipo catamarã para o transporte de passageiros. Como já explicado em tópicos anteriores, isso se dá pelas melhores características apresentadas por esse tipo de embarcação se comparada com os monocascos.

Nos tópicos a seguir serão detalhados cada uma das características importantes de projeto de uma embarcação, como: Resistência ao avanço, estabilidade e projeto estrutural.

2.3 RESISTÊNCIA AO AVANÇO

A resistência ao avanço é caracterizada por ser uma força contrária ao movimento da embarcação para uma dada velocidade. Segundo Picanço (1999), para que uma embarcação se torne economicamente viável e apresente um bom desempenho como elemento do sistema de transporte onde atua, o seu projetista deve sempre buscar minimizar a energia utilizada para que a embarcação atinja seus requisitos específicos de projeto.

O consumo de combustível e custo operacional de uma embarcação são diretamente relacionados a resistência ao avanço que uma embarcação irá apresentar quando se deslocando a uma dada velocidade (MOLLAND ET AL., 2011; PICANÇO, 1999).

Dessa forma, buscando entender melhor esse fenômeno, William Froude realizou estudos sobre a resistência ao avanço com modelos em escala reduzida em tanques de prova, no século XVIII, se tornando o pioneiro desse tipo de análise até então. Atualmente, existem diversos tanques de provas que realizam ensaios de aspectos hidrodinâmicos das embarcações através de técnicas sofisticadas, contudo, até hoje o princípio das análises da resistência ao avanço utiliza os conceitos originais propostos por Froude (MOLLAND ET AL., 2011; PICANÇO, 1999).

Segundo Molland (2011), a resistência ao avanço para embarcações navegando em águas calmas pode ser dividida em três parcelas: Resistência de onda, de atrito e de pressão viscosa, cujo esquema é apresentado na figura abaixo.

Figura 14 - Parcelas que compõem a resistência total ao avanço



Fonte: Adaptado de Molland (2011, p 14)

A resistência de onda está relacionada a energia necessária para manter o sistema de ondas enquanto a embarcação avança, a qual tende a aumentar exponencialmente com o aumento da velocidade da embarcação, sendo quase imperceptível em pequenas velocidades (PICANÇO, 1999; TRINDADE, 2012).

A resistência causada pelo atrito, é o resultado da interação viscosa da água com a superfície do casco, ou seja, quando um corpo se move em um fluido em repouso, uma fina camada desse fluido acaba se aderindo juntamente ao corpo em movimento, resultando em uma velocidade nula em relação ao mesmo. Fazendo com que haja uma grande variação da velocidade nos arredores do casco, diminuindo com a distância do mesmo. É usualmente considerado como sendo a espessura da camada limite, a distância da superfície do corpo até a posição onde a velocidade do fluido seja equivalente a 1% da velocidade do corpo (TRINDADE, 2012).

Para facilitar a análise, William Froude assumiu que a resistência friccional de uma embarcação poderia ser aproximada pela resistência friccional de uma placa plana rebocada na mesma velocidade da embarcação, de mesmo comprimento e mesma área molhada (MORAES, 2002).

Já a resistência viscosa de pressão são forças geradas pela diferença de pressão no casco, resultado dos efeitos viscosos do escoamento, podendo ter dois

motivos principais, primeiramente, devido à geração de vórtices nas descontinuidades do casco, e segundo, devido ao aumento de espessura da camada limite ocasionado pela separação do escoamento (TRINDADE, 2012).

Segundo Molland (2011), existem diversos métodos para estimar a resistência ao avanço de uma embarcação, levando em consideração ao tipo de casco que se está analisando, podendo ser: deslocantes, planantes, monocascos e multicascos. Contudo, para este trabalho, só será descrito o método de análise de uma embarcação do tipo multicasco, já que se trata de um catamarã.

Segundo Bentley (2016), o método de análise que melhor se adequa para análise de uma embarcação do tipo catamarã é o método de *Slender body*, o qual pode ser aplicado a diferentes tipos de cascos, desde que esse atenda as seguintes condições: ser esbelto e apresentar um casco simétrico em relação ao plano diametral.

Para um casco ser considerado esbelto, a relação do comprimento pela boca e calado devem ser altos, para Bentley (2016), o valor mínimo para essa relação deve ser 5, sendo que quanto maior, melhor. Além disso, para se obter resultados mais precisos, a embarcação deve apresentar um número de Froude de no máximo 1. Onde esse número representa o regime de escoamento da água junto a casco.

Esse tipo de método é responsável por analisar e calcular a parcela da resistência de ondas gerada pela embarcação, pois calcula a geração do padrão de onda superficial livre. Para as outras parcelas da resistência, softwares como Maxsurf Resistance, adicionam a componente de resistência viscosa utilizando o método ITTC 1957 e o fator de forma para catamarã proposto por Molland (BENTLEY, 2016).

Com o valor da resistência ao avanço encontrado, pode ser determinada a potência efetiva do sistema propulsor dada em watts, através da equação 1.

$$P_e = R_t * V_s \quad (1)$$

Onde:

P_e – Potência efetiva

R_t – Resistência ao avanço

V_s é a velocidade de serviço da embarcação

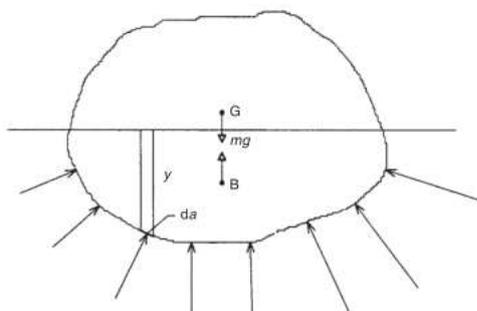
Com o valor da potência efetiva é possível combinar com as eficiências presentes no sistema e para estimar o valor da potência que precisa ser instalada na embarcação.

2.4 ESTABILIDADE

Diferentemente da análise da resistência ao avanço, o qual tem como objetivo analisar a performance que aquela embarcação irá apresentar, o estudo de estabilidade visa garantir a segurança dos passageiros e cargas, e também, a integridade da embarcação.

Segundo Molland (2008), um corpo flutuando em um líquido encontra-se em equilíbrio quando a força aplicada por esse corpo sobre o fluido é igual a força aplicada do fluido sobre o corpo, contudo, com direções opostas, atendendo assim o princípio de Arquimedes, como é possível observar na Figura 15.

Figura 15 - Posição do centro de gravidade e carena



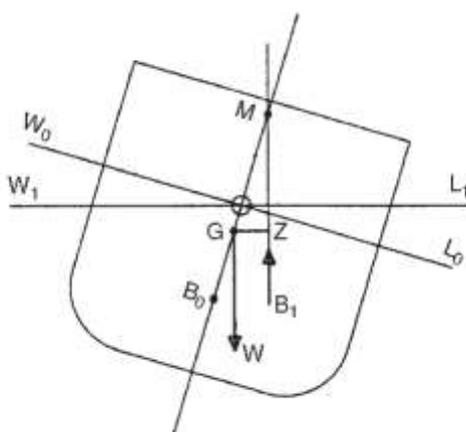
Fonte: Molland (2008 p.77)

O peso do corpo (mg) pode ser analisado como uma força total concentrada no centro de massa G , também conhecido como centro de gravidade. Da mesma forma, a integral da pressão hidrostática atuando no corpo submerso, também conhecida como força de empuxo, pode ser concentrada no centro do volume submerso B . Nota-se que as duas forças apresentam a mesma magnitude e mesma linha de ação, contudo, com direções opostas. Caso contrário, o corpo se moveria (MOLLAND, 2008).

2.4.1 Estabilidade a pequenos ângulos

O conceito de estabilidade a pequenos ângulos pode ser explicado pela banda gerada na embarcação pela aplicação de uma força externa a mesma, fazendo com que a embarcação incline de acordo com a Figura 16, onde W_0L_0 representa a posição inicial da linha d'água da embarcação, sem a aplicação da força, e W_1L_1 é a nova posição de linha d'água da embarcação, após a sua inclinação.

Figura 16 - Estabilidade transversal a pequenos ângulos



Fonte: Adaptado de MOLLAND (2008, p 81)

Como é possível observar na figura, a inclinação do corpo, não resultará em uma mudança na posição do centro de gravidade transversal G da embarcação, contudo, o centro de carena transversal varia de B_0 para B_1 , resultado da variação da parte que está submersa (MOLLAND, 2008).

Segundo Molland (2008), a nova força de empuxo agindo verticalmente no ponto B_1 se intersecta ao eixo de simetria da embarcação, na posição M , a qual é conhecido como metacentro, que para pequenos ângulos de inclinação pode ser considerado fixo. Contudo, a força peso mg que age em direção oposta a força de empuxo, mas com mesma magnitude, não está na mesma linha de ação de B_1 , como mostra a *Figura 16*. Existe um desalinhamento entre as forças, cuja distância é representada pelo segmento GZ , que para pequenos ângulos pode ser calculado pela expressão $GZ = GM \sin\theta$. Onde GZ recebe o nome de braço de endireitamento, que quando apresenta um valor positivo, tende a retornar à embarcação a sua posição de equilíbrio. Sendo GM a altura metacêntrica.

Dessa forma, existem três condições de equilíbrio a qual a embarcação pode se encontrar. Segundo Molland (2008) são elas:

- Estável: Quando M está posicionado acima de G, então GM e GZ serão positivos, fazendo com que a embarcação esteja estável.
- Neutro: Quando M e G coincidem na mesma posição, não havendo então momento agindo sobre a embarcação, dessa forma, GM e GZ são zeros, tornando a embarcação em equilíbrio neutro, ou seja, sem ângulo de banda.
- Instável: Quando M se encontra abaixo de G, sendo GM e GZ negativos, tornando a embarcação instável.

Para garantir a estabilidade e segurança, a NORMAM estabelece critérios mínimos de navegabilidade para as embarcações, de acordo com a área de atuação, tipo de embarcação e transporte.

2.4.2 Critérios de estabilidade exigidos pela NORMAM-02

A NORMAM-02 (2005) exige que sejam analisadas diferentes condições de carregamento para a embarcação, sendo garantida a estabilidade em todas elas. As 4 condições exigidas para esse tipo de carregamento podem ser observadas a seguir.

1. Embarcação na condição de carga total de partida, totalmente abastecida em gêneros e óleos, e com a lotação máxima de passageiros com suas bagagens;
2. Embarcação na condição de carga total de regresso, com o número máximo de passageiros e suas bagagens, mas com apenas 10% de gêneros e combustível;
3. Embarcação na condição de carga total de partida, porém, sem passageiros;
4. Embarcação na condição de carga total de regresso, com 10% de gêneros e combustível, mas sem passageiros.

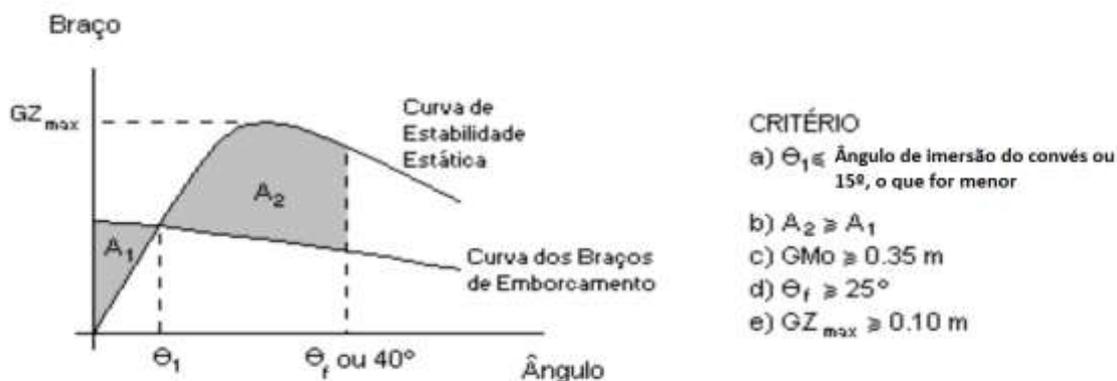
Sendo que segundo a NORMAM-02 (2005), os passageiros sem suas bagagens devem ser considerados distribuídos de forma a produzir a mais desfavorável combinação que pode ser verificada na prática para o momento emborcador devido ao agrupamento de passageiros em um bordo e ou posição vertical do centro de gravidade na condição.

Para que a embarcação empregada na Área 1 seja considerada estável, ela deve atender os seguintes critérios estabelecidos pela NORMAM-02 (2005):

1. O ângulo de equilíbrio estático da embarcação (θ_1), quando submetido a ação isolada do acúmulo de passageiros em um bordo, do vento, da manobra de giro ou do reboque (quando aplicável) deve ser menor ou igual ao ângulo de imersão do convés na condição de carregamento considerada ou 15° , o que for menor;
2. A área compreendida entre a curva de estabilidade estática e as curvas dos braços de emborcamento devido ao acúmulo de passageiros em um bordo, ao vento, a manobra de giro ou ao reboque (quando aplicável), até o ângulo de alagamento (θ_f) ou 40° , o que for menor, deverá ser maior ou igual que a área sob a curva dos braços de emborcamento antes da interseção com a curva de estabilidade estática;
3. A altura metacêntrica inicial (GM_0) deverá ser maior ou igual a 0,35 metros;
4. Ângulo de alagamento maior ou igual a 25° ; e
5. Braço de endireitamento máximo maior ou igual a 0,10 metros.

As condições descritas acima podem ser observadas resumidamente na Figura

Figura 17 - Critério de estabilidade para embarcações na Área 1



Fonte: NORMAM-02 (2005)

A curva dos braços de emborcamento apresentada no gráfico acima, é resultado da soma do braço de passageiros, vento e manobra. As equações apresentadas pela NORMAM-02 (2005) para calcular tais momentos serão mostradas a seguir.

- Momento emborcador devido a ação do acúmulo de passageiros:

$$Mp = P \times N \times Y_{cr} \times \cos\theta \quad (2)$$

Onde:

Mp – Momento emborcador devido ao agrupamento de passageiros no bordo para o convés considerado, em t.m;

P – Peso de cada passageiro, assumindo igual a 0,075 toneladas;

N – Número de passageiros transportados no convés considerado;

Y_{cr} – Distância do centroide da área ocupada pelos passageiros agrupados no convés considerado e a linha de centro, em m; e

θ – Ângulo de inclinação da embarcação.

- Momento emborcador devido a ação do vento:

$$Mv = 5,48 \times 10^6 \times A \times h \times V^2 \times [0,25 + 0,75 \cos^3\theta] \quad (3)$$

Onde:

Mv – Momento emborcador devido ao vento de través, em t.m;

A – Área lateral exposta ao vento, em m²;

h – Distância vertical entre o centro da área lateral exposta e um ponto correspondente a metade do calado médio na condição considerada, em m;

V – Velocidade do vento, em km/h; e

θ – Ângulo de inclinação.

- Momento emborcador devido a guinada:

$$Mg = \frac{\left[0,02 \times V_o^2 \times \Delta \times \left(KG - \left(\frac{H}{2} \right) \right) \right]}{L} \quad (4)$$

Onde:

Mg – Momento emborcador devido a guinadas, em t.m;

V_o – Velocidade de serviço da embarcação, em m/s;

Δ - Deslocamento da embarcação na condição de carregamento considerada, em t;

KG – Altura do centro de gravidade acima da quilha, em m;

H – Calado médio na condição de carregamento analisada, em m; e

L – Comprimento de linha d'água na condição de carregamento analisada, em m.

Já para o cálculo dos braços de emborcamento basta dividir cada um dos momentos obtidos a partir das equações apresentadas pelo deslocamento total da embarcação nas condições de carregamento analisadas.

2.5 PROJETO ESTRUTURAL

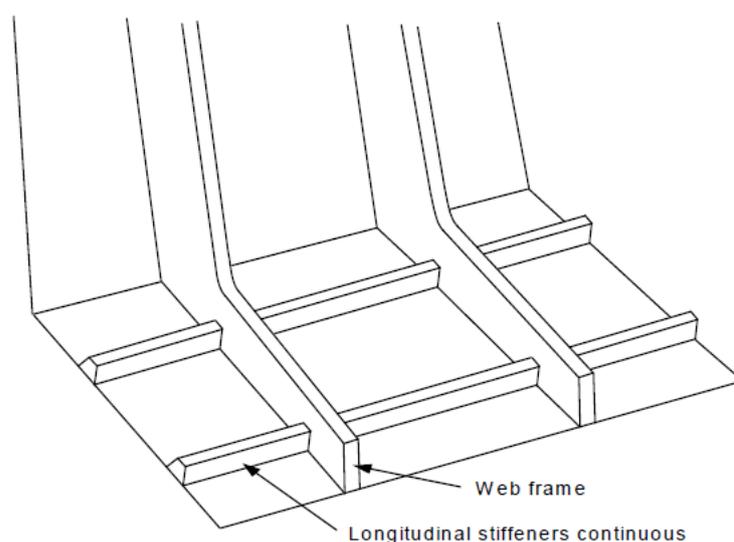
Assim como a estabilidade, o projeto estrutural é outra fase do projeto de extrema importância para garantir a segurança dos passageiros e a integridade da embarcação. Segundo Cardoso (1994) a estrutura de uma embarcação pode ser formada por um chapeamento reforçado por meio de perfis distribuídos

longitudinalmente e transversalmente por toda a embarcação, tendo como função suportar as diversas cargas a qual o barco está sujeito durante sua vida útil, sem deixar que os esforços e deformações produzidas ultrapassem os limites pré-estabelecidos de projeto.

Sendo assim, no projeto estrutural devem ser determinadas as espessuras das chapas da embarcação, juntamente com as dimensões e posicionamento dos reforçadores longitudinais e transversais (cavernas e anteparas) que compõem a estrutura da embarcação, de forma a suportar pressões tanto estáticas quanto dinâmicas (AMARAL, 2016).

Na Figura 18, é possível observar um arranjo estrutural típico para embarcações de alta velocidade, onde são exemplificados os reforçadores contínuos longitudinais e as cavernas (webframes). Vale ressaltar, que para embarcações construídas com material compósito, os reforçadores, tanto longitudinal quanto transversal, são laminados juntos ao casco (AMARAL, 2016).

Figura 18 - Arranjo estrutural típico de uma embarcação



Fonte: DNV (2012, apud AMARAL 2016).

Segundo Molland (2008), um projeto estrutural para ser considerado ótimo, deve ser capaz de resistir aos esforços sofridos pela embarcação apresentando o mínimo de peso possível.

3. METODOLOGIA

Para a parte de desenvolvimento deste trabalho, será utilizado a metodologia clássica de desenvolvimento de projetos. Dessa forma, será utilizado uma espiral com a sequência das etapas do projeto, que visa correlacionar os sistemas e atributos de desempenho do barco com as variáveis de projeto.

A fim de definir a sequência das etapas e requisitos a serem percorridos no desenvolvimento do trabalho, foram listadas as etapas pontuais julgadas necessárias ao desenvolvimento de uma embarcação, afim de poder classificá-las conforme o nível de influência do maior ao menor, utilizando uma matriz de influência, apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Matriz de influência

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	soma	
Dimensões principais e arqueação bruta	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Capacidade de passageiros	B	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	6
Velocidade de operação	C	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	4
Resistência ao avanço	D	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
Escolha do conceito	E	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	4
Projeto estrutural	F	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
Pesos e centros	G	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Estabilidade	H	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Motorização	I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Segurança e salvatagem	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Na matriz de influência ocorre a pontuação das etapas segundo a sua influência no projeto, sendo pontuada da seguinte maneira: se a etapa do projeto listada na linha tiver influência sobre a coluna das outras etapas, o número um é atribuído, caso contrário, o zero. Dessa forma, soma-se os valores de cada linha e faz-se uma classificação, onde a etapa de maior pontuação será o ponto de partida e as outras serão desenvolvidas na sequência, conforme o resultado de classificação.

Como sequência da matriz de influência, foi gerado a Espiral de Evans, que ajuda na visualização e realização sequencial do projeto. Os pontos da espiral marcam o início da análise de um atributo, sendo refinado a cada volta na espiral, caracterizando o processo iterativo de concepção do projeto conceitual da embarcação.

A espiral de Evans gerada para esse trabalho pode ser vista na figura a seguir.

Figura 19 - Espiral de Evans



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Na primeira etapa do desenvolvimento do projeto, serão estimadas as dimensões principais da embarcação, buscando atender aos requisitos de arqueação exigidos pelo armador e restrições de rota. Para tal, foram criadas três embarcações diferentes, para que futuramente nesse trabalho possa ser escolhida a melhor para dar continuidade.

Definido as dimensões principais utilizando parâmetros gerados por embarcações semelhantes, que foram desenhados no programa de modelagem *Rhinoceros*, com uma posterior análise das capacidades de carga de cada uma, lembrando que se trata de um projeto de uma embarcação para transporte de passageiros, por isso, a maximização da quantidade de passageiros é um requisito exigido por armadores desse tipo de embarcação.

Para realizar essa tarefa foram utilizadas regras de habitabilidade e acessibilidade presentes na norma, que estabelece as condições mínimas de conforto para os passageiros. Dessa forma, foram modelados no programa *AutoCad* o arranjo geral dos conveses das embarcações em escala, atendendo os requisitos da norma.

Para definir a resistência ao avanço das embarcações, primeiramente foi definida a velocidade de operação da mesma, pelo estudo das rotas de maior demanda de passageiros na região amazônica, e de velocidades de operação de embarcações semelhantes e critério de fornecimento de alimentação descrito na NORMAM-02.

Em seguida, foram simuladas as resistências ao avanço das três embarcações, buscando encontrar a que apresentava o melhor desempenho entre elas. Para essa etapa, foi utilizado o programa *Maxsurf resistance*, que utilizou o método de Slender Body para determinar a resistência de embarcações do tipo catamarã.

Após ter definido a capacidade de carga e a resistência ao avanço das diversas embarcação, foi escolhida a que apresenta as melhores características combinadas das duas etapas citadas. A partir desse momento o desenvolvimento foi realizado com apenas uma embarcação.

Nessa etapa foram realizados os estudos de projeto estrutural, pesos e centros, estabilidade, motorização, e equipamentos e materiais para salvatagem.

Para o projeto estrutural, foi utilizado um método sugerido por GERR (2000), que utiliza um parâmetro de *Scantling Number (Sn)* para dimensionamento tanto dos reforçadores quanto das espessuras de chapeamento da embarcação.

Com todos os componentes estruturais definidos, e com o auxílio da modelagem em CAD da embarcação, foi possível obter os pesos e centros dos componentes da embarcação.

Para a etapa de estabilidade, foi utilizado o programa *Maxsurf Stability*, para o estudo de estabilidade em pequenos ângulos, buscando atender as normas estabelecidas pela NORMAM-02 (2005).

Por se tratar de uma embarcação para transporte de passageiros, foram verificadas as condições requeridas pelas normas brasileiras em relação a segurança e salvatagem.

E por último, com todas as etapas já desenvolvidas, foi criado o arranjo geral da embarcação, onde mostra como a posição dos materiais e equipamentos que a embarcação está navegando.

4. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão apresentadas as fases de desenvolvimento do projeto da embarcação do tipo catamarã para o transporte de passageiros na região amazônica. A seguir as etapas serão apresentadas de acordo com a espiral de Evans criada anteriormente para ordenar as etapas do projeto.

4.1 REQUISITOS DE PROJETO

O transporte hidroviário é um dos principais meios de locomoção de passageiros da região amazônica, contudo, esse sistema é caracterizado, em sua maioria, por apresentar embarcações inseguras e obsoletas, com pouca ou nenhuma tecnologia (BALBI, 2009).

Conseqüentemente, esse trabalho tem como o objetivo a criação de um projeto que atenda às necessidades do mercado e possa competir diretamente com as embarcações já existentes na região. Para isso, optou-se por utilizar um conceito de embarcação pouco explorado na região, o catamarã, que apresenta boas características de espaço disponível no convés para o transporte de passageiros e menor resistência ao avanço devido aos seus cascos esbeltos.

Um dos requisitos solicitados pelo armador para este projeto, é que a embarcação tenha um limite de arqueação bruta de até 20, o qual resultaria em um projeto mais barato, já que segundo a NORMAM-02 (2005), uma embarcação desse porte necessitaria apenas apresentar planos de arranjo geral, segurança e capacidade, como é possível observar no Anexo B, onde foram orçados o projeto de 2 embarcações pela empresa NETUNO ENGENHARIA NAVAL, uma com arqueação igual a 20 e outra maior. E também, não há a necessidade de ser analisado por uma classificadora ou certificadora, havendo uma inscrição direta na capitania dos portos.

Dessa forma, busca-se uma embarcação segura, confortável para seus usuários e rentável para o armador, buscando atender todas as normas estabelecidas pela Diretoria de Portos e Costas da Marinha do Brasil.

4.2 DIMENSÕES PRINCIPAIS

A definição das dimensões principais foi considerada o ponto de partida para a criação do projeto, através da matriz de influência apresentada na seção 4. Isso se dá ao fato da embarcação apresentar um requisito limitante de arqueação bruta, o que está diretamente relacionado ao volume de todos os espaços fechados da embarcação, que engloba os cascos e a cabine.

Para definição dos diversos parâmetros relacionados ao projeto de um catamarã, foram selecionadas algumas relações criadas a partir de embarcações semelhantes apresentadas por Oliveira (2013), Moraes (2002), e também, através de embarcações semelhantes selecionadas para esse trabalho. Serão utilizadas as relações de comprimento e boca, boca na linha d'água do casco e pontal, como podem ser observadas a seguir.

- Comprimento (LOA) e boca (BOA):

$$2,5 \leq \frac{LOA}{BOA} \leq 3,5 \quad (5)$$

Optou-se por utilizar essa relação do comprimento da embarcação pela boca total apresentada por Moraes (2002), visto que grande parte das embarcações semelhantes selecionadas para este trabalho, Anexo C, se encontram na mesma faixa de valores da relação mostrada acima.

- Boca na linha d'água do casco (BWL):

$$B_{WL} = \frac{L}{9} \quad (6)$$

Relação essa apresentada por Oliveira (2013), retirada a partir de embarcações semelhantes.

- Pontal (D):

$$D = T + 0,6 \quad (7)$$

Essa relação para definição do pontal da embarcação, adaptada de Oliveira (2013), leva em consideração o calado, que foi estabelecido inicialmente através de uma embarcação com as mesmas características de comprimento e porte, e uma distância mínima entre a parte mais baixa da plataforma que liga os dois cascos do catamarã e a superfície da água. Oliveira (2013) recomenda uma distância de 600 mm entre a plataforma e água, para que não haja contato entre as duas, evitando assim um possível aumento no arrasto sofrido pela embarcação.

Para o auxílio na modelagem do casco, usou-se como referência a embarcação semelhante mostrada na Figura 20. Desta embarcação foram tiradas medidas importantes para o projeto, como por exemplo, primeira estimativa do calado, curvatura do casco, relação da casaria pelo comprimento do casco, entre outras.

Figura 20 - Embarcação semelhante ASV 1100



Fonte: Albatross (2016)

Amstrong (2004) apresenta a existência de dois tipos mais comuns de cascos utilizados em catamarãs, referente a curvatura da seção mestra, uma apresentando um ângulo V mais acentuado, configuração que recebe o nome de *Hard Chine*, e a outra, mais utilizada, o *Round Bilge*, o qual apresenta um casco mais arredondado, como é possível observar na Figura 21. Segundo ele, a preferência pelo tipo de casco a ser modelado, está diretamente relacionada a velocidade e o deslocamento da embarcação. Cascos do tipo *Round Bilge* são preferíveis para embarcações pesadas

e de baixas velocidades, em contrapartida, os cascos do tipo *Hard Chine* são utilizados em embarcações leves e de altas velocidades.

Figura 21 - Formas típicas dos cascos de catamarãs

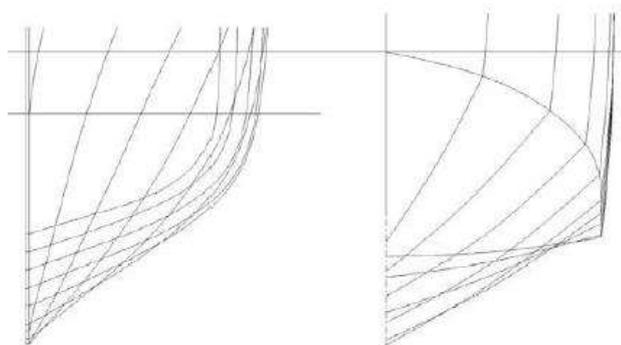


Figure 45.13 Round Bilge and Hard Chine Hull Shapes Typical of Catamarans

Fonte: Armstrong (2004)

Conseqüentemente, para modelagem do casco do presente trabalho, utilizou-se a configuração *Hard Chine*, também utilizada na embarcação ASV 1100, já que ambas buscam apresentar uma alta velocidade e baixo peso.

Seguindo esses princípios, foram modelados três cascos diferentes, variando inicialmente a razão do comprimento pela boca da embarcação, e também, o seu comprimento total, buscando sempre atender ao requisito inicial de projeto, de uma arqueação bruta igual a 20, calculado através da fórmula a seguir apresentada pela NORMAM-02 (2005).

$$AB = (0,2 + 0,02 \log_{10} V) \times V \quad (8)$$

Onde V representa o volume total de todos os espaços fechados da embarcação, em m^3 .

Para o cálculo inicial do volume da casaria, Watson (1998) sugere que para embarcações de passageiros, esse volume seja obtido das embarcações semelhantes através da relação entre os seus comprimentos e os comprimentos das casarias. Dessa forma, foram selecionadas algumas embarcações semelhantes ao projeto, e os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Relação comprimento total pelo comprimento da casaria das embarcações semelhantes

Nome	LOA	L _{superestrutura}	L _{superestrutura} /LOA
CAT BB 43	11,60	8,66	0,60
CAT BB 60	17,00	11,57	0,63
ASV 1100	11,16	7,39	0,62

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Com isso, chegou-se a uma relação entre o comprimento da casaria e o comprimento total da embarcação igual a 0,6, que foi utilizada para dimensionamento do comprimento da casaria do projeto atual.

Assim, foram geradas 3 possibilidades de embarcação, como mostradas na Tabela 7, variando a razão do comprimento total da embarcação pela boca máxima e cumprindo o requisito de arqueação máxima de 20 AB chegou-se a uma variação de comprimento total (LOA), boca (B) e boca na linha d'água (b) entre as embarcações. As embarcações geradas foram levadas adiante até a finalização da etapa de análise da resistência ao avanço onde foi possível escolher com qual embarcação seguir adiante.

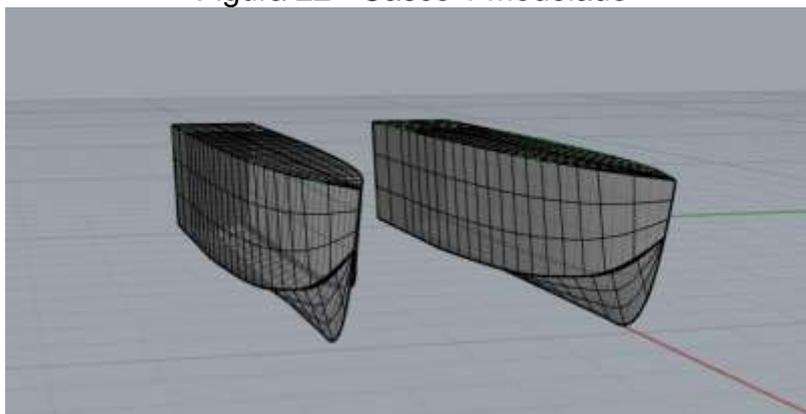
Tabela 7 - Características das embarcações geradas

	Embarcação 1	Embarcação 2	Embarcação 3
L/B	2,5	3,0	3,5
LOA (L) –	11 (m)	11,5 (m)	12 (m)
Boca (B)	4,4 (m)	3,8 (m)	3,4 (m)
B_{WL} (b)	1,22 (m)	1,27 (m)	1,33 (m)
Calado (H)	1,11 (m)	1,11 (m)	1,11 (m)
Pontal (D)	1,71 (m)	1,71 (m)	1,71 (m)
C_b	0,63	0,63	0,63

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Para modelagem das embarcações utilizou-se o software *Rhinoceros*, onde através das dimensões principais, coeficiente da seção mestra (C_m) e da curvatura da quilha apresentada pelo modelo semelhante, foi possível chegar no casco apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Casco 1 modelado



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Vale a pena ressaltar que foi utilizado uma modelagem manual do casco. A tabela de cotas gerada para a embarcação pode ser encontrada no Anexo D.

4.3 ESCOLHA DO CONCEITO

Afim de poder escolher qual embarcação seguirá adiante nesse trabalho, foram analisadas as características de capacidade de carga e resistência ao avanço das três embarcações geradas, buscando a embarcação que apresente a melhor combinação dessas duas características.

4.3.1 Capacidade de Carga

Para realizar uma estimativa inicial da capacidade de passageiros da embarcação, buscou-se atender as normas referentes à habitabilidade estabelecidas pela autoridade marítima brasileira, a NORMAM, a qual estabelece requisitos mínimos que cada embarcação deve seguir referente ao conforto dos passageiros.

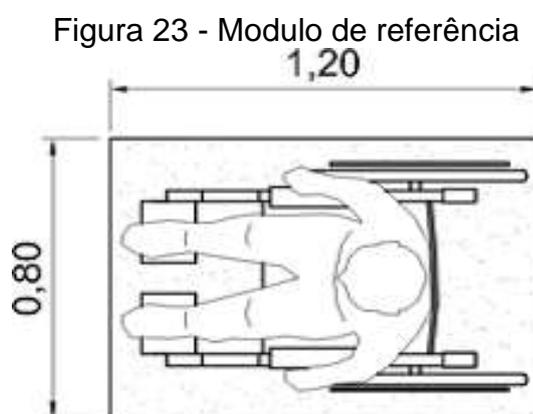
Sendo assim, durante essa etapa do projeto, foi definido um arranjo geral inicial para as três embarcações geradas anteriormente, buscando encontrar a opção que melhor se encaixa nos requisitos estipulados pelo armador, que no caso de uma embarcação para o transporte de passageiros, seria a maximização da quantidade dos passageiros.

Com a área da superestrutura já estabelecida através da relação do comprimento da superestrutura pelo comprimento total da embarcação, utilizada

anteriormente, foi possível definir o “layout” interno de cada uma das embarcações, sempre observando os requisitos de habitabilidade e acessibilidade estipulados pela NORMAM-02 e pela ABNT, respectivamente.

Segundo a ABNT NBR 15450 (2007) nas embarcações com capacidade para transportar menos de 100 passageiros, deve ser disponibilizado pelo menos um assento preferencial destinado aos passageiros com deficiência ou com mobilidade reduzida e uma área reservada e identificada para pessoa em cadeira de rodas (módulo de referência).

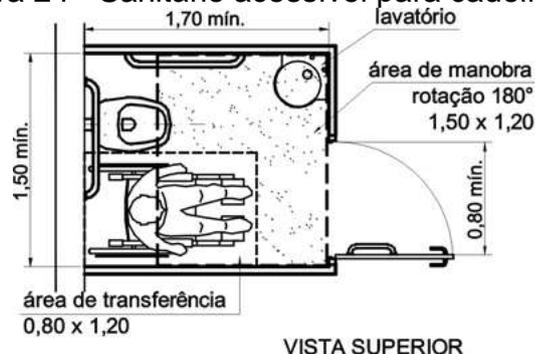
Sendo o módulo de referência mostrado na Figura 23:



Fonte: ABNT NBR 15450 (2007, p. 4)

A embarcação deve apresentar também um sanitário acessível, atendendo a norma ABNT NBR 9050, que exige que os boxes para bacia sanitária proporcionem uma área para transferência diagonal, lateral e perpendicular, bem como área de manobra para rotação de 180°, conforme a Figura 24.

Figura 24 - Sanitário acessível para cadeirantes

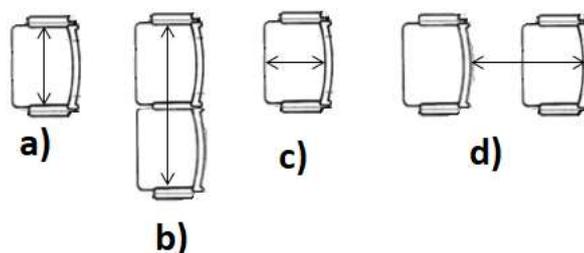


Fonte: ABNT NBR 9050 (2004 p. 70).

Já a NORMAN-02, faz exigências sobre habitabilidade dos passageiros, exigindo um dimensionamento mínimo para as poltronas e corredores da embarcação, as quais podem ser observadas a seguir:

- Espaços para cadeiras
 - a) Largura mínima de 0,45 metros para bancos simples;
 - b) Largura mínima de 0,86 metros para bancos duplos ou combinação desses;
 - c) Profundidade mínima de 0,40 metros; e
 - d) Distância mínima de 0,90 metros entre os encostos dos assentos montados frente a frente.
 - e) Podendo ser agrupadas no máximo 4 cadeiras em cada lado do corredor de circulação central.

Figura 25 - Dimensionamento dos espaços para cadeiras



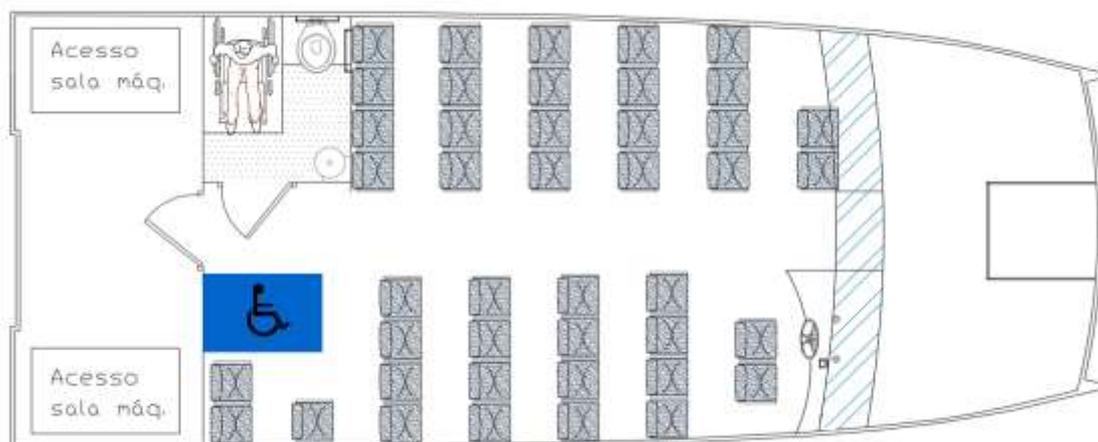
Fonte: Adaptado de NORMAM-02 (2005).

- Corredores de circulação interna

“Os corredores internos do salão de cadeiras deverão ter largura mínima de 800 milímetros para um comprimento máxima equivalente a 20 filas de cadeiras consecutivas”.

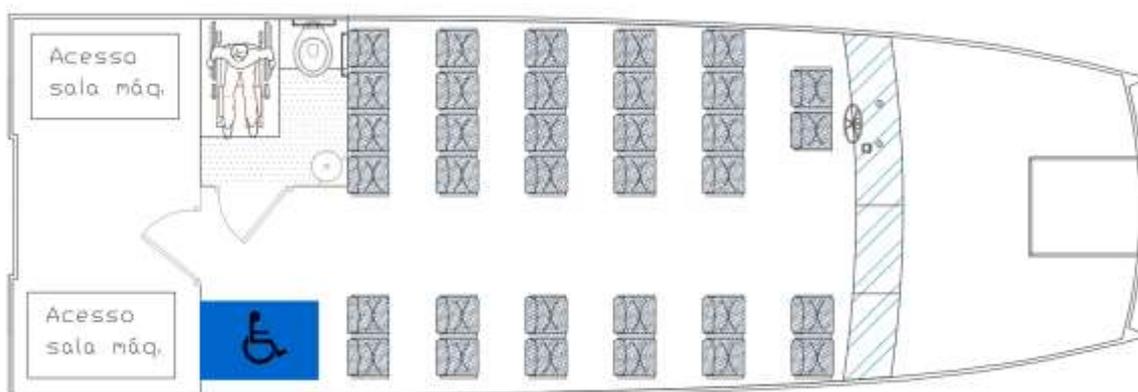
Tendo esse requisito como ponto de partida, foram estipulados os seguintes arranjos gerais, já devidamente dentro da escala:

Figura 26 - Layout convés embarcação 1



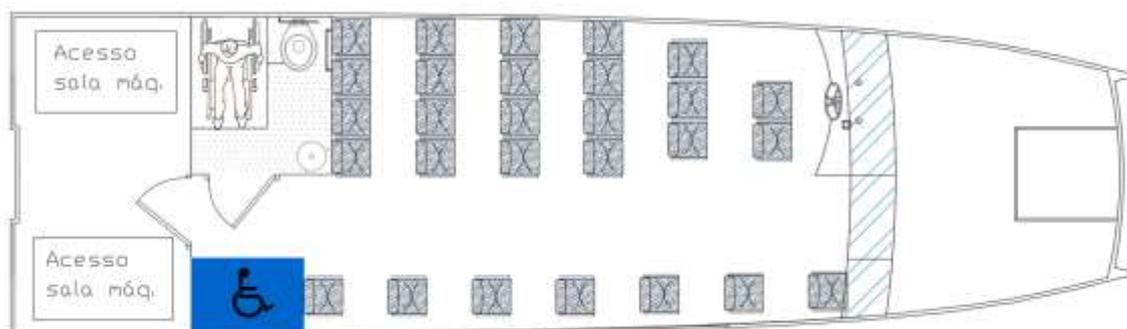
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Figura 27 - Layout convés embarcação 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Figura 28 - Layout convés embarcação 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Para que fosse possível atender todas as normas em cada uma das embarcações, foi necessário a criação de diferentes arranjos internos, visto principalmente a variação na boca entre elas, sempre buscando alcançar a capacidade máxima de passageiros possível. Na tabela a seguir, encontram-se os valores referentes ao número de passageiros em cada uma das embarcações.

Tabela 8 - Capacidade de passageiros para os diferentes modelos

	Casco 1	Casco 2	Casco 3
Comprimento total (m)	11	11,5	12
Capacidade de passageiros	41	32	26
Tripulantes	2	2	2
Cadeirantes	1	1	1
Total de passageiros	44	35	29

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como é possível observar na Tabela 8, a embarcação 1 é a que apresenta a maior capacidade de passageiros, sendo que esse valor de carga deve passar nos critérios de estabilidade que serão apresentados mais a frente neste trabalho. Contudo, apesar da embarcação ter apresentado melhores características nesse quesito, não foi considerado suficiente para que as outras embarcações pudessem ser descartadas, já que se busca uma embarcação que apresente as melhores características de custo operacional pelo retorno financeiro ao armador.

Por conseguinte, foi realizado a análise de resistência ao avanço das três embarcações para escolher a melhor para esse projeto, contudo, antes foi estipulado a velocidade de operação como mostrado nos tópicos a seguir.

4.3.2 Velocidade de operação e âmbito de atuação

Para estipular uma velocidade de operação para o projeto, foram analisadas algumas das principais rotas com maior demanda para transporte de passageiros saindo de Manaus, de acordo com a Figura 13 apresentada no referencial teórico, e também, embarcações semelhantes e suas respectivas velocidades, buscando assim uma velocidade ideal para que a embarcação possa operar em alguma dessas rotas.

Primeiramente, foi determinado que a embarcação poderá fazer viagens de no máximo 12 horas de duração, limite este estipulado pela NORMAM-02 (2005) para que a embarcação não precise fornecer refeição aos seus passageiros, caso contrário, ela deverá apresentar uma área destinada a preparação dos alimentos e um cozinheiro, contudo, pelo tamanho da embarcação, optou-se pela limitação do tempo de viagem.

A partir daí, foram selecionadas as rotas com maior demanda de passageiros saindo do porto de Manaus, e então, através das distâncias chegou-se nas velocidades requeridas para cada rota, como mostrado na tabela a seguir. Vale a pena destacar que o rio Amazonas apresenta uma correnteza média de 2,5 km/h, segundo Portal São Francisco (2015), conseqüentemente, houve um acréscimo nas velocidades obtidas considerando a pior condição, quando a embarcação estiver navegando contra a corrente.

Tabela 9 - Velocidade de navegação requerida para as linhas saindo de Manaus.

Rota	Demanda anual de passageiros	Distância (km)	Velocidade requerida (nós)
Manaus - Tefé	184092	672	31,5
Manaus – Parintins	181032	446	21,5
Manaus – Santarém	154580	769	37
Manaus – Coari	121044	452	22
Manaus – Manicoré	73728	607	29
Manaus – Maués	68640	390	19
Manaus - Belém	67344	1606	73,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Em seguida foram analisadas algumas embarcações do tipo catamarã com dimensões semelhantes às do projeto e suas respectivas velocidades, apresentada na Tabela 10, buscando então definir uma velocidade de operação e a rota que melhor se enquadre com as características da embarcação projetada.

Tabela 10 - Embarcações semelhantes e suas velocidades

Nome	Tipo	Comprimento (m)	Boca (m)	Calado (m)	Vel. Cruzeiro (knots)
CAT BB 43	Catamarã	14,34	4,90	0,70	20
CAT BB 60	Catamarã	18,30	6,27	-	22
ARESA 1650 FCAT	Catamarã	16,50	6,40	1,40	12
ARESA 1700 Open FCAT	Catamarã	16,50	6,40	0,90	12
ASV 1100	Catamarã	11,96	4,05	1,11	20
ASV 1500W	Catamarã	15,95	4,55	1,00	20
Hoku Nai'a	Catamarã	19,81	7,16	1,91	13
Expeditions Five	Catamarã	16,76	6,55	1,68	20
Island Adventure	Catamarã	19,75	7,16	1,65	20
Islander	Catamarã	19,78	7,16	1,65	20
Hula Kai	Catamarã	16,28	6,40	1,68	24
Water Taxi 1606	Catamarã	12,95	5,30	-	21,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Como é possível observar pelas embarcações semelhantes apresentadas acima, nenhuma delas é capaz de navegar a velocidades tão altas como a necessária para atender a rota de maior demanda, que seria de Manaus-Tefé. Conseqüentemente, optou-se por atender a rota Manaus-Parintins, a segunda rota com maior demanda por ano na região do estado do Amazonas. Assim, a velocidade média de operação escolhida para o projeto será 21,5 nós, para que esse percorra o trajeto em menos de 12 horas.

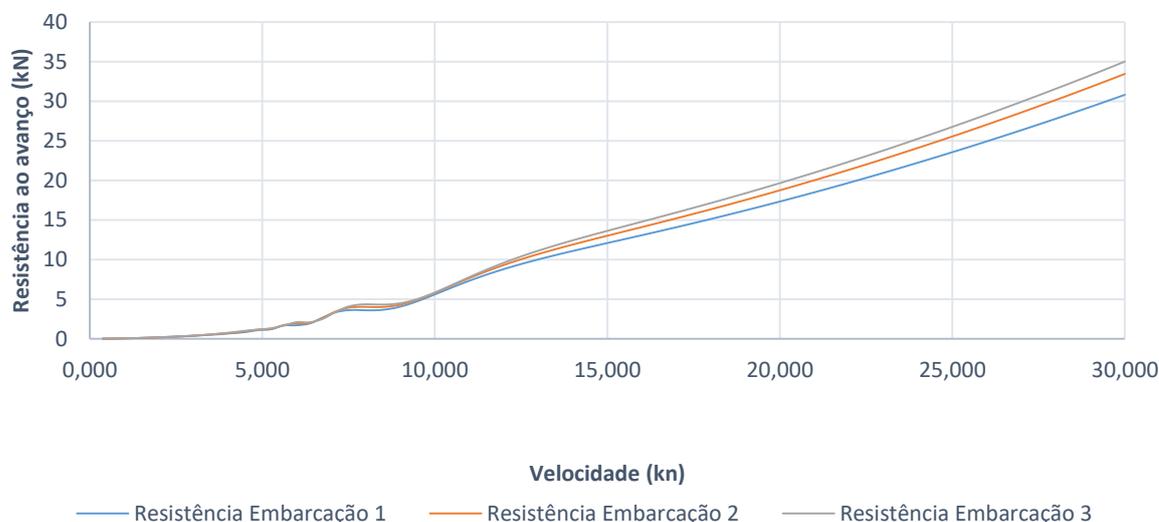
4.3.3 Resistência ao avanço

De posse dos modelos CAD das embarcações e da velocidade de operação, foi possível aplicar técnicas numéricas para determinar a resistência ao avanço dos mesmos. Para tal, utilizou-se o método *Slender Body* apresentado pelo programa *Maxsurf Resistance*, que pode ser aplicado em embarcações do tipo catamarã com cascos esbeltos que apresentam relação do comprimento total da embarcação pela boca na linha d'água superior a 5, de acordo com o manual de utilização do programa.

Afim de realizar uma comparação justa entre as embarcações, visto a variação do comprimento entre elas, optou-se por analisar a razão entre o valor da resistência ao avanço, para uma dada velocidade, e o número de passageiros, obtendo assim a embarcação que apresentará uma menor resistência por passageiro.

O gráfico da resistência ao avanço das três embarcações pode ser observado na Figura 29.

Figura 29 - Gráfico comparativo das resistências ao avanço das embarcações geradas



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Em seguida foram analisadas as resistências ao avanço para a velocidade de serviço de 21,5 nós. Na Tabela 11 é possível ver os resultados obtidos para cada uma das embarcações.

Tabela 11 - Comparativo das resistências ao avanço

	Embarcação 1	Embarcação 2	Embarcação 3
Comprimento (m)	11	11,5	12
Resistência ao avanço (kN)	19,3	20,7	21,7
Número de passageiros	44	35	29
Resistencia/passageiro	0,44	0,60	0,75

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Como é possível observar, a Embarcação 1 apresenta a menor resistência ao avanço por passageiro entre todas as embarcações, resultando em um menor custo de operação por passageiro, o que poderá influenciar diretamente nos preços da passagem.

Acredita-se que essa embarcação apresente uma menor resistência por dois motivos. Primeiramente por apresentar um comprimento total inferior as outras

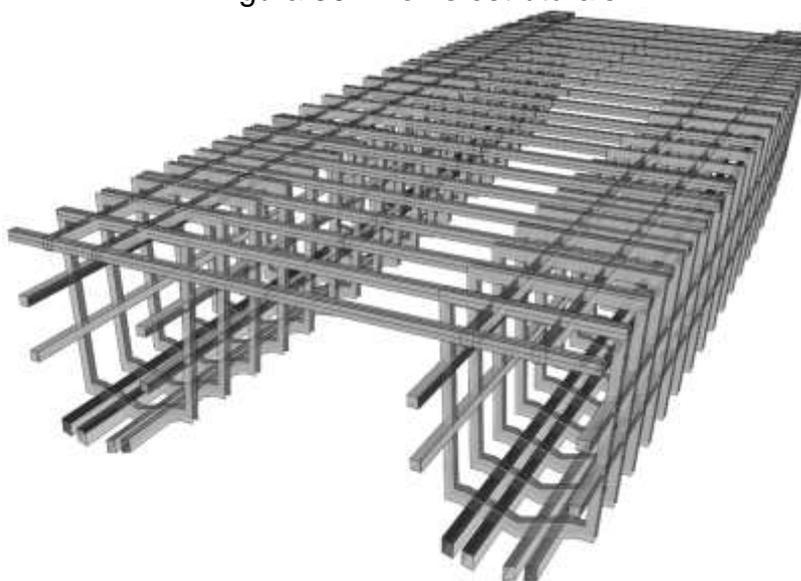
embarcações, e também, pelo fato desta apresentar um maior espaçamento entre os cascos, resultando em uma menor influência de um casco no outro, visto que segundo Armstrong (2004) geralmente ocorre uma diminuição da resistência residual com o aumento da distância entre eles.

Com isso, optou-se pela descontinuidade da Embarcação 2 e 3, levando adiante somente a Embarcação 1, a qual apresentou as melhores características tanto de capacidade de carga, quanto de resistência ao avanço.

4.4 PROJETO ESTRUTURAL

O dimensionamento estrutural nessa primeira volta da espiral foi realizado com base no procedimento de GERR (2000), que usa análise de engenharia comparada a uma base de dados de embarcações já construídas, na qual os resultados obtidos são simplificados para uma aplicação rápida através de alguns fatores pré-determinados. Assim, foi obtido o arranjo estrutural mostrado na Figura 30.

Figura 30 - Perfis estruturais



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Primeiro passo para se realizar o dimensionamento estrutural dos componentes da embarcação é pela definição do seu *Scantling Number* (S_n) já que todas as formulações utilizadas para definir o estrutural são baseadas nesse valor. Para a sua obtenção utiliza-se a equação 9 apresentadas a seguir.

$$S_n = \frac{LOA (m) \times BOA (m) \times D (m)}{28,32} \quad (9)$$

Onde:

LOA – Comprimento total

BOA – Boca total

D – Pontal

Com a substituição das dimensões do projeto, chegou-se em um valor de S_n igual a 0,8117.

4.4.1 Espessura de chapeamento

Como material para o chapeamento será utilizado um laminado sólido de resina reforçado com fibra de vidro, visto que materiais compósitos tendem a apresentar menor peso específico comparado com outros materiais utilizados na construção naval.

Para que seja possível especificar a espessura das diferentes partes do casco da embarcação, primeiramente foi definido uma espessura básica, na qual servirá de referência para todas as outras espessuras do laminado. Para tal, foi utilizada a Equação 10, proposta por GERR (2000).

$$Esp_{básica} = 6,35 \times \sqrt[3]{S_n} \quad (mm) \quad (10)$$

A partir desse valor, foi possível chegar nas diferentes espessuras do casco da embarcação através das seguintes condições apresentadas por GERR (2000):

- Base do casco – consiste na parte do casco que vai da posição da quilha até a altura correspondente a BLH. Onde a espessura será definida como $Esp_{básica} \times 1,5$.

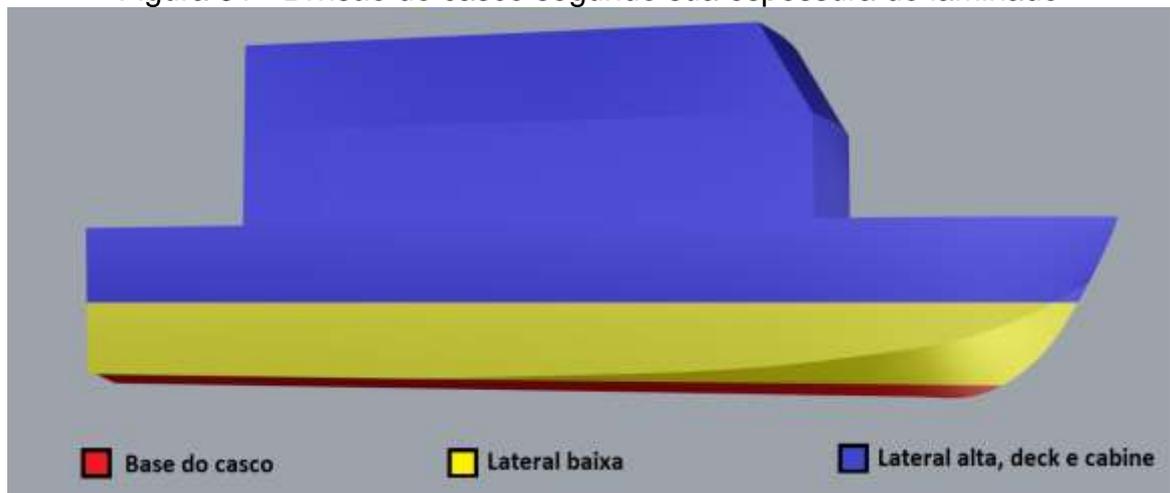
- Lateral baixa – essa parte se estende de BLH até a metade da distância até a trincaniz, apresentando uma espessura igual a espessura básica definida na equação 10.
- Lateral alta – consiste na porção referente ao fim da lateral baixa até a trincaniz da embarcação, para essa parte do casco a espessura será definida como 85% da espessura básica.
- Deck e Cabine – Será mantida a mesma espessura da parte correspondente a lateral alta da embarcação.
- Chine – Para embarcações com um chine acentuado, o aumento na espessura se faz necessária para auxiliar na resistência longitudinal da embarcação, dessa forma a espessura do chine é igual a 135% da espessura da base do barco.

Onde BLH (Bottom Laminate Height – altura do laminado inferior), pode ser obtido a partir da seguinte equação:

$$BHL = 13,71 \times Sn^{0,38} \quad (11)$$

O resultado das espessuras de cada região do casco é apresentado na Tabela 12 e um esquema do posicionamento é mostrado na Figura 31.

Figura 31 - Divisão do casco segundo sua espessura do laminado



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Contudo, ainda segundo GERR (2000), é necessário que para velocidades acima de 10 nós haja um aumento de 1% da espessura do laminado da base do casco para cada 1 nó de velocidade acima desse valor. Como essa embarcação navegará com uma velocidade de 21,5 nós, a espessura da base do casco apresentou um aumento de 11,5%, dessa maneira chegou-se nos valores de espessura de laminado mostrado na tabela a seguir.

Tabela 12 - Espessura do laminado

Localização	Espessura (mm)	Volume (mm³)
Espessura básica	5,92	-
Base do casco	7,59	0,09
Lateral baixa	5,92	0,24
Lateral alta	5,03	0,18
Deck e cabine	5,03	0,56
Chine	9,19	0,02

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

4.4.2 Reforçadores longitudinais

GERR (2000) sugere que seja utilizado um número mínimo de 5 reforçadores em cada lado do casco, sendo 3 no fundo da embarcação e 2 nas laterais, contudo, pode-se excluir um reforçador longitudinal caso haja um reforço na espessura do laminado no chine. Dessa forma, optou-se por reforçar o chine, como mostrado no tópico anterior, reduzindo para 8 o número de reforçadores longitudinais no casco.

A seguir serão apresentadas as equações utilizadas para dimensionamento de cada um dos reforçadores longitudinais, apresentadas por GERR (2000).

- Reforçadores longitudinais do fundo, fora da área do motor:
 - Largura do núcleo: $78,7 \times S_n^{0,3}$ (mm) (12)
 - Altura do núcleo: $78,7 \times S_n^{0,3}$ (mm) (13)
 - Espessura do laminado: $4,6 \times S_n^{0,4}$ (mm) (14)
- Reforçadores longitudinais do fundo, na área do motor:
 - Largura do núcleo: $78,7 \times S_n^{0,3}$ (mm) (15)

Altura do núcleo: $1,5 \times \text{Largura do núcleo (mm)}$ (16)

Espessura do laminado: $1,4 \times \text{Espessura do laminado fora do motor (mm)}$ (17)

- Reforçadores longitudinais na lateral e deck:

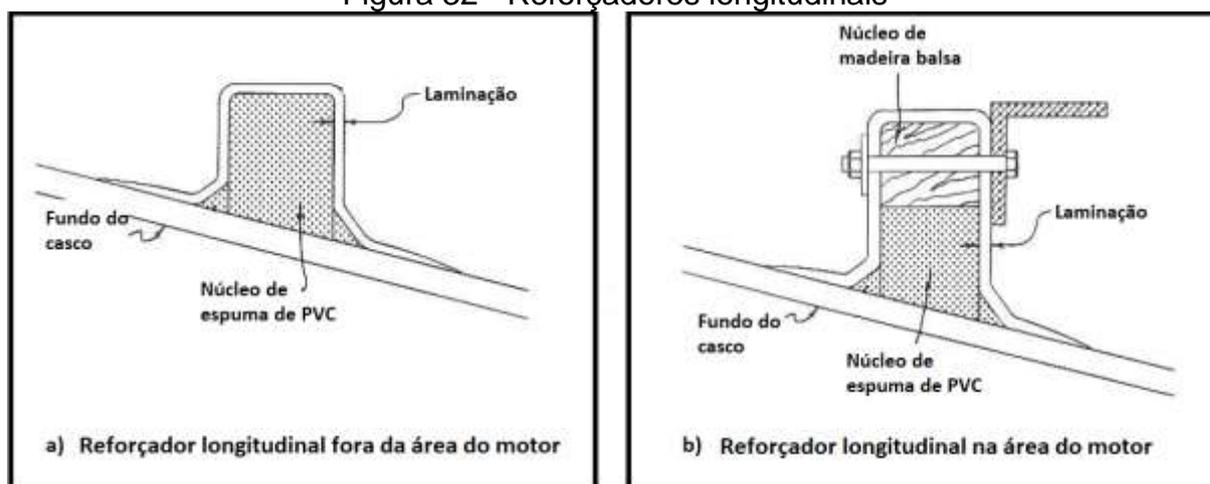
Largura do núcleo: $79,2 \times \text{Sn}^{0,28}$ (mm) (18)

Altura do núcleo: metade da largura (mm) (19)

Espessura do laminado: $4,32 \times \text{Sn}^{0,38}$ (mm) (20)

Para os reforçadores foram previstos a utilização de núcleo de espuma de PVC, para regiões fora do motor como visto na Figura 32(a). E para a região de fixação do motor, foi utilizado um núcleo sólido de madeira balsa, de acordo com a Figura 32(b).

Figura 32 - Reforçadores longitudinais



Fonte: Adaptado de GERR (2000).

Para reforçadores transversais foram utilizadas cavernas, com o mesmo dimensionamento dos reforçadores longitudinais na região da fixação do motor e igualmente espaçadas, com uma distância entre eles de 0,5m, assim como sugerido por Oliveira (2013).

Dessa forma, os dimensionamentos dos reforçadores longitudinais e transversais estão descritos na tabela a seguir:

Tabela 13 - Dimensionamento dos reforçadores longitudinais

Reforçadores longitudinais do fundo, fora da área do motor	
Largura núcleo (mm)	74
Altura núcleo (mm)	74
Espessura laminado (mm)	4,6
Reforçadores longitudinais do fundo, na área do motor	
Largura núcleo (mm)	74
Altura núcleo (mm)	111
Espessura laminado (mm)	6,5
Reforçadores longitudinais na lateral e deck	
Largura núcleo (mm)	75
Altura núcleo (mm)	37
Espessura laminado (mm)	4,4
Caverna	
Largura núcleo (mm)	74
Altura núcleo (mm)	74
Espessura laminado (mm)	4,6

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Vale a pena ressaltar, que os reforçadores longitudinais na área do motor apresentam um acréscimo de altura devido a utilização da madeira balsa para fixação dos motores, dessa forma, estes apresentam um comprimento igual a 2 metros, visto o comprimento médio dos motores das embarcações semelhantes.

Cada casco conta com um total de 8 reforçadores longitudinais no fundo e costado e 2 no convés. Além disso, 22 cavernas com espaçamento de 0,5 metro entre elas.

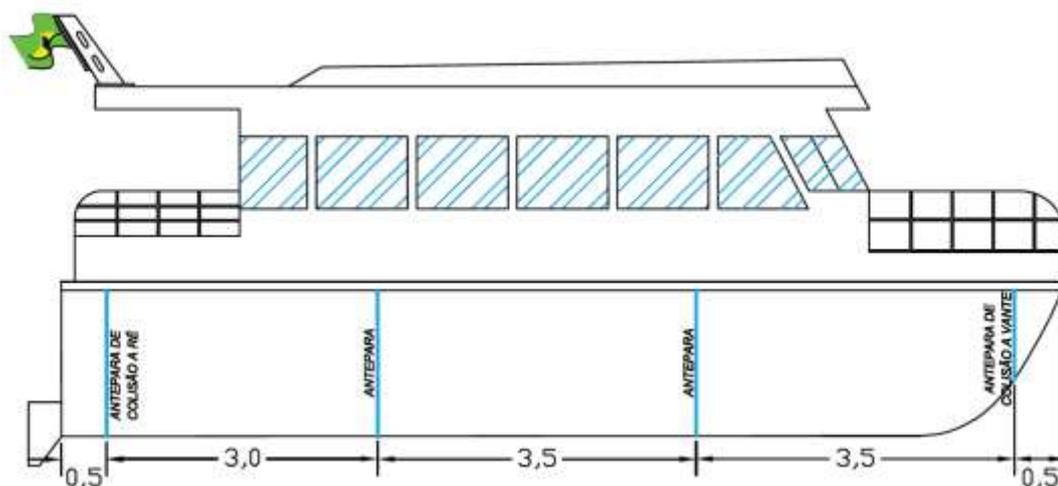
4.4.3 Anteparas

Segundo a NORMAM-02 (2005), uma embarcação deve apresentar um número mínima de anteparas para que nenhum compartimento situado abaixo do convés principal apresente um espaçamento superior a 40% do comprimento de regra da embarcação. Com esse comprimento igual a 10,45 metros, chegou-se no número mínimo de 8 anteparas, sendo 4 em cada casco do catamarã. Para definição do

posicionamento da antepara de colisão a vante, a norma define que seja utilizado uma distância mínima referente a 5% do comprimento de regra da embarcação, medido a partir da proa. Essa mesma distância será utilizada para posicionamento da antepara de colisão a ré.

Na Figura 33, é possível observar como ficou o arranjo das anteparas descritas acima.

Figura 33 - Posicionamento das anteparas



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Para definição das dimensões das anteparas, foi utilizada a equação apresentada por GERR (2000), na qual é definida a espessura mínima utilizada para uma antepara de compensado naval.

$$Esp_{ant} = 11,43 \times Sn^{0,3} \quad (21)$$

Dessa forma, chegou-se em uma espessura mínima de 10,75 mm para as anteparas da embarcação e uma espessura de laminação de 5,92 mm.

4.4.4 Vigas de ligação e vigas de convés

Segundo Oliveira (2013), uma embarcação do tipo catamarã para transporte de passageiros, deve apresentar dois elementos estruturais para ligação entre os cascos.

As vigas de ligação, responsáveis por suportar os esforços globais sofridos por uma embarcação do tipo catamarã, e as vigas de convés, as quais tem função de suportar apenas os esforços locais.

As vigas de convés são responsáveis por suportar esforços que ocorrem acima do deck, como peso dos passageiros, poltronas, equipamentos, entre outros. Para tal, Oliveira (2013) utiliza as mesmas dimensões das cavernas para esse tipo de viga, o que será utilizado aqui também, contudo, com o dobro do espaçamento entre elas, já que serão intercaladas vigas de convés e ligação.

Primeiramente, para definir as vigas de ligação, foi considerado esse tipo de viga como tendo um comportamento de viga bi-apoiada, portando a sua carga máxima de flexão pode ser definida pela seguinte equação:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Mom_{fletor} \times \left(\frac{h_{vig}}{2}\right)}{In\acute{e}rcia} \quad (22)$$

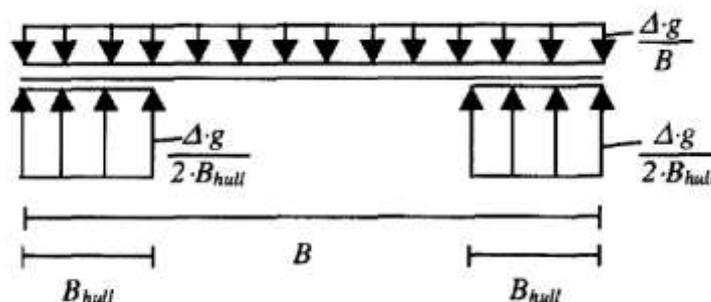
Onde h_{vig} representa a altura da viga a ser utilizada.

Segundo Oliveira (2013), o melhor material para ser utilizado nesse tipo de viga é o alumínio 6061, pois este apresenta uma boa relação peso pela resistência, o que acarretaria em uma boa rigidez e baixo peso para a embarcação, além de apresentar uma alta resistência a corrosão.

As dimensões do perfil a ser utilizado, serão definidas a partir do limite de escoamento do alumínio 6061, o qual apresenta um valor mínimo de 255 Mpa, e o obtido através da equação 22, buscando valores para que não haja escoamento do material.

Para cálculo do momento fletor foi considerado o peso da embarcação (Δg) distribuída igualmente pela boca (B) e sendo suportado pela flutuabilidade em cada um dos cascos do catamarã ($\Delta g/2B_{hull}$), de acordo com a Figura 34 a seguir.

Figura 34 - Distribuição de carga para cálculo do momento fletor.



Fonte: Huggelund et a. (1999)

Dessa forma, através de uma integração é possível chegar na seguinte fórmula para obtenção do momento fletor, apresentada por Huggelund et al. (1999).

$$Mom_{fletor} = - \frac{\Delta g B}{8} \left(1 - 2 \frac{B_{hull}}{B}\right) \quad (22)$$

Onde:

Δ - Deslocamento

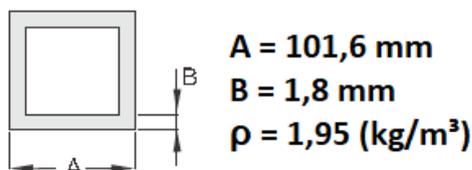
g - Gravidade

B - Boca da embarcação

B_{hull} - Boca na linha d'água

Com o valor do momento fletor definido, foi possível calcular a tensão de escoamento da viga, o que resultou em 116 Mpa, e então, considerando um fator de segurança igual 2, foi escolhido o perfil industrial quadrado TUQ-060 da empresa Terametais com as seguintes especificações:

Figura 35 - Perfil industrial quadrado TUQ - 060



Fonte: Terametais (2015)

Com todos os componentes que constituem a parte estrutural da embarcação devidamente determinados, foi possível obter o peso leve da embarcação, o qual foi de extrema importância para as etapas seguintes do projeto.

4.5 PESOS E CENTROS

A determinação dos pesos e centros de uma embarcação é uma etapa de grande importância para o projeto, onde é preciso determinar todas as massas significativas presentes na embarcação e seu posicionamento para que dessa forma possa ser verificado a estabilidade da embarcação, garantindo a sua segurança operacional.

Para estimar o peso do casco e da casaria do catamarã, utilizou-se a modelagem 3D, de onde foi possível retirar as áreas de cada chapeamento que constitui a embarcação, e então, através das espessuras determinadas anteriormente no projeto estrutural para cada região da embarcação, foi possível obter um volume total do chapeamento, que multiplicado por uma densidade típica de um laminado de fibra de vidro chegou-se nos valores de peso referente ao casco e sua casaria. Da mesma maneira, foram determinadas as massas de cada um dos reforçadores compostos por um núcleo e sua laminação.

As densidades dos materiais que compõem a estrutura da embarcação podem ser observadas na Tabela 14.

Tabela 14 - Densidade dos materiais

Densidade	
Massa específica do laminado (kg/m ³)	1600
Massa específica da espuma de PVC (kg/m ³)	88
Massa específica da madeira balsa (kg/m ³)	104
Massa específica compensado naval (kg/m ³)	650

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Dessa forma chegou-se aos valores mostrados na Tabela 15.

Tabela 15 - Itens que compõem a massa do casco da embarcação

Cálculo da massa do casco	
Massa chapeamento casco e casaria (M_{chap}) (kg)	1740,4
Massa reforçadores longitudinais (M_{long}) (kg)	784,5
Massa das cavernas (M_{cav}) (kg)	629,9
Massa das anteparas (M_{ant}) (kg)	212,36
Massa das vigas de convés ($M_{vig.convés}$) (kg)	129,8
Massa das vigas de ligação ($M_{vig.ligação}$) (kg)	94,23
Massa de miscelâneo (M_{misc}) (kg)	550
Massa total (M_{tot}) (kg)	4141,19

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A massa de miscelâneo mostrada na tabela acima é apresentada por Oliveira (2013) como sendo uma massa adicional referente as poltronas, a cobertura do casco e os cabos elétricos presentes na embarcação, sendo está uma função do comprimento total da embarcação, como é possível observar em sua Equação 23.

$$M_{misc} = LOA * 50 \quad (23)$$

Onde LOA é o comprimento total da embarcação

Com o peso do casco e da casaria previamente determinado, além do arranjo geral da embarcação, foi possível determinar o posicionamento de todas as outras massas presentes na embarcação, buscando uma melhor disposição dos pesos para garantir seu equilíbrio estático. Dessa forma, foi gerada a Tabela 16, onde são mostradas as posições longitudinais, transversais e verticais de cada um dos principais elementos presentes na embarcação. E assim calculado o LCG, VCG e TCG, os quais são obtidos através da multiplicação do posicionamento de cada elemento pela sua respectiva massa, e então, somando todos os elementos e dividindo pelo deslocamento total da embarcação.

As posições de referência utilizadas foram em relação a meia nau para o eixo longitudinal, o plano diametral para o eixo transversal e a linha de base para o eixo vertical. Onde valores referentes a ré da meia nau receberam sinais negativos e

avante positivos, da mesma maneira para boreste e bombordo, sendo bombordo positivo e boreste negativo.

Tabela 16 - Pesos e centros

Item	Quantidade	Peso (kg)	Massa total (kg)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	LCG*Mt (kg.m)	TCG*Mt (kg.m)	VCG*Mt (kg.m)
Peso do casco e casaria	1	4141,2	4141,2	-0,80	0,0	1,0	-3313,0	0,0	4141,2
Passageiros bombordo	22	75,0	1650,0	-0,36	1,3	2,5	-594,0	2145,0	4125,0
Passageiros boreste	22	75,0	1650,0	-0,36	-1,3	2,5	-594,0	-2145,0	4125,0
Motor bombordo	1	770,0	770,0	-3,50	1,6	0,5	-2695,0	1232,0	385,0
Motor Boreste	1	770,0	770,0	-3,50	-1,6	0,5	-2695,0	-1232,0	385,0
Tanque água doce	1	440,0	440,0	1,00	0,0	4,0	440,0	0,0	1760,0
Tanque combustível bombordo	1	714,0	714,0	-2,40	1,6	0,8	-1713,6	1142,4	571,2
Tanque combustível boreste	1	714,0	714,0	-2,40	-1,6	0,8	-1713,6	-1142,4	571,2
Bagagens bombordo	22	25,0	550,0	-0,36	1,3	0,3	-198,0	715,0	165,0
Bagagens boreste	22	25,0	550,0	-0,36	-1,3	0,3	-198,0	-715,0	165,0
Deslocamento (kg)		11949,19	LCG	-1,111			Soma LCG	Soma TCG	Soma VCG
			TCG	0,000			-13274,15	0,00	16393,59
			VCG	1,372					

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Como ainda não foi definido a motorização para esse projeto, para essa etapa de pesos e centros, foi levado em consideração o peso e o dimensionamento do motor *Volvo Penta D6 370HP*, presente na embarcação semelhante ASV 1100, a qual apresenta uma mesma velocidade de serviço. Visto também, que esse motor é capaz de atender a potência requerida para essa embarcação navegando a 21,5 nós.

Para dimensionar os tanques de combustível, foi considerado o consumo máximo desse motor, 70 litros por hora, e um tempo de viagem de 12 horas, período máximo possível em que essa embarcação pode navegar. Dessa forma, cada tanque de combustível deve ter uma capacidade de 840 litros.

O tanque de água doce foi dimensionado para suprir um consumo de 10 litros de água por passageiro, apresentado por Oliveira (2013).

4.6 ESTABILIDADE

Em projetos de embarcações para transporte de passageiros é comum o armador requisitar uma condição de carregamento máxima para a embarcação, garantindo assim um maior lucro. Visando esse requisito, em etapas anteriores do projeto foram definidas uma capacidade de passageiros segundo as normas de habitabilidade requeridas pela NORMAM-02 (2005). Contudo, para que se possa

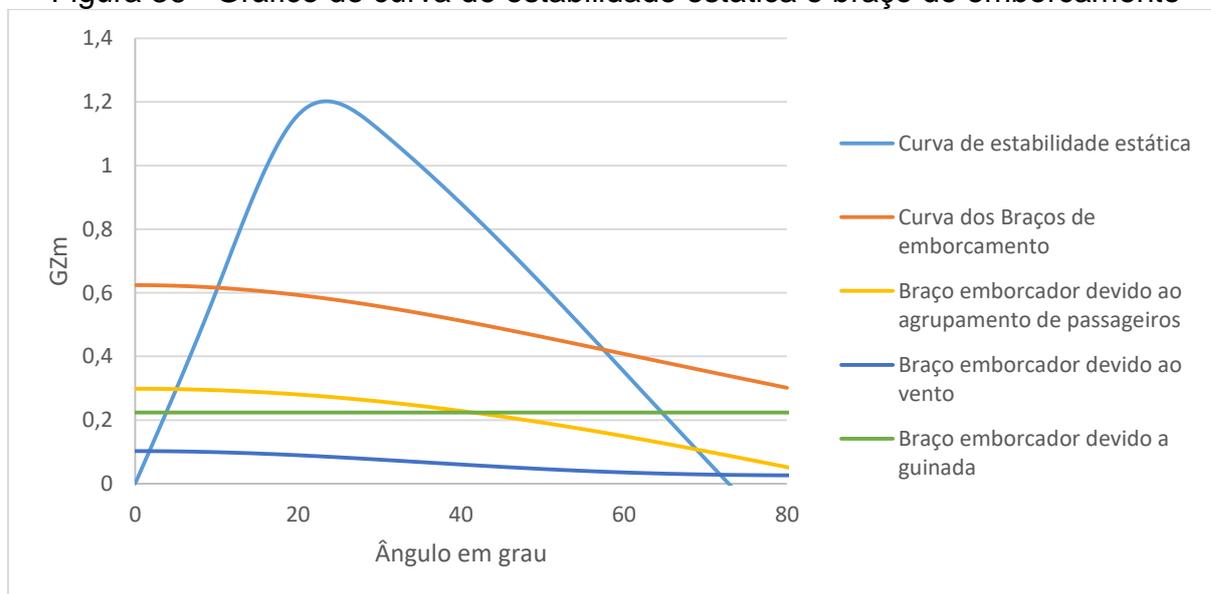
garantir a segurança dos mesmos e da própria embarcação, é preciso analisar a sua estabilidade mediante a carga pré-estabelecida, validando a quantidade de passageiros definida anteriormente.

Afim de encontrar as curvas de estabilidade estática do catamarã para as 4 condições de carregamento solicitadas pela norma, utilizou-se o programa *Maxsurf Stability*, que utiliza o casco modelado e a entrada dos dados referentes aos pesos e centros dos elementos presentes na embarcação para gerar esta curva.

Em seguida, foram calculados os momentos de acumulo de passageiros, vento e manobra para complementar os critérios de estabilidade requeridos pela NORMAM-02.

Dessa forma foi possível gerar o gráfico da curva de estabilidade estática e do braço de emborcamento para cada uma das condições exigidas pela norma, como é possível observar na Figura 36, a qual representa a 1^o condição de carregamento, onde a embarcação se apresenta totalmente carregada de passageiros, óleo e gêneros.

Figura 36 - Gráfico de curva de estabilidade estática e braço de emborcamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O ponto de alagamento foi definido no acesso a sala de máquinas da embarcação, pois seria a primeira região não estanque onde a água começaria a entrar no interior da embarcação em caso de emborcamento. Dessa forma o ponto escolhido apresenta as coordenadas -3.6, 2 e 1.85 metros, tendo como referência a

meia-nau da embarcação no eixo longitudinal, o plano diametral para o eixo transversal e a linha de base para o eixo vertical, respectivamente.

Dessa forma, para a primeira condição de carregamento os ângulos de imersão do convés e alagamento podem ser observados na tabela a seguir.

Tabela 17 - Ângulo de imersão do convés e alagamento

1º condição de carregamento	
Ângulo de imersão do convés	26,6°
Ponto de alagamento	44,7°

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Logo, com os dados definidos, e através da análise do gráfico gerado para cada condição de carregamento, é possível validar os critérios estabelecidos pela norma, garantindo assim a estabilidade da embarcação. A Tabela 18 apresenta uma comparação entre os valores calculados e os requeridos para cada um dos critérios, e sua conformidade.

Tabela 18 - Critérios gerais de estabilidade para área 1 de navegação

ITEM	CRITÉRIO		VALOR CALCULADO	CONFORME
Θ Equil.Estático Passageiro	15°	> ou =	6°	SIM
Θ Equil.Estático Vento	15°	> ou =	3°	SIM
Θ Equil.Estático Guinada	15°	> ou =	5°	SIM
A2/A1 (mínimo)	1	< ou =	2,311	SIM
GZ' max	0,1 m	< ou =	1,202 m	SIM
Θ_f	25°	< ou =	44,7°	SIM
GMO	0,350 m	< ou =	3,440 m	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Como é possível observar na tabela acima, os critérios de estabilidade solicitados pela NORMAM-02 (2005) foram atendidos para essa condição de carregamento. Da mesma forma para as outras condições requeridas, como é possível observar no ANEXO D, garantindo assim a estabilidade da embarcação.

Logo em seguida, foram realizadas análises da condição de equilíbrio da embarcação, gerado pelo *Maxsurf stability*, o que resultou em novos valores de calado para a embarcação, que podem ser vistos na Tabela 19.

Tabela 19 - Novo calado gerado após análise de estabilidade

Calado PR (m)	0,744
Calado PV (m)	0,756
Calado a meia-nau	0,749
Trim (m)	-0,012

Fonte: Elaborado pelo autor

Devido à grande variação de calado apresentada para a embarcação, quando comparado ao calado de projeto que havia sendo utilizado até então, uma nova análise da resistência se faz necessária para a etapa de motorização, visto que esse tipo de embarcação é bastante sensível a variação de calado.

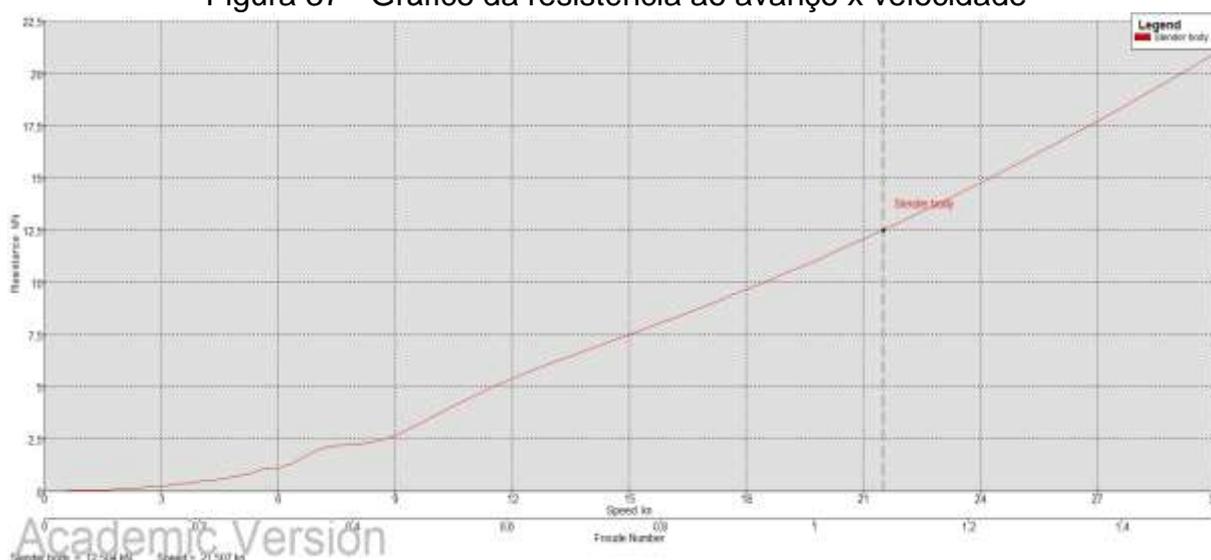
4.7 MOTORIZAÇÃO

Nessa etapa do projeto será dimensionado o sistema propulsivo da embarcação em desenvolvimento.

Com base no levantamento realizado, verificou-se que as que embarcações do tipo catamarã apresentam, na maioria das vezes, motores do tipo hidrojato, contudo, Molland et al. (2011) afirma que esse tipo de motor é mais eficiente para embarcações que operam em velocidades acima de 30 nós, caso contrário, propulsores convencionais são mais eficientes. Como a velocidade de serviço de projeto será próxima de 21,5 nós, foi utilizado nesse trabalho um propulsor do tipo hélice de passo fixo, com a intenção de aumentar a eficiência do sistema.

Para dar início a análise e seleção do sistema propulsivo, foi preciso verificar mais uma vez a resistência ao avanço, visto a grande variação do calado de projeto da embarcação após a análise da estabilidade. Assim sendo, usou-se novamente o programa *Maxsurf Resistance* para fazer essa análise, resultando na estimativa da resistência ao avanço mostrada na Figura 37.

Figura 37 - Gráfico da resistência ao avanço x velocidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Para a velocidade de projeto de 21,5 nós, a resistência ao avanço resultante é de 12504 N, a qual resultou em uma potência efetiva de 138,3 kW. Contudo, para realizar a integração casco-hélice, será considerado a metade da resistência ao avanço obtida, já que se trata de um catamarã com dois sistemas propulsivos.

4.7.1 Seleção do propulsor

Para seleção do propulsor que será utilizado nesse projeto, utilizou-se a planilha interativa de seleção otimizada de um propulsor da Série B de Wageningen fornecida por Mendes (2015), na qual através de variações de parâmetros como número de pás (Z), razão de passo-diâmetro (P/D) e razão de áreas (A_e/A_o), foi possível selecionar o hélice com a melhor eficiência (η_o) e que tenha um limite aceitável de cavitação.

Como ponto de partida para análise, buscou-se o maior valor do diâmetro do hélice pois assim pode-se encontrar uma solução mais eficiente. Por isso, foi utilizado um valor de 0,7 metro, mesmo valor apresentado pelo calado da embarcação.

Visando melhorar a eficiência do hélice, foram realizadas diversas análises variando os parâmetros Z entre 2 e 7, P/D entre 0,6 e 1,4 e A_e/A_o entre 0,3 e 1,05, restrições impostas pela série B.

Primeiramente foram variados os números de pás do hélice, mantendo os outros dois parâmetros fixos, buscando encontrar a hélice que apresente a melhor eficiência, dessa forma foram selecionados inicialmente hélices com 2, 3 e 4 pás.

Em seguida, para os hélices selecionados anteriormente, foram variados os valores de razão de áreas, mantendo então o passo-diâmetro fixo, selecionando novamente as três combinações com as melhores eficiências.

E por último, variando o passo-diâmetro chegou-se nas 9 combinações apresentadas na Tabela 20.

Tabela 20 - Combinação dos parâmetros do hélice

Nº	Parâmetros		Eficiência (η_o)	Limite cavitação	
1	Z = 2	Ae/Ao = 0,3	P/D = 0,9	79,9%	20%
2		Ae/Ao = 0,4	P/D = 0,9	74,9%	10%
3		Ae/Ao = 0,5	P/D = 1,0	70%	10%
4	Z = 3	Ae/Ao = 0,3	P/D = 1,4	72,8%	Superior 20%
5		Ae/Ao = 0,4	P/D = 1,4	71,3%	20%
6		Ae/Ao = 0,5	P/D = 1,4	70,3%	10%
7	Z = 4	Ae/Ao = 0,3	P/D = 1,4	71,8%	Superior 20%
8		Ae/Ao = 0,4	P/D = 1,4	71,7%	20%
9		Ae/Ao = 0,5	P/D = 1,4	71,5%	10%

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Como é possível observar na Tabela 20, o propulsor 1 apresenta a combinação de maior eficiência, contudo, optou-se por selecionar outro propulsor visto que segundo Padovezi (1997) hélices com poucas pás, apesar de apresentarem maiores eficiências, tendem a apresentar níveis de vibração induzidas maiores, podendo ocasionar problemas de ressonância junto ao casco. Da mesma forma para a razão de áreas, que quando tende ao seu limite inferior apresenta maior eficiência, contudo, aumenta também as chances do fenômeno de cavitação.

Padovezi (1997) afirma que quando não há problemas de ressonância, existe uma tendência de utilizar hélices de 4 pás devido a maior facilidade de construção e balanceamento estático e dinâmico das pás. Sendo assim, o propulsor selecionado foi o número 9, visto que além das características positivas destacadas acima, este é

um dos que apresenta a melhor combinação entre cavitação e eficiência entre os hélices de 3 e 4 pás. Logo apresenta uma eficiência de 71,5%, com uma rotação de cerca de 870 RPM e um limite de cavitação igual a 10%.

4.7.2 Seleção do motor

Para a seleção do motor, deve-se estabelecer a potência requerida pelo sistema propulsivo, levando-se em conta as perdas de eficiência de cada componente desse sistema. A potência real do motor para a velocidade de serviço requerida é calculada através da fórmula a seguir.

$$Potência\ requerida = \frac{Potência\ efetiva}{Eficiência\ total} \quad (24)$$

Onde a eficiência total é composta pelas resistências do hélice em águas abertas, do casco, relativa rotativa e de transmissão, como mostrado na tabela a seguir.

Tabela 21 - Eficiências do sistema propulsivo

Componentes	Eficiência
Hélice	0,715
Casco	1,075
Relativa rotativa	0,95
Transmissão	0,98
Total	0,715

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Com isso, para a velocidade de serviço de 21,5 nós, a potência requerida para cada um dos motores será de 97,5 kW.

Para selecionar o motor, foram analisados a potência fornecida, consumo de combustível e peso, visto a importância dessas características para o projeto. Dessa forma foi selecionado o motor à diesel Volvo Penta D3-150, o qual apresenta as seguintes características.

Tabela 22 - Características motor Volvo Penta D3-150

<i>Rotação nominal (rpm)</i>	3000
<i>Potência fornecida (kW)</i>	110
<i>Potência fornecida (hp)</i>	150
<i>Número de cilindros</i>	5
<i>Deslocamento (L)</i>	2,4
<i>Peso (kg)</i>	301
<i>Consumo (L/h)</i>	29

Fonte: Catálogo motor Volvo Penta D3-150

Como é possível observar nos dados do motor, este apresenta uma rotação maior do que a estabelecida anteriormente para o hélice, dessa forma haverá a necessidade de utilizar um redutor, contudo, a seleção do mesmo foge ao escopo deste trabalho.

4.8 SEGURANÇA E SALVATAGEM

Visando minimizar os riscos de acidentes e prover a salvaguarda da vida humana, a NORMAM-02 (2005) exige a dotação de equipamentos, dispositivos e materiais para cada tipo de embarcação, de acordo com a sua arqueação, comprimento total e a quantidade de passageiros.

Para o caso da embarcação em projeto, a qual apresenta um comprimento total igual a 11 metros, uma arqueação bruta igual a 20 e uma quantidade total de passageiros e tripulação igual a 44, os requisitos exigidos pela norma podem ser observados na Tabela 23.

Tabela 23 - Lista de equipamentos para segurança e salvatagem
Segurança e salvatagem

	Tipo	Quantidade	Classe/tipo
Combate a incêndio	Extintor CO ₂	2	6kg
	Extintor Pó-Químico	1	4kg
Salvatagem	Boias salva-vidas	2	Classe III
	Coletes salva-vidas grandes	44	Classe III
	Coletes salva-vidas pequenos	5	Classe III
Diversos	Lanterna portátil	1	-
	Caixa de primeiros socorros	1	-
	Apito	1	-
	Radio VHF	1	5W

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Vale ressaltar, que a NORMAM-02 (2005) exige uma quantidade de coletes salva-vidas do tipo grande igual ao número total de passageiros e tripulantes abordo da embarcação, e também, uma quantidade de coletes do tipo pequeno referente a 10% do total de passageiros, para as crianças. Os coletes serão posicionados abaixo das poltronas, para que em caso de emergência, os passageiros tenham fácil acesso a eles.

Como essa embarcação apresenta comprimento inferior a 24 metros, é exigido pela norma que a mesma seja equipada com apenas duas boias salva-vidas, as quais serão posicionadas uma próxima a cabine de comando, e a outra na popa da embarcação, ambas posicionadas fora da casaria, para facilitar a sua utilização em caso de emergência.

Já em caso de incêndio, serão instalados três extintores, dois juntos aos motores e um próximo ao comando, como exigido pela norma.

Além dos equipamentos de segurança e salvatagem, a embarcação contará com o auxílio de luzes de navegação, as quais devem estar em conformidade com o Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar – RIPEAM/72. A Tabela 24 apresenta a lista de luzes de navegação para esse tipo de embarcação e as suas características.

Tabela 24 - Luzes de navegação

Luzes	Cores	Visualização	Alcance
Fundeio	Branca	360°	2 milhas
Mastro	Encarnada	225°	2 milhas
Boreste	Verde	112,5°	1 milha
Bombordo	Encarnada	112,5°	1 milha

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O posicionamento de cada uma das luzes e equipamentos presentes na embarcação pode ser observado no Anexo E, que apresenta um arranjo esquemático geral da embarcação, juntamente com o quadro de segurança, luzes de navegação e plano de capacidades, de acordo com as exigências da NORMAM-02 (2005).

5. CONCLUSÃO

Afim de apresentar uma alternativa de transporte fluvial de passageiros para os armadores da região Amazônica, esse trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um projeto conceitual de uma embarcação pouco utilizada naquela região, o catamarã.

Como ponto de partida para o projeto, definiu-se uma arqueação bruta máxima igual a 20 para a embarcação, visando reduzir alguns custos de projeto e de inscrição na capitania fluvial, visto a crise financeira que o país vem passando.

Após definido o tipo de embarcação a ser projetada e seus requisitos iniciais, foram iniciadas as etapas de análise seguindo uma sequência estabelecida pela Espiral de Projeto, onde foram analisadas as características mais importantes de uma embarcação, sempre buscando a sua melhor contribuição para o projeto.

Com isso, foi possível desenvolver o projeto preliminar de uma embarcação do tipo catamarã para o transporte de 44 passageiros para atuar na rota Manaus-Parintins, servindo como opção para os armadores daquela região. O uso do catamarã visa seguir o caminho do que vem acontecendo nos países desenvolvidos, onde cada vez mais são utilizados esse tipo de embarcação para o transporte de passageiros.

Como continuidade para esse trabalho, uma segunda volta na espiral se faz necessária, em razão de algumas estimativas que foram realizadas com base na embarcação semelhante. Recomenda-se também, uma análise financeira, onde serão analisados os custos envolvidos de construção e uma estimativa de preços das passagens, buscando determinar o tempo de retorno do investimento ao armador.

Por fim, como trabalho futuro, seria interessante fazer uma análise comparativa entre a embarcação aqui desenvolvida e os expressos atualmente utilizados para esse princípio de transporte na região, buscando apresentar dados suficientes para que o armador possa escolher a melhor embarcação.

REFERENCIAS

ABNT - **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 15450: Acessibilidade de passageiros no sistema de transporte aquaviário. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 15 p.

ABNT - **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 9050: Acessibilidade e edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos. 2ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 97 p.

ALBATROSS Marine Design. **ASV 1100 and ASV 1500**. 2016. Disponível em: <http://www.amdesign.co.th/Stock_design_AVs.html>. Acesso em: 21 ago. 2017.

ALVES, Augusto. **Empresa de navegação inaugura lancha moderna no trecho santarém/itaituba**. 2016. Disponível em: <<http://augustoalves.com/empresa-de-navegacao-inaugura-lancha-moderna-no-trecho-santaremitaituba/>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

AMARAL, Janaína Ribas de. **Otimização do projeto estrutural de embarcações de alta velocidade produzidas em material compósito**. 2016. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

AMSTRONG, Tony. **Ship Desing and Construction**. Michigan: The Society Of Naval Architects And Marine Engineers Ship Production Committee Education and Training Panel (sp-9), 2004. 490 p.

ANA - Agência Nacional de Águas. **A navegação interior e sua interface com o setor de recursos hídricos**. Brasília. 2005. 57 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF_Navegacao.pdf>. Acesso em: 08 maio. 2017.

ANTAQ – Agencia Nacional de Transporte Aquaviário. **Caracterização da oferta e da demanda do transporte fluvial de passageiros na região amazônica**. 2012. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2017/03/2.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2017.

BALBI, Rúbia. **Tragédia anunciada: o naufrágio do Ana Maria viii**. 2009. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Comunicação Social, Instituto de Ciencias Humanas e Letras, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.

BARBOSA, Evandro Brandão; PRADO, Adriane Pereira. **Transporte fluvial de passageiros: logística nos portos e itinerários do estado do Amazonas**. 2014. Disponível em: <http://novo.more.ufsc.br/homepage/inserir_homepage>. Acesso em: 10 maio 2017.

BENTLEY System. **MAXSURF RESISTANCE** (software). Manual, ed. V21. 2016.

BERMAN, Phillip. **CATAMARAN VS. MONOHULL**. 2015. Disponível em: <http://www.multihullcompany.com/Article/Catamaran_Vs_Monohull>. Acesso em: 08 jun. 2017.

BLUNDEN, Alan. **Website contact us from fastferryinfo.com**. [Mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <lucaslduarte12@gmail.com>. Em: 14 jun. 2017.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. **Caderno de infra-estrutura: transporte hidroviário urbano de passageiros**. 1999. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/cadernos/hidro.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2017.

BORGES, José Pedro; BESSA, Jorge Nuno; GONÇALVES, Nuno; MANCELOS, Maria Clara; MENDES, José. **A engenharia mecânica no catamarã**. 2014. 35 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade do Porto, Porto, 2014. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/submit_14_15/uploads/relat_1M02_3.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2017.

BRITO, Eliane Gomes de. **Transporte hidroviário interior de passageiros na região amazônica: metodologias aplicáveis ao cálculo do valor da tarifa**. 2008. 201 f. Dissertação (Pós-Graduação) - Curso de Engenharia de Transporte, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.pet.coppe.ufrj.br/index.php/producao/teses-de-dsc/doc_download/101-transporte-rodoviario-interior-de-passageiros-na-regiao-amazonica-metodologias-aplicaveis-ao-calcul>. Acesso em: 23 maio 2017.

CARDOSO, Ademar Azevedo. **Síntese racional automatizada de cavernas de embarcações**. 1994. 168 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

Catalina Express. 2017. Disponível em: <<https://www.catalinaexpress.com/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

CATTELAN, Paulo Cesar. **De manaus a varre vento de barco pelo rio amazonas - VARRE VENTO - AM.** 2016. Disponível em: <<http://www.abaretiba.blog.br/2016/01/de-manaus-varre-vento-de-barco-pelo-rio.html>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

CHRIST, Ana. **Navegando pelo rio solimões, entre tefé e manaus.** 2014. Disponível em: <<http://www.nativosdomundo.com.br/2014/10/pelosolimoes.html>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

DAVID, Robert Carvalho de Azevedo; NOGUEIRA, Ricardo José Batista. **O transporte fluvial expresso: um novo segmento na rede fluvial amazônica. In: xvi encontro nacional dos geógrafos, 2010, porto alegre.** Anais do XVI ENG, 2010. p. 1 - 10.

DAVID, Roberto Carvalho de Azevedo. **A dinâmica do transporte fluvial de passageiros no estado do Amazonas.** 2010. 122 f. Monografia (Especialização) - Curso de Geografia, Ciências Humanas e Letras, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010. Disponível em: <[http://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/4005/1/ROBERT CARVALHO DE AZEVEDO DAVID.pdf](http://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/4005/1/ROBERT%20CARVALHO%20DE%20AZEVEDO%20DAVID.pdf)>. Acesso em: 08 maio 2017.

DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A. Secretaria de Logística e Transporte. **Travessias.** 2017. Disponível em: <<http://www.dersa.sp.gov.br/travessias/>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

Diretoria de portos e costas. RIPEAM/72: **Convenção sobre o regulamento internacional para evitar abalroamento no mar, 1972.** 10 ed. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 1972. 102 p. Disponível em: <<https://www.dpc.mar.mil.br/sites/default/files/ssta/ripeam/flipbook/index.html#/2>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

DRUMMOND, Andrew. **First of six new ferries to be Sydney-bound as she tests sea legs.** MERCURY. Sydney, 17 nov. 2016. Disponível em: <<http://www.themercury.com.au/news/tasmania/first-of-six-new-ferries-to-be-sydneybound-as-she-tests-sea-legs/news-story/2a22ea83d2b4930139c3523b7008577f>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

EMAP – Empresa Maranhense de Administração Portuária. Governo do Maranhão. **Ferry Boat: Serviços.** 2016. Disponível em: <<http://www.emap.ma.gov.br/ferry-boat/servicos>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

FleetMom. 2017. Disponível em: < <https://www.fleetmon.com>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

HEGGELUND, Svein Erling; MOAN, Torgeir; OMA, Stig. **Global structural analysis of large catamarans**. 5th International Conference on Fast Sea Transportation, 1999. SNAME, New Jersey, 757-771.

Marine Traffic. 2017. Disponível em: <<https://www.marinetraffic.com/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

MARTINS, Luísa. **Brasil fica em 75º no ranking do IDH, atrás do Sri Lanka**. ESTADÃO. Brasília. 14 dez. 2015. Disponível em: <<http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-fica-em-75-no-ranking-do-idh--atras-do-sri-lanka,10000004754>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

MELO, Vinicius Veras. **Projeto de análise da viabilidade técnica de uma embarcação do tipo swath para apoio a manutenção e inspeção submarina**. 2015. 145 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MENDES, Elisa Rego. **Procedimento para seleção otimizada de um propulsor da série b**. 2015. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015.

MIRANDA, Hellen. **Transporte fluvial de cargas e passageiros cresce no Amazonas**. 2017. Disponível em: <<http://portalamazonia.com/noticias/transporte-fluvial-de-cargas-e-passageiros-cresce-no-amazonas>>. Acesso em: 08 maio. 2017.

MOLLAND, Anthony F.. **The maritime engineering reference book: A guide to ship design, construction and operation**. Eua: Elsevier, 2008.

MOLLAND, Anthony F.; TURNOCK, Stephen R.; HUDSON, Dominic A.. **Ship resistance and propulsion: Practical estimation of ship propulsion power**. Estados Unidos da América: Cambridge University Press, 2011. 563 p.

MORAES, Hito Braga de. **Modelo de projeto preliminar de embarcações fluviais para o transporte de passageiros/carga para Amazônia oriental**. 1991. 219 f. Dissertação (Pós-Graduação) - Curso de Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.

MORAES, Hito Braga de. **Uma proposta de metodologia de análise para implantação de embarcação de alta velocidade no transporte de passageiros: um caso de aplicação de catamarãs na região amazônica.** 2002. 357 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

MORAES, Rita de Cássia Monteiro de; MORAES, Hito Braga de. **Análise das características de projeto das embarcações da Amazônia: uma contribuição para a elaboração de projetos navais.** 22º Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore, Rio de Janeiro. SOBENA 2008.

NERY, Joaquim. **O ciclo da borracha na Amazônia.** 2015. Disponível em: <<https://umpouquinhodecadalugar.com/2015/05/31/o-ciclo-da-borracha-na-amazonia/>>. Acesso em: 25 maio 2017.

NORMAM-02. NORMAN-02/DPC: **normas de autoridade marítima para embarcações empregadas na navegação interior.** ed. 2005. Disponível em: <https://www.dpc.mar.mil.br/sites/default/files/normam02_1.pdf>. Acesso em: 08 maio 2017.

OLIVEIRA, João Rafael Moraes de. **A luta pela borracha no Brasil e a história ecológica de Warren Dean.** Revista Territórios e Fronteiras, Mato Grosso, v. 3, n. 2, p.105-122, 07 dez. 2010.

OLIVEIRA, Lejandre Fernandes de. **Análise da viabilidade econômica para embarcação de transporte de passageiros e automóveis para operação na baía da Guanabara.** 2009. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

OLIVEIRA, Maurício Aguilar Nepomuceno de. **Análise da viabilidade de embarcações solares para transporte de passageiros.** 2013. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PADOVEZI, Carlos Daher. **Aplicação de resultados de escala real no projeto de hélices de embarcações fluviais.** 1997. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Naval, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PESSOA, Marcus. **Como chegar em Barcelos partindo de Manaus.** 2017. Disponível em: <<https://noamazonaseassim.com.br/como-chegar-em-barcelos-partindo-de-manaus/>>. Acesso em: 23 maio 2017.

PICANÇO, Hamilton Pessoa. **Resistência ao avanço: uma aplicação de dinâmica dos fluidos computacional**. 1999. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

Portal São Francisco 2015. [Http://www.portalsaofrancisco.com.br/meio-ambiente/rio-amazonas](http://www.portalsaofrancisco.com.br/meio-ambiente/rio-amazonas). Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/meio-ambiente/rio-amazonas>>. Acesso em: 27 out. 2017.

RODE, Ana Clara. **Desenvolvimento do projeto informacional, conceitual e preliminar de uma casa flutuante**. 2016. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

SIMAS, Willians Erler de. **Uma análise do transporte hidroviário de passageiros na Baía de Guanabara: o caso da ligação entre a ilha do fundão e niterói**. 2014. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SUÇUARANA, Monik da Silveira. **RIO AMAZONAS**. 2008. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/hidrografia/rio-amazonas/>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

SUDAM – Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. **Tecnologia das embarcações**. 2005. Disponível em: <http://www.sudam.gov.br/conteudo/menus/referencias/biblioteca/arquivos/Ada-2005/tecnologia_das_embarcacoes_1.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2017.

TAMBUCCI, Yuri Bassichetto. **Rio a fora, cidade a dentro - transporte fluvial e modos de viver no Amazonas**. 2014. 147 f. Monografia (Especialização) - Curso de Antropologia Social, Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

TANCREDI, TP. **A estrutura primária do navio**. 2004. 33 p. Apostila/Graduação - Curso de Engenharia Naval, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

TCU – Tribunal de contas da União (2006). **Avaliação do programa manutenção de hidrovias. Secretaria de fiscalização e avaliação de programas de governo: Sumários Executivos**. Nova Série 6, Brasília, DF. Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?inline=1&fileId=8A8182A14D92792C014D92877AFB4812>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

TERAMETAIS. CATÁLOGO DE PRODUTO 2015. 2015. Disponível em: <<http://www.terametais.com.br/downloads/catalogo.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2017.

TRINDADE, J. **Hidrodinâmica e Propulsão**: Engenharia de Máquinas marítimas. Escola Superior Náutica Infante D. Henrique, 2012.

TurboJet. 2017. Disponível em: <<https://www.turbojet.com.hk/en/>>. Acesso em: 22 jun. 2017

VASCONCELLOS, José Marcio. **Catamarã**. 2001. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Oceânica, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <http://www.oceanica.ufrj.br/ocean/hscraft/nova_pagina_4.htm>. Acesso em: 14 jun. 2017.

WATSON, David G. M.. **Practical ship design**. Oxford: Elsevier, 1998. 566 p.

ANEXO A – LINHAS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIRO NO BRASIL

Linha	Operadora/Embarcação	Duração	Tipo de Transporte	Tipo de embarcação	Custo para passageiros
Rio de Janeiro					
Praça XV - Praça Arariboia	CCR Barcas	00:20	Passageiros	Catamarãs e monocascos	R\$ 5,90
Praça XV - Charitas	CCR Barcas	00:20	Passageiros	Catamarãs	R\$ 16,50
Praça XV - Paquetá	CCR Barcas	00:50 a 01:10	Passageiros	Catamarãs e monocascos	R\$ 5,90
Praça XV - Cocotá	CCR Barcas	00:55	Passageiros	Catamarãs e monocascos	R\$ 5,90
Ilha Grande - Mangaratiba	CCR Barcas	01:20	Passageiros	Catamarãs	R\$ 16,90
Ilha Grande - Angra dos Reis	CCR Barcas	01:20	Passageiros	Catamarãs	R\$ 16,90
Baixada Santista					
São Sebastião - Ilha bela	DERSA	00:30	Passageiros e veículos	Monocasco	Grátis
Santos - Guaruja	DERSA	00:15	Passageiros e veículos	Monocasco	Grátis
Bertioga - Guaruja	DERSA	00:30	Passageiros e veículos	Monocasco	Grátis
Iguape - Juréia	DERSA	00:30	Passageiros e veículos	Monocasco	Grátis
Cananéia - Ilha Comprida	DERSA	00:30	Passageiros e veículos	Monocasco	Grátis
Cananéia - Continente	DERSA	00:30	Passageiros e veículos	Monocasco	Grátis
Santos - Vicente de Carvalho	DERSA	00:10 a 00:15	Passageiros	Catamarã	R\$ 1,45
Cananéia - Ariri	DERSA	03:30	Passageiros	Monocasco	R\$ 7,40 a 53,40
Salvador					
Salvador - Vera Cruz	CL Empreendimentos	00:55	Passageiros	Monocasco	R\$ 5,30 a 7,10
	VERA CRUZ transp. e serviços marítimos ltda.		Passageiros	Monocasco	R\$ 5,30 a 7,10
Salvador - Ilha Itaparica	Internacional travessias salvador	01:00	Passageiros e veículos	Catamarã e monocasco	R\$ 4,80 a 6,40
Salvador - Morro de São Paulo	Biotur	00:40	Passageiros	Catamarã	R\$ 97,00
	Ilha Bela TM		Passageiros	Catamarã e monocasco	R\$ 97,00
	Farol do Morro		Passageiros	Catamarã	R\$ 105,00
Aracaju					
Aracaju - Atalaia nova	Hdantas	00:25	Passageiros	Monocasco	-
Aracaju - Barra dos coqueiros	Hdantas	00:06	Passageiros	Monocasco	-
	Hdantas	00:15	Passageiros e veículos	Monocasco	-
São Luís					
Ponta da Espera - Cuijupe	Serviporto	01:20	Passageiros e veículos	Monocasco	R\$ 11,00
	Internacional marítima	01:20	Passageiros e veículos	Monocasco	R\$ 11,00
Belém					
Belém - Portel	T. do Valle	12:00	Passageiros	Monocasco	-
Santarém - Manaus	AR Transportes	2 dias e 5,5h	Passageiros	Monocasco	R\$ 140,00
	N/M Amazon Star	Aprox. 2 dias	Passageiros	Monocasco	-
Belém - Muaná	J. M. Coelho	04:00	Passageiros	Monocasco	-
Ponta de Pedras - Belém	AMT Tavares	02:00	Passageiros	Monocasco	-
	MRR Nunes	01:50	Passageiros	Monocasco	-
Santarém - Monte Alegre	A. Vieira da Costa	18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Edson de C. Sadala	18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Emp. De Nav. Oliveira Irmão Ltda.	18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Lima sadala Navegação LTDA.	18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Viação Tapajos	02:45	Passageiros	Catamarã	-
Belém - Macapá	Viação Tapajos	12:00	Passageiros	Catamarã	-
Santarém - Juruti	Navegação São Domingos LTDA	12:00	Passageiros e veículos	Monocasco	-
	Viação Tapajos	05:00	Passageiros	Catamarã	R\$ 97,00
Itaituba - Santarém	Costa Lima Transp. LTDA	14:00	Passageiros	Monocasco	-
	Diniz Navegação LTDA	14:00 e 06:30	Passageiros	Monocasco	-
	Emp. De Navegação Rio Verde	14:00	Passageiros	Monocasco	-
	E.P. Rocha EPP	14:00 e 06:30	Passageiros	Monocasco	-
	Tapajos Navegação LTDA	14:00	Passageiros	Monocasco	-
Alenquer - Santarém	TLP Coimbra	06:30	Passageiros	Monocasco	-
	Viação Tapajos	02:00	Passageiros	Catamarã	-
	Yared Neto Naveg. E Comércio LTDA	08:00	Passageiros	Monocasco	-
	Cacau & Martins Transp. LTDA	08:00	Passageiros	Monocasco	-
	Costa Guimarães & Guiamrães LTDA	08:00	Passageiros	Monocasco	-
	Rubens V. Aquino LTDA	08:00	Passageiros	Monocasco	-
	José Luis P. Rodrigues - Me	08:00	Passageiros	Monocasco	-
	Daliana Cacau Martins - Me	08:00	Passageiros	Monocasco	-
Elias Teixeira Lemos - Me	08:00	Passageiros	Monocasco	-	
Belém - Santarém	AR Transportes	2 dias e 9h	Passageiros	Monocasco	R\$ 230,00
	N/M Amazon Star	Aprox. 3 dias	Passageiros	Monocasco	-
Belém - S. Seb. Da Boa Vista	N/M Globo do Mar	18h	Passageiros	Monocasco	-
	Veneza do Marajó	18h	Passageiros	Monocasco	-
	Viajeiro	18h	Passageiros	Monocasco	-
	Oliveira Nobre	18h	Passageiros	Monocasco	-
	Leão do Marajo	18h	Passageiros	Monocasco	-
Belém - Manaus	AR Transportes	4 dias e 22,5 h	Passageiros	Monocasco	R\$ 326,00
	N/M Amazon Star	Aprox. 5 dias	Passageiros	Monocasco	-

Linha	Operadora/Embarcação	Duração	Tipo de Transporte	Tipo de embarcação	Custo para passageiros
Amazonas					
Manaus - Tefé	Fenix	1 dia e 18h	Passageiros	Monocasco	-
	Monte Sinai	1 dia e 19h	Passageiros	Monocasco	-
	Estrela de Davi	1 dia e 19h	Passageiros	Monocasco	-
	Leão de Judá	1 dia e 19h	Passageiros	Monocasco	-
	A Nunes II	1 dia e 19h	Passageiros	Monocasco	-
	Comt. Severino Ferreira	1 dia e 19h	Passageiros	Monocasco	-
	Irmãos Miranda	1 dia e 19h	Passageiros	Monocasco	-
	Elyon Fernandes	3 dias	Passageiros	Monocasco	-
	Cidade do Manaquiri	13:30	Passageiros	Monocasco	R\$ 260,00
	Lancha Crystal I	13:30	Passageiros	Monocasco	R\$ 260,00
	Gloria de Deus III	13:30	Passageiros	Monocasco	R\$ 260,00
	Ajato 2000	12:00	Passageiros	Monocasco	R\$ 230,00
Madame Crys	15:00	Passageiros	Monocasco	R\$ 230,00	
Manaus - Parintins	Novo Aliança	16:00 a 18:00	Passageiros	Monocasco	-
	14 de Outubro	16:00 a 18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Navio Parintins	16:00 a 18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Príncipe do Amazonas	16:00 a 18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Cel Tavares	16:00 a 18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Amanda Leticia II	16:00 a 18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Ana Beatriz IV	16:00 a 18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Golfinho do Mar	16:00 a 18:00	Passageiros	Monocasco	-
	São Bartolomeu III e IV	16:00 a 18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Luiz Alonfo	16:00 a 18:00	Passageiros	Monocasco	-
	Pérola	09:00	Passageiros	Monocasco	-
	Expresso Golfinho	08:00	Passageiros	Monocasco	R\$ 150,00
Oriximiná	07:30	Passageiros	Monocasco	R\$ 170,00	
AR Transportes	18:00	Passageiros	Monocasco	R\$ 108,00	
Manaus - Santarém	Rondônia	Aprox. 30h	Passageiros	Monocasco	-
	Clívia	Aprox. 30h	Passageiros	Monocasco	-
	Ana Beatriz IV	Aprox. 30h	Passageiros	Monocasco	-
	Golfinho do Mar	27:00	Passageiros	Monocasco	-
	São Bartolomeu III e IV	Aprox. 30h	Passageiros	Monocasco	-
	Luiz Afonso	Aprox. 30h	Passageiros	Monocasco	-
	Expresso Golfinho	13:30	Passageiros	Monocasco - Expresso	R\$ 260,00
N/M Amazon Star	Aprox. 30h	Passageiros	Monocasco	-	
Manaus - Coari	Jesus me Deu	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Jesus te Ama	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Cidade de Coari	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Marezia V	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Marezia II e VII	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Fênix	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Monte Sinai	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Estrela de Davi	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Leão de Judá	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	A Nunes II	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Comt. Severino Ferreira	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Irmãos Miranda	Aprox. 36h	Passageiros	Monocasco	-
	Cidade do Manaquiri	11:00	Passageiros	Monocasco - Expresso	R\$ 190,00
	Lancha Crystal I	09:30	Passageiros	Monocasco - Expresso	R\$ 190,00
	Gloria de Deus III	11:00	Passageiros	Monocasco - Expresso	R\$ 190,00
	Ajato 2000	08:00	Passageiros	Monocasco - Expresso	R\$ 180,00
Madame Crys	11:30	Passageiros	Monocasco - Expresso	R\$ 180,00	
Expresso Kedson	20:00	Passageiros	Monocasco - Expresso	-	

ANEXO B – PROPOSTAS DE PROJETO NETUNO ENGENHARIA NAVAL LTDA.

NETUNO – ENGENHARIA NAVAL LTDA.
R. Bernardo Ramos, 92, Sala 102 - Centro - CEP: 69.005-310 - Manaus AM - Fone: (92) 3037-0819
www.netunonaval.com.br



Preparado por: NETUNO ENGENHARIA NAVAL

Preparado para: Sr. Lucas Luz Duarte

Descrição

Orçamento para elaboração de documentos técnicos de uma embarcação de alumínio tipo catamarã de 21 AB seguindo as Normas da Autoridade Marítima - nº 02 (NORMAM 02/DPC).

Proposta Comercial 060-17

Manaus, 27 de outubro de 2017

Rua Bernardo Ramos, 92, Sala 102 – Centro - CEP: 69.005-310 – Manaus AM - Fone: (92) 3037-0819
CNPJ: 13.138.071/0001-16



1. INTRODUÇÃO

Esta proposta trata dos seguintes serviços:

- Orçamento para elaboração de documentos técnicos de uma embarcação do tipo catamarã com 21 AB conforme as Normas da Autoridade Marítima - nº02 (NORMAM 02/DPC).

2. ESCOPO DE SERVIÇO

ITENS DE ENTREGA: PROJETO EC1	
1	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)
2	COMPROVANTE DE PAGAMENTO DA ART
3	MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO
4	FOLHETO DE TRIM E ESTABILIDADE PRELIMINAR
5	NOTAS DE ARQUEAÇÃO
6	NOTAS PARA MARCAÇÃO DE BORDA-LIVRE
7	TABELA DE COTAS
8	RELATÓRIO DA PROVA DE INCLINAÇÃO
9	TABELA HIDROSTÁTICAS
10	TABELA HIDROSTÁTICAS COM TRIM
11	TABELA DE CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDADE
12	ESTUDO DE ESTABILIDADE DEFINITIVO
13	PLANO DE LINHAS
14	PLANO DE PERFIL ESTRUTURAL
15	SEÇÃO MESTRA
16	PLANO DE ARRANJO GERAL, SEGURANÇA, LUZES E CAPACIDADE

Manaus, 27 de outubro de 2017

Rua Bernardo Ramos, 92, Sala 102 – Centro - CEP: 69.005-310 – Manaus AM - Fone: (92) 3037-0319

CNPJ: 13.128.071/0001-16



NETUNO – ENGENHARIA NAVAL LTDA.
contato@netunonaval.com.br
www.netunonaval.com.br

3. VALOR

Se rviços:	Valores
1 Coletânea de documentos Técnicos para projeto EC1	R\$ 22.000,00
TOTAL A PAGAR	R\$ 22.000,00

Aceite Formal:

Estou de acordo com a Proposta de Serviço de nº 060/17.

Contato: Sr. Lucas Luz Duarte

Atenc iosamente,

Redney Pereira Maia
 NETUNO – ENGENHARIA NAVAL LTDA.



NETUNO - ENGENHARIA NAVAL LTDA.
contato@netunoeng.com.br
www.netunoeng.com.br



Preparado por: NETUNO ENGENHARIA NAVAL

Preparado para: Sr. Lucas Luz Duarte

Descrição

Orçamento para elaboração de documentos técnicos de uma embarcação do tipo catamarã de 20 AB seguindo as Normas da Autoridade Marítima - nº 02 (NORMAM 02/DPC).

Proposta Comercial 059-17

Manaus, 27 de outubro de 2017

Rua Bernardo Ramos, 92, Sala 102 - Centro - CEP: 69.005-310 - Manaus AM - Fone: (92) 3087-0819
CNPJ: 13.128.071/0001-16



NETUNO – ENGENHARIA NAVAL LTDA.
contato@netunoeng.com.br
www.netunoeng.com.br

1. INTRODUÇÃO

Esta proposta trata dos seguintes serviços:

Orçamento para elaboração de documentos técnicos de uma embarcação do tipo catamarã com 20 AB conforme as Normas da Autoridade Marítima- nº02 (NORMAM 02/DPC).

2. ESCOPO DE SERVIÇO

ITENS DE ENTREGA: PROJETO EC2

1	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)
2	COMPROVANTE DE PAGAMENTO DA ART
3	MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO
4	NOTAS DE ARQUEAÇÃO
5	ESTUDO DE ESTABILIDADE DEFINITIVO
6	ESQUEMÁTICO DO PLANO DE ARRANJO GERAL, SEGURANÇA, LUZES E CAPACIDADE

3. VALOR

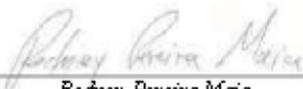
Serviços:	Valores
1 Coletânea de documentos Técnicos para projeto EC2	R\$5.000,00
TOTAL A PAGAR	R\$ 5.000,00

Aceite Formal:

Estou de acordo com a Proposta de Serviço de nº059/17.

Contato: Sr. Lucas Luz Duarte,

Atenciosamente,


 Redney Pereira Maia
 NETUNO – ENGENHARIA NAVAL LTDA.

ANEXO C – LISTA DAS EMBARCAÇÕES SEMELHANTES

Nome	LOA (m)	Lpp (m)	Comp. Superestrutura	B (m)	L/B	T (m)	P (m)	Material
CAT BB 43	14,34	11,60	8,66	4,90	2,9	0,70	1,90	PRFV
CAT BB 60	18,30	17,00	11,57	6,27	2,9	-	1,80	PRFV
JL 21.6	21,60	-	-	5,55	3,9	1,20	2,18	Aluminio
JL27S-72	27,00	-	-	6,00	4,5	1,25	2,60	PRFV
ARESA 1650 FCAT	16,50	-	-	6,40	2,6	1,40	-	PRFV
ARESA 1700 Open FCAT	16,50	-	-	6,40	2,6	0,90	-	PRFV
ARESA 2700 CAT	27,00	-	-	8,30	3,3	1,70	-	PRFV
CAT 17 MA	17,50	15,80	-	6,30	2,8	-	2,10	PRFV
Water Taxi 1606	16,00	-	-	6,00	2,7	1,40	2,30	PRFV
Water Taxi 1004	11,00	-	-	4,10	2,7	0,60	1,80	PRFV
Waterbus 2407	24,50	-	-	7,00	3,5	1,60	2,30	PRFV
Waterbus 2007	19,04	-	-	7,00	2,7	1,40	2,30	PRFV
ASV 1100	11,96	11,16	7,39	4,05	3,0	1,11	2,06	PRFV
ASV 1500W	15,95	15,25	-	4,55	3,5	1,00	2,05	PRFV
Condor Express	21,85416	-	-	7,80288	2,8	0,9144	-	Aluminio
River Gorge Explorer	19,812	17,6784	-	7,0104	2,8	0,9144	1,95	Aluminio
Hoku Nai'a	19,812	-	-	7,1628	2,8	1,905	-	Aluminio
Hula Kai	16,27632	-	-	6,4008	2,5	1,6764	-	Aluminio
Expeditions Four	19,75104	-	-	7,1628	2,8	1,76784	-	Aluminio
Chilkat Express	19,2024	-	-	6,7056	2,9	0,9144	-	Aluminio
Expeditions Five	16,764	-	-	6,5532	2,6	1,6764	-	Aluminio
Island Adventure	19,75104	-	-	7,1628	2,8	1,64592	-	Aluminio
Islander	19,78152	-	-	7,1628	2,8	1,64592	-	Aluminio

ANEXO D – TABELA DE COTAS

9 // Number of waterlines
 12 // Number of stations
 1 // Read decline
 1 // Read contour
 1 // Read aft contour
 1 // Read forward contour
 0 // Read flat of bottom
 1.000 // Length
 1.000 // Beam
 1.000 // Draft
 0.000 0.200 0.400 0.600 0.800 1.000 1.200 1.400 1.600
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 0.000 1.590 2.118 -2.129 -2.140 -2.151 -2.162 -2.172 -2.183 -2.194 1.710 -2.200 0.000
 1.000 1.590 2.119 2.130 2.141 -2.152 -2.163 -2.174 2.185 -2.196 1.710 -0.978 0.000
 2.000 -1.590 2.118 -2.129 -2.140 -2.151 -2.162 -2.172 -2.183 -2.194 1.710 -0.979 0.000
 3.000 1.590 -2.116 -2.127 -2.137 -2.148 -2.159 -2.169 2.180 -2.191 1.710 -0.983 0.000
 4.000 -1.590 -2.112 -2.121 -2.132 -2.142 -2.153 -2.164 -2.174 -2.185 1.710 -0.989 0.000
 5.000 -1.590 -2.094 -2.105 2.117 -2.128 -2.139 -2.150 -2.161 -2.172 1.710 -1.001 0.000
 6.000 0.000 -1.965 2.081 -2.092 -2.103 -2.115 2.126 2.137 -2.148 1.710 -1.025 0.000
 7.000 -1.590 -1.868 -2.043 -2.054 -2.066 -2.077 -2.089 -2.101 2.112 1.710 -1.061 0.000
 8.000 0.000 1.763 -1.985 -1.998 -2.010 -2.023 -2.035 -2.048 -2.060 1.710 -1.112 0.000
 9.000 0.000 -1.679 -1.769 1.903 -1.916 -1.930 -1.944 -1.958 1.971 1.710 -1.201 0.000
 10.000 0.000 -1.594 -1.633 1.670 -1.754 -1.770 1.787 -1.803 -1.819 1.710 -1.352 0.000
 10.900 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 -1.607 1.710 -1.564 0.000
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

ANEXO E – CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE

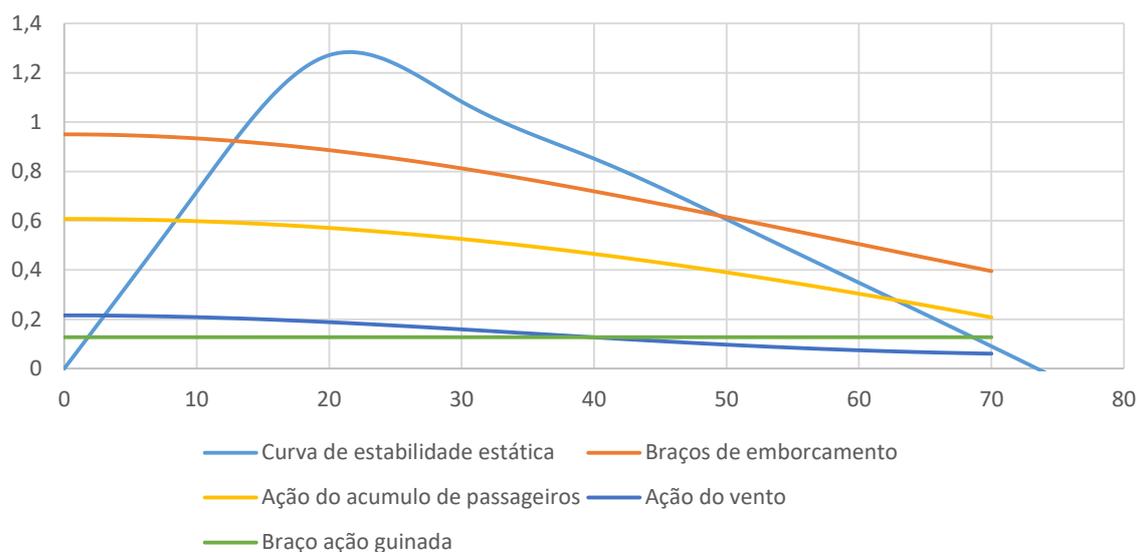
Embarcação na condição de carga total de regresso, com o número máximo de passageiros e suas bagagens, mas com apenas 10% de gêneros e combustível

	Qtde.	Valor unitário (ton)	Total massa	VCG	Δ^*VCG (t.m)		
Lightship	1	4,142	4,142	1,000	4,142		
Passageiros Bombordo	22	0,075	1,65	2,500	4,125		
Passageiros Boreste	22	0,075	1,65	2,500	4,125		
Motor Bombordo	1	0,77	0,77	0,500	0,385		
Motor Boreste	1	0,77	0,77	0,500	0,385		
Tanque água doce	10%	0,44	0,044	4,000	0,176		
Tanque combustível bombordo	10%	0,714	0,0714	0,485	0,034629		
Tanque combustível boreste	10%	0,714	0,0714	0,485	0,034629		
Bagagens Bombordo	22	0,025	0,55	0,300	0,165		
Bagagens Boreste	22	0,025	0,55	0,300	0,165		
		Desl. Total	10,2688			13,737258	Kg
							1,337767

Ponto de alagamento	x (m)	y (m)	z (m)
Escotilha acesso a sala de máquinas	-3,6	2	1.85

Ângulo de Imersão do convés	40,7	Calado PR (m)	0,733	Calado meia-nau (m)	0,665
Ângulo de alagamento	57,2	Calado PV (m)	0,615	Trim (m)	-0,118

ITEM	CRITÉRIO		VALOR CALCULADO	CONFORME
Θ Equil.Estático Passageiro	15,000º	> ou =	6,000º	SIM
Θ Equil.Estático Vento	15,000º	> ou =	3,000º	SIM
Θ Equil.Estático Guinada	15,000º	> ou =	4,000º	SIM
Θ Equil.Estático Reboque	15,000º	> ou =	0,000º	SIM
A2/A1 (mínimo)	1,000	< ou =	1,861	SIM
GZ' max	0,100 m	< ou =	1,284 m	SIM
Θ_f	25,000º	< ou =	57,200º	SIM
GMo	0,350 m	< ou =	4,083 m	SIM



Embarcação na condição de carga total de partida, totalmente carregada, porém, sem passageiros

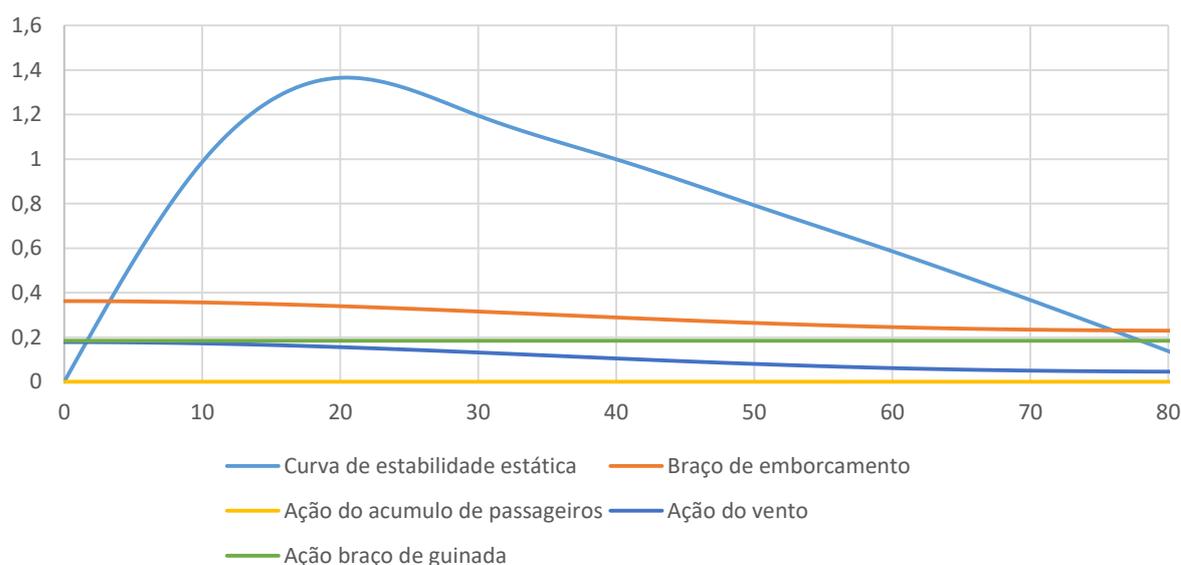
	Qtde.	Valor unitário (ton)	Total massa	VCG	Δ^* VCG (t.m)
Lightship	1	4,142	4,142	1,000	4,142
Passageiros Bombordo	0	0,075	0	2,500	0
Passageiros Boreste	0	0,075	0	2,500	0
Motor Bombordo	1	0,77	0,77	0,500	0,385
Motor Boreste	1	0,77	0,77	0,500	0,385
Tanque água doce	100%	0,44	0,44	4,000	1,76
Tanque combustível bombordo	100%	0,714	0,714	0,800	0,5712
Tanque combustível boreste	100%	0,714	0,714	0,800	0,5712
Bagagens Bombordo	0	0,025	0	0,300	0
Bagagens Boreste	0	0,025	0	0,300	0
Desl. Total (ton)			7,55		7,8144 Kg
					1,03502

Ponto de alagamento	x (m)	y (m)	z (m)
Escotilha acesso a sala de máquinas	-3,6	2	1.85

Ângulo de Imersão do convés	43,1
Ângulo de alagamento	62,5

Calado PR (m)	0,596	Calado meia-nau (m)	0,525
Calado PV (m)	0,423	Trim (m)	0,173

ITEM	CRITÉRIO		VALOR CALCULADO	CONFORME
θ Equil.Estático Passageiro	15,000º	> ou =	0,000º	SIM
θ Equil.Estático Vento	15,000º	> ou =	2,000º	SIM
θ Equil.Estático Guinada	15,000º	> ou =	1,500º	SIM
θ Equil.Estático Reboque	15,000º	> ou =	0,000º	SIM
A2/A1 (mínimo)	1,000	< ou =	11,729	SIM
GZ' max	0,100 m	< ou =	1,365 m	SIM
θ_f	25,000º	< ou =	62,500º	SIM
GMo	0,350 m	< ou =	5,850 m	SIM



Embarcação na condição de carga total no regresso, com 10% de generos e combustíveis, porém, sem passageiros.

	Qtde.	Valor unitário (ton)	Total massa	VCG	Δ^*VCG (t.m)
Lightship	1	4,142	4,142	1,000	4,142
Passageiros Bombordo	0	0,075	0	2,500	0
Passageiros Boreste	0	0,075	0	2,500	0
Motor Bombordo	1	0,77	0,77	0,500	0,385
Motor Boreste	1	0,77	0,77	0,500	0,385
Tanque água doce	10%	0,44	0,044	4,000	0,176
Tanque combustível bombordo	10%	0,714	0,0714	0,485	0,034629
Tanque combustível boreste	10%	0,714	0,0714	0,485	0,034629
Bagagens Bombordo	0	0,025	0	0,300	0
Bagagens Boreste	0	0,025	0	0,300	0
Desl. Total			5,8688		5,157258 Kg
					0,878759

Ponto de alagamento	x (m)	y (m)	z (m)
Escotilha acesso a sala de máquinas	-3,6	2	1.85

Ângulo de Imersão do convés	53,9
Ângulo de alagamento	70,6

Calado PR (m)	0,472	Calado meia-nau (m)	0,436
Calado PV (m)	0,384	Trim (m)	0,088

ITEM	CRITÉRIO		VALOR CALCULADO	CONFORME
Θ Equil.Estático Passageiro	15,000º	> ou =	0,000º	SIM
Θ Equil.Estático Vento	15,000º	> ou =	2,000º	SIM
Θ Equil.Estático Guinada	15,000º	> ou =	1,000º	SIM
Θ Equil.Estático Reboque	15,000º	> ou =	0,000º	SIM
A2/A1 (mínimo)	1,000	< ou =	14,315	SIM
G2' max	0,100 m	< ou =	1,418 m	SIM
Θ_r	25,000º	< ou =	70,600º	SIM
GMo	0,350 m	< ou =	7,580 m	SIM

