



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NAVAL

ANGELO GASTALDI SILVEIRA BRUNS

**PROJETO CONCEITUAL DE EMBARCAÇÃO COSTEIRA PARA BUSCA
E SALVAMENTO**

Joinville
2022

ANGELO GASTALDI SILVEIRA BRUNS

**PROJETO CONCEITUAL DE EMBARCAÇÃO COSTEIRA PARA BUSCA
E SALVAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia Naval do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Naval.

Orientador: Prof. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto, Dr.

Joinville

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bruns, Angelo Gastaldi Silveira

Projeto conceitual de embarcação costeira para busca e salvamento / Angelo Gastaldi Silveira Bruns ; orientador, Ricardo Aurélio Quinhões Pinto, 2022.

86 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville, Graduação em Engenharia Naval, Joinville, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Naval. 2. Embarcação. 3. Projeto Conceitual. 4. Busca e Salvamento. I. Quinhões Pinto, Ricardo Aurélio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Naval. III. Título.

ANGELO GASTALDI SILVEIRA BRUNS

**PROJETO CONCEITUAL DE EMBARCAÇÃO COSTEIRA PARA BUSCA
E SALVAMENTO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Naval” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Naval.

Joinville, 15 de dezembro de 2022.

Prof^a. *Viviane Lilian Soethe Parucker, Dra.*
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto, Dr.
Orientador

Prof. Luís Fernando Peres Calil, Dr.
Avaliador

Prof. Luiz Eduardo Bueno Minioli, Me.
Avaliador

Este trabalho é dedicado a minha mãe e aos meus queridos avós, pela formação do meu caráter, educação e apoio incondicional ao longo da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar força e guiar no caminho dos justos.

A minha mãe, Simone, por nunca ter duvidado das minhas capacidades, sempre ter me apoiado e me incentivado minha vida acadêmica. Por toda a educação e amor me dado.

Aos meus avós, Antonio e Zilda, por estarem sempre presentes, me dando força e carinho.

A minha namorada, Amanda, por ter me acompanhado e me auxiliando ao longo do curso.

Aos meus grandes amigos do ensino médio, Alana, Danilo, Gustavo e Pedro, por me proporcionarem momentos memoráveis.

Aos amigos que UFSC me trouxe, principalmente, Vinicius, Pablo, João, Douglas, Flávio, Fernando e Pedro, que iniciaram esta jornada juntos e mesmo em rumos diferentes, seguimos unidos pela amizade.

Ao professor orientador, Ricardo, por desde o principio do curso estar disposto a dividir seu grande conhecimento e experiência na náutica. Sempre muito atencioso e apoiador, dando a liberdade necessária para criação deste trabalho.

A todos os professores do CTJ, por contribuírem na minha formação.

A EPC Soluções e Consultoria, que me proporcionaram estágio e conhecimento, permitindo a conclusão da minha graduação.

A 3ªCia/7ºBBM do CBMSC, principalmente aos amigos que lá fiz, que além de me instruírem, me incentivaram a abraçar o lema "vidas alheias, riquezas a salvar". A família que fomentou a escolha deste tema de trabalho.

A todos os bombeiros comunitários e guarda-vidas civis de Santa Catarina, por irem além dos seus deveres civis e salvaguardar o estado que me acolheu.

“A Sorte Protege os Audazes”
(Virgílio, sec I a.C.)

RESUMO

Hoje no Brasil não se encontram no mercado náutico embarcações projetadas para o uso exclusivo no serviço de busca e resgate. Visando aprimorar a operação do corpo de bombeiros em águas costeiras, este trabalho propõe o projeto informacional e conceitual de uma embarcação costeira para busca e resgate. Foi utilizado como fonte de dados o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina no litoral do estado. Por se tratar de um projeto de uma embarcação de serviço que apresenta certa complexidade foi utilizado o método de espiral de projeto, que permite maior flexibilidade para alcançar os objetivos necessários. O desenvolvimento do estudo é baseado em referências bibliográficas, artigos e normas. O resultado apresentado é o projeto conceitual de uma embarcação com casco semi-rígido com menos de 6 metros de comprimento total capaz de transportar uma vítima sobre maca rígida ou realizar atividades de combate a incêndio, bem como realizar operações de busca na região costeira. Para garantir a viabilidade econômica serão necessários maiores estudos.

Palavras-chave: Embarcação. Projeto Conceitual. Busca e Salvamento.

ABSTRACT

On the Brazilian nautical market there are no boats designed for exclusive use in the search and rescue service. Aiming to improve the operation of the fire department in coastal waters, this work proposes the informational and conceptual design of an inshore vessel for search and rescue. It was used as a source of data the Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina on the coast of the state. As it is a service vessel project that presents some complexity, the design spiral method was used, which allows greater flexibility to achieve the necessary objectives. The development of the study is based on bibliographic references, articles and standards. The result presented is the conceptual design of a vessel with a semi-rigid hull of less than 6 meters in total length capable of transporting a victim on a stretcher or carrying out firefighting activities, as well as carrying out search operations in the coastal region. To ensure the economic viability further studies will be needed.

Keywords: Vessel. Conceptual Design. Search and Rescue.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Baleeira <i>The Assistance</i>	20
Figura 2 – Embarcação rápida a motor em 1930.	20
Figura 3 – Primeiro RIB para resgate.	21
Figura 4 – <i>Hovercraft</i> de busca e salvamento	21
Figura 5 – Embarcações SAR de referência mundial:(a)Faster 635SCW; (b)Swede Ship 8M H.S.R.B.; (c)Zeppelin 18 R; (d)Safe 23 Center Console; (e)Zodiac SRA-650 OB; (f)Tideman RBB 700 OB; (g)Swift Sea Ranger; (h)Narwhal FRB 700	24
Figura 6 – Dimensões principais.	25
Figura 7 – Gráfico da relação entre resistência ao avanço por velocidade.	29
Figura 8 – Características comuns de casco planantes.	31
Figura 9 – Embarcação com casco rígido em fibra de vidro.	32
Figura 10 – Embarcação RBB em Polietileno de Alta Densidade.	33
Figura 11 – Forças atuantes numa embarcação de planeio.	34
Figura 12 – Nomograma de equilíbrio considerando todas as forças atuando no centro de gravidade (CG) da embarcação.	36
Figura 13 – Limites de <i>porpoising</i> para cascos planantes prismáticos.	37
Figura 14 – Treinamento de recuperação de bote SAR emborcado.	38
Figura 15 – Relação das fases do projeto com o nível de detalhamento.	41
Figura 16 – Espiral de Evans para a embarcação de projeto.	44
Figura 17 – Mapa das OBM's do litoral de Santa Catarina.	45
Figura 18 – Prevenção no evento Expedição Voz dos Oceanos.	47
Figura 19 – Resgate de tartaruga emalhada.	47
Figura 20 – Equipamentos necessários para atendimento pré-hospitalar.	48
Figura 21 – Incêndio em lancha no litoral de Balneário Camboriú.	49
Figura 22 – Embarcação durante missão de busca.	51
Figura 23 – Reboque de embarcação artesanal à deriva.	51
Figura 24 – Embarcação Zefir G500.	53
Figura 25 – Dimensões principais dos modelos.	57
Figura 26 – Dimensões dos equipamentos do arranjo.	58
Figura 27 – Arranjo selecionado sobre Modelo 8.	59
Figura 28 – Resistência ao avanço e a potência efetiva para casco nu.	62
Figura 29 – Potências instaladas e efetiva.	63
Figura 30 – Posicionamento da tripulação sentada.	64
Figura 31 – Curva da estabilidade estática do modelo.	65
Figura 32 – Modelo com inclinação de 37 graus.	66
Figura 33 – Verificação da ocorrência de <i>porpoising</i>	67

Figura 34 – Regiões do casco.	68
Figura 35 – Reforçadores do casco.	70
Figura 36 – Vista frontal do modelo conceitual.	72
Figura 37 – Vista lateral do modelo conceitual.	72
Figura 38 – Vista superior do modelo conceitual.	72
Figura 39 – Vista isométrica do modelo conceitual.	73
Figura 40 – Relação entre L_{OA} e B	81
Figura 41 – Relação entre L_{OA} e T	81
Figura 42 – Relação entre L_{OA} e potência.	81
Figura 43 – Relação entre L_{OA} e peso leve sem motor.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Embarcações SAR e suas características gerais.	22
Tabela 2 – Embarcações SAR e suas características de destaque.	23
Tabela 3 – Distribuição longitudinal e vertical das parcelas de pesos a bordo da embarcação em relação ao espelho de popa.	28
Tabela 4 – Matriz de Influência	43
Tabela 5 – Ferramentas e métodos	44
Tabela 6 – Características principais da Zefir G500	53
Tabela 7 – Restrições do banco de dados.	55
Tabela 8 – Dimensões principais dos modelos de acordo com os requisitos do armador.	56
Tabela 9 – Estimativa de peso estrutural do Modelo 8.	60
Tabela 10 – Estimativa de pesos e centros em relação a linha de centro na proa do casco.	61
Tabela 11 – Comparação de centros de gravidade e flutuabilidade do Modelo 8 na condição estática.	61
Tabela 12 – Eficiências propulsivas.	62
Tabela 13 – Condições simuladas de estabilidade dinâmica.	66
Tabela 14 – Dimensões da topologia estrutural.	71
Tabela 15 – Dimensões principais do Modelo 8.	71
Tabela 16 – Itens necessários na embarcação do projeto.	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBMSC	Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
cv	Cavalo vapor
DPC	Diretoria de Portos e Costa da Marinha do Brasil
DWL	linha d'água projetada
OBM's	Organizações de bombeiro militar
RBB	<i>Rigid buoyant boat</i>
RIB	<i>Rigid inflatable boat</i>
RNLI	<i>Royal National Lifeboat Institution</i>
SAR	<i>Search and Rescue</i>
USLSS	<i>US Life-Saving Service</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

B	Boca(m)
T	Calado(m)
L_{OA}	Comprimento total(m)
L_H	Comprimento do casco(m)
L_{WL}	Comprimento na linha d'água(m)
B_X	Boca na linha d'água(m)
C_B	Coefficiente de bloco
C_P	Coefficiente de prismático
C_M	Coefficiente da área da seção mestra
C_{WP}	Coefficiente da área de flutuação
A_X	Área da seção mestra(m ²)
A_{WL}	Área de flutuação(m ²)
Δ	Deslocamento(ton)
W	Peso total(ton)
W_L	Peso leve(ton)
DWT	<i>Deadweight</i> (ton)
W_S	Peso estrutural(ton)
W_M	Peso de maquinário(ton)
W_O	Peso de <i>outfit</i> (ton)
W_{tol}	Peso de tolerância(ton)
W_{LO}	Peso de carga(ton)
W_F	Peso de combustível(ton)
W_{PR}	Peso de água doce(ton)
W_P	Peso dos passageiros(ton)
W_{CR}	Peso da tripulação(ton)
W_B	Peso de água de lastro(ton)
GM	Altura metacêntrica(m)
KB	Altura do centro de empuxo(m)
BM	Raio metacêntrico(m)
KG	Altura do centro de gravidade(m)
LCG	Posição longitudinal do peso(m)
VCG	Posição vertical do peso(m)
L_T	Posição do centro de gravidade do tanque(m)
D	Pontal(m)
F_h	Força hidrostática(N)
F_p	Força dinâmica de sustentação(N)
R_f	Resistência friccional(N)

α	Trim dinâmico(deg)
V	Velocidade(nós)
R_T	Resistência total(N)
R_I	Arrasto resultante da força dinâmica de sustentação(N)
R_{WV}	Resistência da geração de ondas(N)
R_{FS}	Resistência de fricção(N)
C_L	Coefficiente de sustentação de placa plana
τ	Ângulo de ataque do casco á água(<i>trim</i>)(deg)
λ	Razão L_M/B
C_v	Froude transversal
L_M	Comprimento molhado médio(m)
g	Aceleração da gravidade (m/s ²) <i>l</i>
∇	Volume deslocado(m ³)
$C_{L\beta}$	Coefficiente de sustentação
β	Ângulo de <i>deadrise</i> (deg)
C_{FO}	Coefficiente de fricção
ν	Viscosidade cinemática(Pa/s)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo Geral	18
1.1.2	Objetivos Específicos	18
2	CONSIDERAÇÕES SOBRE PROJETO DE EMBARCAÇÕES DE BUSCA E SALVAMENTO	19
2.1	BREVE HISTÓRICO DE EMBARCAÇÕES DE BUSCA E SALVAMENTO	19
2.2	ESTADO DA ARTE	22
2.3	DIMENSÕES PRINCIPAIS	25
2.4	PESOS	26
2.5	ESTIMATIVAS DE CENTROS	27
2.6	CASCO	28
2.6.1	Geometria	30
2.6.2	Tipo de embarcação	31
2.7	RESISTÊNCIA AO AVANÇO	33
2.8	ESTABILIDADE DINÂMICA LONGITUDINAL	37
2.9	TOPOLOGIA ESTRUTURAL	38
2.10	ESTABILIDADE INTACTA	38
3	MÉTODO EMPREGADO PARA O PROJETO DA EMBARCAÇÃO DE BUSCA E SALVAMENTO	40
3.1	PROJETO	40
3.1.1	Projeto Conceitual	41
3.1.2	Projeto Preliminar	42
3.2	MATRIZ DE INFLUÊNCIA	42
3.3	ESPIRAL DE EVANS	43
3.4	MÉTODOS E FERRAMENTAS	44
4	REQUISITOS DO ARMADOR	45
4.1	ÁREA DE ATUAÇÃO	45
4.2	MISSÕES	46
4.2.1	Rondas e prevenções	46
4.2.2	Atendimento pré-hospitalar	48
4.2.3	Combate a incêndios	49
4.2.4	Buscas	50
4.2.5	Embarcações a deriva	51
4.3	EMBARCAÇÕES ATUAIS	52
4.4	REQUISITOS INTERNOS	54

5	PROCESSO DE PROJETO DA EMBARCAÇÃO DE BUSCA E SALVAMENTO	55
5.1	DIMENSÕES PRINCIPAIS	55
5.2	GEOMETRIA DO CASCO	56
5.3	ARRANJO GERAL	57
5.4	PESOS E CENTROS	60
5.5	RESISTÊNCIA AO AVANÇO	61
5.6	ESTABILIDADE INTACTA	63
5.7	ESTABILIDADE DINÂMICA	66
5.8	TOPOLOGIA ESTRUTURAL	67
5.9	RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS	71
6	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICE A – MUNICÍPIOS DO LITORAL CATARINENSE COM OBM'S.	79
	APÊNDICE B – ITENS NECESSÁRIOS NA EMBARCAÇÃO DO PROJETO.	80
	APÊNDICE C – REGRESSÕES OBTIDAS DO BANCO DE DADOS.	81
	ANEXO A – EDITAL 0265/2013 - SSP/SC	83

1 INTRODUÇÃO

Localizar pessoas oriundas de afogamento ou naufrágio não é uma tarefa simples. Atualmente, para realizar esse tipo de tarefa contamos com operações de Busca e Salvamento, conhecido mundialmente por *Search and Rescue* (SAR). Pela legislação brasileira podemos interpretar como socorro a vida humana em perigo no mar ou águas abrigadas.(BRASIL, 1984).

Na última década houve um crescente número de ocorrências ligadas a busca e salvamento, dados da Diretoria de Portos e Costa da Marinha do Brasil (DPC) mostram que o número de acidentes em 2007 foi de 382, enquanto em 2015 atingiu 602. Do total de acidentes ocorridos entre 2007 e 2017, 1.258 pessoas morreram, 1.296 ficaram feridas e 179 estão desaparecidas. (BRASIL, 2017).

Parte dessas ocorrências são atendidas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Ao acompanhar a rotina dos bombeiros no litoral norte do estado catarinense pode-se observar que as Organizações de bombeiro militar (OBM's) contam com embarcações para realização das suas atividades na costa. Entretanto, a maioria apresenta barcos construídos para esporte e lazer e minimamente adaptados às reais necessidades operacionais.

Conseqüentemente, as embarcações utilizadas carecem de arranjo e equipamentos necessários para a melhor execução do serviço de busca e resgate no qual eventualmente operam. Alocação de equipamentos de mergulho, primeiros socorros e até mesmo maca para transporte de vítimas são colocados de forma adaptada dentro dos botes, podendo acarretar desde o aumento do tempo de resposta até em algum acidente.

Segundo Leal (2012, p. 13) demonstra, dentro da corporação a busca por melhorias deve ser sempre feita

O CBMSC tem no salvamento aquático o seu principal instrumento para contenção ou diminuição das mortes por afogamentos, cabendo a Corporação a constante busca por inovações e métodos que atinjam esse objetivo. Nesse sentido, percebe-se que existe uma necessidade iminente de identificar as maiores deficiências desse serviço, ao tempo que deve buscar junto a outras fontes de pesquisa, medidas eficazes que proporcionem resultados positivos e que podem ser adotadas em Santa Catarina para o melhoramento do serviço.

O presente trabalho irá apresentar um projeto informacional e conceitual de uma embarcação de busca e salvamento construída conforme as necessidades operacionais apresentadas no cotidiano do corpo de bombeiros. Analisando as ocorrências atendidas pelos militares e pretendendo encontrar um arranjo que cumpra com a necessidade de embarcação para águas costeiras capaz de transportar até 6 pessoas, uma maca rígida ou realizar atividades de combate a incêndio. E do ponto de vista naval, seja eficaz.

1.1 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho de conclusão de curso.

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar o projeto informacional e conceitual de embarcação de navegação costeira para busca e resgate que atenda aos requisitos do corpo de bombeiros, utilizando espiral de projeto.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Levantar e implementar as necessidades do cliente.
- Definir os tipos e as principais características do projeto de uma embarcação costeira de resgate e uma sequência do processo de projeto.
- Aplicar conhecimentos engenharia naval no projeto da embarcação costeira de resgate.
- Analisar de forma preliminar os atributos de projeto com base em literaturas, normas e modelos empíricos.

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE PROJETO DE EMBARCAÇÕES DE BUSCA E SALVAMENTO

Neste capítulo são discutidos os conceitos fundamentais de projeto de embarcações. Assim como um breve histórico de embarcações de busca e salvamento e seu estado da arte.

2.1 BREVE HISTÓRICO DE EMBARCAÇÕES DE BUSCA E SALVAMENTO

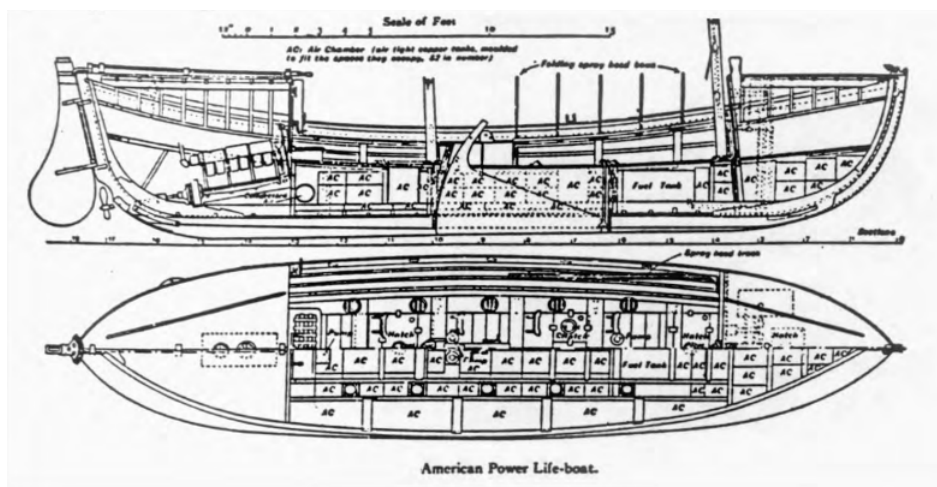
Um dos primeiros registros do serviço de busca data do século XVII, quando após o naufrágio na costa ocidental da Austrália do veleiro *Vergulde Draeck* pertencente a Companhia Holandesa das Índias Orientais houve a necessidade de criar uma equipe para encontrar e resgatar sobreviventes. O incidente ocorreu em 1656, causando a morte de cerca de 60% da tripulação de 193 homens, tendo em vista que as primeiras embarcações a chegar ao local demoraram 40 dias e nada encontraram (CACOILLO, 2014).

Conforme Nunes (2019), os países perceberam a necessidade de implantação do SAR, após alguma catástrofe ou calamidade. Só vindo a obrigação de um serviço de emergência após a perda de vidas. Os países com maior tradição naval começaram este tipo de serviço antes, sendo exemplos: Reino Unido com o *Royal National Lifeboat Institution* (RNLI), Canadá com a sua Guarda Costeira e os Estados Unidos da América com o *US Life-Saving Service* (USLSS).

No caso do Canadá, após o trágico naufrágio do vapor *SS Valencia* em 1906, o Departamento Canadense de Marinha e Pesca fez a encomenda do mais moderno barco para salvamento na época. Foi entregue o primeiro bote salva-vidas motorizado do mundo especialmente construído para esse tipo de missão, até então eram utilizados botes adaptados. Foi projetado pelo Serviço de Salvamento do Estados Unidos, tendo cerca de 11 metros de comprimento, 2,6 metros de boca e 1,3 metros de calado. A baleeira, *The Assistance*, era construída de madeira, utilizava como propulsão velas, 10 remos e um motor de 40 cavalos. Uma característica que destacava esta embarcação eram os 112 compartimentos estanques de cobre sobre o convés e o sistema de drenagem de automático, exposto na Figura 1. O bote serviu por 40 longos anos ao atual serviço de Guarda Costeira Canadense (BAMFIELD, 2000).

O Reino Unido conta inúmeros registros do seu histórico, sendo descrito de forma detalhada por se tratar de um país referência no serviço de resgate em meios aquáticos. Havendo registros desde antes da fundação da RNLI, criada em 1824, pode-se destacar algumas criações e equipamentos utilizados pelos ingleses como revolucionários (INSTITUTION, 2021).

Em 1854, criou o primeiro colete salva-vidas para ser usado pelas equipes de resgate, este era composto de cortiça em sua maioria. Com a criação do primeiro barco rápido de resgate em 1930, Figura 2, os ingleses tinham à disposição uma embarcação que alcançava

Figura 1 – Baleeira *The Assistance*.

Fonte: Adaptado de Bamfield Historical Society (2000).

os 18 nós e fazia uso de dois motores de 375 HP. Faziam uso de iluminação para buscas, rádio e uma sinaleira de código Morse (INSTITUTION, 2021).

Figura 2 – Embarcação rápida a motor em 1930.



Fonte: Adaptado de *Royal National Lifeboat Institution*(1930).

No ano de 1963 a *Royal National Lifeboat Institution* adicionou a sua frota embarcações infláveis de pequeno porte, classificados como *D class*. Com o objetivo de atendimentos costeiros, próximo a rochas e falésias. Os primeiros modelos foram construídos em *nylon* revestido com *neoprene*, equipados com um motor de 40 HP e alcançando 20 nós. Dois tripulantes ocupavam o bote de pouco menos de 5 metros de comprimento total. Atualmente a *D class* ainda está em uso, entretanto equipa um motor de 50 Cavalos vapor (cv), rádios de alta frequência, equipamentos de visão noturna, kit de primeiro socorros e oxigênio (INSTITUTION, 2021).

Para Institution (2021), houve uma crescente necessidade por embarcações rápidas, duráveis, manobráveis e capazes de operar em todos os climas. Com o desenvolvimento do mercado de embarcações de lazer e militares do tipo *Rigid inflatable boat* (RIB), do inglês barco inflável de fundo rígido, optou-se pela criação de um bote para resgate. Com a seção de proa de em formato de V profundo afinando para um fundo plano na popa, alcançando as características necessárias e trazendo conforto que botes puramente infláveis não apresentam, visto na Figura 3.

Figura 3 – Primeiro RIB para resgate.



Fonte: Adaptado de *Royal National Lifeboat Institution* (1972).

Em 2002 a RNLI, introduziu *hovercrafts*, Figura 4, no serviço de resgate costeiro em situações onde embarcações convencionais não podem navegar. No passado, em caso de regiões de água muito rasa, onde veículos terrestres e botes com calado tradicional não poderiam acessar, eram utilizados helicópteros. Com o advento dos *hovercrafts* para resgate, pode-se transpassar regiões com diferentes calados em grande velocidade. A embarcação faz uso de dois ventiladores que aumentam a pressão do ar sob o casco e é impulsionado por dois grandes ventiladores montados na parte traseira (INSTITUTION, 2021).

Figura 4 – *Hovercraft* de busca e salvamento



Fonte: Adaptado de *Chris Jameson* (2002).

2.2 ESTADO DA ARTE

Embarcações de busca e salvamento não contam com uma bibliografia específica, levando isso em consideração fez-se necessária uma busca pelas instituições ao redor do mundo que são referência em SAR. Foram levantadas informações colhidas das organizações e análises visuais das imagens das embarcações.

Do ponto de vista técnico, este tipo de método de análise não garante resultados precisos, entretanto a verificação das características apresentadas nas fotos podem trazer observações importantes para o desenvolvimento futuro do projeto.

A Tabela 1 apresenta as características gerais das embarcações de busca e salvamento costeiras construídas pelos estaleiros referência neste quesito ao redor do mundo. Foram classificadas em três tipos de cascos, *Rigid Inflatable Boat* (RIB); *Rigid buoyant boat* (RBB), em uma tradução direta barco flutuante rígido; e rígido. Nos próximos capítulos serão apresentadas com mais detalhes essas características.

Tabela 1 – Embarcações SAR e suas características gerais.

País/Modelo	Comprimento(m)	Boca(m)	Tripulantes	Tipo de casco	Potência(cv)
Estônia / LarsenB RIB 530C	5,3	2,2	10	RIB	115
Austrália / Swift Sea Ranger	5,5	2,2	16	RIB	130
França / Zeppelin 18 R	5,6	2,4	10	RIB	115
França / Zodiac SRA-650 OB	6,1	2,7	15	RIB	250
Finlândia / Faster 635SCW	6,6	2,3	10	Rígido	150
Finlândia / Arctic 23	7,0	2,5	8	RBB	250
Espanha / Narwhal FRB 700	7,0	2,8	8	RIB	220
EUA / Safe 23 Cen- ter Console	7,0	2,6	10	RIB	400
Holanda / Tideman RBB 700 OB	7,1	2,4	8	RBB	200
Reino Unido / Atlantic 75	7,4	2,6	3	RIB	150
Suécia / Swede Ship 8M H.S.R.B.	8,1	2,7	-	Rígido	370

Fonte: Autor(2022).

Analisando os dados fornecidos em catálogo de cada estaleiro é possível destacar algumas características e equipamentos que podem ser empregados no futuro projeto. Os dados foram expostos na Tabela 2 de forma apresentar os apetrechos, itens e demais equipamentos que estão presentes nas embarcações referências mundiais, bem como o ano de lançamento do projeto.

Tabela 2 – Embarcações SAR e suas características de destaque.

País/Modelo	Material do casco	Características e equipamentos	Ano
Estônia / LarsenB RIB 530C	Fibra de vidro / PVC	Console a boreste, targa e motor de popa.	2016
Austrália / Swift Sea Ranger	Alumínio / <i>Hypalon</i>	Console central, motor de popa e targa.	2005
França / Zeppelin 18 R	Fibra de vidro / PVC	Console central, targa, ponto de reboque e motor de popa.	2020
França / Zodiac SRA-650 OB	Alumínio / <i>Neoprene</i>	Console central, targa, T-top, porta para mergulho, tubulão em "D" e motor de popa.	2018
Finlândia / Faster 635SCW	Alumínio	Console a boreste, motor de popa, porta e escada para mergulho, bomba de incêndio.	2017
Finlândia / Arctic 23	HMWPE	Motor de popa, assento tipo sela, console central, T-top, radar e ponto de reboque.	2017
Espanha / Narwhal FRB 700	Fibra de vidro / Poliuretano	Motor hidrojetado, radar, targa, auto endireitamento, console central, assento tipo sela e pontos de içamento.	2017
EUA / Safe 23 Center Console	Alumínio / Espuma	Console central, targa, tubulão em "D", T-top, radar, pontos de içamento, motor de popa e painel retroiluminado.	2011
Reino Unido / Atlantic 75	Fibra de vidro / <i>Hypalon</i>	Ponto de reboque, auto endireitamento, targa, assento tipo sela, motor de popa e console a boreste.	1993
Holanda / Tideman RBB 700 OB	HDPE	Motor de popa, assento tipo sela, console central e T-top.	2016
Suécia / Swede Ship 8M H.S.R.B.	Fibra de vidro	Console central, ponto de reboque, motor hidrojetado, escada de mergulho, bomba de incêndio e radar.	2020

Fonte: Autor(2022).

Na Figura 5 se encontram alguns dos modelos citados nas tabelas anterior, vale destacar que os modelos apresentam características visualmente variadas, fora as listadas previamente, necessitando assim de uma futura análise criteriosa para seleção dos requisitos da embarcação a ser projetada.

Figura 5 – Embarcações SAR de referência mundial:(a)Faster 635SCW; (b)Swede Ship 8M H.S.R.B.; (c)Zeppelin 18 R; (d)Safe 23 Center Console; (e)Zodiac SRA-650 OB; (f)Tideman RBB 700 OB; (g)Swift Sea Ranger; (h)Narwhal FRB 700



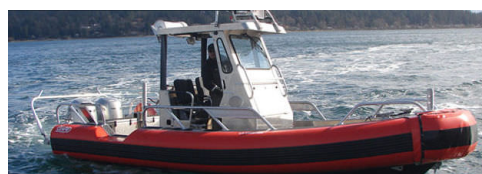
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

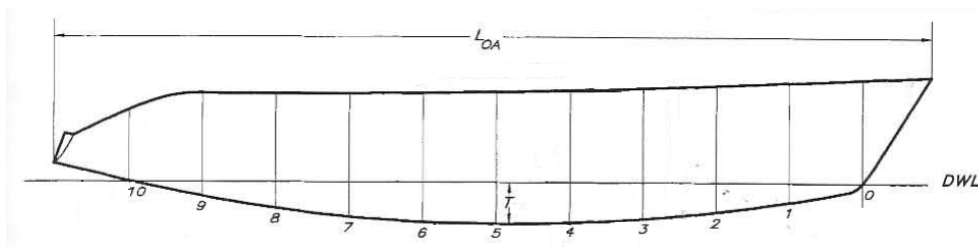
Fonte: Autor(2022).

2.3 DIMENSÕES PRINCIPAIS

As definições das dimensões principais de uma embarcação tem como objetivo estabelecer critérios geométricos do projeto. No caso do bote desenvolvido, as dimensões principais foram baseadas em um bote que atualmente atua na missão de busca e salvamento na maioria das OBM's do CBMSC. Segundo Larsson e Eliasson (2000), apesar de se utilizar variadas dimensões nos cálculos hidrodinâmicos, usualmente podemos apresentar as principais dimensões sendo elas:

- B - Boca máxima;
- T - Calado máxima, medido a partir da linha d'água projetada (DWL);
- L_{OA} - Comprimento total;
- L_H - Comprimento do casco, medido do ponto extremo da popa ao ponto extremo da proa;
- L_{WL} - Comprimento na linha d'água;
- B_X - Boca na linha d'água.

Figura 6 – Dimensões principais.



Fonte: Adaptado de Larsson e Eliasson (2000).

Em posse das dimensões principais de uma embarcação pode-se fazer uso de alguns coeficientes que são comumente usados como parâmetros para o projeto de barcos. Sendo exposto nas Equações de 1 a 4; coeficiente de bloco (C_B), coeficiente prismático (C_P), coeficiente da área da seção mestra (C_M) e coeficiente da área de flutuação (C_{WP}), respectivamente.

$$C_B = \frac{\Delta}{L_{WL} \times B_X \times T} \quad (1)$$

$$C_P = \frac{\Delta}{A_X \times L_{WL}} \quad (2)$$

Onde A_X é a área da seção mestra, seção de maior área de uma embarcação.

$$C_M = \frac{A_X}{B_X \times T} \quad (3)$$

$$C_{WP} = \frac{A_{WL}}{L_{WL} \times B_X} \quad (4)$$

Onde A_{WL} é a área de flutuação.

2.4 PESOS

A estimativa de pesos dos vários tipos de uma embarcação é essencial, tanto no projeto conceitual quanto na fase final de detalhamento. Erros podem influenciar diretamente na velocidade, estabilidade, segurança e custo do barco (PAPANIKOLAOU, 2014).

O deslocamento da embarcação pode ser definido como:

$$\Delta = W = W_L + DWT \quad (5)$$

Onde:

- Δ - Deslocamento (peso do volume deslocado de água);
- W - Peso total, soma dos pesos;
- W_L - Peso leve, embarcação vazia;
- DWT - *Deadweight*, capacidade de carga da embarcação.

Podemos dividir o peso leve da embarcação conforme o somatório de pesos exposta na Equação 6.

$$W_L = W_S + W_M + W_O + W_{tol} \quad (6)$$

Onde:

- W_S - Peso estrutural;
- W_M - Peso de maquinário;
- W_O - Peso de *outfit*;
- W_{tol} - Peso de tolerância.

A soma das parcelas do *Deadweight* é discriminada conforme Papanikolaou (2014) apresentou.

$$DWT = W_{LO} + W_F + W_{PR} + W_P + W_{CR} + W_B \quad (7)$$

Onde:

- W_{LO} - Peso de carga;
- W_F - Peso de combustível;
- W_{PR} - Peso de água doce;
- W_P - Peso dos passageiros;
- W_{CR} - Peso da tripulação;
- W_B - Peso de água de lastro.

Deve-se considerar que Papanikolaou (2014) desenvolveu tais equações para projeto de navios de grande porte, entretanto por se tratar de uma embarcação pequeno porte algumas dessas parcelas podem ser desconsideradas. Peso de carga, de água de lastro e de água doce não considerados como nulo para projeto de embarcações SAR, visto que o conceito desse tipo de barco não engloba essas parcelas.

Levando em consideração os termos anulados, podemos determinar o deslocamento de uma embarcação de busca e resgate na Equação 8.

$$\Delta = W_S + W_M + W_O + W_{tol} + W_F + W_P + W_{CR} \quad (8)$$

2.5 ESTIMATIVAS DE CENTROS

É primordial que na realização do projeto de uma embarcação seja avaliado em fase inicial a estabilidade estática. Para que haja certeza que o barco não irá emborcar deve ser analisado se a Equação 9 de estabilidade estática transversal é atendida.

$$GM = KB + BM - KG > 0 \quad (9)$$

Onde:

- GM - Altura metacêntrica;
- KB - Altura do centro de empuxo;
- BM - Raio metacêntrico;
- KG - Altura do centro de gravidade.

Para o projeto conceitual de uma embarcação a determinação da posição vertical e longitudinal do centro de gravidade é dificultada pela ausência de informações sobre o casco. Conforme Simões e Andrade (2010 apud SALLES, 2017), busca-se validar uma estimativa conservadora, foi desenvolvida a Tabela 3 com base no conteúdo dos autores e nos pesos citados na Equação 8. É apresentado os pesos componentes do deslocamento, o LCG sendo medido a partir do espelho de popa e o VCG medido a partir do linha

da quilha. Simões e Andrade (2010 apud SALLES, 2017) propuseram que a posição longitudinal do centro dos tanques a partir do espelho de popa (L_T) está limitada a uma faixa de 15% a 35% do comprimento do casco em virtude da análise de embarcações de planeio semelhantes.

Tabela 3 – Distribuição longitudinal e vertical das parcelas de pesos a bordo da embarcação em relação ao espelho de popa.

Pesos	LCG(m)	VCG(m)
Estrutural(W_S)	0,45 X L_H	0,75 X D
Maquinário(W_M)	-0,15	T + 0,3
Outfit(W_O)	0,4 X L_H	D
Tolerância(W_{tol})	0,4 X L_H	D
Combustível(W_F)	L_T	0,25 X D
Passageiros(W_P)	0,5 X L_H	$D + 1$
Tripulação(W_{CR})	0,5 X L_H	$D + 1$

Fonte: Adaptado de Simões e Andrade (2010 apud SALLES, 2017).

Conforme os dados fornecidos pela Tabela 3, é possível determinar a altura do centro de gravidade da embarcação. A avaliação deste parâmetro busca encontrar a estabilidade estática de uma embarcação. A Equação 10 fornece uma estimativa inicial considerando o somatório das parcelas de massa multiplicado pela posição relativa de cada uma, sobre o deslocamento (SALLES, 2017).

$$KG = \frac{\sum W_i \times VCG_i}{\Delta} \quad (10)$$

Outro fator importante apresentado na Tabela 3 é a posição longitudinal do centro de massa da embarcação, pois este está ligado diretamente a estabilidade dinâmica e a resistência ao avanço do barco. Para avaliarmos este quesito crítico, deve-se fazer uso de equação similar anterior, entretanto avaliando longitudinalmente desta vez (SALLES, 2017).

$$LCG = \frac{\sum W_i \times LCG_i}{\Delta} \quad (11)$$

Em posse dos dados que compõem as coordenadas das massas de uma embarcação, deve-se avaliar a componente contrária a força peso, a força de empuxo. Para isso é necessário conhecer o deslocamento da embarcação e a forma do casco.

2.6 CASCO

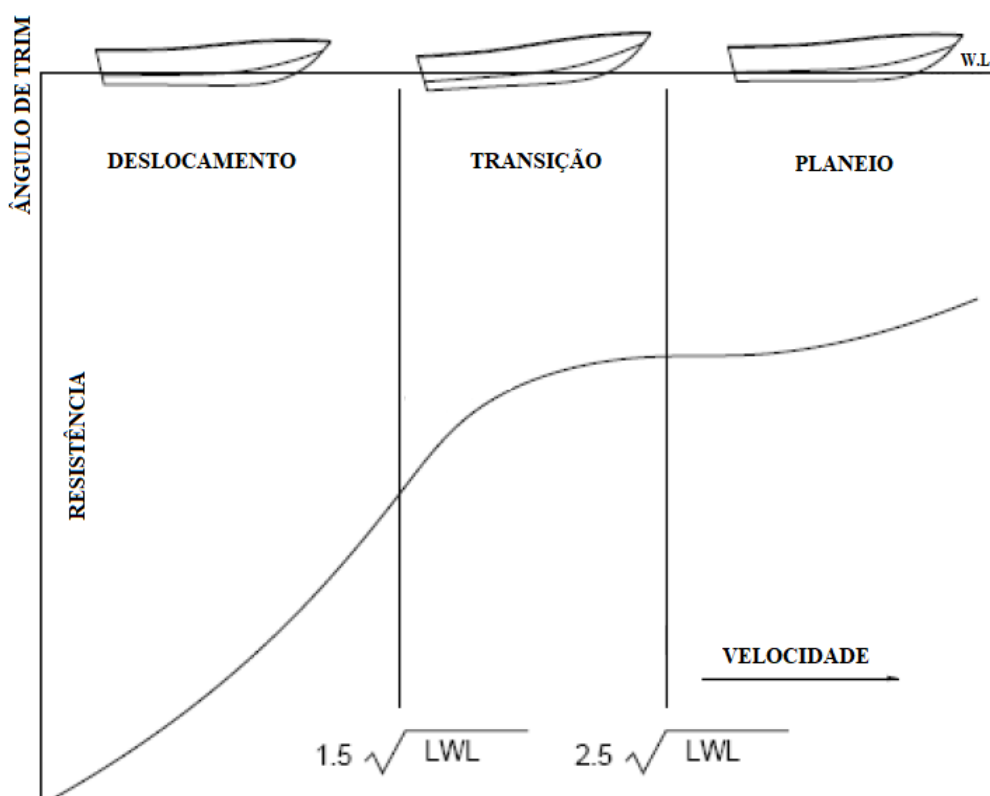
Barcos de patrulha ou emergência como é o caso de uma embarcação de busca e salvamento, necessitam empreender grandes velocidades no deslocamento até o destino de sua missão. Em virtude disso, embarcações de médio e pequeno porte fazem uso de

cascos que operam em regime de planeio, pois apresentam grandes velocidades com uma necessidade menor de potência comparado a um barco com regime deslocante.

Uma embarcação com casco planante utiliza uma força de sustentação hidrodinâmica para elevar-se e reduzir o deslocamento, conseqüentemente diminuindo a resistência ao avanço. Para alcançar este resultado é necessário um ângulo apropriado de incidência do fluxo água sobre o casco, elevando a proa da embarcação (POTGIETER, 2006).

Este princípio é similar ao utilizado em aeronaves, quando a força de sustentação hidrodinâmica gerada se aproxima da força peso da embarcação, o casco se eleva na água e começa a planar. A curva de velocidade/resistência apresentada na Figura 7, demonstra o quanto a resistência aumenta com o acréscimo de velocidade. Para embarcações em regime deslocante o aumento de resistência é diretamente proporcional ao aumento da velocidade, mantendo a embarcação com o ângulo de trim similar ao estático. Ao atingir uma velocidade, em nós, superior a 1,5 vezes a raiz quadrada do comprimento na linha d'água, em metros, o barco entra no regime de transição, onde o ângulo de trim aumenta com a proa se elevando e a popa afundando. Ultrapassando o regime de transição, ao atingir 2,5 vezes a raiz quadrada do comprimento na linha d'água, o ângulo de trim original retorna e devido a força de sustentação hidrodinâmica a embarcação entra em regime de planeio e sua velocidade aumenta consideravelmente (POTGIETER, 2006).

Figura 7 – Gráfico da relação entre resistência ao avanço por velocidade.



Fonte: Potgieter (2006, p.1, tradução nossa).

2.6.1 Geometria

Embarcações com casco de planeio apresentam algumas características específicas, podendo não obrigatoriamente serem utilizadas. Os principais elementos que compõem o casco estão descritos abaixo e representados na Figura 8 (POTGIETER, 2006).

- *Chine* - Pode ser visto como um canto vivo da união entre o fundo do casco e o costado. É dividido em 3 tipos: *hard chine*, *soft chine* e *reserve chine*.

O *hard chine* ou angular tem como objetivo lançar o *spray* de água e evitar que a água suba pelo costado, diminuindo o arrasto. *Chines* com uma grande área plana contribuem significativamente para aumentar a força de sustentação hidrodinâmica.

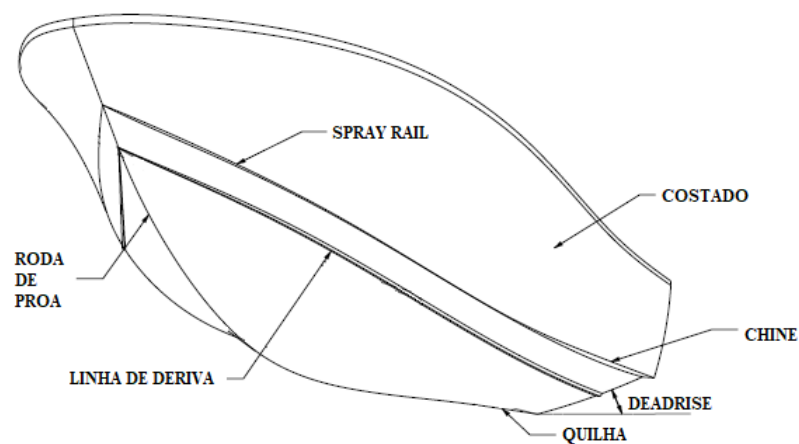
Soft chines tem sua geometria arredondada, de forma mais acentuada comparada ao *hard chine*. Criando assim um casco com navegação mais suave comparada ao anterior, porém não entregando a mesma alta velocidade da geometria angular.

Já *reverse chine*, inverso, é posicionado no sentido contrário à superfície d'água, criando assim um túnel. Por projetar a água da parte quilha contra o *chine*, este elemento fornece uma navegação com pouco respingos.

Para a maioria dos casco planantes o *chine* deve estar da seção mestra até o espelho do popa de 1,5 a 4,0% da boca máxima abaixo da linha d'água. Da seção mestra até a proa, deve subir de 20 a 25% da boca máxima. Destacando que da popa até a seção mestra o *chine* deve seguir paralelo à linha d'água de projeto.

- *Deadrise* no espelho de popa - É o ângulo formado entre o fundo do casco e um plano horizontal visto da proa ou popa. O correto ângulo fornece estabilidade direcional, um deslocamento mais suave e reduz o arrasto após entrar na região de planeio. O *deadrise* pode ser constante, mesmo ângulo da seção mestra até a popa, ou variável. Para embarcações de navegação costeira o ângulo deve ser de 15 a 20° da popa até a metade do comprimento e aumentado em direção a proa. Em geral, o *deadrise* determina a qual velocidade e condição do mar um casco se adapta.
- Linha de deriva - Ou *spray rail* são usualmente seções triangulares com a face do fundo paralela à superfície d'água. Promovendo o aumento da força de sustentação hidrodinâmica em embarcações de grande velocidade. Não há concordância sobre a quantidade e localização das linhas, cabendo ao projetista analisar caso a caso.

Figura 8 – Características comuns de casco planantes.



Fonte: Potgieter (2006, p.2, tradução nossa).

2.6.2 Tipo de embarcação

Além de avaliar os componentes que compõem o casco de uma embarcação de planeio deve-se avaliar o tipo de embarcação. Ao selecionar qual o tipo de embarcação devesse primeiro entender quais são os requisitos do armador, neste caso o corpo de bombeiros. Com base no levantamento feito no Capítulo 5, pode-se constatar que barcos de busca e salvamento são divididos em três grandes grupos, sendo eles rígidos, RBB e RIB. Sendo descritos abaixo com as suas características.

- Rígido - Embarcações com casco rígido são as mais comuns na área náutica, apresentando formas de casco variadas desde arredondadas até as formas em V como descrito na seção anterior. Podendo ser construídas de forma artesanal ou em uma linha de produção como as lanchas de esporte e recreio amplamente utilizadas no litoral brasileiro. Outro fator que deve ser destacado são os materiais que compõem este tipo de embarcação, comumente utilizados o alumínio ou compósitos como a fibra de vidro, em especial para barcos SAR. Um exemplo disso está na Figura 9.

Figura 9 – Embarcação com casco rígido em fibra de vidro.



Fonte: Ship (2020).

- RIB - Do inglês, embarcação rígida inflável, consiste em uma embarcação de fundo rígido envolta de tubulões de tecido nos bordos e na proa. Os RIB 's têm se popularizado nas últimas décadas no mercado náutico. São utilizados como embarcações de apoio para *yachts* e para uso recreativo devido a sua versatilidade.

Em virtude da presença dos tubulões, a área útil no convés é relativamente menor do que a boca máxima. São embarcações tipicamente rápidas. Devido a alta reserva de flutuabilidade, barcos com tubulões tem uma excelente capacidade de carga.

Por sua vez, a característica mais marcante do RIB, os tubulões, apresentam desvantagens também, a principal delas é o risco do furo em algumas das câmaras, tubulões são compostos por números ímpares de câmaras, mesmo sendo capaz de navegar sem elas o risco de emborcamento aumenta consideravelmente.

Buscando melhorias na resistência dos tubulões, os estaleiros atualmente fornecem 3 tipos de material para a construção deles. O mais barato e menos resistente, o PVC, sofre degradação com tempo e apresenta menor resistência à perfuração. O *Neoprene*, combinação de uma camada interna de borracha revestida por tecido, fornece um tecido com maior resistência mecânica e química, entretanto no contexto global apenas a fabricante francesa Milpro (2018) faz uso. O material tido como referência no mercado é o *Hypalon*, um elastômero com excelente resistência mecânica, química e térmica.

O material do fundo rígido dessas embarcações se assemelham com o material das embarcações rígidas, visto que o processo de construção é o mesmo, cabendo assim ao fabricante determinar a melhor composição de materiais de casco com tubulão.

- RBB - Na última década vem crescendo o uso militar de embarcações RBB, do inglês barco rígido flutuante. São embarcações muito similares às RIB, entretanto apresentam tubulões rígidos, acabando assim com o risco de esvaziamento. O CBMSC já conta com 5 embarcações cabinadas deste tipo, conforme Figura 10. Algumas indústrias brasileiras já dispõem de tecnologia para o desenvolvimento dessas embarcações, usualmente construídas em HDPE, Polietileno de Alta Densidade, ou HMWPE, Polietileno de alto Peso Molecular. Por se tratar de polímeros termofixos, podem ser produzidos por rotomoldagem, possibilitando a produção em série deste tipo de embarcação. Como o próprio nome do material indica, a alta densidade deste polímero acaba por aumentar de forma considerável o peso do casco.

O polietileno compõe a construção de tanto do casco quanto do tubulão. Tem como desvantagem uma mão de obra altamente especializada para fazer a solda dos componentes, para barcos *one-off*. Entretanto o casco em HPDE/HMWPE tem boa resistência química, resistência a abrasão, tenacidade elevada, além de não propagar fogo, bem como propriedades anti-aderentes (DEFENDER, 2021).

Figura 10 – Embarcação RBB em Polietileno de Alta Densidade.



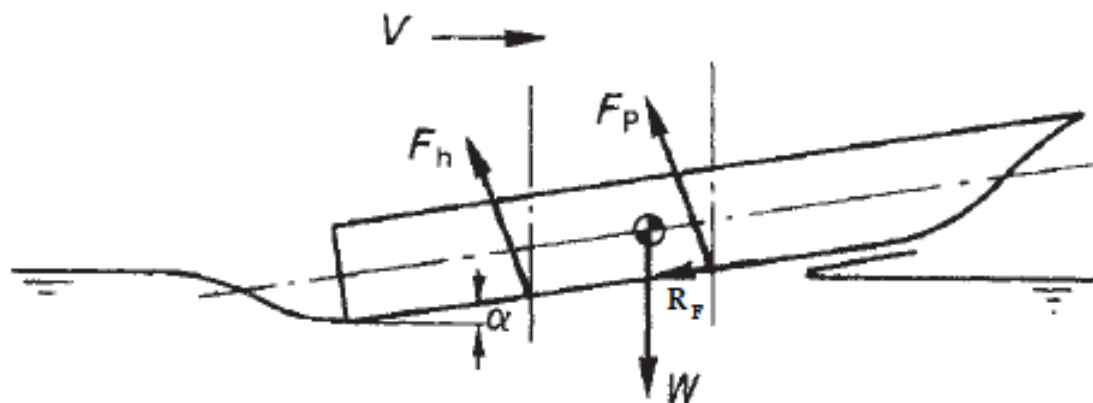
Fonte: Wiltgen (2018).

2.7 RESISTÊNCIA AO AVANÇO

O cálculo da resistência ao avanço tem como objetivo fornecer a potência requerida para a velocidade de projeto. Para poder selecionar qual a motorização necessária para a embarcação, usualmente se faz uso de equações empíricas a exemplo das propostas por (SAVITSKY, 1964).

Para entender o princípio da resistência em casco de planeio pode-se utilizar da Figura 11 que a apresenta a decomposição de forças. Para embarcações de planeio, existem duas forças normais ao deslocamento. A hidrostática, ocorre por conta do volume deslocado, e a dinâmica de sustentação, que ocorre pela interação do fluido com o casco (MOLLAND, 2008).

Figura 11 – Forças atuantes numa embarcação de planeio.



Fonte: Adaptado de Molland (2008, p. 216)

Onde:

- F_h - Força hidrostática;
- F_p - Força dinâmica de sustentação;
- R_f - Resistência friccional;
- α - Trim dinâmico;
- V - Velocidade.

Para decomposição dessas forças e para uma condição de planeio eficiente, o ângulo de planeio deve ser pequeno, pode-se dividir a resistência total em três componentes, exposta na Equação 12 (MOLLAND, 2008).

$$R_T = R_I + R_{WV} + R_{FS} \quad (12)$$

Onde:

- R_T - Resistência total;
- R_I - Resistência ou arrasto induzida, derivada da inclinação de F_p em relação à α ;
- R_{WV} - Resistência da geração de ondas;

- R_{FS} - Resistência de fricção.

No cálculo preliminar da resistência ao avanço proposto por Savitsky (1964) considera uma embarcação prismática, sem a variação de *deadrise* e linhas de deriva. Mesmo se tratando de uma representação simplificada as aproximações consideradas resultam em um sistema de equações satisfatório.

Iniciando pela Equação 13 para encontrar o ângulo de trim de equilíbrio a partir do Coeficiente de sustentação de placa plana.

$$C_L = \frac{\tau^{1,1}(0,0120 \times \sqrt{\lambda} + (0,0055 \times \lambda^{\frac{5}{2}}))}{C_v^2} \quad (13)$$

Onde:

- C_L - Coeficiente de sustentação de placa plana;
- τ - Ângulo de trim;
- λ - Razão L_M/B ;
- C_v - Froude transversal;
- L_M - Comprimento molhado médio. (*comprimento da quilha + comprimento do chine*)/2.

Para calcular Froude transversal e o Coeficiente de sustentação de placa plana, utiliza-se as Equações 14 e 15.

$$C_v = \frac{V}{\sqrt{g \times B}} \quad (14)$$

$$C_L = \frac{2 \times g \times \nabla}{V^2 \times B^2} \quad (15)$$

Onde:

- g - Aceleração da gravidade;
- ∇ - Volume deslocado.

Savitsky (1964) deduz que para determinar o ângulo de *deadrise* é necessário calcular pela Equação 16 o coeficiente de sustentação ($C_{L\beta}$).

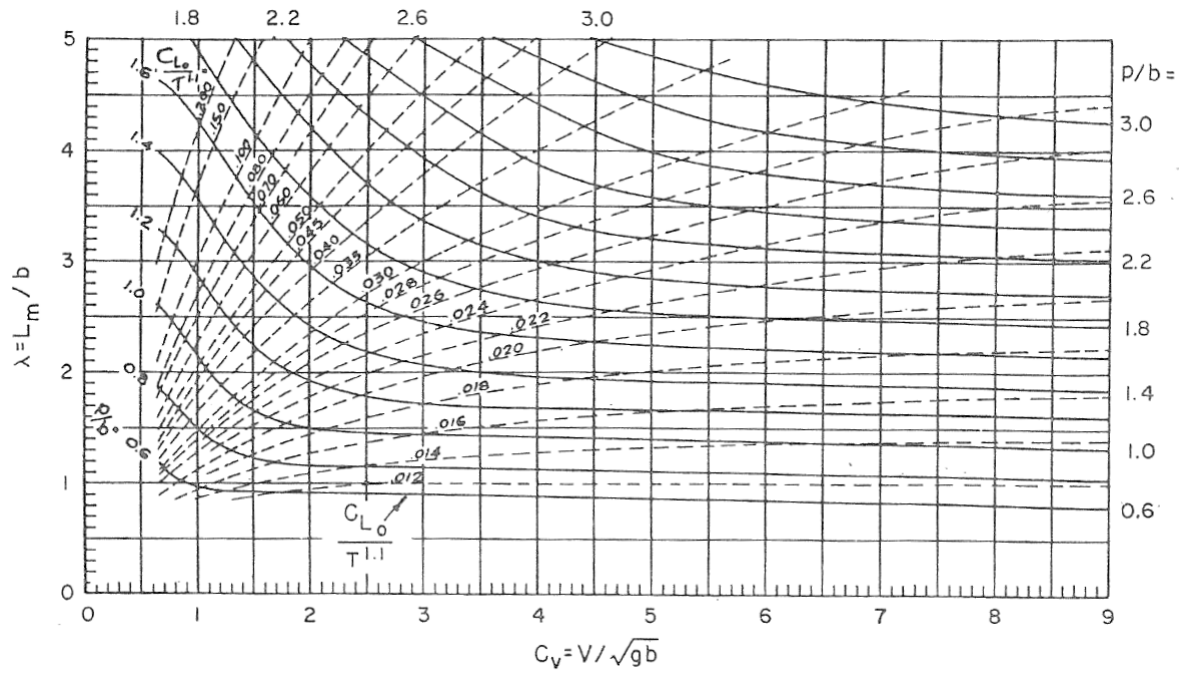
$$C_{L\beta} = C_L - 0,0065 \times \beta \times C_{LO}^{0,6} \quad (16)$$

Onde:

- β - Ângulo de *deadrise* medido a meia nau;

Considerando as forças atuantes no CG da embarcação e após definir os valores de C_v , Savitsky (1964) apresenta o nomograma presente na Figura 12, onde é possível obter os valores de $C_L/\tau^{1,1}$ e λ . As curvas fornecidas foram geradas com base em vários estudos de embarcações de planeio.

Figura 12 – Nomograma de equilíbrio considerando todas as forças atuando no centro de gravidade (CG) da embarcação.



Fonte: Adaptado de Savitsky (1964, p. 93).

Visto que a condição de planeio é definida como $L_{WL}/B \geq \lambda$ e pode-se encontrar os valores de L_M e τ . Sendo assim é possível determinar pela Equação 17 o resistência total da embarcação de acordo com Savitsky (1964).

$$R_T = \Delta \times \tan\tau + \frac{0,5 \times \rho \times V^2 \times \lambda \times B^2 \times C_{FO}}{\cos\tau \times \sec\beta} \quad (17)$$

Onde:

- C_{FO} - Coeficiente de fricção, de acordo com ITTC (1957), em função de Reynolds relativo à boca (R_{nb}).

Por meio da Equação 18 extraída de Hamidon *et al.* (2010 apud IERVOLINO, 2015) pode-se calcular o R_{nb} .

$$R_{nb} = V \times \left(1 - \frac{0,0120 \times \tau^{1,1}}{\sqrt{\lambda \times \cos\tau}} \right)^{1/2} \times \lambda \times \frac{B}{v} \quad (18)$$

Onde:

- v - Viscosidade cinemática, para água como fluido se considera $1,003 \times 10^{-3}$ Pa/s.

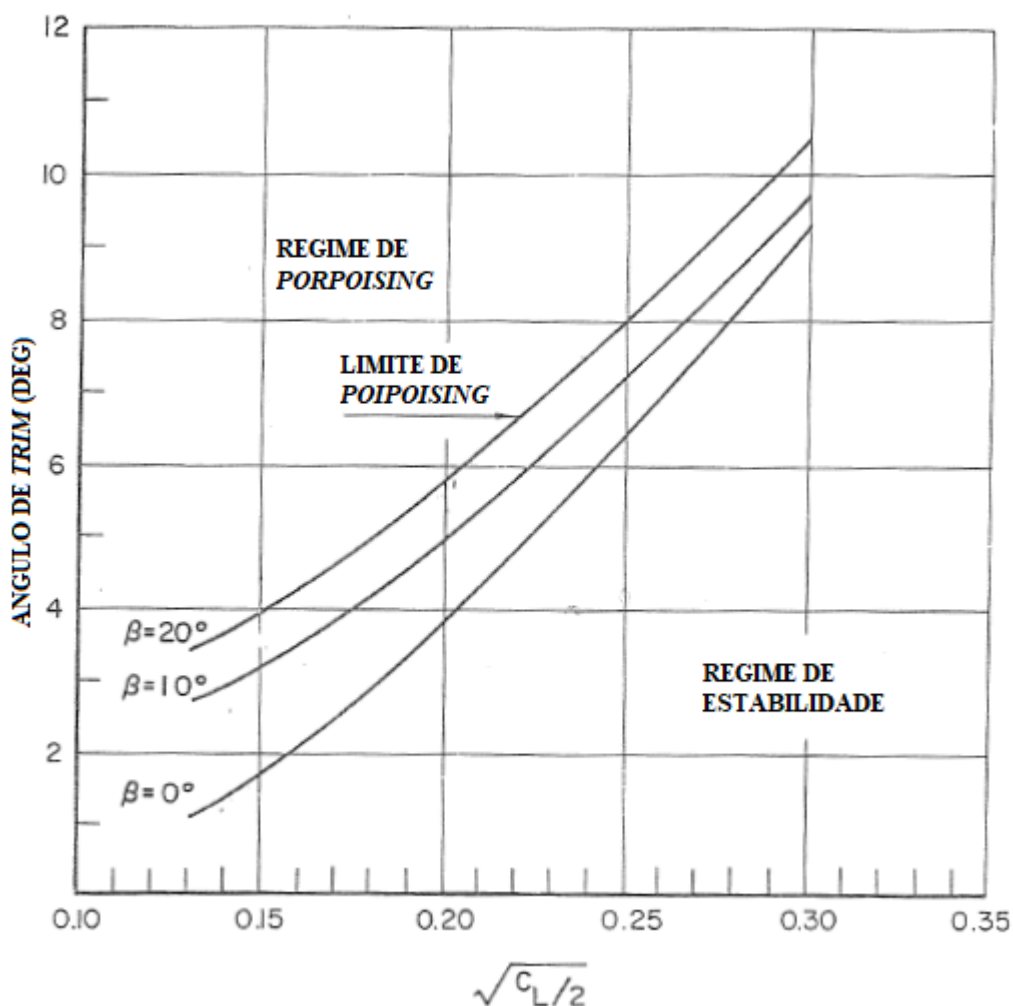
2.8 ESTABILIDADE DINÂMICA LONGITUDINAL

Ainda utilizando as equações empíricas de Savitsky (1964) pode se avaliar a estabilidade dinâmica longitudinal, difundida no meio náutico do termo em inglês *porpoising*. É um fenômeno que ocorre em águas calmas com cascos planantes prismáticos em altas velocidades. Deve ser avaliado de forma cuidadosa, pois a ocorrência desse fenômeno pode levar a danos estruturais graves.

O fenômeno de *porpoising* consiste na combinação de movimentos de *pitch* e *heave*, de amplitude constante ou crescente, ao olhar leigo a embarcação em alta velocidade navega dando saltos sobre as águas.

Savitsky (1964) encontrou para determinado ângulo de *deadrise* a relação entre o ângulo de *trim*, τ e o Coeficiente de sustentação. Na Figura 13 pode ser visto na parte inferior do gráfico a região segura que se deve buscar no projeto.

Figura 13 – Limites de *porpoising* para cascos planantes prismáticos.



Fonte: Savitsky (1964, p.92, tradução nossa).

2.9 TOPOLOGIA ESTRUTURAL

Nesta seção será abordado a topologia estrutural da formulado por Gerr (2000), que essas equações obtidas pela análise estrutural de embarcações construídas, propondo um método de dimensionamento estrutural aplicável.

O dimensionamento estrutural proposto por Gerr (2000), é aplicável a embarcações com L_{OA} de 3 a 37 metros, velocidade máxima de 40 nós e construídas em fibra de vidro, alumínio, aço ou madeira. Não foi encontrado literatura que aborde embarcações RBB construída em HDPE.

2.10 ESTABILIDADE INTACTA

O estudo da estabilidade intacta de uma embarcação é considerado como o estudo do conforto e segurança deste bote. A estabilidade intacta transversal está diretamente relacionada à resistência aos esforços de emborcamento de um barco. O emborcamento consiste na rotação em torno do eixo longitudinal da embarcação, resultando com que o casco fique para cima da linha d'água e o convés abaixo (inverso do usual). Um exemplo de embarcação emborcada está na Figura 14.

Figura 14 – Treinamento de recuperação de bote SAR emborcado.



Fonte: Institution (2021).

Os esforços que podem ocasionar o emborcamento envolvem a má distribuição de cargas ou passageiros e forças da natureza (vento e ondas). Para a avaliação da estabilidade

intacta de embarcações rígidas projeto foram utilizadas as normas ISO 12217-3 (2013). A norma ISO 6185-3 (2018) foi utilizada para verificar os critérios mínimos de estabilidade e segurança para projeto de embarcações semi-rígidas.

3 MÉTODO EMPREGADO PARA O PROJETO DA EMBARCAÇÃO DE BUSCA E SALVAMENTO

Neste capítulo é discutido os conceitos abordados no projeto conceitual de uma embarcação.

3.1 PROJETO

O desenvolvimento de um projeto é dividido em fases. As razões disto são a natureza do trabalho, as habilidades dos projetistas, o número de pessoas envolvidas no projeto, o nível de detalhamento requerido e as variações das necessidades ao longo do desenvolvimento de um projeto (LAMB *et al.*, 2003).

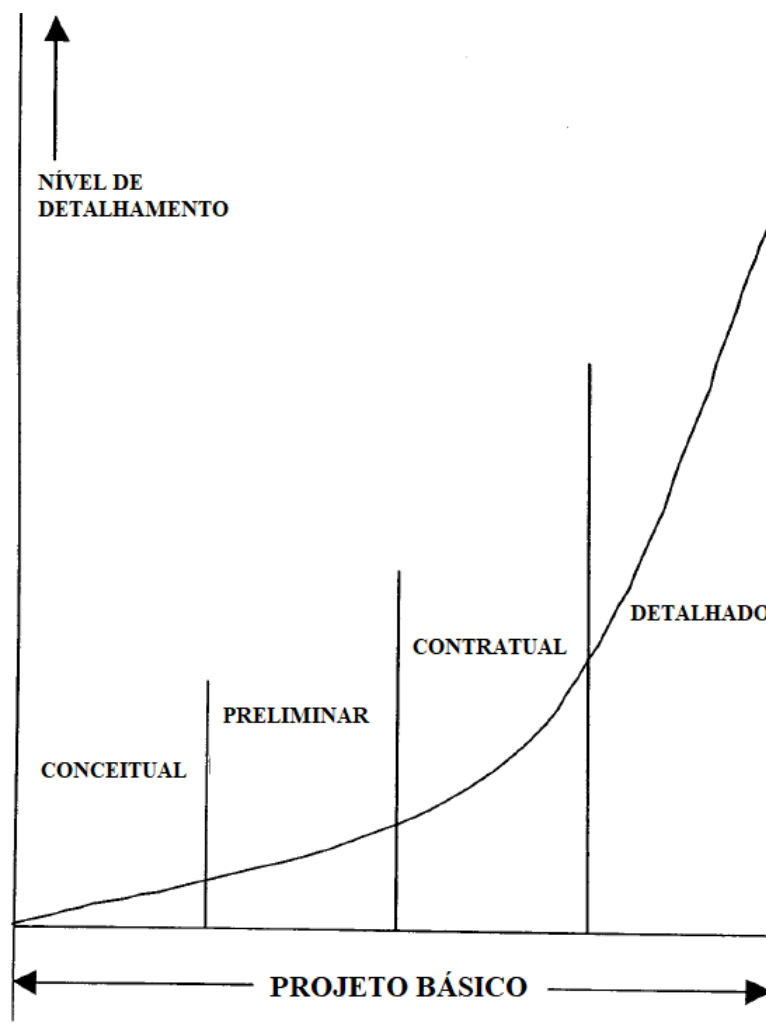
O gerenciamento de projeto é facilitado se os esforços forem divididos em intervalos, que permitam a revisão do conceito, junto com o planejamento e preparação para a próxima fase. Outra razão pela divisão são os esforços para atingir marcos de projeto. Um exemplo de marco é a avaliação se o projeto está dentro do orçamento inicial (LAMB *et al.*, 2003).

O número de fases de projeto e os nomes variam, gerando usualmente confusão entre os projetistas. Para isso, Lamb *et al.* (2003) sugere que seja dividido em dois grupos, projeto básico e engenharia do produto. Neste trabalho aborda somente o projeto conceitual, parte do projeto básico, sendo subdividido em 4 fases. Descritas abaixo:

- Projeto Conceitual;
- Projeto Preliminar;
- Projeto Contratual;
- Projeto Detalhado.

Durante o projeto básico, a embarcação projetada em sua totalidade, sistema por sistema. Na Figura 15 é possível ver o aumento exponencial do detalhamento ao longo do desenvolvimento das fases. Vale ressaltar que as primeiras três fases devem estar completas antes do fechamento do contrato de construção da embarcação (LAMB *et al.*, 2003).

Figura 15 – Relação das fases do projeto com o nível de detalhamento.



Fonte: Adaptado de Lamb *et al.* (2003, p.5-7)

Em virtude do aumento nível de detalhamento e do número de membros necessários para a execução de um projeto básico completo, o presente trabalho aborda apenas a primeira fase do projeto, conceitual, e parcialmente a segunda fase, preliminar. Com base no método da Espiral de Evans, este trabalho utilizou elementos de síntese da matriz de influência.

3.1.1 Projeto Conceitual

O principal objetivo do projeto conceitual é entender os requisitos do armador, ou seja, sua missão e principais requisitos de performance, resultando num equilíbrio entre capacidade e acessibilidade. Outro objetivo é desenvolver um projeto conceitual, que satisfaça os requisitos, bem como uma estimativa de custos e uma avaliação de risco. Do ponto de vista do projetista, o objetivo nesta fase é trabalhar com o armador para compreender e definir a missão do navio, ou seja, ajudar o armador a decidir o que é que ele precisa e pode pagar (LAMB *et al.*, 2003).

Normalmente, várias avaliações são realizadas, pontuado por interações com o armador, durante o qual a gama de opções estudadas é progressivamente avaliada. Por meio desse processo, um conjunto consistente de requisitos que podem ser satisfeitos por uma solução prática de projeto e estão dentro do orçamento do armador são estabelecidos (LAMB *et al.*, 2003).

Ao final do projeto conceitual é esperado que o projetista forneça mais de um conceitual para avaliação do armador, com base nos dados fornecidos, o mesmo deve selecionar a solução que mais agrada (LAMB *et al.*, 2003).

3.1.2 Projeto Preliminar

Segundo Lamb *et al.* (2003) que o projeto preliminar pode ter como objetivo determinar os requisitos da embarcação dos equipamentos nela necessários; determinar o tamanho e configuração; quantificar o desempenho; reduzir ou eliminar riscos técnicos e de cronograma; definir o custo estimado de construção; e esboçar uma estratégia de construção.

Durante esta fase ocorrem frequentemente estudos de trocas de requisitos de projeto, visto que o projeto de uma embarcação nunca atingirá o quesito ideal, sendo necessário abrir mão de algumas características por outra para atingir uma solução equilibrada (LAMB *et al.*, 2003).

O projeto preliminar é desenvolvido para além do projeto de conceito inicial em todas as áreas técnicas, independentemente de estarem sujeitas a estudos de troca. Em áreas de projeto não sujeitas à investigação de alternativas de projeto, um conceito razoável é selecionado e definido com o nível de detalhe apropriado (LAMB *et al.*, 2003).

3.2 MATRIZ DE INFLUÊNCIA

Como o principal objetivo deste trabalho é o projeto conceitual de uma embarcação de busca e salvamento costeira, foram listados abaixo os critérios mais importantes para o desenvolvimento deste projeto. Sendo esses:

- Dimensões principais;
- Pesos e centros;
- Geometria do casco;
- Estabilidade dinâmica;
- Topologia estrutural;
- Estabilidade intacta;
- Resistência ao avanço;

- Arranjo geral.

Com os critérios devidamente definidos e inseridos na matriz de influência (Tabela 4), tanto nas colunas quanto nas linhas. Devido ao baixo nível de detalhamento na primeira volta da Espiral de Evans foi atribuída uma relação binária, sendo sim(1) e não(0), para a dependência da coluna com a linha em questão. Posteriormente, foi feito o somatório dos elementos presentes em cada linha e priorizado o elemento de maior magnitude na Espiral de Projeto. Para casos de elementos com o mesmo valor total, coube ao autor avaliar qual critério terá prioridade.

Tabela 4 – Matriz de Influência

	Dimensões principais	Pesos e centros	Geometria do casco	Estabilidade dinâmica	Topologia estrutural	Estabilidade intacta	Resistência ao avanço	Arranjo geral	Total
Dimensões principais	-	1	1	1	1	1	1	1	7
Pesos e centros	0	-	0	1	1	1	0	1	4
Geometria do casco	0	1	-	1	1	1	1	1	6
Estabilidade dinâmica	0	0	1	-	0	0	1	0	2
Topologia estrutural	0	0	0	0	-	1	0	1	2
Estabilidade intacta	0	0	1	1	1	-	0	0	3
Resistência ao avanço	0	1	0	1	0	0	-	1	3
Arranjo geral	0	1	1	0	1	1	0	-	4

Fonte: Autor(2022).

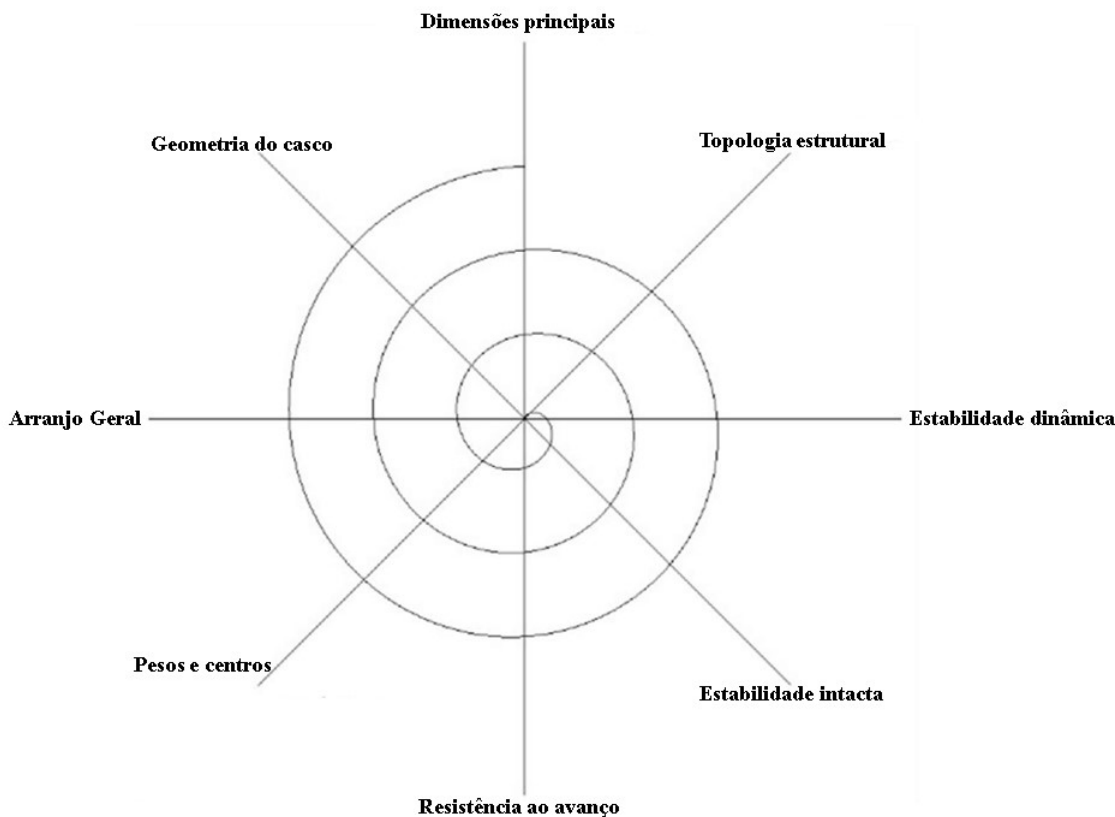
3.3 ESPIRAL DE EVANS

Conforme Tancredi (2020), devido complexidade do projeto de uma embarcação, sendo composto de diferentes sistemas e interdependentes um do outro, a linearização do desenvolvimento se torna complicada. Visto que há a necessidade de atualizarmos alguns parâmetros de projeto ao longo do seu decorrer, este processo se torna iterativo. A solução já consolidada na indústria foi o uso da espiral de projeto proposta por Evans (1959).

Esta ferramenta é composta por uma representação de um espiral e por linhas transversais concêntricas. As linhas representam os critérios a serem avaliados do projeto. Tendo como ponto inicial a linha superior, percorrendo o sentido anti-horário. Evans (1959) inicia com os requisitos do armador. A definição da ordem dos elementos pode ser dada pela experiência do projetista. A cada volta completa é considerada uma iteração, devendo ser avaliado cada critério na intersecção da linha com a espiral.

Na Figura 16 está apresentado a Espiral de Evans das embarcações de projeto obtida a partir da Matriz de Influência mostrada na Tabela 4.

Figura 16 – Espiral de Evans para a embarcação de projeto.



Fonte: Autor(2022).

3.4 MÉTODOS E FERRAMENTAS

A Tabela 5 mostra o resumo dos métodos e ferramentas utilizados para a construção deste projeto. Nela é exposta as etapas do projeto, o tipo de equacionamento usado e as sobre as ferramentas são mostrados os principais *softwares* utilizados.

Tabela 5 – Ferramentas e métodos

Etapa	Métodos	Ferramentas
Dimensões principais	Regressões de embarcações semelhantes	Excel
Geometria do casco	Regressões de embarcações semelhantes	Excel e Orca3D
Arranjo geral	Avaliação ergonômica	AutoCAD
Pesos e Centros	Equações empíricas	Excel e Orca3D
Resistência ao Avanço	Equações empíricas	Excel e Orca3D
Estabilidade intacta	Normas	Excel e Orca3D
Estabilidade dinâmica	Equações empíricas	Excel e Orca3D
Topologia Estrutural	Equações empíricas	Excel e Spaceclaim

Fonte: Autor(2022).

4 REQUISITOS DO ARMADOR

Neste capítulo serão apresentadas principais informações referentes aos requisitos do armador para uma embarcação de busca e salvamento costeira levantados com referência para o desenvolvimento .

4.1 ÁREA DE ATUAÇÃO

Este projeto tem como missão atender os requisitos do CBMSC no litoral catarinense, que conta com 561 quilômetros de praias e relevos variados. Para atender os 28 municípios catarinenses banhados pelo Oceano Atlântico, o Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina está presente em 24 dessas cidades. Aquelas que não contam com uma unidade de resgate, ou são atendidas pelas unidades dos municípios vizinhos ou por outra instituição de bombeiros. Cidades com maior densidade demográfica, contam com mais de uma OBM, a exemplo de Itajaí, Balneário Camboriú e Florianópolis, sendo considerada apenas uma unidade contando com suporte a operações no oceano por município. Pode ser visto o levantamento das cidades, disponível no Apêndice A, cujo resumo é apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Mapa das OBM's do litoral de Santa Catarina.



Fonte: Autor(2022).

Por se tratar de uma embarcação costeira de busca e salvamento, sua navegação

deverá ocorrer dentro dos limites da visibilidade da costa até a distância máxima de 20 milhas náuticas, conforme a NORMAM-03... (2003) informa. Para estas condições, classifica-se a embarcação como tipo C, capaz de navegar em águas interiores e costeiras, sendo capaz de resistir a ondas de até 2 metros de altura e ventos de até o grau 6 na escala Beaufort (ventos de até 49 km/h), conforme ISO 12217-3 (2013).

4.2 MISSÕES

Uma embarcação de busca e salvamento dentro do CBMSC deve cumprir alguns requisitos no que diz respeito às missões que são presentes no cotidiano operacional do corpo de bombeiros, esta seção é dedicada a explicar de forma sucinta essas necessidades.

4.2.1 Rondas e prevenções

Durante a temporada de verão, as regiões litorâneas do estado têm um aumento no número de frequentadores. Com isso, a quantidade de emergências aumenta e para otimizar o atendimento o CBMSC conta com a Operação Veraneio (indo do mês de outubro até abril), onde o efetivo dos balneários são acrescidos, ocorrem rondas diárias ao longo das praias. Essas rondas podem ocorrer por meio terrestre, porém em virtude da costa acidentada pode se tornar mais fácil pelo meio aquático. Frequentemente são utilizadas moto aquáticas para prevenções de acidentes e ocorrências com de banhistas e botes RIB para embarcações.

Rotineiramente o CBMSC recebe solicitações para auxílios em eventos particulares e públicos. Eventos que envolvam elevada concentração de público ou risco aos seus participantes são recomendados a presença de uma equipe de bombeiros. Mesmo não sendo a atividade fim do bombeiro militar, a prevenção em eventos traz mais segurança ao público e aproxima a corporação da comunidade. Pode-se citar como exemplo: travessias oceânicas, procissões, eventos na orla e eventos marítimos, cujo o exemplo pode ser visto na Figura 18.

Figura 18 – Prevenção no evento Expedição Voz dos Oceanos.



Fonte: CBMSC (2020).

Além das atividades relacionadas a salvaguardar vidas humanas, são necessárias ações preventivas relacionadas à vida marinha. Para auxiliar órgãos de fiscalização ambiental, que muitas das vezes não contam com embarcações próprias, os bombeiros devem atuar no resgate de animais em risco e prevenção com foco ambiental. Comumente se registram ocorrências de emalhe de tartarugas como mostrado na Figura 19, filhotes de baleias e outros mamíferos, sendo necessária a intervenção humana para libertação desses animais e muitas das vezes a apreensão das redes.

Figura 19 – Resgate de tartaruga emalhada.



Fonte: CBMSC (2020).

4.2.2 Atendimento pré-hospitalar

Atualmente a principal atividade do CBMSC junto à população catarinense é o serviço de atendimento pré-hospitalar (APH), como o nome já explica, é aquele atendimento que ocorre antes da entrada do paciente no meio hospitalar.

O APH ocorre de forma protocolar sendo descrito em CBMSC (2018):

Compreende a prestação do suporte básico ou avançado à vida, realizado fora do ambiente hospitalar, para vítimas de traumas ou emergências médicas. Esse atendimento deverá ser realizado por pessoal capacitado e habilitado para tal. O objetivo do APH é iniciar a avaliação e o tratamento das vítimas o mais precocemente possível, garantindo a elas sua estabilização e seu transporte seguro e rápido até um local onde possam receber tratamento definitivo.

As regiões litorâneas além de suas belezas naturais trazem consigo grandes perigos, que podem trazer riscos. Acidentes podem acontecer devido a fatores externos à vida, casos conhecidos como trauma ou a vítima pode sofrer um mal súbito devido uma emergência clínica. Caso estas ocorram em meio aquático, em embarcações ou na orla com difícil acesso por meio terrestre, são acionadas embarcações de resgate para realização dessas missões.

Para a realização do atendimento, a equipe conta equipamentos específicos que na sua versão compacta ocupa uma bolsa de grande porte, um sistema de oxigenoterapia e uma maca rígida conforme exibido na Figura 20. Para atendimentos de casos clínicos onde a vítima consegue se locomover por meios próprios não se faz necessário o uso da maca rígida, nos demais casos se faz necessário transportar o paciente sobre este objeto de polipropileno com cerca de 40 cm de largura e 190 cm de altura.

Figura 20 – Equipamentos necessários para atendimento pré-hospitalar.



Fonte: Autor(2022).

Atualmente o CBMSC conta com apenas 5 embarcações com capacidade de transporte de vítimas em maca rígida, mesmo que esses espaços não contenham fixação adequada para deslocamento. Sendo baixo o número de botes projetado para atividade bombeiril, o principal fator que motivou a realização deste trabalho. Outro fator que dificulta a realização de atividade de resgate atualmente na corporação catarinense é o esforço em realizar o embarque de vítimas que se encontram em meio líquido.

Para atendimentos em embarcações e regiões que se faz necessário a aproximação com a costa, os atuais modelos RIB se mostram eficientes. Devido ao fato dos botes serem envolvidos com materiais resistentes a impactos, as operações junto a superfícies rígidas se mostra segura e agradável comparada a outros tipos de embarcações. O mesmo vale para aproximações a orla, o baixo calado dos botes permite que a equipe possa desembarcar e retornar com a vítima com mais facilidade.

4.2.3 Combate a incêndios

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina tem como sua primeira atividade fim missões de combate a incêndio. Sabe-se sua eficiência na execução deste serviço somente em terra, visto que, atualmente a corporação não conta com embarcações de capacidade de combate a incêndio.

Com o crescimento do mercado náutico catarinense, o número de ocorrências envolvendo embarcações de pequeno porte vem aumentando. A volatilidade dos combustíveis aliada a problemas de manutenção tem causado explosão em veículos aquáticos no largo da costa. Frequentemente são noticiados casos de incêndios em motonáutica e até mesmo lanchas de mais de 30 pés, como visto na Figura 21. Esses relatos só reforçam a crescente necessidade do CBMSC ter a capacidade de atender ocorrências com embarcações de esporte e recreio.

Figura 21 – Incêndio em lancha no litoral de Balneário Camboriú.



Fonte: Rosa (2016).

Para embarcações mercantes a capacidade de uma lancha costeira não seria o suficiente, tanto no quesito deslocamento, quanto na capacidade de combater. Atualmente o combate a incêndio em embarcações de grande porte no litoral catarinense está a cargo da Marinha do Brasil, estando localizada em apenas 4 pontos no estado. A alocação de mais embarcações com capacidade de debelar chamas ao longo do litoral, possibilita menor tempo resposta e menor risco de danos a vida humana e o meio ambiente.

4.2.4 Buscas

Para casos em que as vítimas se encontram em meio aquático e onde as chances de sobrevivência se esgotam, são executadas missões de busca de corpos. Comumente essas são as missões que mais exigem tempo, atenção e esforço dos seus operadores.

Nos momentos seguintes ao óbito por afogamento, o corpo da vítima submerge. Podendo ficar desde horas até dias nesta situação em razão da massa da vítima, alimentos ingeridos previamente e temperatura da água. Após este período o corpo emerge, podendo assim ser feita a busca na superfície. Sendo usualmente utilizados 3 operadores na embarcação, sendo um condutor e dois mergulhadores. Ficando responsável pela busca visual, avante, o condutor e as buscas aos bordos, os mergulhadores, podendo fazer uso de binóculos para auxílio.

Em razão da incerteza dos locais de buscas (correntes marítimas, ventos e amplitude da costa), essas operações podem demorar dias e várias milhas percorridas até seu êxito. Em razão da segurança, essas ocorrem em sua maioria desde o nascer do sol até o pôr do sol. Fazendo com que seus tripulantes sejam expostos aos raios solares, ventos e mal tempo.

Em virtude do corpo da vítima submergir após a inalação de água, se faz necessário operações com mergulhadores capacitados em buscas subaquáticas. Os equipamentos de mergulho ocupam espaço considerável, sendo utilizado um conjunto de cilindros de ar comprimido, colete, manômetro, regulador, máscara, roupa de neoprene, lastro e nadadeiras para cada mergulhador.

É nesse tipo de operação que fica evidente as dificuldades trazidas por uma embarcação projetada para esporte e recreio. A quantidade elevada de equipamentos, a dificuldade em embarcar e desembarcar operador com equipamento completo, a dificuldade em embarcar a vítima e falta de espaço adequado para alocar o corpo no retorno à costa, demonstram a necessidade de uma embarcação adequada. Um exemplo deste tipo de missão está na Figura 22, pode ser visto a quantidade de equipamentos de mergulho de apenas um mergulhador ao lado esquerdo, suas nadadeiras apoiadas a proa e vítima alocada a boreste do bote. Fica claro a impossibilidade de movimentação no interior da lancha durante a operação deste tipo.

Figura 22 – Embarcação durante missão de busca.



Fonte: Autor(2022).

4.2.5 Embarcações a deriva

Figura 23 – Reboque de embarcação artesanal à deriva.



Fonte: Divulgação - CBMSC 10°BBM(2022).

A Figura 23 demonstra de forma clara a missão de resgate da embarcação à deriva no litoral catarinense. Tipicamente são barcos de pesca artesanal, algumas vezes sem os

devidos equipamentos de segurança necessários e com baixa confiabilidade do seu sistema propulsivo. Pescadores amadores e turistas frequentemente se arriscam nas águas do oceano com botes inadequados para este tipo de ambiente.

Ocorrências envolvendo embarcações miúdas ou de pequeno porte apresentam complexidade, pois comumente o solicitante se encontra perdido (não conta com equipamentos de navegação) e não é possível se deslocar por meios próprios. Neste tipo de missão faz-se necessário uma equipe composta por 3 operadores para auxiliar nas buscas e um farolete. Comumente essas solicitações de resgate ocorrem ao entardecer quando a vítima se encontra cansada e começa a perder os pontos de referência com a costa.

Após a localização da embarcação e garantida a segurança dos tripulantes, faz-se necessário o reboque da mesma, ligando um cabo a proa da embarcação resgatada à popa do bote do CBMSC. Usualmente o reboque ocorre até o ponto seguro na costa mais próxima.

Embarcações de maior porte e maior valor agregado contam com sistemas de navegação e radiocomunicação instalados, facilitando ainda mais a rápida localização. Esses contam também com o serviço de resgate das inúmeras marinhas particulares que margeiam o litoral catarinense. Sendo atendidas em raras exceções.

4.3 EMBARCAÇÕES ATUAIS

Atualmente o CBMSC conta com basicamente 3 modelos de embarcações para atendimento costeiro. Sendo dois modelos cabinados do estaleiro Rhino Defense apresentado na Figura 10 com 11 e 9 metros de comprimento total respectivamente e um do estaleiro Zefir com 5 metros de comprimento.

Sediados em 5 bases náuticas, ficam armazenadas fora d'água e alocadas por trator ou empilhadeira as embarcações de médio porte da Rhino Defense, fazendo com que seu tempo resposta seja mais elevado devido às suas dimensões e as poucas unidades com estrutura disponível.

As embarcações Zefir são amplamente empregadas no CBMSC. Contando com 10 unidades operando tanto na região litorânea quanto no interior do estado. O modelo G500, conforme visto na Figura 24 apresenta grande versatilidade e demonstra que suas dimensões principais são suficientes para as atividades. Na Tabela 15 são apresentadas as dimensões principais e características gerais do modelo G500 de segunda geração.

Figura 24 – Embarcação Zefir G500.



Fonte: Atlântica (2017).

Tabela 6 – Características principais da Zefir G500

L_{OA} (m)	5,15
B (m)	2,25
T (m)	0,45
Peso sem motor(kg)	400
Potencia(cv)	91
Capacidade	10

Fonte: Autor(2022).

No Anexo A estão presentes as especificações do último edital para aquisição de 16 unidades da embarcação descrita acima. Neste documento é solicitado que o bote seja transportado sobre semi-reboque rodoviário de apenas um eixo. Isso indica que a embarcação deve respeitar as restrições para transporte rodoviário que segundo a Resolução 210/06 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) anuncia uma largura máxima de 2,6 metros para reboques.

Em virtude da familiaridade do autor com a operação dos botes G500 em missões de busca e salvamento e o grande número de embarcações com cerca de 8 anos de uso em condições adversas, fica claro que a necessidade deste trabalho é desenvolver as etapas iniciais de um projeto que atenda as necessidades do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina e substitua as embarcações de esporte e recreio caracterizadas por uma embarcação projetada para sua real atividade fim.

4.4 REQUISITOS INTERNOS

Para a definição dos atributos internos da embarcação de busca e salvamento costeiro é preciso atender inicialmente as normas vigentes da Marinha do Brasil. Na NORMAM-03... (2003) são descritos os itens de segurança obrigatórios para embarcações costeiras, sendo os itens 1 a 17 apresentados no Apêndice B referente as obrigatoriedades da MB.

Conforme descrito ao longo deste capítulo, as variadas missões do CBMSC obriga que o bote projetado seja versátil e dotado de diversos equipamentos e locais para armazenamento dos mesmos. Ainda no Apêndice B são apresentados, a partir do item 18, os materiais necessários.

O próximo capítulo mostrará o resultado configuração para atender esse projeto multimissão. Devendo ser avaliado a necessidade de:

- assento para os 3 tripulantes operacionais;
- escada retrátil na proa para mergulhos;
- suporte para motobomba;
- suporte para maca rígida;
- suporte para cilindros de mergulho;
- console de comando;
- targa sobre console;
- pontos para reboque de embarcação;
- piso emborrachado e auto drenante;
- piso livre de obstáculos;
- caixa estanque para equipamentos de APH.

5 PROCESSO DE PROJETO DA EMBARCAÇÃO DE BUSCA E SALVAMENTO

Neste capítulo será apresentado os resultados da primeira iteração na espiral de Evans apresenta na Figura 16. Os cálculos obtidos nesta seção são, em sua grande maioria, baseados em equações empíricas apresentadas nos capítulos anteriores.

5.1 DIMENSÕES PRINCIPAIS

Para a determinação das dimensões principais deste projeto foram produzidos 22 modelos de embarcações de busca e salvamento com base nas equações obtidas através das regressões desenvolvidas presentes no Apêndice C desenvolvido pelo autor. Como dado de entrada das equações foi escolhido o comprimento total, variando de 4 a 9,5 metros com um passo de 25 centímetros. Essa restrições tem como referência a Tabela 7.

Para a elaboração do banco de dados representados no Apêndice C foram coletadas dados de 52 modelos através de catálogos de fornecedores internacionais de embarcações de busca e salvamento costeira sem cabine. Teve como objetivo verificar a variação das dimensões principais da embarcação do escopo deste trabalho. Na Tabela 7 são apresentadas as restrições das características principais do banco de dados.

Tabela 7 – Restrições do banco de dados.

	Mínimo	Máximo
LOA(m)	3,99	9,45
B(m)	1,73	3,35
T(m)	0,24	0,88
P(cv)	40	1000
Capacidade	5	25
Peso leve(kg)	192	1850

Fonte: Autor(2022).

Com base nas informações de boca máxima apresentadas no Capítulo 4, foi realizada uma análise removendo os modelos que tinham B maior que 2,60 metros. Na Tabela 8 são apresentadas as dimensões principais dos modelos gerados de acordo com a restrição.

Tabela 8 – Dimensões principais dos modelos de acordo com os requisitos do armador.

Modelo	L_{OA} (m)	B(m)	T(m)	Peso leve(t)	Potência(hp)
1	4,00	1,82	0,17	0,207	40
2	4,25	1,90	0,18	0,240	50
3	4,50	1,97	0,20	0,276	60
4	4,75	2,04	0,21	0,315	70
5	5,00	2,12	0,22	0,358	80
6	5,25	2,19	0,24	0,404	95
7	5,50	2,25	0,25	0,453	115
8	5,75	2,32	0,26	0,505	130
9	6,00	2,39	0,27	0,561	150
10	6,25	2,45	0,29	0,620	175
11	6,50	2,52	0,30	0,683	200
12	6,75	2,58	0,31	0,750	225

Fonte: Autor(2022).

5.2 GEOMETRIA DO CASCO

Para definição das características geométricas da embarcação deste projeto é preciso determinar o tipo de casco. Essa decisão se faz importante nesta etapa, pois conforme apresentado anteriormente embarcações com casco rígidos, RBB e RIB tem prós e contras.

Em virtude da área de atuação ser em águas costeiras com previsão de ondas de até dois metros, a utilização de um casco rígido sem grandes reservas de flutuabilidade se mostra uma solução de difícil emprego. Conforme indicado no Capítulo 2, os registros históricos evidenciam que o uso desse tipo de casco vem sendo substituído por embarcações com reserva de flutuação, inflável ou rígida.

Ao comparar barcos do tipo RIB com RBB, suas características são relativamente similares. O fator crítico para a escolha entre essas duas opções é o peso. Por conter reserva de flutuabilidade composto de material sólido envolto a estrutura rígida no mesmo material do casco, uma embarcação RBB tem o peso maior que uma embarcação do tipo RIB com as mesmas dimensões principais. Para os requisitos do CBMSC essa característica tem destaque como fator de decisão, visto que a necessidade de uma motorização menos potente, mais leve e mais barata seria necessária. Ao transportar por meio de reboque, uma embarcação mais leve torna a operação mais fácil, pois até mesmo nas praias são utilizadas para lançamento e enfrentam o risco constante de atolamento dos reboques.

A embarcação mais utilizada atualmente pelos bombeiros militares de Santa Catarina é uma embarcação RIB, este fator também foi considerado para a seleção desse tipo de casco. Visto que, a tropa já está habituada a operar com esse veículo e fazer a manutenção.

Para a seleção das características específicas dos modelos deste projeto, foi selecionado a opção de *hard chine* para esta primeira volta da espiral por se tratar de uma geometria mais usual que diminui os arrasto e aumentar a força de sustentação, devendo ser avaliado de forma mais aprofundada nas próximas iterações. O ângulo de *deadrise* na

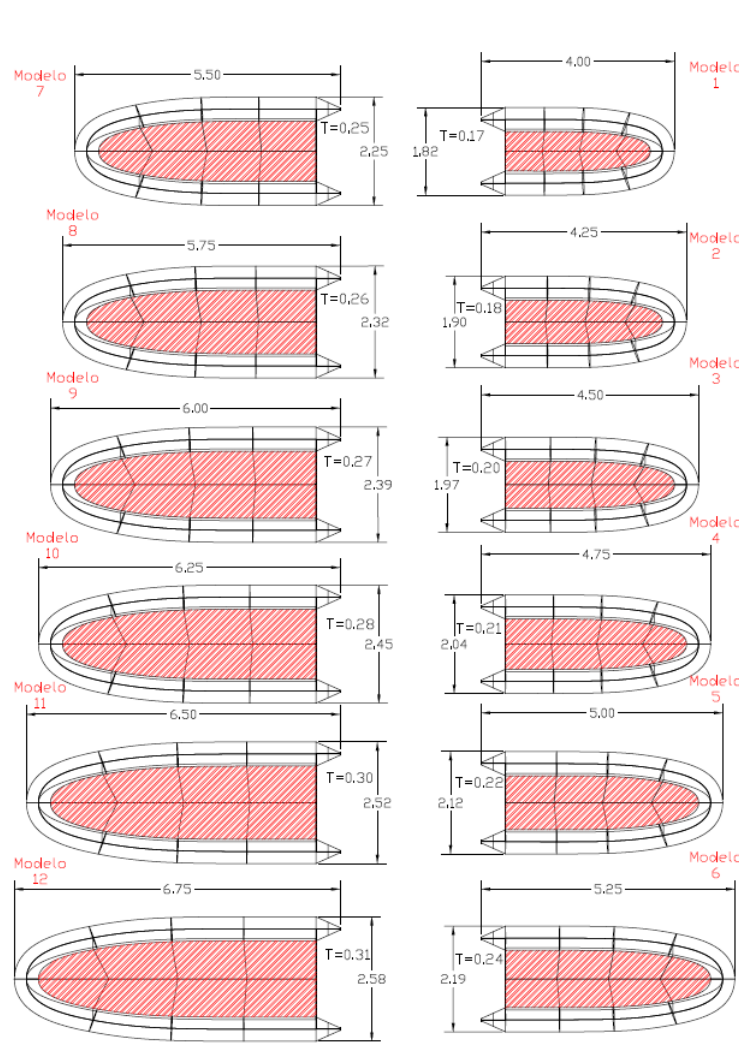
popa foi optado por uma configuração de "V" profundo com 20° , visto ângulos entre 10° e 21° se mostram mais eficiente, mesmo que para embarcações costeiras entre 15° e 20° são recomendadas por Potgieter (2006).

Por se tratar de uma embarcação RIB é necessário determinar o diâmetro dos tubulões. A seleção desse diâmetro ocorrerá em etapa futura, visto que a função dos tubulões é garantir a flutuação em caso de avaria do casco.

5.3 ARRANJO GERAL

Para a definição do arranjo geral da embarcação foram considerados os equipamentos apresentados na Seção 4.4. Por meio de *software* de modelagem 2D *AutoCAD*, foi feita a análise de viabilidade de uso de todos equipamentos necessários e seus acessórios das áreas internas dos 12 modelos gerados mostrados na Tabela 8, apresentados na Figura 25 junto ao comprimento total, boca máxima e calado máximo.

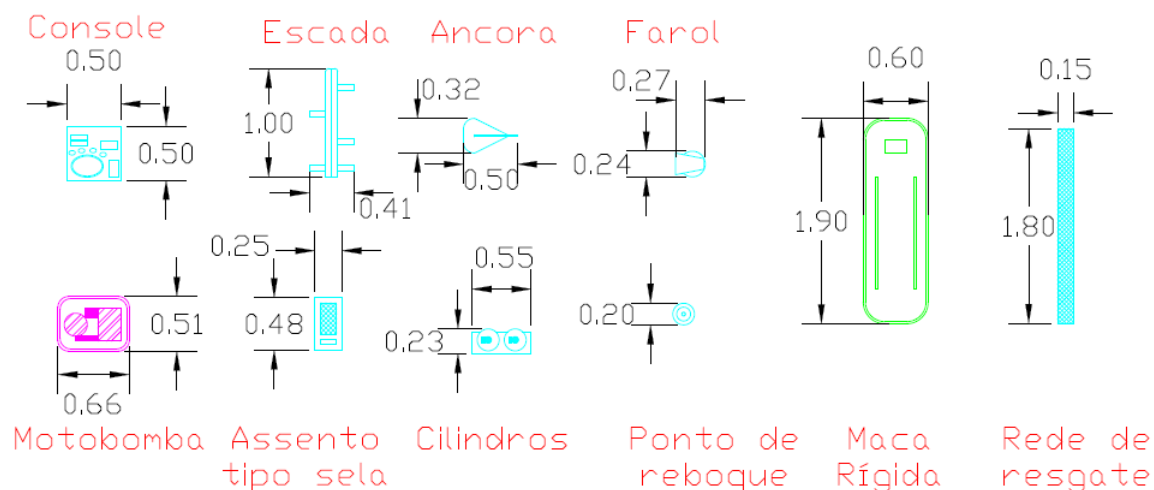
Figura 25 – Dimensões principais dos modelos.



Fonte: Autor(2022).

A Figura 26 apresenta os modelos simplificados com as dimensões dos equipamentos utilizados no arranjo inicial. As dimensões do console, do suporte dos cilindros, do farol e da maca rígida foram coletadas dos equipamentos já utilizados pelo CBMSC se mostram eficazes em sua utilização. Os demais itens foram obtidos através de catálogo. Vale destacar que para os assentos foram utilizados modelos do tipo sela, amplamente utilizados por embarcações SAR modernas, pois ocupam pouco espaço, oferecem conforto e permitem um ponto de pilotagem mais elevado. Os equipamentos apresentados na cor ciano são de uso constante e estarão fixados no barco, para os equipamentos na cor magenta serão de uso temporário somente em ocorrências de combate a incêndio e equipamentos de cor verde serão utilizados somente em ocorrências que envolvam APH.

Figura 26 – Dimensões dos equipamentos do arranjo.



Fonte: Autor(2022).

Em virtude do deslocamento ser critério importante tanto no peso da embarcação, custo e desempenho, só selecionado o modelo com menor deslocamento que apresentasse viabilidade técnica em função da área útil. Para a seleção do modelo mais leve para este projeto se levou em conta os critérios apresentados no abaixo:

- Vão livre entre equipamentos e/ou embarcação visando o conforto conforme medidas antropométricas (IIDA, 2005);
- Área no espelho de popa para motores de popa;
- Área na proa para o paiol de âncora;
- Área na proa para plataforma de mergulho e escada;
- Área para compartimento estanque;
- Possibilidade ocupação do mesmo espaço de equipamentos de missões variadas.

Em posse dos requisitos acima apresentados foram gerados conceitos de arranjo com base na experiência do autor por meio de método hipotético-dedutivo. O arranjo que mostrou maior viabilidade em menor área é apresentado na Figura 27, o Modelo 8 com comprimento total de 5,75 m foi selecionado nesta etapa.

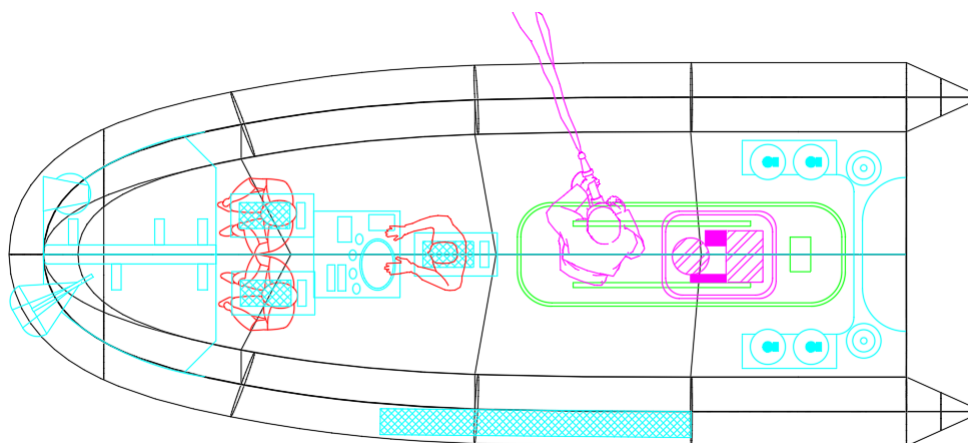
A região da popa teve um espaço reservado para motores de popa. Este é amplamente utilizado pelo CBMSC, pois a manutenção é mais simples e tem custo mais acessível. Para o modelo selecionado foi utilizado um motor com potência estimada em 150 cv (potência mais próxima dos 130 cv disponível no mercado nacional) com base na regressão de dados das embarcações semelhantes, devendo essa potência ser verificada ainda neste capítulo.

Na região da proa foi proposto uma solução conjunta para os requisitos necessários, onde a plataforma de mergulho abriga uma escada de mergulho articulada, o farol e o paiol de âncora. Logo abaixo desses equipamentos foi planejado um compartimento estanque para abrigar equipamentos de salvatagem e para cumprimento das missões, este tem volume previsto de 150 litros.

Na região a ré da meia nau da embarcação a sobreposição de equipamentos, isso se deve ao fato da utilização assíncrona dos mesmos. Visto que a embarcação ao ser acionada estará ciente da natureza da missão, podendo facilmente alocar equipamento armazenado em terra sobre o casco e fixada por meio de suportes pré-existentes.

Para o arranjo proposto na Figura 27 foram considerados os itens de maior volume apresentados no Apêndice C. Visto que a maioria dos itens são equipamentos de segurança de pequeno porte, considerou-se que esses serão alocados em compartimentos dentro do console central ou instalados diretamente sobre ele, conforme representado.

Figura 27 – Arranjo selecionado sobre Modelo 8.



Fonte: Autor(2022).

5.4 PESOS E CENTROS

Para a definição do peso estrutural deste projeto foi necessário utilizar da estimativa de apresentada por Salles (2017) na seção 3.5.1 do seu trabalho. O autor utiliza da abordagem proposta por Grubisic (2009) e Grubisic e Begovic (2012), onde os pesos estimados são definidos em função da pressão de carregamento em cada área.

Os dados de entrada e saída utilizados nas equações apresentadas pelo autor foram compilados na Tabela 9.

Tabela 9 – Estimativa de peso estrutural do Modelo 8.

Descrição	Valor	Un.
Comprimento do casco	5.15	m
Comprimento médio	4.99	m
Boca máxima	2.32	m
Pontal	0.88	m
Número de anteparas estanques presentes	2.00	
Estimativa da área do plano do fundo	5.48	m ²
Estimativa da área dos costados	8.05	m ²
Estimativa da área do convés	9.54	m ²
Estimativa da área das anteparas	2.44	m ²
Área da superfície reduzida total	19.52	m ²
Numeral E	19.68	
Comprimento na linha d'água	4.84	m
Fator de notação da área de serviço	0.80	
Fator de notação do tipo de serviço	1.25	
Estimativa de peso do casco em fibra de vidro	0.53	ton

Fonte: Autor(2022).

Diferentemente de Salles (2017) propôs, este trabalho utilizou de um fator de notação do tipo de serviço da embarcação igual a 1,25, em virtude de ser um barco de serviço sendo projetado.

Para a estimativa do peso da motorização foi utilizado a hipótese inicial de um motor de popa com 150 cv de potência. Consultando catálogos de fabricantes deste tipo de equipamento foi selecionado o modelo com menor peso com aplicação para água salgada. O consumo deste motor a 5000 rpm (velocidade de cruzeiro) é de 34,4 litros de gasolina por hora, estimando que as missões de buscas tenham pausas para alimentação dos tripulantes, o tempo de operação foi estimado em 6 horas. Considerou-se que a densidade da gasolina comum é 715 gramas por litro para que a estimativa de peso de combustível fosse possível.

A Tabela 10 apresenta a estimativa de pesos e centros em relação a linha de centro na proa do casco. Foram considerados 3 passageiros, pois não há relatos de operações com mais tripulantes que isso. Parte da operação da embarcação costeira de busca e salvamento ocorreu apenas com seus 3 tripulantes a bordo. Foi considerado que cada passageiro tem 75 kg em média nos cálculos iniciais. Para a determinação dos centros foi possível utilizar a literatura exposta na Tabela 3.

Tabela 10 – Estimativa de pesos e centros em relação a linha de centro na proa do casco.

Item		Massa(kg)	LCG(m)	VCG(m)
Peso Leve	Peso Estrutural	531	2,59	0,66
	Peso do Maquinário	206	-0,15	0,58
	Peso de Outfit	104	2,06	0,88
Deadweight	Peso de combustível	148	0,77	0,22
	Peso de passageiros	225	2,58	1,26
	Peso de tripulação	225	2,58	1,26
Peso total		1439	1,97	0,73

Fonte: Autor(2022).

Após a construção da Tabela 10 foi comparado aos valores dos centros de massa total do Modelo 8 com os centros de flutuabilidade fornecidos pela *software Orca3D* para a condição de deslocamento de 1,44 toneladas. Os valores estão apresentados na Tabela 11, onde algumas boas características podem ser verificadas tais como:

- Equilíbrio longitudinal, embarcação apresenta trim quase nulo na condição estática;
- Equilíbrio transversal, embarcação não apresenta adernamento na condição estática;
- Diferença de 0,54 metros entre o VCG e VCB, que resultam numa altura metacêntrica positiva. Garantindo assim que a embarcação não emborcará ao ser colocada na água.

Tabela 11 – Comparação de centros de gravidade e flutuabilidade do Modelo 8 na condição estática.

	Longitudinal	Transversal	Vertical
Centro de massa	1,97	0,00	0,73
Centro de flutuabilidade	1,96	0,00	0,19
Diferença	0,01	0,00	0,54

Fonte: Autor(2022).

5.5 RESISTÊNCIA AO AVANÇO

Com o intuito de promover o cálculo da resistência ao avanço de acordo com a metodologia proposta no início deste trabalho, foi feito o uso do *software Rhinoceros* junto com o *Orca3D* em seu módulo de potência. Ele fornece a estimativa de eficiência propulsiva para cada componente da unidade propulsiva, as taxas de eficiência foram apresentadas na Tabela 12.

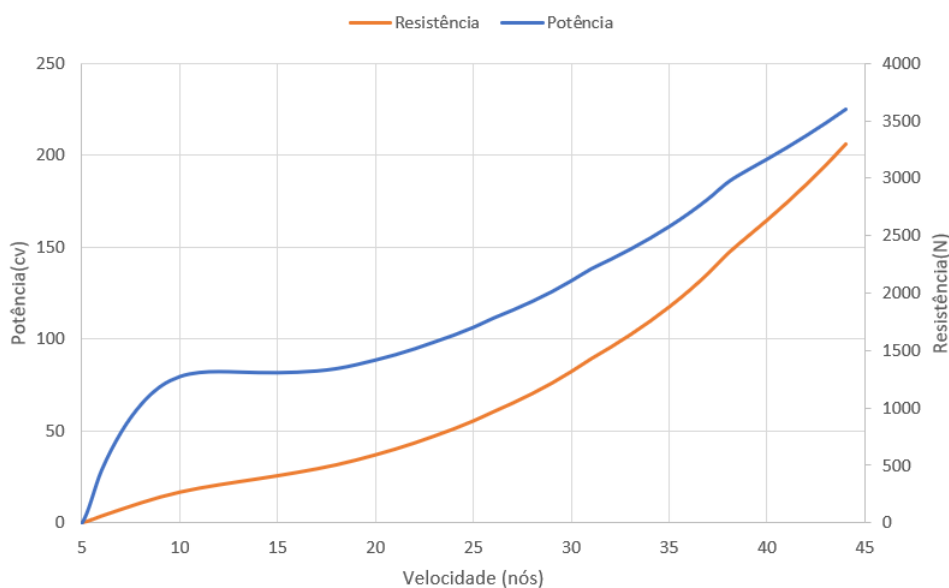
Tabela 12 – Eficiências propulsivas.

	Eficiência		
	Miníma	Média	Máxima
Transmissão	0,960	0,970	0,980
Eixo	0,970	0,975	0,980
Casco	0,900	0,950	1,000
Propulsor	0,500	0,600	0,700
Total	0,419	0,539	0,672

Fonte: Adaptado de HydroComp (2012).

A Figura 28 apresenta a resistência ao avanço do casco nu do Modelo 8 (sem apêndices) em função da velocidade em nós, considerando o deslocamento e seus centros conforme mostrado na seção anterior. Nesta mesma Figura é também apresentada a potência propulsiva total, isso é a potência necessária para movimentar a embarcação em determinada velocidade sem considerar as perdas demonstradas na Tabela 12. É importante destacar que a ferramenta utilizada tem uma limitação do cálculo da resistência ao avanço em função do número de Froude volumétrico menor que um, razão essa para o gráfico iniciar somente a 6 nós.

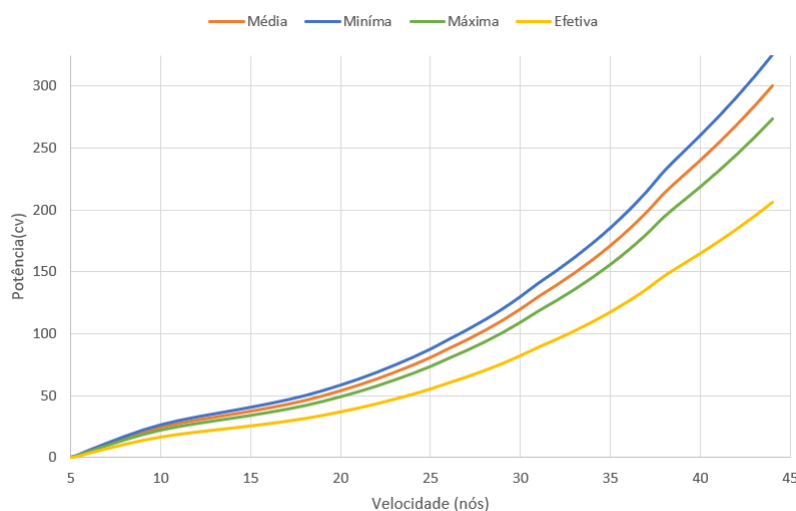
Figura 28 – Resistência ao avanço e a potência efetiva para casco nu.



Fonte: Autor(2022).

Como forma de comparação entre a potência propulsiva total (efetiva) e os valores de eficiência total apresentados foi construída a Figura 29. Na qual pode ser visto em amarelo a potência propulsiva total menor que as demais, isso se deve ao fato das outras curvas serem um percentual desta primeira. As curvas de potências propulsivas considerando a eficiência mínima (41,9%), média (53,9%) e máxima (67,2%) nos elementos propulsores estão representados nas cores azul, laranja e verde, respectivamente.

Figura 29 – Potências instaladas e efetiva.



Fonte: Autor(2022).

Considerando que vítimas que necessitam de atendimento pré hospitalar têm maiores chances de sobreviver se atendidas na primeira hora após o trauma, “hora de ouro”, e que o deslocamento máximo da embarcação poderá ser de até 20 milhas náuticas, podemos ter uma estimativa da velocidade necessária. A velocidade mínima necessária seria de 20 nós, entretanto buscando ser conservador nesse quesito, foi acrescido em um terço essa velocidade a fim de aumentar as chances das vítimas.

Sendo assim, fica estabelecido a velocidade de 30 nós para este projeto, utilizando do conservadorismo para seleção da motor foi selecionado a potência instalada mínima de 130 cv para um motor de popa, valor este condizente com a estimativa inicial. Entretanto, vale destacar que esse valor não considera o aumento de resistência dos apêndices, rugosidade do casco, ventos e condições do mar. Para isso, a potência deverá ser revista nas etapas de detalhamento do projeto.

5.6 ESTABILIDADE INTACTA

Para a determinação da estabilidade intacta da embarcação foi necessário avaliar previamente os critérios de estabilidade em avaria. Visto que, para embarcações RIB este parâmetro é fator importante na determinação da geometria do barco acima da linha d’água.

Segundo ISO 6185-3 (2018) voltada para avaliar embarcações semi-rígidas com comprimento de casco menor que 8 metros e potência instalada maior que 15 kW, classifica o modelo do projeto como bote tipo VII, devido a sua região costeira de operação. Para este tipo de embarcações a ISO 6185-3 (2018) sugere que apenas três análises sejam aplicadas:

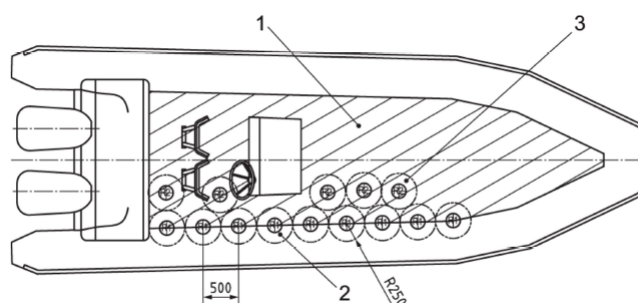
- Teste de deslocamento de carga;
- Requisitos de flutuabilidade;

- Banda devido a ação de vento, caso a área projetada da embarcação acima de linha d'água seja maior ou igual a metade do produto de comprimento da linha d'água pela boca na linha d'água.

O teste de deslocamento de carga deve ser executado seguindo o exemplo da Figura 30, que em condição de condição máxima de carregamento, cargas com 75 kg referente a cada passageiro, devem ser alocadas a 100 mm acima dos assentos, dos tubulões e do convés(item 1) em apenas um dos bordos da embarcação formando duas fileiras, uma mais externa(item 2) e outra mais próxima da linha média(item 3). O espaço entre as cargas deve ser de no mínimo 500 mm. Durante a execução do teste, devido a grande reserva de fluviabilidade de embarcações semi-rígidas, devendo ser desconsiderada à entrada de água sobre o convés, possibilitando assim um ângulo de inclinação muito maior comparado a embarcações de casco rígido.

Sendo assim, sua lotação máxima não está relacionada ao número de acentos e sim ao espaço útil para que uma pessoa possa sentar. Neste caso são consideradas desde o piso do convés até os tubulões. Tem como critério de avaliação para o teste de deslocamento de carga a embarcação não emborcar durante a execução da avaliação.

Figura 30 – Posicionamento da tripulação sentada.



Fonte: Adaptado de ISO 6185-3 (2018).

Para analisar os requisitos de fluviabilidade, a Equação 19 fornece a carga máxima (m_{LDS}) (em quilogramas) para o volume dos tubulões do projeto (em metros cúbicos).

$$V_{tubul\tilde{a}o} > \frac{1,2 \times m_{LDS}}{1000} \quad (19)$$

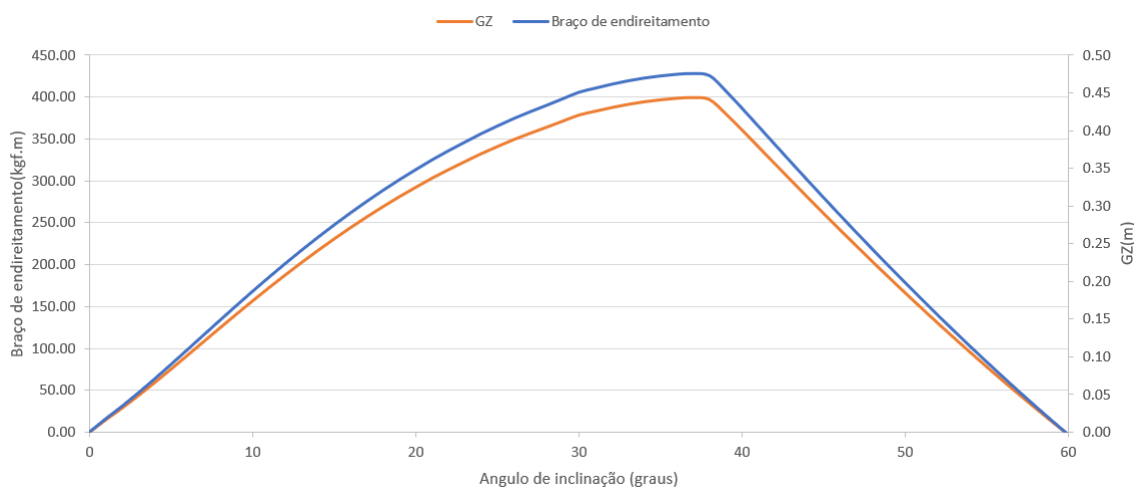
Para este projeto podemos determinar o diâmetro dos tubos em função do deslocamento com carga plena e comprimento dos flutuadores. Considerando que a embarcação deve transportar até 1440 kg (deslocamento na condição de carregamento máximo) e tem 11 metros de flutuadores a sua volta (perímetro da embarcação), os tubulões deverão apresentar volume interno de 1,73 metros cúbicos, com diâmetro de 45 centímetros.

Devido a baixa a área projetada, o critério de banda devido ao vento não será considerado, segundo a norma ISO 12217-3 (2013). Essa decisão refere-se à baixa influência dos ventos na embarcação de perfil baixo.

A ISO 6185-3 (2018) sugere que para embarcações com potência maior que 61 cv e produto de L_H por B_H maior que 8, visto que o modelo 8 têm produto igual a 10, deverá ter o número mínimo de 5 compartimentos em seus tubulões, de forma sugestiva, sendo um na proa e dois em cada bordo.

Em posse dos dados da estimativa da geometria dos tubulões foi possível com o auxílio do *software Orca3D* obter a curva de estabilidade estática para o Modelo 8 em grandes ângulos e apresentado na Figura 31 para a condição exposta na Tabela 11.

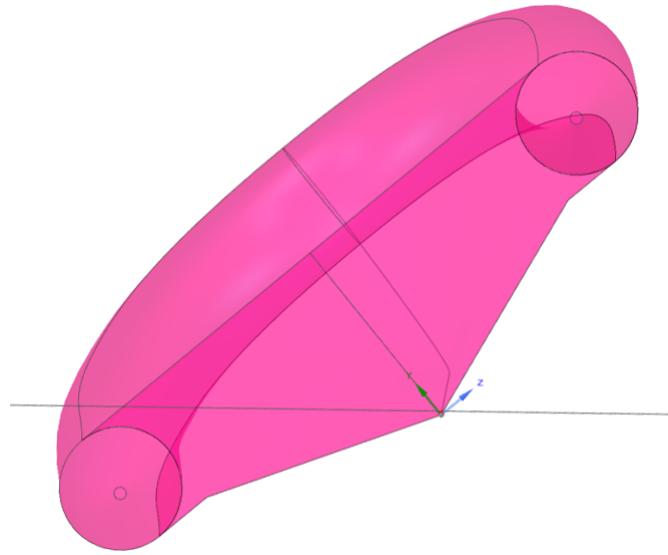
Figura 31 – Curva da estabilidade estática do modelo.



Fonte: Autor(2022).

Explorando a Figura 31, pode-se verificar que a embarcação irá emborcar a 59 graus. Isso significa que o braço de restauração (GZ) será negativo a partir deste ponto a embarcação ficaria emborcada. A 37 graus é possível notar o ângulo de máxima GZ e seguido de um decaimento no momento de restauração, ocasionado pelo alinhamento da linha empuxo com a linha de centro de massa. Esta ação está diretamente relacionada ao fato de que a partir desta inclinação se inicia a entrada de água no interior da embarcação, como é representada na Figura 32. Onde o modelo começa a apresentar a linha d'água (em preto) já dentro da embarcação.

Figura 32 – Modelo com inclinação de 37 graus.



Fonte: Autor(2022).

5.7 ESTABILIDADE DINÂMICA

A Figura 33 indica que os valores de trim dinâmico obtidos na análise da resistência ao avanço. De acordo com Savitsky (1964) foi possível determinar o Tau Crítico, curva que se ultrapassada resultará na ocorrência de *porpoising*.

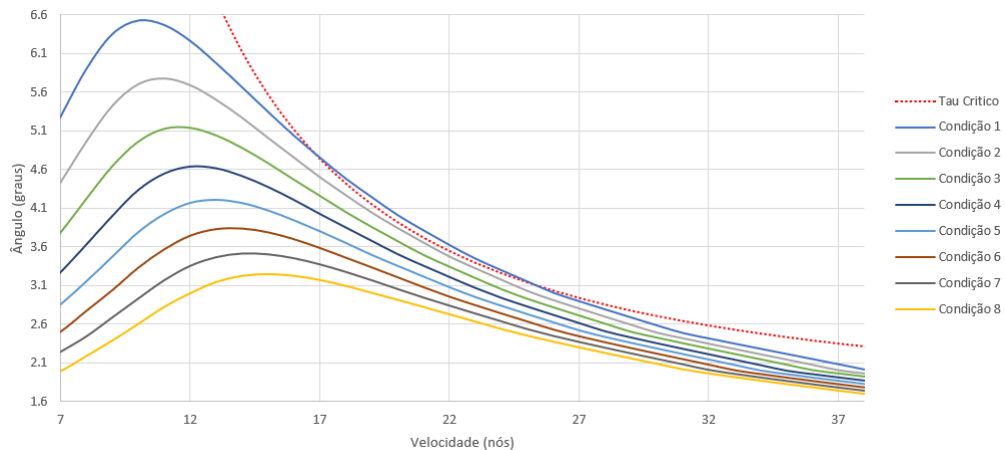
A fim de verificar a ocorrência deste fenômeno indesejado, foram avaliados 8 diferentes cenários variando o centro de gravidade longitudinal em 10 centímetros a partir da posição inicial (condição 1). Esses valores são apresentados na Tabela 13.

Para as condições apresentadas apenas a condição inicial proposta nas seções anteriores causaria *porpoising*, fica comprovado que com LCG mais a ré terá uma menor influência na variação do trim entre o regime transição e planeio, bem como alcançará menores valores para trim. Em resumo, para LCG a menos de 1,87 metros de popa, não ocorrerá *porpoising*.

Tabela 13 – Condições simuladas de estabilidade dinâmica.

Condição	LCG(m)	LCG-LCB(m)
1	1,97	0,1
2	1,87	0,2
3	1,77	0,3
4	1,67	0,4
5	1,57	0,5
6	1,47	0,6
7	1,37	0,7
8	1,27	0,8

Fonte: Autor(2022).

Figura 33 – Verificação da ocorrência de *porpoising*.

Fonte: Autor(2022).

5.8 TOPOLOGIA ESTRUTURAL

Segundo Gerr (2000) a topologia estrutural tem como referência o número base, *scantling number* (Sn), sendo calculado a partir da Equação 20:

$$Sn = \frac{L_{OA} \times B \times T}{28,32} \quad (20)$$

Gerr (2000) sugere para barcos onde o comprimento total é 8% maior que o comprimento na linha d'água, o comprimento utilizado na Equação 20 deve ser substituído pela média dos comprimentos, para este projeto o comprimento total é 16% maior, sendo aplicada esta regra.

Em posse do Sn , o passo seguinte foi a seleção da matéria prima do casco, a primeira opção seria o alumínio. Entretanto, devido às vantagens exposta pelo autor e apresentadas abaixo:

- Preço elevado em relação a fibra de vidro;
- Menor resistência a abrasão;
- Profissionais qualificados para construção são difíceis de encontrar;
- Ligas de alumínio são difíceis de se obter.

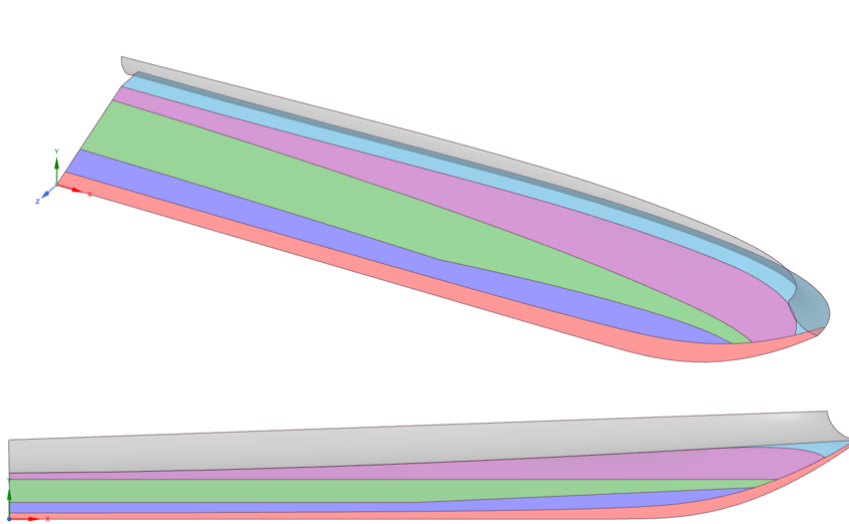
Bem como a produção em série de embarcações em fibra de vidro é facilitada pelo uso de moldes e há facilidade de mão de obra qualificada. Foi selecionado o processo de laminação em fibra de vidro como o que apresenta a melhor relação custo e benefício.

De acordo com Gerr (2000) o casco em 6 regiões que apresentam diferentes espessuras de laminação como pode ser visto na Figura 34. Sendo elas:

- Quilha - parte mais inferior do casco (vermelho);

- Fundo do casco - parte entre a quilha até a altura de laminação de fundo (azul escuro);
- Lado inferior - metade inferior da região entre o fundo do casco e término do casco (verde);
- Lado superior - metade inferior da região entre o fundo do casco e término do casco (rosa);
- Chine - região onde chine está presente;
- Convés - parte superior (cinza).

Figura 34 – Regiões do casco.



Fonte: Autor(2022).

As espessuras de laminação dessas regiões são devidas a partir do espessura base e dadas em milímetros, essa por sua vez é igual a espessura do lado inferior, sendo calculada pela Equação 21:

$$Lado inferior = 6,35 \times \sqrt[3]{Sn} \quad (21)$$

$$Quilha = Lado inferior \times 1,5 \quad (22)$$

$$Fundo = Lado inferior \times 1,15 \quad (23)$$

$$Lado superior = Lado inferior \times 0,85 \quad (24)$$

$$Convés = Lado inferior \times 0,85 \quad (25)$$

As Equações de 22 a 25 apresentadas acima abrangem todas as regiões do casco.

Para determinar a altura da laminação de fundo é necessário fazer o uso da Equação 26, este por sua vez é dado em centímetros do ponto mais baixo da quilha. Por se tratar de um barco de serviço essa altura, a partir da meia nau, deverá aumentar gradualmente até a proa tendo o seu valor dobrado.

Devido a velocidade de operação ser 30 nós a espessura das regiões abaixo da altura de laminação deverá ter um acréscimo de 20%. Bem como regiões que recebem algum tipo de carga no convés deverá ter um acréscimo de 25% na espessura.

$$\text{Altura do fundo} = Sn^{0,38} \quad (26)$$

Gerr (2000) apresenta equações para determinação do reforçadores estruturais, visto que apenas a laminação do casco não apresenta a resistência adequada. Os principais reforçadores estruturais são as longarinas principais, secundárias e as anteparas.

Por se tratar de um método que aborda na sua maioria veleiros e barcos com casco rígido, este trabalho difere do método proposto em relação a quantidade de longarinas, não sendo possível utilizar de duas longarinas na região convés devido o pouco espaço disponível. Contando a estrutura final com duas longarinas principais, duas longarinas secundárias e reforço nos chines de cada bordo.

É proposto que a altura e largura da longarina principal (Hlp) seja determinada pela Equação 27, bem como:

- espessura do laminado nas longarinas principal (tlp);
- largura das longarinas secundárias (Lls);
- altura das longarinas secundárias (Hls);
- espessura das longarinas secundárias(tls);
- espessura do chine (tch);
- quantidade de mínima de anteparas(Na);
- espessura das anteparas (ta).

$$Hlp = 78,7 \times Sn^{0,3} \quad (27)$$

$$tlp = 4,6 \times Sn^{0,3} \times 1,2 \quad (28)$$

$$Lls = 79,2 \times Sn^{0,28} \quad (29)$$

$$Hls = \frac{Lls}{2} \quad (30)$$

$$t_{ls} = 4,32 \times S_n^{0,38} \quad (31)$$

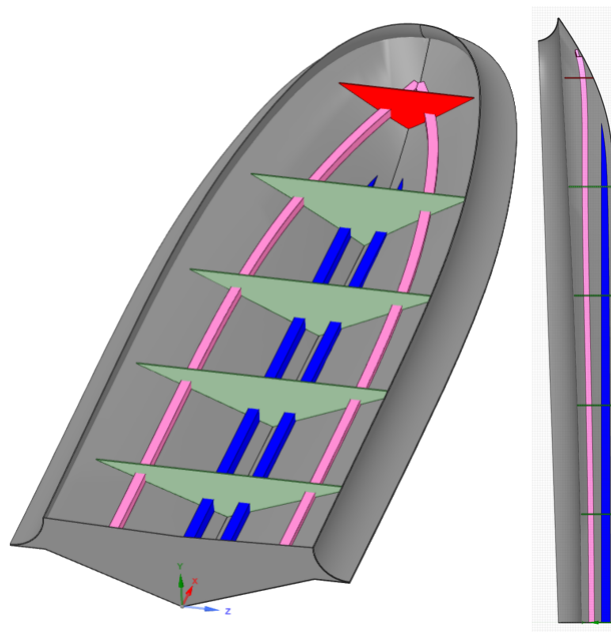
$$t_{ch} = 1,35 \times F_{undo} \quad (32)$$

$$N_a = 1,15 \times LOA^{0,7} + 1 \quad (33)$$

$$t_a = 11,43 \times S_n^{0,3} \quad (34)$$

É importante destacar que para a seleção das longarinas principais foi optado por um núcleo de madeira sólida, como sugerido pelo autor, assim como na seleção da espessura das anteparas foi escolhida a utilização de compensado naval.

Figura 35 – Reforçadores do casco.



Fonte: Autor(2022).

As principais dimensões da topologia estrutural estão compiladas na Tabela 14 e apresentadas no modelo da Figura 35, onde está demonstrada o casco (cinza), longarinas secundárias (rosa), longarinas principais (azul), anteparas (verde) e anteparada de colisão (vermelho). As anteparas foram espaçadas equidistantes (0,93 metros), exceto pelo anteparada de colisão que está a 10% do comprimento distante da proa, conforme autor.

Tabela 14 – Dimensões da topologia estrutural.

Item	Valor	Unidade
Sn	0,29	
Lado inferior	4,18	mm
Quilha	7,52	mm
Fundo	5,77	mm
Lado superior	3,55	mm
Convés	3,55	mm
Altura do fundo	9	cm
Altura do fundo(proa)	17	cm
Hlp	54	mm
tlp	3,34	mm
Lls	56	mm
Hls	28	mm
tls	2,68	mm
tch	7,79	mm
Na	5	
ta	7,84	mm

Fonte: Autor(2022).

5.9 RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS

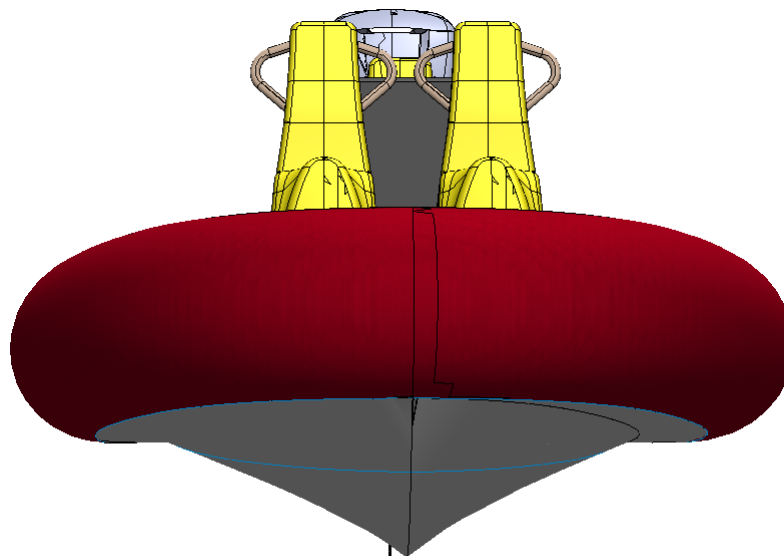
Nesta seção são apresentadas as principais características forma resumidas da embarcação e figuras do seu projeto conceitual.

Tabela 15 – Dimensões principais do Modelo 8.

Dimensão	Valor	Unidade
L_{OA}	5,75	m
L_H	5,15	m
B_{OA}	2,32	m
B_x	2,08	m
D	0,88	m
T	0,26	m
C_B	0,286	-
C_P	0,722	-
C_M	0,447	-
C_{WP}	0,585	-
Δ	0,841	ton

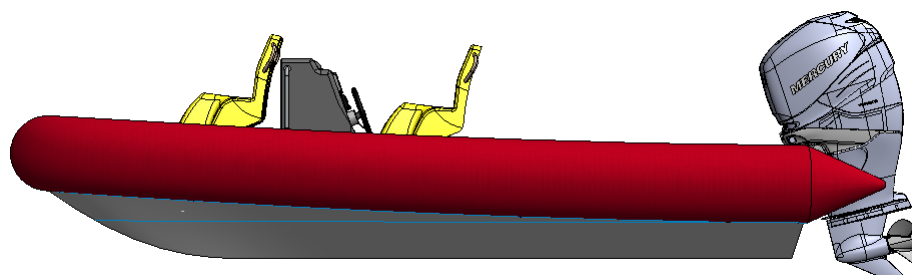
Fonte: Autor(2022).

Figura 36 – Vista frontal do modelo conceitual.



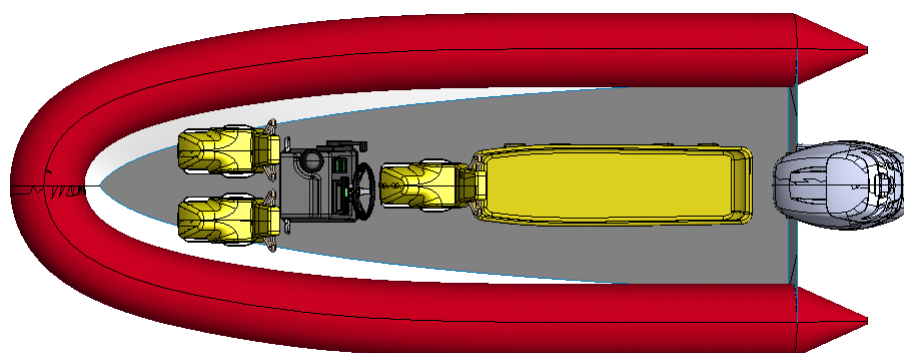
Fonte: Autor(2022).

Figura 37 – Vista lateral do modelo conceitual.



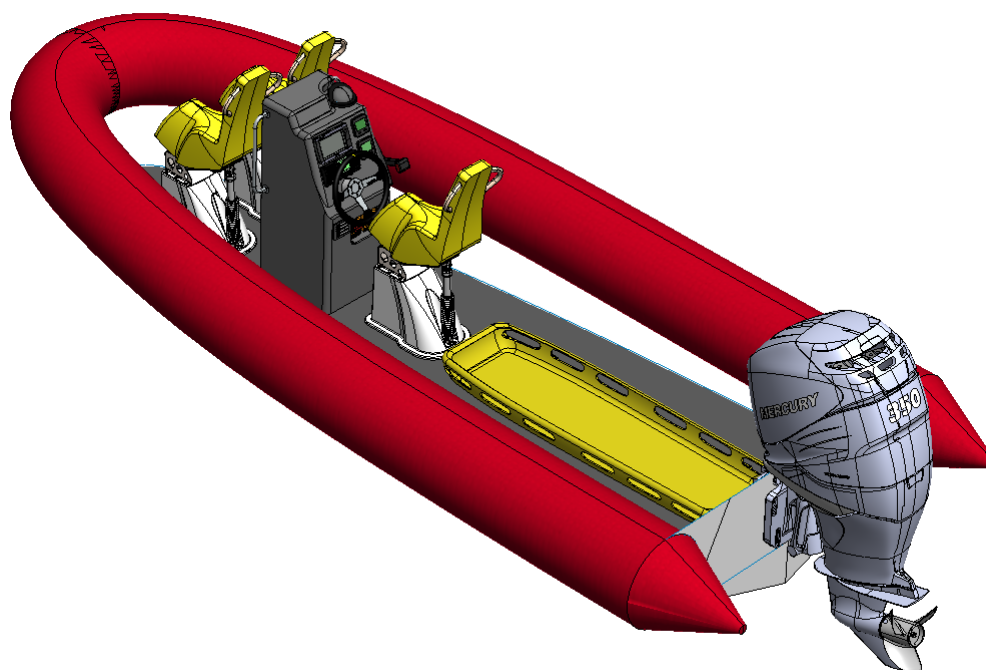
Fonte: Autor(2022).

Figura 38 – Vista superior do modelo conceitual.



Fonte: Autor(2022).

Figura 39 – Vista isométrica do modelo conceitual.



Fonte: Autor(2022).

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento do projeto informacional e conceitual de embarcação de navegação costeira para busca e resgate que atendesse aos requisitos do corpo de bombeiros utilizando espiral de projeto.

Este trabalho teve início na seleção dos critérios a serem avaliados no projeto e na determinação de atributos a cada um deles para a definição da Espiral de Evans com base na relevância.

Teve como justificativa deste trabalho a necessidade do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina em contar com uma embarcação projetada para a atividade de busca e salvamento, diferente da frota atual que conta com embarcações de lazer adaptadas. Para isso, foi feito o levantamento de requisitos do cliente, avaliando dificuldades e requisitos necessários para o projeto da nova embarcação.

A determinação das dimensões principais foi baseada em modelos teóricos constituídos a partir da regressão dos dados apresentados no Apêndice C. Ficou claro que informações de boca, comprimento e potência são confiáveis e amplamente divulgadas pela indústria, entretanto as demais dimensões são mais escassas.

Para a determinação da geometria do casco foi necessário a seleção do tipo de casco primeiramente, optando por embarcações do tipo RIB. Sendo este tipo de embarcação que mais atendia os requisitos de projeto. Todavia, embarcações semi-rígidas carecem de literatura específica, fato esse que dificultou a determinação das seções subsequentes.

A ferramenta de *software CAD* se mostrou de excelente valor para a determinação do arranjo geral, podendo avaliar de forma expressa se as dimensões das embarcações propostas estavam de acordo com o esperado. Assim evitando problemas posteriores iguais aos encontrados nos barcos em uso atualmente.

A determinação de pesos e centros se deu com base na literatura disponível para embarcações de casco rígido e de planeio. Ocasionalmente assim uma massa total acima da esperada, em comparação com os botes de referência. Apesar desse fato o modelo apresentou estabilidade estática acima do esperado, cumprindo com a premissa de um barco para águas costeiras.

A resistência ao avanço foi coletada avaliando somente o casco sem apêndices. Tendo em vista os resultados obtidos, fica claro que ao menos mais uma iteração no espiral de projeto se faz necessária para considerar todos os efeitos que possam aumentar a resistência. Os dados colhidos do software também demonstraram que para a condição inicial, os pesos e centros não apresentaram um resultado favorável no critério de *porpoising*, tendo uma condição instável.

A ISO 6185-3 (2018) teve grande importância neste projeto, fornecendo meio para determinar o volume dos tubulões que envolvem a embarcação e mapear os testes necessários para garantir uma embarcação segura no futuro.

Posteriormente foi realizado o levantamento da topologia estrutural segundo Gerr (2000). De forma fácil especificações da estrutura do projeto foram fornecidas. Nesta primeira etapa não foi avaliado o plano de laminação, este deverá ser realizado em etapa futura por demandar tempo e critério apurado por conta do executor.

Como resultado, foi obtido o projeto conceitual de uma embarcação do tipo RIB de comprimento total de 5,75 metros, fazendo uso de um motor de popa de 150 cv e capacidade de transportar até 6 pessoas, sendo uma delas em uma maca rígida devidamente fixada ao barco. Este projeto conta também com a possibilidade de instalação de uma moto-bomba capaz de debelar chamas em embarcações de pequeno e médio porte. Bem como fazer o transporte de 3 tripulantes em operações de busca, salvamento e resgate.

Como sugestão de trabalhos futuros, pode-se efetuar mais iterações com base na espiral do projeto. São necessárias tais iterações, pois dados como pesos e centros que partiram de métodos empíricos devem ser refinados com base em modelos geométricos. Essas mudanças acarretam também na alteração de outros critérios como resistência ao avanço, estabilidade estática e dinâmica, já apresentados neste trabalho.

Uma análise de embarcações que façam uso de sistema propulsivo a jato e/ou motor de centro seria bem vista, visto que devido as especificações iniciais do cliente não foram utilizados neste projeto. Devendo ser verificado as vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de sistemas propulsivos, mantendo em foco as diferentes missões que a embarcação será empregada e os riscos atrelados ao propulsor.

Além disso, recomenda-se realizar incremento no nível de detalhamento e estudos de aceleração vertical para avaliar o conforto tanto da tripulação, quanto das vítimas a serem transportadas. Aprofundando ainda nos requisitos de projeto e buscando sua melhoria em função dos atributos do barco. Bem como será possível dar início nos estudos de viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS

ATLÂNTICA, Marina. **Casco Zefir, modelo G500, Geração II**. 2017. Disponível em: <https://www.marinaatlantica.com.br/p/paginas/embarcacoes-detalhes/Novas/Bote+Zefir+G500+-+Gera%5C%C3%5C%A7%5C%C3%5C%A3o+II/17294/pt>.

BAMFIELD, Historical Society. **Coast Guard 104, The Bamfield 1969—1999, 100 Years of Lifesaving at Sea**. 2000. Disponível em: <http://www.bamfieldhistory.com/wp-content/uploads/2021/07/Motor-lifeboat-centenary.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 7.273, de 10 de dezembro de 1984. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 dez. 1984. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-7273-10-dezembro-1984-356926-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 5 fev. 2022.

_____. Levantamento de acidentes ocorridos em áreas abrigadas nos anos de 2007 a 2017. **Marinha do Brasil**, Rio de Janeiro, RJ, 2017.

CACOILO, Sue. **Lost and Found: Considering all the costs of Search and Rescue**. 2014. Disponível em: <https://axaxl.com/fast-fast-forward/articles/yacht-insurance-for-the-costs-of-search-and-rescue>. Acesso em: 5 fev. 2022.

CBMSC. **Blog de notícias institucionais**. 2020. Disponível em: <https://www.cbm.sc.gov.br/index.php/noticias/blog-noticias-institucionais/>.

_____. **Manual de Atendimento Pré-hospitalar do Curso de Formação de Soldados**. 2018. Disponível em: <https://www.msconcursos.com.br/admin/arquivos/download/APH20-20Manual.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2022.

DEFENDER, Soluções Náuticas. **PEAD: Resistência e Eficiência**. 2021. Disponível em: <https://defendernautica.com.br/>. Acesso em: 7 fev. 2022.

DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS. **NORMAM-03: Normas da autoridade marítima para amadores, embarcacoes de esporte e/ou recreio e para cadastramento e funcionamento das marinas, clubes e entidades desportivas náuticas**. Rio de Janeiro, 2003.

EVANS, J. Harvey. Basic Design Concepts. **Journal of the American Society of Naval Engineers**, Virginia, EUA, 1959.

GERR, Dave. **The Elements of Boat Strength for Builders, Designers and Owners**. [S.l.]: Internacional Marine / McGraw-Hill, 2000.

GRUBISIC, I. Reliability of Weight Prediction in the Small Craft Concept Design. **International Conference On High-Performance Marine Vehicles**, Naples, EUA, 2009.

GRUBISIC, I.; BEGOVIC, E. Reliability of attribute prediction in small craft concept design. **Sustainable Maritime Transportation And Exploitation Of Sea Resources**, Londres, 2012.

HAMIDON, E. *et al.* **Smk4562 [Small Craft Technology]**. 2010. Faculty of Mechanical Engineering - Universiti Teknologi Malaysia.

HYDROCOMP. **Orca3D - User Manual - Version 1.2**. [S.l.]: DRS Defense Solutions, 2012.

IERVOLINO, Lucas Arrigoni. **Estudo De Resistência Ao Avanço De Uma Embarcação De Planeio De 26 Pés: Abordagem Computacional Baseada Em CFD**. 2015. Curso de Graduação em Engenharia Naval da Universidade Federal de Santa Catarina.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. [S.l.]: Blucher, 2005.

INSTITUTION, The Royal National Lifeboat. **RNLI Timeline**. 2021. Disponível em: <https://rnli.org/about-us/our-history/timeline>. Acesso em: 5 fev. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 12217-3: Smallcraft - Stability and buoyancy assessment and categorization - Part 3: Boats of hull length less than 6 m**. [S.l.], 2013.

_____. **ISO 6185-3: Inflatable boats - Part 3: Boats with a hull length less than 8 m with a motor rating of 15 kW and greater**. Geneva, 2018.

ITTC. International Towing Tank Conference. **International Towing Tank Conference**, Madri, Espanha, 1957.

LAMB, Thomas *et al.* **Ship Design and Construction**. [S.l.]: The Society of Naval Architects e Marine Engineers, 2003.

LARSSON, L.; ELIASSON, R. E. **Principles of Yacht Design**. [S.l.]: Adlard Coles Nautical, 2000.

LEAL, R. R. **Um estudo sobre o serviço de salvamento aquático em água doce no estado de Santa Catarina**. 2012. Diss. (Mestrado) – Curso de Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

- MILPRO, Zodiac. **Sea RIB Aluminiuim**. 2018. Disponível em: <https://zodiacmilpro.com/sra/>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- MOLLAND, Anthony F. **The Maritime Engineering Reference Book: A Guide to Ship Design, Construction and Operation**. [S.l.]: Elsevier, 2008.
- NUNES, Gabriel Zappelini. **Operações de busca e salvamento no contexto oceanográfico e jurídico na região Salvamar Sul**. 2019. Diss. (Mestrado) – Pós Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Santa Catarina.
- PAPANIKOLAOU, Apostolos. **Ship Design: Methodologies of Preliminary Design**. [S.l.]: Springer, 2014.
- POTGIETER, Kobus. **Planing Hulls**. 2006. Disponível em: <http://www.navaldesign.co.za/articles/Planing%20Hulls%2007%200ct%202006.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2022.
- ROSA, Pedro G. da. **Lancha pega fogo na praia central, em Balneário Camboriú**. 2016. Disponível em: <https://www.clickcamboriu.com.br/geral/2016/10/lancha-pega-fogo-na-praia-central-em-balneario-camboriu-150806.html>.
- SALLES, M. V. **Projeto Conceitual/Preliminar de Uma Lancha de 21 pés com Abordagem Baseada em Otimização**. 2017. Curso de Graduação em Engenharia Naval da Universidade Federal de Santa Catarina.
- SAVITSKY, Daniel. **Hydrodynamic Design of Planing Hulls**. 1964. Disponível em: <https://www.boatdesign.net/attachments/hydrodynamic-design-of-planing-hulls-savitsky-1964-pdf.89527/>. Acesso em: 5 fev. 2022.
- SHIP, Swede. **8 m High Speed Rescue Boat**. 2020. Disponível em: <https://swedeship.se/vessel-production/8-m-high-speed-rescue-boat-2/>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- SIMÕES, F. A. C.; ANDRADE, B. L. R. Modelo de Síntese e Otimização para o Projeto Preliminar de Embarcações de Planeio. **Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore**, Rio de Janeiro, RJ, 2010.
- TANCREDI, Thiago Pontin. **O que é essa tal de espiral de projeto?** 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=p7gsNYQyGwI>. Acesso em: 9 fev. 2022.
- WILTGEN, Guilherme. **Sea RIB Aluminiuim**. 2018. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/defesa/rhino-defense-entrega-mais-tres-embarcacoes-ao-corpo-de-bombeiros-de-santa-catarina>. Acesso em: 5 abr. 2022.

APÊNDICE A – MUNICÍPIOS DO LITORAL CATARINENSE COM OBM'S.

Município	Conta com OBM?
Araranguá	Sim
Araquari	Sim
Balneário Gaivota	Não
Balneário Arroio do Silva	Não
Balneário Camboriú	Sim
Barra do Sul	Sim
Barra Velha	Sim
Biguaçu	Sim
Bombinhas	Sim
Florianópolis	Sim
Garopaba	Sim
Governador Celso Ramos	Sim
Ícara	Sim
Imbituba	Sim
Itajaí	Sim
Itapema	Sim
Itapoá	Sim
Jaguaruna	Não
Laguna	Sim
Navegantes	Sim
Palhoça	Sim
Paulo Lopes	Não
Penha	Sim
Picarras	Sim
Porto Belo	Sim
São Francisco do Sul	Sim
São José	Sim
Tijucas	Sim

Fonte: Autor(2022).

APÊNDICE B – ITENS NECESSÁRIOS NA EMBARCAÇÃO DO PROJETO.

Tabela 16 – Itens necessários na embarcação do projeto.

Item	Discriminacao	Qtd.
1	Bussola magnética	1
2	Âncora (com no mínimo 20m de cabo ou amarra)	1
3	Apito	1
4	Foguete manual estrela vermelha c/ paraquedas	2
5	Facho manual luz vermelha	2
6	Sinal fumígeno flutuante laranja	2
7	Bandeira nacional	1
8	Boia salva-vidas circular	1
9	Bomba de esgoto	1
10	Coletes salva-vidas (Classe III ou V)	*
11	Extintor de incêndio Tipo B-1	1
12	Lanterna portátil	1
13	Quadros	1
14	Refletor de radar	1
15	Radio VHF	1
16	Buzina manual	1
17	Flutuador (Salva-vidas)	2
18	Conjunto portátil para oxigênio ²⁴	1
19	Bolsa de APH ²⁴	1
20	Maca rígida ²⁴⁶	1
21	Equipamentos individuais de mergulho ⁶	2
22	Cilindros de ar comprimido ⁶	4
23	Saco cadavérico	3
24	Caixa de ferramentas	1
25	Cordas (100 m) ⁶	2
26	Poita demarcadora de fundo ⁶	4
27	Boia demarcadora de superfície ⁶	2
28	Escada de mergulho	1
29	Rede de resgate de homem ao mar	1
30	Farol de busca	1
31	Motobomba TWP65CE-XP ⁵	1
32	Mangueira 2,5" de 15 metros ⁵	2
33	Esguicho manual regulável ⁵	1
34	Radio VHF (Exclusivo CBMSC)	1
35	GPS	1
36	Sonar	1

Fonte: Autor(2022).

* - Quantidade varia de acordo com numero de tripulantes do projeto final.

² - Utilizado em missões de ronda e prevenção.

⁴ - Utilizado em missões de atendimento pré-hospitalar.

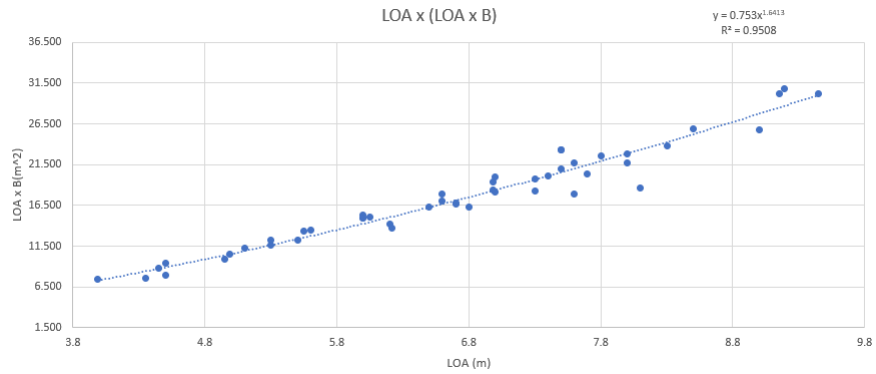
⁵ - Utilizado em missões de combate a incêndio.

⁶ - Utilizado em missões de busca.

⁷ - Utilizado em missões de embarcações a deriva.

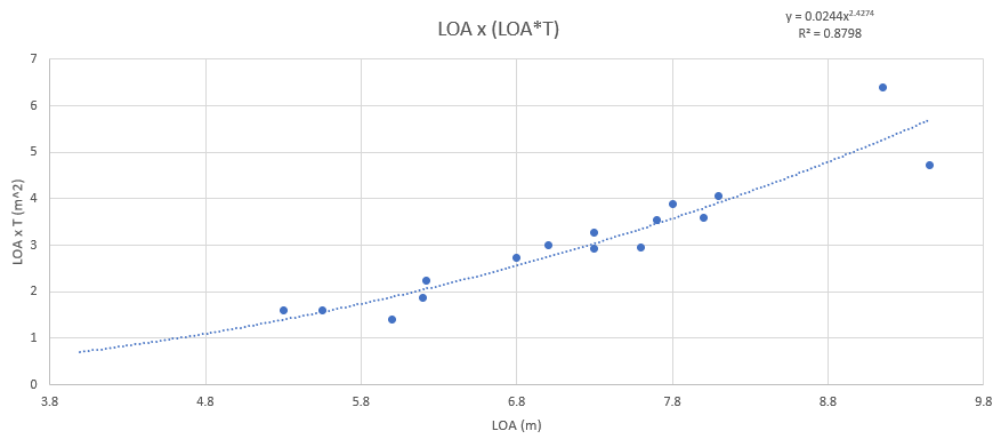
APÊNDICE C – REGRESSÕES OBTIDAS DO BANCO DE DADOS.

Figura 40 – Relação entre L_{OA} e B .



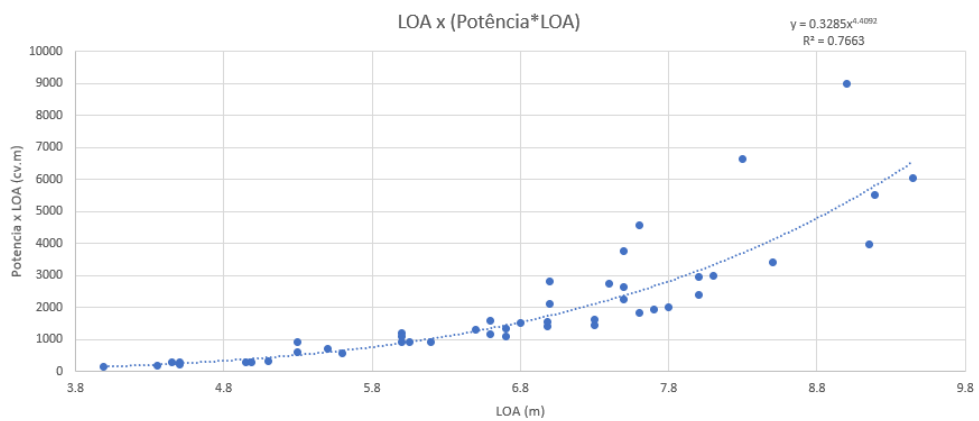
Fonte: Autor(2022).

Figura 41 – Relação entre L_{OA} e T .



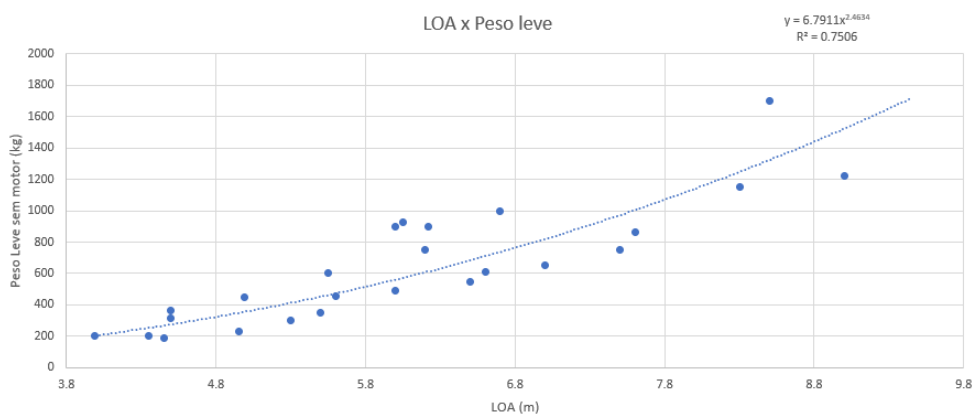
Fonte: Autor(2022).

Figura 42 – Relação entre L_{OA} e potência.



Fonte: Autor(2022).

Figura 43 – Relação entre L_{OA} e peso leve sem motor.



Fonte: Autor(2022).

ANEXO A – EDITAL 0265/2013 - SSP/SC



ESTADO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA
DIRETORIA ADMINISTRATIVA E FINANCEIRA

ANEXO VII – QUADRO QUANTITATIVO E ESPECIFICAÇÕES

1. QUADRO QUANTITATIVO:

ITEM	GRUPO CLASSE	CÓDIGO	PRODUTO - CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS	UNIDADE	QUANTIDADE
001	3405	05799-1-007	Bote Inflável de Salvamento 5m com Motor 90 Hp e Reboque	Peça	16
002	3405	05799-1-004	Bote inflavel modelo sr 12 lx, medindo 3,50 metros	Peça	10
003	3405	05799-1-008	Bote inflavel, capacidade para 9 pessoas bote de resgate	Peça	1
004	3405	06569-2-002	Moto aquatica / jet-ski modelo seadoo gti4stk 130hp	Peça	26

2. ESPECIFICAÇÕES:

2.1. Item 001 - BOTE INFLÁVEL DE SALVAMENTO 5M COM MOTOR 90 HP E REBOQUE:

2.1.1. Embarcação contendo flutuadores com 4 câmaras de ar independentes e casco em "V" fabricado em fibra de vidro, com longarinas internas de reforço longitudinais e transversais e com as seguintes especificações técnicas mínimas:

2.1.1.1. Comprimento total externo: 5,00 m

2.1.1.2. Largura total externa (boca): 2,25 m

2.1.1.3. Comprimento interno: 4,32 m

2.1.1.4. Largura interna: 1,20 m

2.1.1.5. Diâmetro dos flutuadores: 0,50 m

2.1.1.6. Pontal Moldado: 1,12 m

2.1.1.7. Comprimento da linha d'água: 3,85 m

2.1.1.8. Calado sem carga: 0,45 m

2.1.1.9. Ângulo de inclinação do espelho de popa: 14º

2.1.1.10. Ângulo do "V" do casco na popa: 24º

2.1.1.11. Quantidade de câmaras de ar: 4 (independentes)

2.1.1.12. Peso (sem motor, acessórios, combustível e água doce): 450 kg

2.1.1.13. Motorização: 01 (um) motor de popa mínimo de 90 HP

2.1.1.14. Capacidade para no mínimo 5 passageiros + 1 tripulante

2.1.1.15. Capacidade total de carga: 1.600 kg

2.1.1.16. Tanque de combustível: 130 L

2.1.1.17. Flutuadores (tubulões) na cor vermelha padrão do CBMSC, possuindo defensas laterais (borrachão), alças e acabamentos na cor amarela padrão CBMSC.

2.1.1.18. Acima das defensas laterais (borrachão) deverá apresentar as inscrição "BOMBEIROS" em letra arial black na cor branca confeccionada com o mesmo material que foi utilizado nos flutuadores de forma que a inscrição fique centralizada em relação ao comprimento total dos flutuadores, com as seguintes dimensões: comprimento de 900 mm, altura de 120 mm e espaço entre letras de 15 mm.

2.1.1.19. Na extremidade próxima a proa dos flutuadores, também acima das defensas laterais (borrachão) em ambos os lados, deverão possuir a inscrição da denominação dos respectivos botes infláveis em letra arial black na cor branca confeccionada com o mesmo material que foi utilizado nos flutuadores, as quais serão fornecidas a empresa contratada no momento da assinatura do contrato.

2.1.1.20. Na extremidade próxima a popa dos flutuadores, também acima das defensas laterais (borrachão) em ambos os lados, deverão possuir a inscrição da denominação do batalhão de bombeiro militar que receberá o bote, em letra arial black na cor branca confeccionada com o mesmo material que foi utilizado nos flutuadores, as quais também serão fornecidas a empresa contratada no momento da assinatura do contrato.



ESTADO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA
DIRETORIA ADMINISTRATIVA E FINANCEIRA

2.1.2. CARACTERÍSTICA DE SEGURANÇA:

2.1.2.1. deverá possuir os seguintes itens:

- 2.1.2.1.1. nos flutuadores 4 câmaras de ar independentes;
- 2.1.2.1.2. os flutuadores deverão ser construídos com tecido tipo ORCA de poliéster (1100 Decitex) emborrachado em uma das faces com duas camadas de Hypalon e na outra face com duas camadas de Neoprene pelo processo de calandragem, com certificado ISO 6185-3 e Certificado SOLAS 74 Convention.
- 2.1.2.1.3. porta-adriça na proa, em ambos os bordos da embarcação.
- 2.1.2.1.4. 02 (dois) perfis de borracha instalados paralelamente, vulcanizados ao redor do flutuador, para proteção na atracação.
- 2.1.2.1.5. púlpito de proa com cunho em aço inox para amarração.
- 2.1.2.1.6. guia para cabo de âncora.
- 2.1.2.1.7. 03 (três) anilhas em "U" sendo 1 fixado na proa e 2 no espelho de popa.
- 2.1.2.1.8. 02 (duas) venezianas para saída de gases no compartimento do tanque de combustível.
- 2.1.2.1.9. anilha argola em aço inox fixado dentro da caixa de âncora.
- 2.1.2.1.10. bujão metálico no espelho de popa.
- 2.1.2.1.11. mastro para bandeira em nylon injetado com base em borracha, bomba de inflar, par de remos, kit de reparos.

2.1.3. CARACTERÍSTICAS DE CONFORTO:

2.1.3.1. deverá possuir os seguintes itens:

- 2.1.3.1.1. caixa de âncora na proa com capacidade de 62 litros, suficientes para uma âncora de até 5 kg e 100 m de cabo de 10 mm.
- 2.1.3.1.2. caixa de proa hermética com capacidade de 116 litros com suporte interno para fixação de extintor de incêndio e assento estofado sem costuras.
- 2.1.3.1.3. caixa térmica na proa com capacidade de 22 litros.
- 2.1.3.1.4. console central que com instalação dos instrumentos necessários ao motor (tacôgrafo, velocímetro, acelerador, etc) pára-brisa em acrílico com parede de 5 mm, corrimão em aço inox ao redor da console, porta-luvas hermético e tampa de inspeção.
- 2.1.3.1.4. banco para o piloto construído em aço inox, giratório e com regulagem de altura, com assento e encosto estofado.
- 2.1.3.1.4. bagageiro de popa com tampa estofada e fecho em aço inox, com capacidade de 432 litros, suportes internos para fixação de bateria e tanque de óleo (quando for o caso), 02 cunhos de amarração em aço inox, 02 porta copos e 02 alças em aço inox.
- 2.1.3.1.4. deck acabado em fibra de vidro com anti-derrapante.
- 2.1.3.1.4. casco em fibra de vidro laminado com resina de poliéster ortoftálica, reforçada com tecido biaxial de 800 g/m², manta de vidro de 450 g/m² e Coremat. Acabamento em gel coat isoftálico com NPG e anti-UV.
- 2.1.3.1.4. longarinas do casco longitudinais e transversais, tipo cavernas, também em fibra de vidro.
- 2.1.3.1.4. espelho de popa alto para motores com rabeta de 20".
- 2.1.3.1.4. 02 (duas) mini-plataformas instaladas no espelho de popa.
- 2.1.3.1.4. tanque de combustível fabricado em polietileno rotomoldado, com espessura de parede de 6 mm e 130 litros de capacidade.
- 2.1.3.1.4. escada em aço inox na plataforma de popa.
- 2.1.3.2. Acessórios que deverão acompanhar a embarcação:
 - 2.1.3.2.1. Kit para reparos, bomba de inflar (fole para enchimento), par de remos de alumínio com pé em nylon rígido, capa de proteção contra intempéries confeccionada em tecido impermeável, tipo ripstop de cor prata aluminizado em sua face externa e de cor branca em sua face interna, de alta resistência, possuindo elástico de alta resistência e cordão para afixação embutidos nas bordas da capa, capota com 04 arcos e kit de fixação, kit de vhf (rádio, antena e suporte para antena) e kit de âncora (âncora c/ 04 kg, 2 manilhas, 1 sapatilha p/ cabo de 10 mm, 1 corrente plastificada e 100 metros de cabo 10 mm).

2.1.4. MOTOR DE POPA:



ESTADO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA
DIRETORIA ADMINISTRATIVA E FINANCEIRA

2.1.4.1. Motorização de popa de 90 HP, 4 tempos, partida elétrica, sistema de ignição eletrônico, sistema de comando e aceleração através do console central (caixa de comando), tanque de combustível e mangueiras com as devidas conexões ao motor e ao tanque de combustível e demais componentes de transmissão de combustível conectados à mangueira, hélice em aço-inoxidável, protetores anódicos anti-corrosivos.

2.1.5. REBOQUE

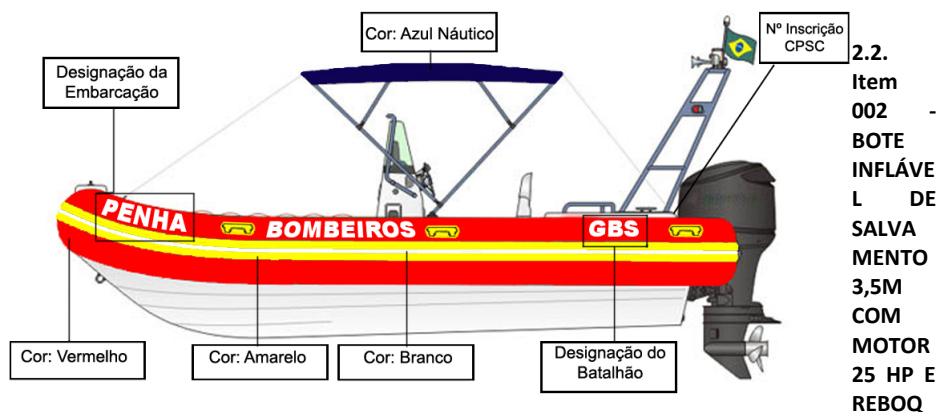
2.1.5.1. Reboque para a embarcação, do tipo semi-reboque rodoviário.

2.1.5.2. Confeccionada em alumínio naval sem tinta e demais ferragens em aço galvanizado a fogo, possuindo o berço compatível com o casco da embarcação. Deverá possuir apenas um eixo com rodas com aros de liga leve, na bitola de 13 polegadas com pneus radiais e novos.

2.1.5.3. Deverá apresentar sinalização de led a prova de água e submersível não removível compatível para tráfego rodoviário, conforme legislação vigente.

2.4.5.4. Deverá apresentar também dupla marcação da numeração do chassi conforme legislação vigente e norma do CONTRAN. Terceira roda para manobra acoplada. Na parte dianteira deverá ser instalado um guincho a manivela (com capacidade mínima de carga de 1500kg) com carcaça em alumínio. Sistema para acoplamento tipo bola universal (sistema elétrico e conexão compatível com as viaturas do CBMSC).

PADRÃO DE LAY-OUT DE BOTE INFLÁVEL NO CBMSC



UE:

2.2.1. Barco inflável semi-rígido confeccionado com convés aberto, fundo em fibra de vidro, reforçado, moldado em forma de "V".

2.2.2. Capacidade mínima para 05 pessoas (4 passageiros e 1 tripulante), com flutuadores (tubulões) na cor vermelha padrão do CBMSC, possuindo defensas laterais (borrachão), alças e acabamentos na cor amarela padrão CBMSC.

2.2.3. Acima das defensas laterais (borrachão) deverá apresentar a inscrição "BOMBEIROS" em letra arial black na cor branca confeccionada com o mesmo material que foi utilizado nos flutuadores de forma que a inscrição fique centralizada em relação ao comprimento total dos flutuadores, com as seguintes dimensões: comprimento de 900 mm, altura de 120 mm e espaço entre letras de 15 mm.

2.2.4. Na extremidade próxima a proa dos flutuadores, também acima das defensas laterais (borrachão) em ambos os lados, deverão possuir a inscrição da denominação dos respectivos botes infláveis em letra arial black na cor branca confeccionada com o mesmo material que foi utilizado nos flutuadores, as quais serão fornecidas a empresa contratada no momento da assinatura do contrato.

2.2.5. Na extremidade próxima a popa dos flutuadores, também acima das defensas laterais (borrachão) em ambos os lados, deverão possuir a inscrição da denominação do batalhão de bombeiro militar que receberá o bote, em letra arial black na cor branca confeccionada com o mesmo material que foi utilizado nos flutuadores, as quais também serão fornecidas a empresa contratada no momento da assinatura do contrato.

2.2.6. O Bote deverá apresentar as seguintes características: