

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

ANA CLARA RODE

DESENVOLVIMENTO DO PROJETO INFORMACIONAL, CONCEITUAL E
PRELIMINAR DE UMA CASA FLUTUANTE

Joinville

2016

ANA CLARA RODE

DESENVOLVIMENTO DO PROJETO INFORMACIONAL, CONCEITUAL E
PRELIMINAR DE UMA CASA FLUTUANTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Naval no Curso de Engenharia Naval da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientador: Phd. Thiago Pontin Tancredi

Joinville

2016

DESENVOLVIMENTO DO PROJETO INFORMACIONAL, CONCEITUAL E
PRELIMINAR DE UMA CASA FLUTUANTE

ANA CLARA RODE

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

Joinville (SC), 2016.

Banca Examinadora:

Prof. Thiago Pontin Tancredi, Phd. Eng.

Presidente

Prof. Tiago Vieira da Cunha, Dr. Eng.

Membro

Eduardo José Batista, Eng.

Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que mesmo às vezes eu tão distante se fez presente todos os dias me abençoando, guardando e me fazendo feliz. Com Sua graça pude realizar muito mais do que sonhei.

Aos meus amados pais, Luis e Lilian Rode por serem meus exemplos, se dedicarem e se doarem para sempre dar o melhor para mim. A Debora Rode, minha irmã que tanto incomodei durante esses 5 anos com a luz acesa a noite, com a falta de paciência e tempo. Apesar de ser um tanto relapsa, meu amor por você vai muito além minha pequena.

Obrigada porque vocês me fazem sentir o amor e cuidado que tem por mim. Também a toda minha família que torceu e acreditou no meu sucesso muito mais do que eu.

A todos os professores da Engenharia Naval, que de várias formas me cativaram e fizeram amar a futura profissão. Em especial ao coordenador e meu orientador Thiago Pontin Tancredi, pois muito tem feito pelo crescimento do curso.

Particularmente, por me oferecer a grande oportunidade de explorar este tema e poder sentir as primeiras dificuldades e satisfações de um projeto sob demanda, permitindo o crescimento pessoal.

Também ao professor Tiago Vieira da Cunha, pelas inúmeras conversas e incentivos durante este trabalho e a vida acadêmica. Você teve um papel muito importante: motivar.

Ao engenheiro Eduardo José Batista, por me receber na WEG com muita paciência e dedicação sanando minhas dúvidas.

Meus amigos que realizaram as disciplinas de projeto comigo, assim como as matérias uniram diferentes conhecimentos, nos uniram, ensinando a importância de equipe, diálogo e busca por soluções. Vocês foram fundamentais na minha jornada e na construção da engenheira que serei.

E aos amigos da faculdade que estudaram, ajudaram, beberam, riram, ouviram minhas reclamações e sempre estiveram por perto. Vocês me fizeram muito feliz e vão estar sempre na minha memória. Amo vocês. Obrigada!

RESUMO

Moradias flutuantes foram introduzidas na história como alternativas de residências destinadas à pessoas de baixa renda. No entanto, o desejo de morar a beira de rios e lagos motivaram pesquisadores, engenheiros e arquitetos a unirem-se para desenvolver projetos que incorporem conforto, segurança e uso de energias renováveis na tentativa de elaborar conceitos sustentáveis de casas flutuantes. Dessa forma, as casas-barco passaram de medidas emergências às casas fixas ou até mesmo uma opção de lazer. Porém, no Brasil, essa possibilidade ainda é pouco explorada, motivando o desenvolvimento deste trabalho, onde apresenta-se o projeto de uma casa flutuante, focado no desenvolvimento do produto. O escopo do trabalho concentra-se nas fases de projeto informacional, conceitual e preliminar. No projeto informacional estabelecem-se os desejos do armador pelo uso de conceitos sustentáveis e o desejo de que a casa flutuante fosse auto propelida e alimentada com uso de energia solar. Durante o projeto conceitual foram levantadas concepções que poderiam servir de soluções, sendo cada uma delas averiguada até a seleção de dois conceitos iniciais. Por fim, na realização do projeto preliminar a resistência ao avanço definiu a escolha de um motor elétrico de 40 hp, juntamente com seu sistema de armazenamento e geração de energia. A análise de estabilidade conclui que o conceito 2, tendo maior área de linha d'água é mais estável. O projeto estrutural, realizado com auxílio de métodos computacionais, permitiram a verificação da estrutura em sua carga crítica, delimitando a espessura mínima de chapa e a dimensão de reforçadores. O dimensionamento elétrico consistiu na caracterização do consumo elétrico da moradia, seleção de baterias chumbo-ácido e a quantificação dos painéis solares. Por fim apresentam-se o levantamento de custos, que se mostrou inferior a R\$150.000,00. Conclui-se apresentando um modelo viável de casa flutuante destinada ao público brasileiro.

Palavras-chave: Casa flutuante. Projeto de produto. Projeto naval.

ABSTRACT

Floating houses were introduced in History as residences destined for the poor, but a lot has been done to change this situation. Around the world Researches, Engineers and Architects joined to develop projects which incorporate comfort, safety and uses of renewable energies in order to elaborate sustainable concepts. This way the boat houses became from emergency measures, to a fix houses or even an option of pleasure. But in Brazil this is not a lived reality. So it's elaborate the project of a floating house, focused on the development of the product feature fazes of the informal projects conceptual and preliminary. On the informational project the wishes of the ship-owner was known for the uses of the sustainable concepts, and what he expected from his house boat auto propelled by solar energy. During the conceptual design it was taken conception which could serve as solutions, each one of them was investigated to a final proposal for two concepts. Finally, at the realization of the preliminary project the two concepts passed the studies of the topics of: Resistance, enabling the choice of an electric motor of 40 hp. precisely with the stage system and energy generation; Stability, concluding that the concept two, having bigger submerge area is more stable; Structural calculations, using computer methods allow the verification of the structure of its critical load delimiting the minimum thickness of plate and dimension of reinforces. Sizing in which it consists of the characterization of the electric consumption of the address selection of acid lead battery and the qualification of the solar panels. Besides de survey of costs that shows less than R\$ 150.000,00 obtaining a viable model of floating house destined to the Brazilian public.

Keyword: Floating houses. Product design. Naval Project.

LISTA DE SÍMBOLOS

a – área para ser iluminada

A_d – Área disponível para a instalação dos módulos fotovoltaicos

A_m – Área de cada módulo

A_s – Área molhada

BM – Raio metacêntrico: distância entre o centro de carena e o metacentro da embarcação

C – Capacidade exigida

C_{20h} – Capacidade da bateria para 20h

C_f – Coeficiente de resistência de atrito

Cm_d – Consumo médio diário de um item consumidor

Cm_m – Consumo médio mensal de um item consumidor

D_{ue} – Dias em que a casa será alimentada exclusivamente pelo conjunto de bateria

D_{um} – Dias em que o consumidor opera durante o mês

E – Módulo de elasticidade do material

E_{sf} – Energia produzida pelo sistema

Eff – Eficiência do módulo

FC – Fator de carga

G – Irradiação

GM – Altura metacêntrica

H_{tot} – Irradiação total baseada no local de instalação

H_{ud} – Horas de uso diário do item consumidor

I – Inércia do corpo

I_m – Corrente média presente no sistema

I_m – Corrente do módulo fotovoltaico

I_p – Corrente do painel solar

I_r – Inércia do reforçador

KB – Posição vertical do centro de carena em relação à quilha

KG – Posição vertical do centro de massa em relação à quilha

L – Comprimento da embarcação

l_f – Lúmens fornecidos pela lâmpada

L_r – Comprimento do reforçador

lwl – Comprimento da embarcação na linha d'água

LUX_n – Valor de iluminância exigido pela norma ABNT

n_b^o – Número de baterias

n_L^o – Número de lâmpadas

n_m^o – Número de módulos do sistema foto fotovoltaico

P_{cr} – Carga crítica

P_e – Potência efetiva

P_i – Potência instalada no painel solar em função da área

P_m – Potência média

Pot_{abs} – Potência absorvida

Pot_n – Potência nominal do item consumidor

Pot_{nm} – Potência nominal de cada módulo do sistema solar

PR – taxa de performance do módulo

R_f – Resistência de atrito

R_t – Resistência total

Re – Número de Reynolds

t_{min} – Espessura mínima de chapa para evitar corrosão

U – Tensão do sistema

U_s – Unidade do item consumidor em serviço

V_s – Velocidade de serviço

Δ – Deslocamento da embarcação

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação dos Métodos de Criatividade.....	28
Tabela 2 - Metodologia aplicada	37
Tabela 3- Necessidades e desejos do armador.....	38
Tabela 4- Análise de similares no mercado com o projeto a ser elaborado	40
Tabela 5- Conversão de requisitos de usuário em requisitos de projeto	40
Tabela 6- Importância dos requisitos e metas de projeto	42
Tabela 7 - Lista de funções e objetivos	45
Tabela 8- Princípios de solução para cada função.....	46
Tabela 9- Alternativas de concepções geradas	47
Tabela 10 Matriz de decisão	49
Tabela 11- Matriz de Influência	56
Tabela 12- Sequência de estudos dos atributos	56
Tabela 13 - Consumo elétrico da casa flutuante.....	62
Tabela 14- Escolha de baterias para o consumo geral da casa	65
Tabela 15- Características dos módulos avaliados	66
Tabela 16- Dias para carregar o conjunto de baterias	68
Tabela 17 – Comparativo final de fabricantes de painel solar	68
Tabela 18- Posições do centro de massa	70
Tabela 19 - Altura metacêntrica	73
Tabela 20- Resistência ao avanço e Potência efetiva	77
Tabela 21- Seleção de baterias para o motor	78
Tabela 22- Comparativo para seleção de motor	79
Tabela 23 - Características de navegação.....	79
Tabela 24- Avaliação da flambagem de alma	85
Tabela 25 - Preços de referência internacional para o sistema fotovoltaico	86
Tabela 26 - Referência nacional para o sistema fotovoltaico.....	86
Tabela 27- Referência nacional em reais.....	87
Tabela 28- Valor final para o sistema fotovoltaico	87

Tabela 29- Preço por item	87
Tabela 30- Comparativo entre conceitos	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Comparação de interesse ao longo do tempo por Floating House, House Boat e Casa Flutuante	15
Figura 2 – Regiões de maior procura pelos termos	16
Figura 3 – Interesse de compra ao longo do tempo	16
Figura 4 – Casa Flutuante	18
Figura 5 - Fases do Projeto	19
Figura 6- Sequência de projeto	23
Figura 7- Sequência do projeto informacional	25
Figura 8 - Matriz QFD	27
Figura 9 - Parcelas da Resistência Total ao Avanço	31
Figura10- Vista dos reforçadores e anteparas de uma embarcação	33
Figura 11- Posição do centro de gravidade e carena	34
Figura 12- Eixos principais	34
Figura 13- Matriz QFD gerada	43
Figura 14 - Função global	44
Figura 15- Desdobramento da função global em permitir navegação e moradia isolada	44
Figura 16- Desdobramento em sub funções das funções permitir navegação e moradia isolada	45
Figura 17 Comparação entre a plataforma semi submersível P – 56 e o conceito 1	52
Figura 18- Conceitos selecionados para o desenvolvimento do projeto	54
Figura 19- Espiral de projeto da casa flutuante	57
Figura 20- Dimensões principais do conceito 1 (superior) e do conceito 2 (inferior)	58
Figura 21- Arranjo interno do conceito 1	59
Figura 22- Arranjo interno do conceito 2.	60
Figura 23 – Fluxograma do sistema elétrico	61
Figura 24- Arquitetura elétrica	69
Figura 25- Ponto de referência adotado na modelagem para o conceito 1 (superior) e conceito 2 (inferior)	71

Figura 26 – Posição longitudinal dos centros de massa e carena	72
Figura 27 - Representação do modelo usado para avaliação de estabilidade do conceito 1 (superior) e conceito 2 (inferior)	73
Figura 28 – Valores de Gz para as quatro condições de análise.....	74
Figura 29- Curva de instabilidade	75
Figura 30 – Malha aplicada na análise estrutural	80
Figura 31- Direção de aplicação de pressão (setas roxas) e condições de contorno (triângulos laranjas)	81
Figura 32 Linhas de aplicação as condições de contorno. Em amarelo a condição adotada e em vermelho a condição real.	81
Figura 33 - Arranjo topológico.....	82
Figura 34- Perfil e dimensões dos reforçadores.	83
Figura 35- Tensão de Misses	83
Figura 36 - Tensão nos reforçadores T	84
Figura 37 – Flambagem de alma no reforçador.....	84
Figura 38 - Deslocamento resultante	85
Figura 39 – Modelo de Portugal	113
Figura 40 – Modelo da Alemanha	113
Figura 41 – Modelo de Seattle.....	114
Figura 42 – Modelo da Holanda.....	114
Figura 43 – Modelo de Dubai.....	115

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivos.....	19
1.1.1 <u>Objetivo Geral</u>	19
1.1.2 <u>Objetivos Específicos</u>	19
1.2 Estrutura do documento.....	20
2. REVISÃO TEÓRICA	21
2.1 Breve histórico das casas flutuantes	21
2.2 Desenvolvimento de projeto de produto.....	23
2.2.1 <u>Projeto informacional</u>	24
2.2.2 <u>Projeto conceitual</u>	27
2.2.3 <u>Projeto preliminar</u>	29
2.2.3.1 <i>Resistência ao avanço</i>	30
2.2.3.2 <i>Projeto estrutural</i>	32
2.2.3.2 <i>Estabilidade</i>	33
3. METODOLOGIA.....	36
4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	38
4.1 Projeto Informacional.....	38
4.2 Projeto Conceitual	44
4.3 Projeto Preliminar.....	55
4.3.1 <u>Dimensões Principais</u>	57
4.3.2 <u>Arranjo Interno</u>	58
4.3.3 <u>Sistema Elétrico</u>	60
4.3.4 <u>Pesos e Centros</u>	69
4.3.5 <u>Estabilidade</u>	71
4.3.6 <u>Resistência ao Avanço</u>	75
4.3.7 <u>Motorização</u>	77
4.3.7.1 <i>Sistema elétrico destinado a propulsão</i>	78
4.3.8 <u>Cálculos Estruturais</u>	79

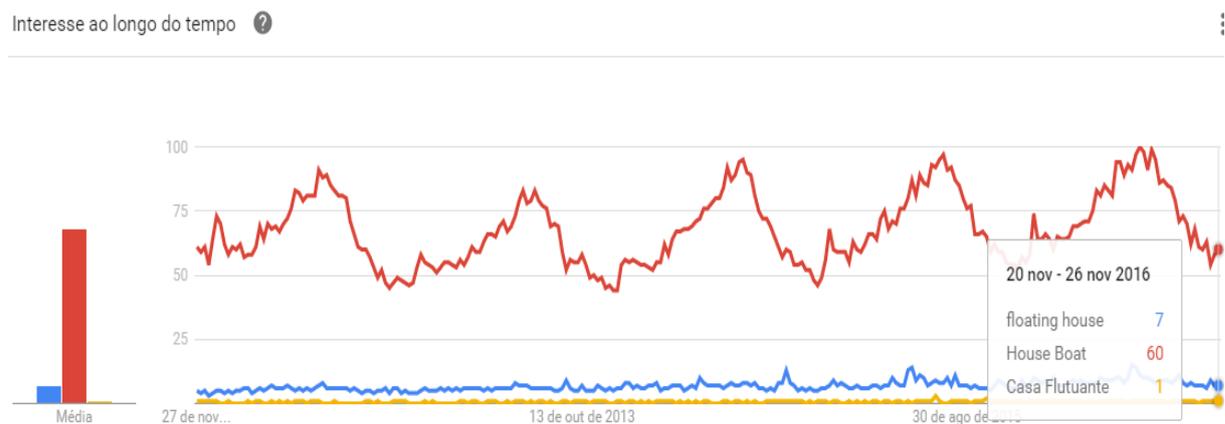
4.3.9 <u>Efluentes</u>	85
4.3.10 <u>Custos</u>	86
5. CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS	93
GLOSSÁRIO.....	97
APÊNDICE A: Arranjo interno 3D.....	99
APÊNDICE B: Simplificação para inserção dos pesos via programa.....	103
APÊNDICE C: Conceito instável.....	105
APÊNDICE D: Gráficos GZ	106
APÊNDICE E: Sites em que os produtos podem ser encontrados	108
ANEXO A: Modelos de casas flutuantes usadas na análise de mercado	113
ANEXO B: Valores de Iluminância exigidos pela ABNT	116

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da vida iniciou-se ao redor da água. A super ocupação das cidades e o desejo por explorar o potencial natural das águas motivaram o desenvolvimento técnico e arquitetônico, permitiram usar as propriedades das águas a favor do homem. Esse desenvolvimento se traduz pela disponibilização de recursos de arquitetura flutuante e de energias renováveis (STOPP; STRANGFELD, 2010).

Em uma busca rápida¹ no site de pesquisa Google Trends pelos termos: Floating House, House Boat e Casa Flutuante pode-se analisar a procura por tais estruturas flutuantes durante o período de 5 anos. O comparativo gerado é apresentado na Figura 1.

Figura 1- Comparação de interesse ao longo do tempo por Floating House, House Boat e Casa Flutuante



Fonte: Autor (2016).

Nota-se a tendência pelo uso do termo house boat como preferência de pesquisa e o aumento da intensidade de procura durante o verão do hemisfério norte. Também foram analisadas as regiões em que as buscas são significativas, na Figura 2 mostra que o termo casa flutuante é usado apenas no Brasil, como esperado. Porém, o ponto de destaque é a

1

<https://www.google.com/trends/explore?q=floating%20house,House%20Boat,Casa%20Flutuante>

semelhança entre as regiões de maiores investigações pelos termos house boat e floating house.

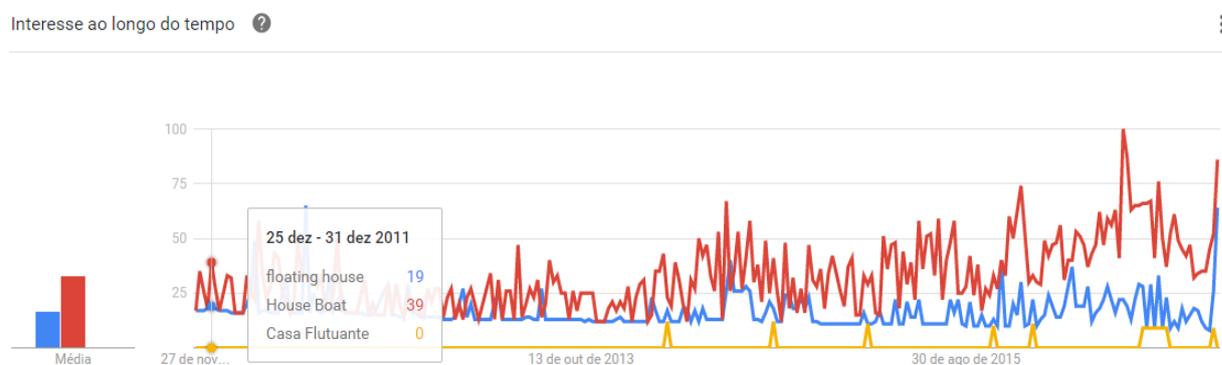
Figura 2 – Regiões de maior procura pelos termos



Fonte: Autor (2016).

Um novo comparativo foi feito para avaliar o interesse de compra desse tipo de embarcação pelo mundo. Na Figura 3 percebe-se que o público brasileiro pouco se motiva pela compra da casa flutuante. Passando por grandes períodos sem buscas e as iniciando recentemente, em março de 2014, atingindo picos de 11 pontos em janeiro de 2016.

Figura 3 – Interesse de compra ao longo do tempo



Fonte: Autor (2016).

Mas por que motivo o público brasileiro pode demonstrar 11 pontos de investigação no verão, contra 100 pontos do termo house boat para o mesmo período? As casas brasileiras são na maioria feitas de madeira, destinadas a pessoas de baixa renda, enquanto as estrangeiras estão consolidadas no mercado, caracterizadas pelo conforto de uma residência comum. Pode ser esse um dos motivos pela falta de interesse?

No mundo tem-se feito pesquisas e desenvolvimentos de projetos na tentativa de melhorar e inovar as concepções já existentes, como os realizados pela empresa The Floating

SEAHORSE e pelos pesquisadores: Earnest (2001), Biswas et al. (2006), Stopp e Strangfeld (2010) e o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM).

Motivados por essa perspectiva, este trabalho surge da iteração entre uma empresa brasileira e a Universidade Federal de Santa Catarina, cuja parceria espera-se contribuir para o desenvolvimento de projetos nacionais de casas flutuantes. Todas as premissas a serem apresentadas foram construídas em parceria com essa empresa, cujo nome omite-se por solicitação da própria.

A primeira premissa pretendida é o uso do conceito de desenvolvimento sustentável apresentado na página da WWF Brasil (2016):

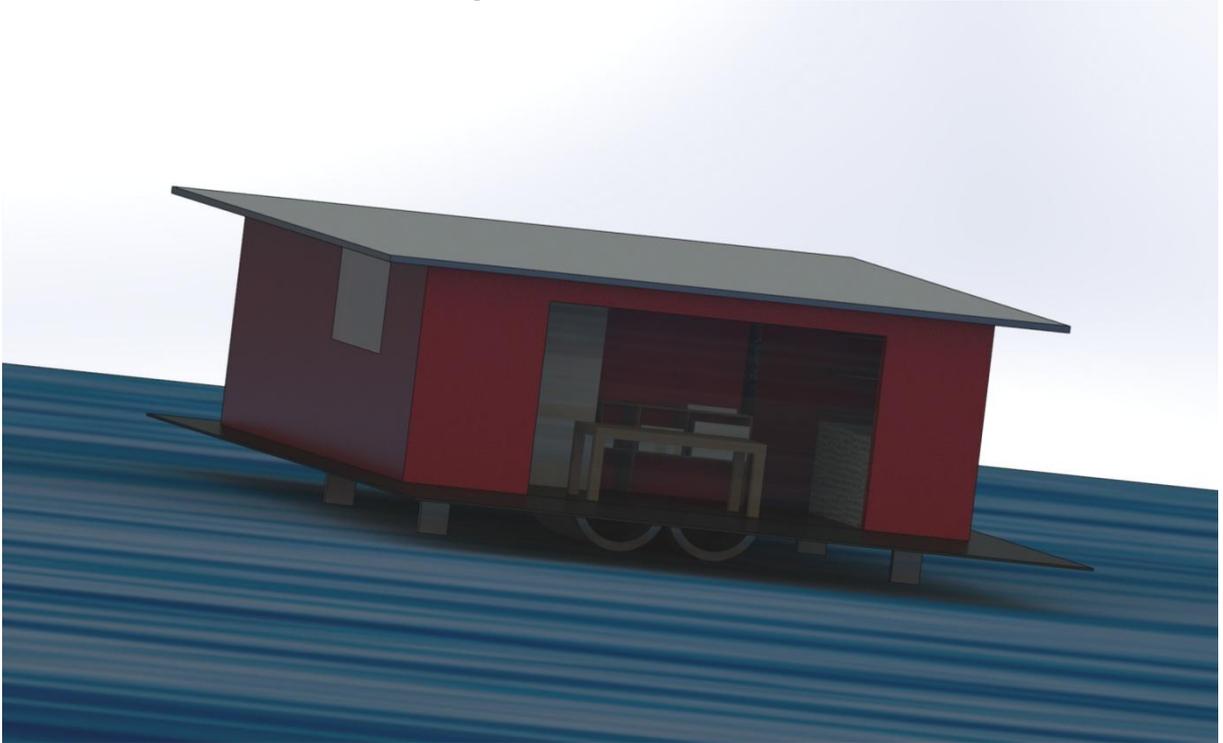
A definição mais aceita para desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

Essa definição surgiu na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental.

A segunda premissa estabelecida é o uso do conceito de eco-efetividade. Conforme Costa (2009) essa pode ser qualificada pela soma da eficiência e eficácia. As quais são a capacidade de minimizar os recursos para alcançar objetivos e a capacidade de atingir objetivos adequados, respectivamente (DRUCKER, 1968).

Dessa forma o presente trabalho se insere neste contexto, apresentando o projeto informacional, conceitual e preliminar visando atender as exigências do armador por uma moradia flutuante apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Casa Flutuante



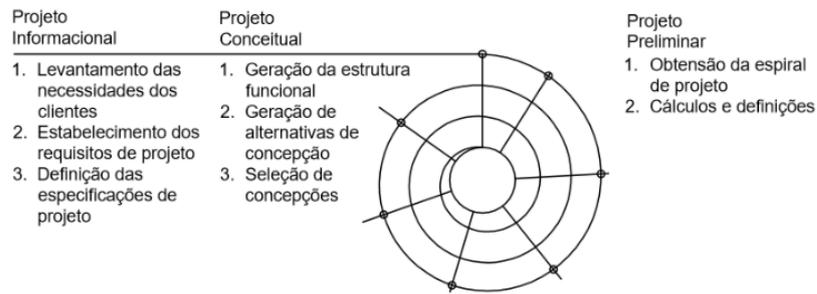
Fonte: Autor (2016).

Para o desenvolvimento dessa, serão realizadas etapas descritas por Rozenfeld et al. (2010) e Back et al. (2008), a primeira fase do projeto (ou projeto informacional) deve determinar aquilo que o comprador requer gerando as especificações do projeto, enquanto a segunda fase (projeto conceitual) é destinada a gerar soluções viáveis.

A terceira fase, a qual consiste do projeto conceitual, destina-se a realizar um detalhamento da solução conceitual, incluindo especificações gerais que descrevam a solução em termos de características funcionais e de desempenho.

Em geral o projeto preliminar é realizado por um processo iterativo descrito pela espiral de Evans (1959), o qual consiste em uma representação gráfica da sequência de projeto prevendo as iterações, bastante constantes como mencionado por Kreuger (2008) As etapas do processo de projeto podem ser vistas na Figura 5.

Figura 5 - Fases do Projeto



Fonte: Araujo (2016, p.10) Adaptado de Kreuger (2008).

Dessa forma, pretende-se elaborar um projeto de casa flutuante que atenda a população que necessite de moradia, mas que também possa ser usada como lazer. Tendo como intenção de projeto uma estrutura flutuante com as características estéticas reais de uma casa, preço similar, os mesmos móveis e espaços internos. Diferentemente dos corredores, portas e móveis compactos dos luxuosos iates, além de ser menos poluente que esses por fazer uso de energias renováveis e controle de emissão de efluentes.

1.1 Objetivos

Nesta seção são apresentados os objetivos a serem atingidos com o presente trabalho de conclusão de curso.

1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar o projeto informacional, conceitual e preliminar de uma casa flutuante.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Compreender as necessidades do armador;
- Elaborar os requisitos de projeto;
- Estimar dimensões principais;
- Estabelecer o arranjo interno;
- Aferir estabilidade;
- Avaliar motorização;

- Examinar resistência estrutural;
- Esboçar sistemas elétricos;
- Mensurar custos.

1.2 Estrutura do documento

No capítulo 1 é apresentada a introdução do trabalho com a definição da problemática, a justificativa, os objetivos e a metodologia usada para elaboração do mesmo.

O capítulo 2 conta com a revisão teórica para elaboração de um projeto de produto, além de apresentar um breve histórico das casas flutuantes ao redor do mundo.

No capítulo 3 há o detalhamento da metodologia empregada para a elaboração de um projeto de casa flutuante auto propelida.

O capítulo 4 se dedica a apresentação do desenvolvimento do projeto de uma casa flutuante, passando pelas 3 etapas do desenvolvimento do projeto de produto. Nesse também são apresentados os resultados obtidos com o processo.

Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões e considerações dos resultados obtidos com o projeto desta embarcação, assim como sugestões para melhorias e refinamentos do projeto.

2. REVISÃO TEÓRICA

Nessa seção é apresentada a fundamentação necessária para o desenvolvimento de projeto de produto. Assim como um breve histórico das casas flutuantes ao redor do mundo.

2.1 Breve histórico das casas flutuantes

Apesar de Giebler (2007) classificar a história global das casas flutuantes como complexa, para Stopp e Strangfeld (2010) a Europa, em particular, tem a situação histórica simples, pois teve barcaças transformadas em casas flutuantes ao longo de vários momentos da história, como atualmente visto em cidades como Amsterdã. Enquanto que na Ásia, apesar de ser longo o uso dessas estruturas, não há registros precisos, ou disponíveis que exponham sobre como é a vida nessas estruturas.

No continente americano tem-se relato de casas flutuantes nas florestas canadenses. Nos Estados Unidos o destaque fica com as cidades de Seattle em Washington, e a vila Sausalito na Califórnia.

Seattle é uma cidade portuária, conforme Means e Keasler (1986) as primeiras residências flutuantes foram construídas sobre balsas para abrigar os exploradores da madeira. Em 1920 surgiram casas para a classe alta que pretendia passar o verão no lago Washington. Porém, as edições de luxo eram minoria, o principal objetivo das casas permanentes era atender a baixa renda da população do lago Onion, como pescadores, construtores de barcos, e pessoas que praticavam atos ilegais.

De acordo com a Seattle Floating Homes (SFH), houve grande popularização e procura pelas moradias flutuantes, quando em 1929 os Estados Unidos passaram pela grande depressão. A população necessitava de soluções baratas, então juntavam toras de cedro para construir bairros temporários, tendo mais de 2000 casas na região.

Quando o país se recuperou, as famílias deixaram os locais, que foram tomados por boêmios e estudantes. A região passou por um período sem acompanhamento governamental, até que em 1950 houve demolições e reestruturação da sociedade local. Passados os conflitos políticos e comerciais, desde 1986 existe paz nos bairros flutuantes de Seattle, aonde

atualmente existe uma boa qualidade de vida. Casas flutuantes são um marco tanto como o Space Needle (MEANS; KEASLER, 1986).

A vila Sausalito foi construída em torno do porto de Sausalito USJMC que se estabeleceu devido a produção de barcos de combate para serem usados durante a Segunda Guerra Mundial. A demanda de serviços dos construtores navais motivavam a busca de moradias próximas ao local de trabalho e resultaram em casas flutuantes improvisadas construídas em madeira. Após a guerra, a vila foi tomada por hippies e artistas, tendo aproximadamente 115 casas nos anos 80 (HOROWITZ, 2003).

Com o crescimento imobiliário da região iniciaram-se as reestruturações do local a fim de garantir a segurança e saneamento, fazendo com que o número de casas antigas marcadas pelo estilo hippie fosse diminuído para 38, abrindo espaço para grandes e luxuosas mansões flutuantes situadas no rio Gates, custando mais de 1 milhão de dólares (DIRKS, 2014).

Apesar do início das casas flutuantes ter sido destinada a moradores de baixa renda, o conceito da estrutura vem mudando com o tempo. Arquitetos tem elaborado projetos luxuosos para atender o estilo extravagante de Dubai, aonde serão lançadas casas oferecidas pela empresa The Floating SEAHORSE.

Novas concepções vão além da estética. O instituto nacional de segurança e saúde ocupacional do governo norte americano tem investido em pesquisas para que essas casas flutuantes diminuam a emissão de poluentes, como o monóxido de carbono, prejudicial à saúde (EARNEST, 2001).

Na Índia, as casas flutuantes também estão passando por renovações, o departamento de engenharia oceânica do Instituto Indiano de Tecnologia tem estudado o uso de materiais compósitos como substitutos para a madeira dos cascos e as faixas de bambu da superestrutura. Tendo como vantagens a ausência de fungos, resistência à corrosão, fácil modelagem, construção e manutenção, sendo um impulsionador do turismo no país (BISWAS et al., 2006).

O uso de energias renováveis também tem sido discutido. Na Alemanha, por exemplo, busca-se uma solução combinando água e sol, a fim de gerar vapor que possa ser usado para o aquecimento e redução da temperatura nas estruturas (STOPP;STRANGFELD, 2010).

Enquanto os países procuram criar possibilidades de casas para temporadas e até mesmo fixas através da inovação e melhoria, combinando tecnologia e sustentabilidade, no Brasil apesar de existir a primeira casa flutuante ecológica do Instituto de Desenvolvimento

Sustentável Mamirauá (IDSM) para estudos, ainda não há uma versão disponível para a população. Sendo casas flutuantes em sua maioria feitas de madeira, sofrendo pelos agentes naturais, e restritas a regiões a margem da sociedade.

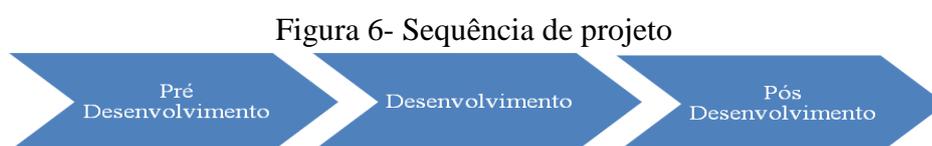
2.2 Desenvolvimento de projeto de produto

O modelo de desenvolvimento integrado de produtos é apresentado como uma base para que as empresas possam desenvolver os produtos de maneira formal, sistemática e integrada aos participantes do processo (BACK,2008)

Em linhas gerais, segundo Back (2008, p. 68-69) esse modelo tem as seguintes características:

- É baseado na visão de processo e em consonância com plano estratégico de negócios e de produtos da organização;
- Traz a visão de todo o processo de desenvolvimento de produto, através da unidade visual de representação gráfica e da descrição;
- O processo é decomposto em macro fases, fases, atividades e tarefas;
- Indica a sequência lógica das fases e atividades;
- Explica o que deve ser feito para desenvolver um produto industrial, ou seja, as atividades e tarefas apoiadas nos princípios da engenharia simultânea e nas diretrizes do processo de gerenciamento de projetos;
- Define as áreas envolvidas em cada atividade do modelo;
- Suporta estrutura organizacional matricial;
- Define as informações necessárias para realização das atividades, apresentadas sob forma de entradas, mecanismos e controles;
- Expõe como realizar as atividades através da definição dos principais métodos, ferramentas e documentos (mecanismos);
- Exibe os eventos que marcam o término das fases e definem os resultados desejados (saídas);
- Avalia passagem de fase;
- Registra lições aprendidas.

O processo de desenvolvimento de produtos industriais pode ser dividido em 3 macro fases como sugerido por Rozenfeld et al. (2010) apresentado na Figura 6, aonde são presenciadas o pré desenvolvimento, o desenvolvimento e o pós desenvolvimento. Segundo Back et al. (2008) os termos também podem ser conhecidos como planejamento, elaboração do projeto de produto e implementação do lote inicial, respectivamente.



Fonte: Autor (2016), Adaptado de Rozenfeld et al. (2010, p. 47).

No pré desenvolvimento, ou planejamento, tem-se a fase de planejamento estratégico, aonde é elaborado o plano do projeto do produto (BACK et al. 2008). Complementando com os conceitos de Rozenfeld et al. (2010) nessa etapa o projeto se torna único para um produto específico, pois leva em consideração os produtos da empresa e o mercado que ela pretende alcançar.

A segunda macro fase é o desenvolvimento do projeto do produto, sendo dividida em fases que variam de acordo com diferentes autores. Para Back et al. (2008) existem 4 fases, as quais são os projetos: informacional, conceitual, preliminar e detalhado. Lamb (2004) também apresenta 4 fases, contudo as separa em: conceitual, preliminar, contratual e detalhado. Enquanto que Rozenfeld et al. (2010) lista 5 fases: informacional, conceitual, detalhado, produção do produto. As fases abordadas neste projeto de casa flutuante serão descritas de forma aprofundada na próxima seção.

Por fim, tem-se a fase de pós desenvolvimento, ocorrendo a implantação do lote piloto. Inicialmente é elaborado o projeto de produção, em seguida o produto é lançado e então verificada sua aceitação. Também nesta etapa que o produto é acompanhado até sua descontinuação (ROZENFELD et al. 2010).

Compreendido os conceitos básicos pode-se introduzir a descrição do projeto informacional, primeira etapa que deve ser elaborada durante o desenvolvimento do projeto e produto, basicamente nessa etapa deve-se entender o que objetiva-se desenvolver.

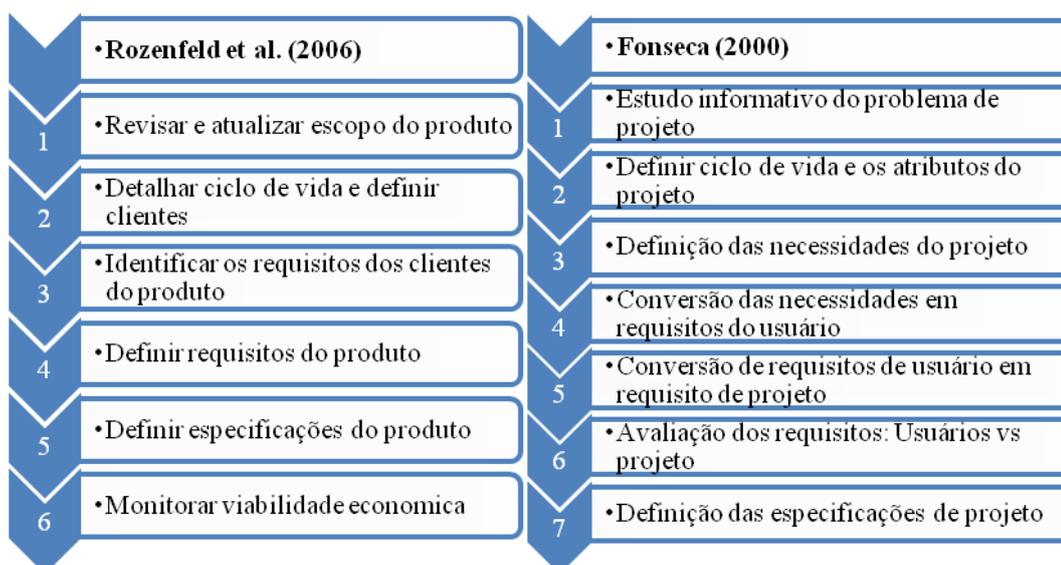
2.2.1 Projeto informacional

As especificações do projeto são o resultado nesta fase informacional. Primeiramente são coletadas as informações vindas do planejamento e de fontes de pesquisa, o banco de dados com as necessidades dos clientes pode ser transformado em requisitos (o que é pedido) e requisitos em especificações (variável de estudo para atender o que é pedido).

As necessidades representam o que o cliente deseja de forma subjetiva, porém cabe a equipe de projeto transformar essas informações em requisitos que sejam quantitativos. Para Filho et al. (2010) esta fase transforma a saída anterior em valores meta para os parâmetros desejados, completando as informações do usuário e detalhando os requisitos.

Para a concretização do projeto informacional é necessário cumprir etapas, Fonseca (2000) e Rozenfeld et al. (2010) descrevem a sequência de forma semelhante como apresentado na Figura 7. Quando comparado os dois autores, nota-se que Rozenfeld et al. (2010) faz internamente na etapa 5 o processo descrito em 5 e 6 de Fonseca (2000).

Figura 7- Sequência do projeto informacional



Fonte: Autor (2016).

Resumidamente podem-se combinar os conceitos abordados pelos autores, a fim de explanar as etapas a serem seguidas no projeto informacional, como segue:

Etapa 1– Estudar, revisar e atualizar o projeto: É feita a análise do problema do projeto, das tecnologias disponíveis e necessárias, pesquisas de padrões, normas, patentes e leis existentes, assim como a procura por produtos concorrentes. Segundo Fonseca (2000) essa etapa consiste em deixar o problema claro.

Etapa 2 – Estabelecer ciclo de vida e definir clientes: Com a definição do cliente é possível listar suas necessidades (atributos). Então, são determinados os estágios que o produto passará, sendo listados desde o final de seu desenvolvimento, seguido do início das vendas, até que ele seja descontinuado, passando pelas fases de crescimento e maturidade. De acordo com Rozenfeld et al. (2010) esta etapa de relacionamento entre clientes e o ciclo de vida de um produto tem grande dependência com o marketing.

Etapa 3 – Identificar e definir necessidades dos clientes: As necessidades são relatadas pelos clientes, são seus desejos originais que por vezes são redundantes, porém revelam as características necessárias do produto. É feita a coleta das necessidades dos clientes para cada fase do ciclo de vida, as quais são agrupadas e classificadas (ROZENFELD et al.,2006).

Etapa 4 – Definir requisitos de produto: Nessa etapa são convertidos os requisitos levantados para expressões quantitativas, são analisados e classificados os requisitos do produto, e então são hierarquizados os requisitos.

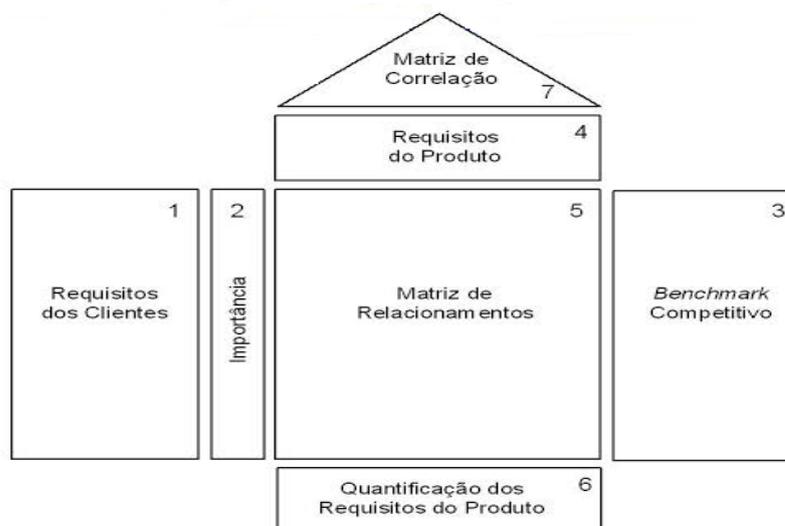
Etapa 5 – Definir especificações-meta do projeto (produto): São determinados parâmetros que descrevem o problema (objetivos e metas) de forma quantitativa e mensurável. Fonseca (2000) e Rozenfeld et al. (2010) ressaltam a importância de estudar a correlação entre requisitos de produto através do Desdobramento da Função de Qualidade (QFD).

Conforme Rozenfeld et al. (2010 p. 227) este é um recurso que tem como benefícios a:

Redução do número de mudanças de projeto; diminuição do ciclo de projeto; redução dos custos de início de operação (star-up); redução de reclamações de garantia; planejamento da garantia de qualidade mais estável; favorece a comunicação entre os diferentes agentes que atuam no desenvolvimento do produto, principalmente marketing e engenharia (projeto e manufatura); traduz as vontades dos clientes que são vagas e não mensuráveis em características mensuráveis; identifica as características que mais contribuem para atributos de qualidade; possibilita a percepção de quais as características que deverão receber maior atenção.

A Figura 8 mostra a matriz QFD, ou casa de qualidade. No Campo 1 devem ser inseridas as informações que revelam o que o usuário espera do produto e no Campo 2 são adicionados os graus de importância das mesmas. No Campo 3 é feita uma análise comparativa entre o que já existe no mercado concorrente e o produto a ser desenvolvido. Os requisitos do produto devem ser colocado no Campo 4. A correlação entre requisitos de projeto e produto inserida no Campo 5 na forma: existente, ou não existente. No Campo 6 há a quantificação resultante do conjunto de especificações para determinado projeto. Por fim, no Campo 7 existem as interações de requisitos do produto e projeto (ROZENFELD et al., 2006).

Figura 8 - Matriz QFD



Fonte: Rozenfeld et al. (2006 p.227)

Como resultado do processo, tem-se a hierarquização dos requisitos de projeto, conforme seu grau de importância. Por fim é comparada a hierarquização com os problemas de projeto, incluem-se metas, objetivos e restrições, definindo assim as especificações de projeto (FONSECA, 2000).

Etapa 6 – Monitorar a viabilidade econômico-financeira: Verificar se as especificações de custo são plausíveis com a meta estabelecida.

Finalizadas as etapas do projeto informacional, caminhasse para a segunda etapa do desenvolvimento do projeto e produto, o projeto conceitual. Onde serão geradas ideias a fim de criar um conceito primário para estudo.

2.2.2 Projeto conceitual

No projeto conceitual é necessário desenvolver soluções que atendam as necessidades inicialmente descritas na etapa de projeto anterior. Dessa forma é preciso que sejam elaboradas várias saídas alternativas para um mesmo problema, sendo que posteriormente pode ser feita a comparação, combinação e escolha da solução a ser usada. Para tal, os envolvidos no projeto devem ser criativos.

Segundo Back (1983) é possível listar uma sequência a ser seguida para o desenvolvimento do projeto conceitual:

Etapa – 1 Preparação para o projeto: momento em que é formulado o problema, baseando-se em dados coletados no projeto informacional. Para caracterizá-lo é necessário buscar informações com clientes, banco de patentes, normas, leis, revistas técnicas, especialistas, serviços de pesquisas entre outros. Rozenfeld et al. (2010) propõe que o produto seja modelado funcionalmente, representando as funções do mesmo. Dessa forma o problema se torna generalizado, sendo possível abrir oportunidades para gerar melhores soluções posteriormente.

Etapa – 2 Esforços concentrado: período em que são propostas diversas soluções ao caso estudado. Nessa etapa comumente são usados os métodos de criatividade para que ideias sejam geradas em grande quantidade sem preocupações de viabilidade econômica, ecológica, ou de outros empecilhos que possam surgir. Alguns desses métodos são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1- Classificação dos Métodos de Criatividade

Métodos indutivos	Métodos sistemáticos	Métodos Orientados
Brainstorming	Método Morfológico	TRIZ
Método 635	Análise e Síntese Funcional	SIT
Lateral Thinking	Analogia Sistemática	
Sinergia	Análise do Valor	
Galeria	Questionários e Cheklists	

Fonte: Rozenfeld et al. (2010 p. 247)

Para este trabalho foi adotado o método indutivo: Brainstorming, o qual consiste em uma reunião de no máximo 50 minutos, com 5 a 10 integrantes com formação variada, de preferencialmente, setores diferentes dentro de uma empresa.

O coordenador da reunião deve fazer a familiarização dos membros com o problema e anotar as sugestões geradas para o problema proposto. É importante que não sejam criticadas as ideias durante o processo criativo, inicialmente busca-se quantidade de propostas e não qualidade das mesmas.

Etapa – 3 Afastamento: é sugerido um tempo de afastamento do projeto quando não é conseguido gerar novas ideias para o mesmo. Segundo Back (1983) quando o esforço é concentrado pode gerar dificuldades, pois pode-se enxergar apenas de um ponto de vista.

Etapa – 4 Visão: afastar-se do problema temporariamente permite que ao voltar, ele seja enxergado com nova ótica. As etapas 3 e 4 podem ser realizadas diversas vezes, porém é necessário que seja feita uma análise de resultados já alcançados.

Etapa – 5 Seleção de ideias: neste momento são listados os itens favoráveis e negativos de cada sugestão. As ideias podem ser combinadas entre si para que através de uma triagem sejam escolhidas as melhores proposta úteis.

Etapa – 6 Revisão: com as propostas selecionadas é possível comparar, ou verificar com as restrições de projeto, a fim de inspecionar quais são viáveis.

Com o resultado do projeto conceitual pode-se iniciar a terceira etapa do desenvolvimento do produto, o projeto preliminar. Nele o conceito gerado é estudado de forma aprofundada, são realizados os cálculos e dimensionamentos para tornar o produto viável.

2.2.3 Projeto preliminar

No projeto preliminar tem-se a descrição do objeto de estudo através de equações matemáticas, a fim de criar um produto que atenda aos requisitos provenientes dos projetos anteriores. Não existindo uma sequência lógica generalizada como nos projetos anteriores, cada produto a ser desenvolvido deve gerar sua própria linha de desenvolvimento.

Para a concepção de uma casa flutuante, o projeto preliminar pode se assemelhar ao de uma embarcação, iniciando-se com a verificação das dimensões principais, a estimativa de pesos, centros, passando por cálculos da resistência ao avanço, estabilidade, escolha de propulsores, dimensionamento estrutural, de sistema elétrico e tratamento de água.

Sabendo cada área a ser verificada, assim como a sequência de projeto, é possível montar uma espiral de projeto, Nesta abordagem, cada ponto representa uma etapa de avaliação, e cada volta da espiral são realizadas correções e refinamentos das áreas de estudo.

Segundo Lamb (2004) no projeto preliminar, devem ser gerados dados com mais minúcia do que nos outros projetos, sendo detalhado o suficiente para permitir a verificação tanto da viabilidade técnica quanto econômica.

Dessa forma, a seguir alguns dos itens abordados no projeto preliminar como resistência ao avanço, dimensionamento estrutural e estabilidade são abordados para fundamentar o desenvolvimento realizado.

2.2.3.1 Resistência ao avanço

A resistência ao avanço é a força que se opõe ao movimento das embarcações. Segundo Araujo (2014), conhecer este valor é importante, pois proporciona ao engenheiro dimensionar o sistema propulsivo.

Projetistas, além de escolher o sistema, devem buscar a combinação de elementos que proporciona menor consumo de combustível tornando o projeto viável. O consumo está relacionado diretamente ao valor da resistência ao avanço que a embarcação apresenta ao se deslocar com um certo calado a uma determinada velocidade (PICANÇO, 1999).

Dessa forma, muitos estudos surgiram para descrever o fenômeno e propor métodos para estimar essa força visando um projeto mais racional de embarcações. Para Molland (2008), William Froude pode ser considerado o pai dos estudos da resistência ao avanço, pois esse foi um dos primeiros estudiosos a apresentar uma proposição coerente sobre os fenômenos que governam a resistência ao avanço.

Molland et al. (2011) descreve a resistência ao avanço para águas calmas de acordo as parcelas de resistência de onda, resistência de atrito e resistência de pressão viscosa.

A primeira parcela corresponde à perda de energia provocada pela geração de ondas, que tende a aumentar exponencialmente com o aumento da velocidade da embarcação, sendo desprezível para pequenas velocidades.

O atrito é provocado pela resistência de fricção ente casco e água, podendo ser simplificada pela resistência gerada pelo descolamento da camada limite em uma placa plana de mesma área molhada.

Por fim a resistência de pressão viscosa é ocasionada pelo fluido ao redor da forma do casco. A Figura 9 representa a composição da resistência total, conforme as componentes descritas.

Figura 9 - Parcelas da Resistência Total ao Avanço



Fonte: Autor (2016), Adaptado de Molland, Turnock e Hudson (2011).

Existem variados métodos para estimar a resistência ao avanço, que se adequam melhor com cada tipo de casco, sendo eles deslocantes, de planeio, mono cascos e multi-cascos. A descrição dos diferentes métodos de estimativa de resistência ao avanço foge ao escopo desse trabalho.

No caso de casas flutuantes em geral a embarcação pode ser descrita como uma embarcação multi-casco deslocante de baixo número de Froude (e baixa velocidade), em que a parcela de resistência de onda pode ser descartada, tendo como principal parcela a resistência de atrito. Sendo assim utiliza-se o modelo de resistência friccional proposto pela International Towing Tank Conference ITTC (1957), o equacionamento usado é apresentado durante o desenvolvimento do projeto na seção 4.3.6 Resistência ao Avanço.

Após encontrada o valor da resistência total, pode ser determinada a potência efetiva do sistema propulsor dada em watts, da casa flutuante através da 1.

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

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

2.2.3.2 Projeto estrutural

Segundo Tancredi (2006) toda estrutura serve como suporte para transmitir esforços. Então, produtos construídos, sejam eles casas, prédios, automóveis ou embarcações devem suportar as cargas de projeto, sem apresentar falhas por flambagem, escoamento e/ou cisalhamento. Por isso é necessário realizar o projeto estrutural de um sistema para garantir a integridade da estrutura ao longo da utilização do produto

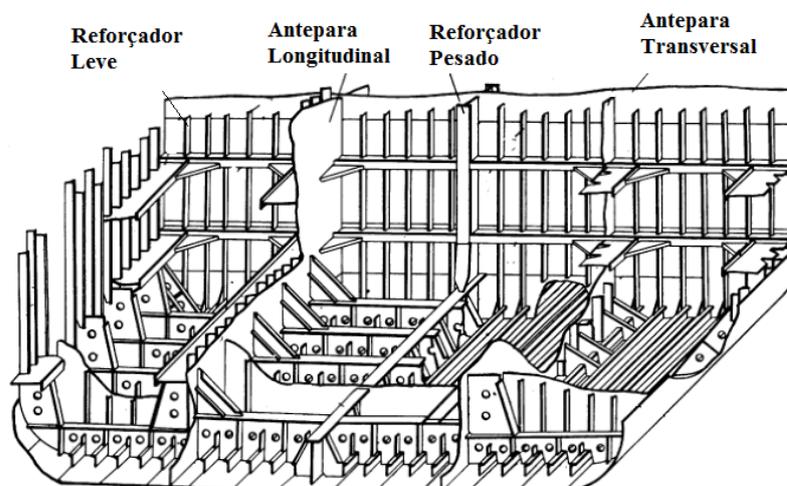
Neste projeto, o dimensionamento estrutural da casa flutuante é realizado de forma análoga ao de embarcações. Em navios, em geral, analisam-se o comportamento da estrutura de forma global e local separadamente porque os raios de curvatura de cada uma das deformações são de magnitudes diferentes, sendo assim, é possível desacoplar a análise para se realizar a composição de tensões posteriormente.

A estrutura global, também conhecida como primária tem seu estudo realizado pela teoria de viga navio, em que a embarcação é comparada a uma viga de mesmo comprimento e propriedades (área, inércia e módulo de elasticidade).

Porém, o modelo de viga navio somente pode ser aplicado a estruturas que possuam geometria semelhante a vigas, ou seja, que apresentem coeficientes de comprimento/ boca e comprimento/pontal maiores que oito. Para valores menores, o comportamento global da estrutura não é representado de forma coerente, pois o equacionamento não leva em consideração influências das deflexões sofridas na direção da boca e pontal (TANCREDI,2006).

A estrutura local é composta por reforçadores, chamados de estruturas secundárias e por chapas, denominadas de estruturas terciárias. Um arranjo típico de uma estrutura naval é representado na Figura10.

Figura10- Vista dos reforçadores e anteparas de uma embarcação



Fonte: Autor (2016), Adaptado de Augusto (2004. p.4)

Uma vez que a casa flutuante possui pequenas dimensões, se comparada a navios de grande porte, os efeitos globais podem ser negligenciados², e a análise estrutural pode se concentrar nos efeitos locais.

Assim, a análise estrutural da casa flutuante concentrou-se na análise da estrutura secundária e terciária. Para cada reforçador aplicou-se a teoria de vigas, e a combinação de reforçadores pode ser modelada como um grelha, enquanto que as chapas são analisadas utilizando um modelo de placas planas (AUGUSTO, 2004).

Para uma análise acoplada, que considera toda a estrutura de maneira acoplada, utilizou-se uma análise baseada no método dos elementos finitos. Os parâmetros de modelagem, condição de contorno, carregamento, entre outros, serão apresentados ao longo do desenvolvimento.

2.2.3.2 Estabilidade

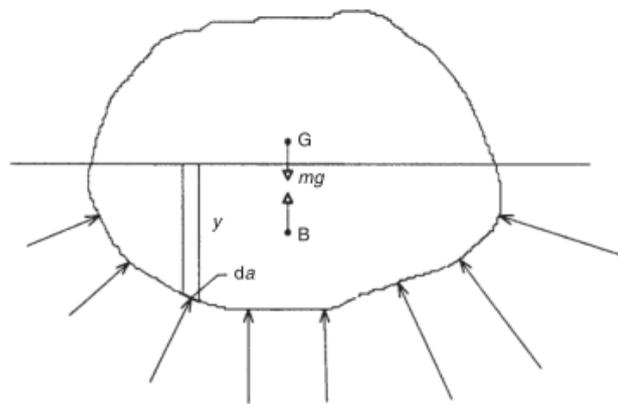
Assim como o estudo estrutural, a análise de estabilidade é essencial para garantir a segurança dos que estiverem embarcados. Verificar a capacidade que uma embarcação possui de, após ser inclinada, retornar ao seu estado inicial é uma obrigação exigida por normas criadas pela International Maritime Organization (IMO 2016), por exemplo.

²A definição de embarcação de grande porte varia de norma para norma. Enquanto a ABS (2016) considera embarcações de grande porte como aquelas maiores que 90 metros, a DNV (2016) considera que embarcações acima de 100 metros podem ser consideradas embarcações de grande porte.

Embarcações deslocantes tem seu comportamento de flutuação descritos pelo princípio de Arquimedes. Este princípio afirma que um corpo imerso em um fluido tem a força de empuxo, igual ao peso do volume deslocado pelo corpo.

A força de empuxo é resultado da integral da pressão hidrostática atuante no entorno do corpo. Para que o corpo esteja em equilíbrio o empuxo deve estar alinhado com a força peso, conforme a Figura 11, sendo este o princípio fundamental para garantir a estabilidade estática de qualquer corpo flutuante.

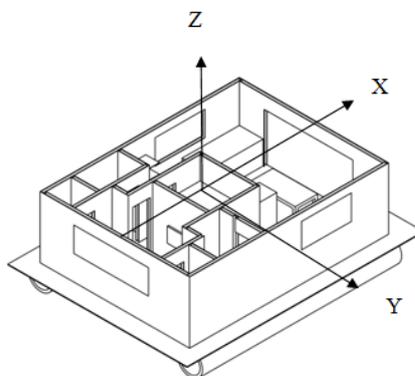
Figura 11- Posição do centro de gravidade e carena



Fonte: Molland (2008 p.77)

Porém o comportamento da estabilidade não se dá apenas em uma direção, sendo necessário avaliar a estabilidade nos 3 eixos principais do corpo flutuante, posicionados no centro de massa da estrutura. Na Figura 12 são mostrados os eixos de coordenadas usadas.

Figura 12- Eixos principais



Fonte: Autor (2016).

O eixo X, longitudinal, é responsável por descrever o comprimento da embarcação, a posição longitudinal do centro de gravidade (LCG) e a posição longitudinal do centro de carena (LCB).

Quando o centro de massa e o de centro do volume submerso não estão na mesma posição na direção longitudinal tem-se trim. Comumente adota-se trim positivo a ré, e negativo a vante sendo esse desfavorável a embarcação em velocidade de avanço. Preferencialmente busca-se trim zero, alterando a posição das massas.

O eixo Y, na direção transversal, relata a boca da embarcação. Ele também faz a distinção entre os bordos, bombordo e boreste. Sendo encarregado pela definição da posição transversal do centro de gravidade (TCG), posição transversal do centro de carena (TCB).

É necessário que os centros estejam na mesma posição transversal para que não haja banda. Nesse eixo é olhado com maior atenção a estabilidade devido ao momento emborcador (oriundo da acumulação de massas no sentido transversal da embarcação) e a ação de ventos.

É importante analisar, que além da estabilidade estática, também deve-se avaliar a estabilidade dinâmica, através do momento restaurador (GZ). Normas como as da IMO 2016, trazem valores mínimos que devem ser respeitados para garantir a segurança em embarcações deslocantes. Porém na literatura não são encontrados valores específicos para decks flutuantes, balsas ou casas flutuantes.

O eixo Z, em algumas literaturas apresentado como K, é o eixo vertical que representa a flutuação embarcação, e também descrevendo os processos de imersão e emersão. Em z tem-se o pontal, também relacionando a posição do centro vertical de gravidade (VCG ou KG) e o centro vertical de carena (VCB ou KB).

Conforme mencionado por Nogueira (2002), os limites aceitáveis para as inclinações e imersão são regulamentados por classificadoras e agências regulamentadoras, levando em consideração critérios de segurança e a finalidade da embarcação.

As plataformas semi submersíveis tem a faixa de inclinação de convés de 2 a 5 graus, para proporcionar condições de trabalho, enquanto navios de passageiros tende-se a usar a variação de 1 a 2 graus, por questões de conforto (NOGUEIRA, 2002).

No projeto da casa flutuante foram adotados os critérios de estabilidade referente às plataformas devida à similaridade geométrica existente, buscando-se o limite mínimo para proporcionar conforto aos moradores, por escolha do autor.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados o conjunto de processo, técnicas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento, e que constituem a metodologia deste trabalho.

Visando executar o desenvolvimento de uma casa flutuante auto propelida com uso de energia solar este trabalho na etapa do projeto informacional coletou dados junto ao armador, empresa solicitante do projeto, a fim de que sejam expressas as necessidades e desejos do cliente. A coleta de informações ocorreu através de questionários aplicados e entrevistas.

As informações colhidas na fase informacional foram convertidas em requisitos de projeto do ponto de vista da engenharia, cabendo a etapa do projeto conceitual criar soluções viáveis que permitam atender aos requisitos de projeto. O desenvolvimento do projeto conceitual seguiu a metodologia descrita na revisão bibliográfica.

Posteriormente foi iniciada a fase do projeto preliminar. Inicialmente elaborou-se a sequência de execução do projeto através de matriz de influência, tal sequência pôde ser representada através de uma espiral, prevendo as várias iterações presentes em um projeto que envolva sistemas complexos de engenharia.

A cada ponto da espiral, procurou-se de forma técnica estipular, definir, e calcular parâmetros para a construção do produto final. Algumas iterações durante a primeira volta da espiral foram realizadas procurando o refino da solução objetivando a melhoria do projeto.

Na Tabela 2 é resumida a metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto proposto.

Tabela 2 - Metodologia aplicada

Etapa	Método	Ferramenta
Projeto informacional		
Coleta de dados	Pesquisa dedutiva Entrevista com armador	Questionários, Normas
Projeto Conceitual		
Geração de concepções	Brainstorming Matriz Morfológica	Word
Avaliação de concepções	Matriz de influência QFD	Excel
Projeto Preliminar		
Dimensões principais	Coleta de dados – armador	Questionário, SolidWorks
Arranjo interno	Desenho técnico	SolidWorks
Visual externo	Desenho técnico	SolidWorks
Estabilidade	Comparativo com normas	Excel MaxSurf
Estrutural	Mecânica dos Sólidos e normas	Excel Abaqus
Resistência ao avanço	ITTC Holtrop (1+k) catamarã	Excel MaxSurf
Motorização	Resistência ao avanço	Catálogos
Sistema elétrico	Levantamento de consumidores	Catálogos Excel
Tratamento de efluentes	Consumo de água	Catálogos
Custos	Levantamento	Catálogos Excel

Fonte: Autor (2016).

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo serão abordados as três fases do desenvolvimento de uma casa flutuante auto propelida com uso de energia solar. Iniciando pelo projeto informacional, seguindo com o conceitual e iniciando o projeto preliminar ao desenvolver a primeira volta da espiral, com algumas iterações.

4.1 Projeto Informacional

Para iniciar qualquer projeto é necessário entender o que o cliente necessita/deseja. Na engenharia naval comumente o armador faz solicitações que delimitam e norteiam o conceito a ser apresentado como eventual solução de projeto. Por isso, a comunicação entre o projetista e o contratante deve ocorrer de forma que ocorra uma sinergia que resulte na elaboração de um projeto viável, eficiente e que atenda às necessidades do armador.

Então, desde o primeiro contato buscou-se compreender o que era exigido ou almejado pelo solicitante, o qual, por meio de questionários aplicados por email, expressava seus desejos e necessidades. Dessa forma, apresenta-se na Tabela 3 a síntese das necessidades e desejos do armador, que também são chamados de requisitos do usuário.

Tabela 3- Necessidades e desejos do armador

Nº	Grupo	Requisitos
1	Uso obrigatório	Flutuadores PEAD
2		Energia solar
3		Propulsão elétrica
4		Armazenamento de água no flutuador
5		Tratamento de efluente no flutuador

Continua (...)

Nº	Grupo	Requisitos
6	Conceito base	Sustentabilidade
7		Eco efetividade
8		Confortável
9		Segura
10		Rápida construção
11	Público alvo	No geral família e idosos com pouca mobilidade
12		Classe média para cima
13	Previsão de moradores	4 pessoas – podendo variar no futuro
14	Velocidade requerida	Baixa

Fonte: Autor (2016).

Conhecidas as necessidades e desejos do armador, coube a equipe de projeto verificar normas e leis que possam regulamentar ou nortear o projeto desse tipo de embarcação, bem como procurar no mercado conceitos similares.

As Normas da Autoridade Marítima 11/DPC (NORMAM, 2003) regulamentam as casas, ou tablados, flutuantes no Brasil; caracterizando-as como estruturas flutuantes fixas não motorizadas, em que o engenheiro responsável deve enviar a marinha todos os cálculos que asseguram a casa, assim como a explicitação do processo de fundeamento e cartas de posicionamento geográfico.

Porém, a solicitação do armador é que a estrutura tenha motorização e não seja fixa, tendo períodos de atracação, podendo realizar curtas viagens. Essa característica faz com que, apesar da aparência física ser de uma casa, o projeto siga normas para embarcações de recreio de pequeno porte, conforme NORMAM 02 e 03 (2003). Para complementar o projeto também foram verificados alguns critérios, como borda livre, baseados na British Columbia Float Home Standard (2003).

Durante a revisão bibliográfica, foi realizada a verificação de mercado buscando-se por modelos de casas flutuantes. Na Tabela 4 é mostrado um comparativo dos conceitos encontrados em diversos países. Imagens dos diferentes conceitos analisados são apresentadas no ANEXO A: *Modelos de casas flutuantes usadas na análise de mercado*. Na Tabela 4, o símbolo (X) denota a “*presença do item*” na solução de mercado analisada. Analisando os dados coletados, é possível constatar que este projeto deseja uma composição de casa para moradia e recreio, além de trazer inovações e melhorias para o que há de atual no mercado.

Tabela 4- Análise de similares no mercado com o projeto a ser elaborado

	Projeto	Alemanha	Seattle	Holanda	Portugal	Dubai
Moradia	X	X	X	X		
Lazer	X				X	X
Energia solar	X	X				
Locomoção	X				X (3nós)	
Presença de cascos			X	X		
Conceito Verde	X	X			X	
Propulsão elétrica	X					

Fonte: Autor (2016).

Na etapa informacional também se deve determinar a vida útil do produto e então fazer considerações para cada período do ciclo de vida. Neste projeto optou-se por coletar requisitos apenas dos pontos de construção e operação, deixando para que a equipe de marketing da empresa determine o processo de lançamento no mercado, assim como o valor da vida útil comercial da casa flutuante.

Na etapa seguinte, as demandas e desejos do armador foram convertidos em requisitos de projeto, estabelecendo-se restrições e metas quantitativos para cada item da descrito na Tabela 4.

Para isso é fundamental que sejam entendidas questões como: qual parâmetro mensurável deve ser atendido para que tal aspecto seja satisfeito e qual o valor (valor fixo, aumento ou diminuição) deve ser uma meta a ser atendida. A conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto é mostrada na Tabela 5.

Tabela 5- Conversão de requisitos de usuário em requisitos de projeto

Requisito do usuário	Requisito de projeto e metas
1 Flutuadores PEAD	Dimensão principal limitada: 12 m de comprimento, 1m de diâmetro
2 Energia solar	Painéis solares e baterias: quanto menor, melhor
3 Propulsão elétrica	Cálculo da RT e escolha do motor elétrico: quanto menor RT, melhor
4 Armazenamento de água no flutuador	Redução do tamanho de flutuação em 1m

Continua (...)

	Requisito do usuário	Requisito de projeto e metas
5	Tratamento de efluente no flutuador	Redução do tamanho de flutuação em 1m
6	Sustentabilidade	Emissão de poluentes (meta = 0)
7	Eco efetividade	Emissão de poluentes (meta = 0)
8	Confortável	Espaçamentos: Pé direito mínimo 2,1m, largura mínima de portas 0,7m, corredores com no mínimo 0,7m de largura
9	Segura	Cálculos estruturais e de estabilidade (FS>1,15 ;GM>0)
10	Rápida construção	Tempo de construção <1 ano
11	No geral família e idosos com pouca mobilidade	Arranjo interno: 1 suíte, 1 quarto, 1 sala, 1 banheiro, 1 cozinha, 1 lavanderia. Com corredores mínimos de 0,7m de largura
12	Classe média para cima	Preço final: R\$134.700,00 - R\$ 285.500,00
13	4 pessoas	Arranjo interno: 2 quartos (1 casal + 1duplo)
14	Velocidade Baixa	Velocidade de serviço: mínimo 3 nós

Fonte: Autor (2016).

Após este processo é possível aplicar a matriz da qualidade a fim de mensurar qual item tem maior importância, ou então que é indispensável para o produto. Ressaltando que para essa análise os itens 11 e 13 foram unidos em apenas um, arranjo interno. Assim é apresentada na Tabela 6 o resultado da aplicação da matriz QFD da Figura 13³ (a matriz se encontra disponível no link ³), com os requisitos, metas e a importância de cada um.

3

Tabela 6- Importância dos requisitos e metas de projeto

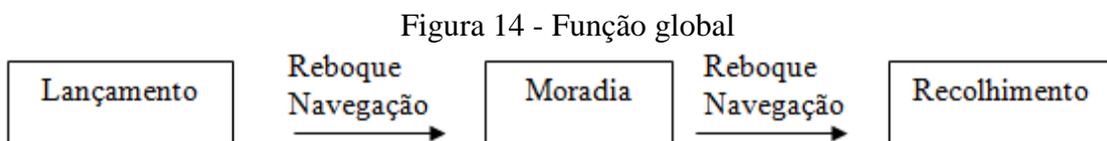
Nº	Importância	Requisito de projeto	Metas e objetivos
9	35,5	Cálculos estruturais e de estabilidade	Fator de segurança mínima no cálculo estrutural 1,2 e GM >0
4	98,2	Redução do tamanho de flutuação	1m
5	98,2	Redução do tamanho de flutuação	1m
2	134,5	Painéis solares e baterias	Quanto menor, melhor
10	137,3	Tempo de construção	<1 ano
13	175,5	Velocidade de serviço	Mínimo 3 nós
3	194,5	Cálculo da RT e escolha do motor elétrico	Quanto menor RT, melhor (uso de motor inferior a 30hp)
8	201,8	Espaçamento	Pé direito mínimo 2,1m, largura mínima de portas 0,7m, corredores com no mínimo 0,7m de largura
6	245,5	Emissão de poluentes	0
7	245,5	Emissão de poluentes	0
12	366,3	Preço final	Preço final: R\$134.700,00 - R\$ 285.500,00
1	443,6	Dimensão principal	Comprimento máximo de 12m
11	458,2	Arranjo interno	1 suíte casal, 1 quarto duplo, 1 sala, 1 banheiro, 1 cozinha, 1 lavanderia.

Fonte: Autor (2016).

4.2 Projeto Conceitual

No projeto conceitual é esboçada a primeira visão do produto, sendo que para isso é preciso entender o objetivo do projeto. Segundo Back et al. (2008) o ideal é modelar um produto pensando na sua função global, de forma genérica.

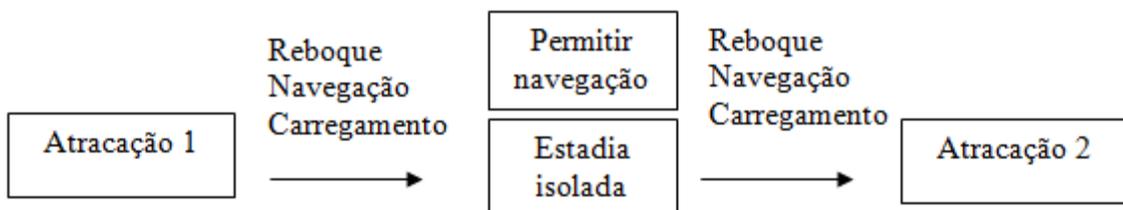
A casa flutuante em estudo tem como função global: servir de moradia em períodos pré determinados, sendo representada pela Figura 14. Dessa forma ela deve conter os itens básicos que uma casa fixa possui.



Fonte: Autor (2016).

Porém, como estrutura flutuante auto propelida deve apresentar características de recreio solicitadas pelo armador, como mudança do local de atracação e pequenos passeios. A Figura 15 apresenta o desdobramento da função global de moradia em 2 características: permitir navegação e permitir estadia isolada. É importante observar que a característica ‘permitir estadia isolada’ é relevante uma vez que estabelece a premissa de que a casa possua abastecimento apenas por energia solar, sem conexão com a rede de energia elétrica.

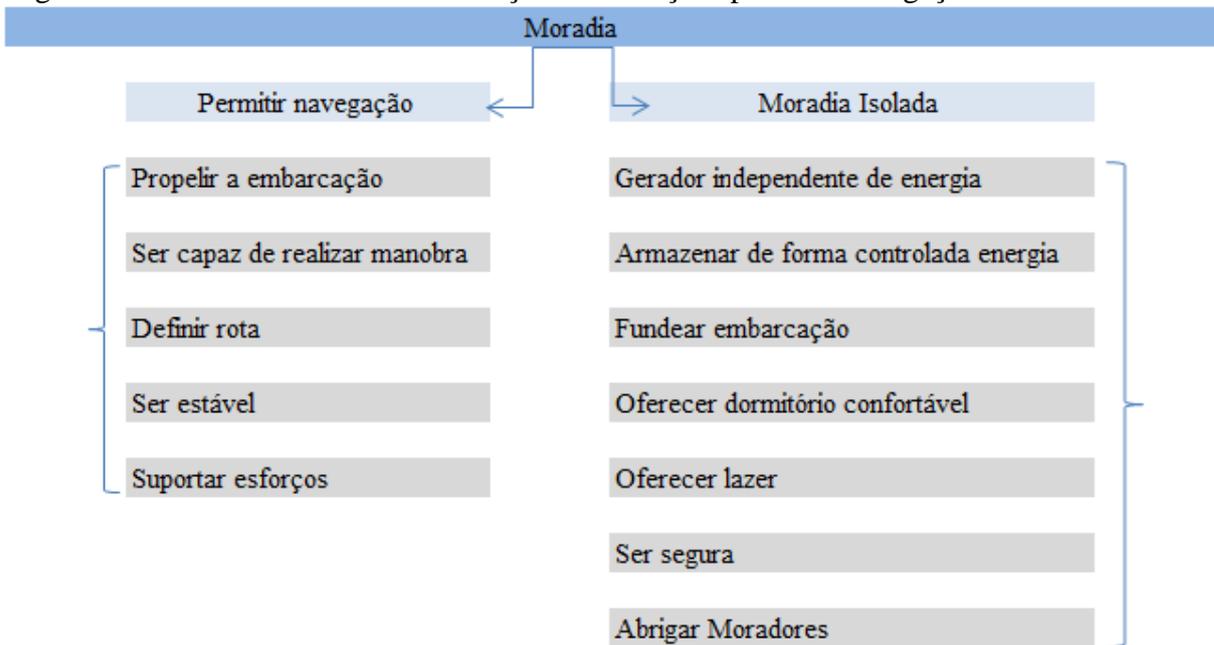
Figura 15- Desdobramento da função global em permitir navegação e moradia isolada



Fonte: Autor (2016).

Após o desdobramento da função global do produto é necessário então aprofundá-lo pra que possam ser propostas soluções para cada característica desdobrada. Deste modo, ocorreu a abertura das funções listadas em sub funções conforme a Figura 16.

Figura 16- Desdobramento em sub funções das funções permitir navegação e moradia isolada



Fonte: Autor (2016).

De forma reduzida e simplificada, na Tabela 7 são descritos cada sub função listada na Figura 16, pois é necessário ter claro cada objetivo, visando nortear o processo de criação e seleção de soluções. Para que quando forem geradas as alternativas de soluções, possam ser criadas possibilidade que cubram todos os aspectos desejados.

Tabela 7 - Lista de funções e objetivos

Função	Objetivo
Propelir a embarcação	Permitir movimentação da embarcação
Ser capaz de realizar manobra	Dar direção ao movimento
Definir rota	Permitir o morador escolher seu destino
Ser estável	Garantir flutuação e ter capacidade de retorno em situações de abalroamento
Suportar esforços	Fornecer a resistência estrutural necessária á casa

Continua (...)

Função	Objetivo
Gerar independentemente energia	Capacidade de geração de energia elétrica sem conexão com rede externa
Armazenamento controlado de energia	Fazer o armazenamento da energia elétrica para manutenção da casa
Fundear a embarcação	Prender a casa para que ela não fique a deriva
Oferecer dormitórios confortáveis	Fornecer camas para cada indivíduo
Oferecer lazer	Permitir comunicação e entretenimento
Ser segura	Passar confiança ao morador
Abrigar moradores	Ser seca, permitir a passagem de dia e noite

Fonte: Autor (2016).

Como mencionado, após a compreensão da função do produto assim como seu objetivo, é possível propor alternativas de concepção. A técnica usada na geração de soluções consistiu de reuniões de Brainstorming, onde o foco foi o processo criativo de geração de ideias.

A Tabela 8 sintetiza as ideias geradas através da Matriz Morfológica. A qual representa em sua primeira coluna as funções identificadas na estruturação funcional e em cada linha são apresentados os princípios de solução para cada função (ROZENFELD, 2010).

Tabela 8- Princípios de solução para cada função

Função	Princípios de solução			
Propelir a embarcação	Motor de popa - elétrico	Motor de centro - combustão	Motor de popa - combustão	
Ser capaz de realizar manobra	Hélice e leme	Hidro jato	Hélice azimuthal	
Definir rota	Visual	Mapa	GPS	
Ser estável	Flutuadores PEAD	Imersão de partes da casa	Flutuadores PEAD com bolina	Conceito de plataforma semi-submersível
Suportar esforços	Alumínio	Aço	Fibra reforçada	Fibrocimento

Continua (...)

Função	Princípios de solução			
Gerar independentemente energia	Energia solar	Energia das correntes do mar (ou subaquática)	Energia do vento	Motor de combustão
Armazenamento controlado de energia	Baterias Chumbo ácido	Baterias Lítio	Baterias Cloreto de sódio	
Fundear a embarcação	Ancoras	Amarras		
Oferecer dormitórios confortáveis	Quarto casal + 2 quartos individuais	Quarto casal + 1 quarto duplo	Suíte + 1 quarto duplo	4 quartos individuais
Oferecer lazer	Internet	Televisão + DVD	Vídeo game	Jogos de tabuleiro
Ser segura	Iluminação adequada	Sistema de combate a incêndio	Sistemas de comunicação: AIS, VDR, radios	
Abrigar moradores	Tenda de lona	Casa estruturada e sólida		

Fonte: Autor (2016).

Posteriormente os princípios podem ser agrupados e combinados entre si para formar possíveis soluções para o projeto conceitual. A combinação dos princípios de soluções resultou em 5 concepções, as quais são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9- Alternativas de concepções geradas

Função	Concepções				
	Concepção1	Concepção2	Concepção3	Concepção4	Concepção5
Propelir a embarcação	Motor de popa - combustão	Motor de centro - combustão	Motor de popa – elétrico	Motor de popa - elétrico	Motor de popa – elétrico
Ser capaz de realizar manobra	Hélice e leme	Hidro jato	Hidro jato	Hélice e leme	Hélice e leme
Definir rota	Mapa	GPS	GPS	Visual	Visual

Continua (...)

Função	Concepções				
Ser estável	Flutuadores PEAD	Imersão de partes da casa	Flutuadores PEAD com bolina	Conceito de plataforma semi- submersível	Imersão de partes da casa
Suportar esforços	Alumínio	Aço	Fibra reforçada	Aço Fibrocimento	Aço
Gerar independentemente energia	Energia solar	Energia das correntes do mar	Energia do vento	Energia solar	Energia solar
Armazenamento controlado de energia	Baterias	Baterias	Baterias	Baterias	Baterias
Fundear a embarcação	Ancoras	Amarras	Ancoras	Ancoras Amarras	Ancoras Amarras
Oferecer dormitórios confortáveis	Quarto casal + 2 quartos individuais	4 quartos individuais	Suíte + 1 quarto duplo	Suíte + 1 quarto duplo	Quarto casal + 1 quarto duplo
Oferecer lazer	Internet Vídeo game Televisão DVD	Internet Vídeo game Televisão DVD	Internet	Jogos de tabuleiro Televisão Internet DVD	Jogos de tabuleiro Televisão Internet DVD
Ser segura	Iluminação adequada Sistema de combate a incêndio Sistemas de comunicação				
Abrigar moradores	Tenda de lona	Casa estruturada e sólida	Casa estruturada e sólida	Casa estruturada e sólida	Casa estruturada e sólida

Fonte: Autor (2016).

Cada solução deve ser analisada cuidadosamente, tendo como objetivo principal a seleção de uma solução que sirva de conceito para o produto final que será produzido. Tal procedimento ocorre de forma absoluta e/ou relativa. Na comparação relativa, as soluções são comparadas com base em informação, conhecimento ou experiência descrita na literatura. Na ausência de parâmetros de comparação, podem-se comparar as diferentes concepções entre si, indicando vantagens e desvantagens relativas entre as diferentes concepções analisadas.

Segundo Rozendefeld et. al (2010) uma maneira bastante usual de proceder nesta etapa é implantar o Método de Pugh ou Método da matriz de decisão. Neste método são dispostos os critérios de avaliação na primeira coluna da matriz, enquanto que na primeira linha são incluídos as concepções a serem comparadas.

O preenchimento da matriz se dá de forma simples, em que é marcado (+) para a solução que é dita *melhor que a referência*, (-) para a solução vista como *pior que* e (S) para a solução *igual a*.

Por fim, são somados os valores de (+),(-) e (S), a solução que apresentar maiores números de (+), ou então a que exceder mais o número de (+) em relação a (-) pode ser considerada como a mais adequada.

Também existe uma variação do método em que são dimensionados pesos de importância para cada um dos critérios avaliadores, fazendo com que além da classificar qual solução é melhor em determinado critério, estabelece-se uma métrica de quanto esse critério é importante na definição da solução de projeto.

Usualmente, a importância de cada critério deve ser retirada através da matriz QFD apresentada no projeto informacional. No entanto, percebeu-se a necessidade de se definir novos critérios, que surgiram em decorrência do processo iterativo de avaliação das soluções conceituais.

Observou-se também, que nesta primeira fase no projeto, os critérios apresentariam a mesma importância, optando-se assim pela utilização do Método de Pugh. Na Tabela 10 é mostrada a matriz de decisão que descreve a comparação das concepções analisadas.

Tabela 10 Matriz de decisão

Critérios	Concepções				
	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3	Concepção 4	Concepção 5
Dimensões principais	Referência	S	S	S	S
Arranjo interno	Referência	S	S	S	S
Inovador	Referência	+	-	+	+

Continua (...)

Critérios	Concepções				
	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3	Concepção 4	Concepção 5
Resistente a chuva	Referência	S	S	S	S
Resistente ao vento	Referência	S	S	S	S
Área de flutuação	Referência	+	-	+	+
Emissão de poluentes	Referência	-	-	+	+
Elevação da posição vertical de massa	Referência	S	-	S	S
Resistência ao avanço	Referência	-	S	S	-
Cálculos estruturais	Referência	S	S	S	-
Consumo elétrico	Referência	-	+	S	S
Tempo de construção	Referência	S	-	+	S
Preço final	Referência	-	-	+	S
Velocidade de serviço	Referência	S	S	S	-
Dificuldade da tecnologia aplicada	Referência	-	S	+	+
Soma positiva	Referência	2	1	6	4

Fonte: Autor (2016).

Como visto, a concepção 4 foi a que atingiu a maior pontuação positiva e foi escolhida como conceito de projeto. Porém, é perceptível que a proposta 5 se assemelhe muito a esta, por isso foi tomada a decisão que as duas propostas seriam levadas a diante no projeto, para escolha final feita a partir do projeto preliminar. O destaque desses conceitos é discutido a seguir.

Uma das solicitações feitas pela empresa é que a propulsão fosse exclusivamente elétrica, por isso o uso de motores elétricos de popa precisava ser uma das soluções presentes, excluindo qualquer tipo de combustão e o sistema hidro jato.

O uso de hélice combinados com leme é a melhor opção para a velocidade de 3 nós, uma vez que o conjunto pode ser comprado acoplado com o motor de popa, e quando comparado ao uso de hidro jato, possui menor custo de operação e compra. Porém quando analisado em manobra, o hélice tem baixa capacidade de manobra.

A escolha de fazer o posicionamento e definição de rota através de análise visual não representa pontos negativos uma vez que a casa flutuante foi projetada para viagens de

pequeno curso, em áreas abrigadas em que é mantida a visão da terra em todos os momentos, reduzindo, assim, o custo e o consumo de energia dos sistemas a bordo.

Definiu-se a geração de energia através da energia solar, pois é uma forma de abastecimento consolidada no mercado, tornando fácil a aplicação, com menor tecnologia envolvida e tendo menor custo de implantação.

Apesar de ter sido a selecionada, pode-se destacar que a combinação de geração de energia pode ser melhor estudada no futuro, inicialmente foi avaliado a combinação com geradores de energia eólica, porém, a aplicação concentrada de esforços, assim como a elevação da posição vertical do centro de massa afetavam negativamente a estabilidade da casa flutuante, bem como exigiram reforços estruturais.

Já o uso das marés não foi analisado, uma vez que a estrutura flutuante deve ser implantada em regiões abrigada e sem ondas, fazendo com que a geração de energia provavelmente seja pouco significativa.

Vale ressaltar que é importante para o morador ter a consciência que a energia na casa é um bem precioso, sendo reduzida (com a possibilidade de escassez) com a ausência de sol por vários dias, adequando seu consumo à disponibilidade energética a bordo.

Considerou-se também adição de boilers para armazenamento da água aquecida diretamente pela incidência solar, evitando o consumo elétrico de chuveiros.

Outra solução analisada consiste na captação da água da chuva para impedir o acionamento contínuo de bombas de sucção para encher com água os tanques de limpeza.

Por fim, o projeto deve prever grandes áreas abertas na casa para promover a entrada de luz natural, evitando que o consumo de energia elétrica seja maior.

Quanto à promoção do lazer, o uso de internet se faz imprescindível atualmente, visto que comercialmente uma casa sem internet e televisão se torna pouco atrativa ao mercado. Além disso, são propostos o uso de DVD e de jogos de tabuleiro, a fim de também reduzir o uso de energia quando comparado ao uso de vídeo game.

Uma das funções da casa baseia-se na premissa de que esta deve funcionar isolada da rede de abastecimento elétrico, por isso toda energia deve ser armazenada para que nos dias sem sol a casa possa funcionar normalmente, resultando na presença de baterias nos dois conceitos.

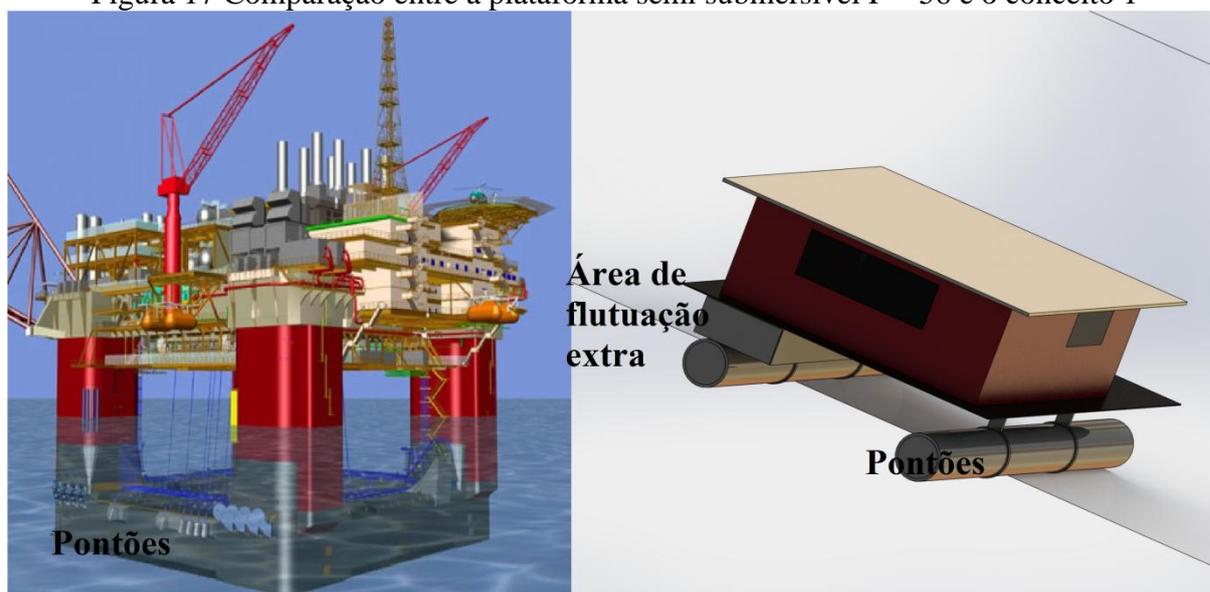
Considera-se que nesse período em que a casa permanece isolada, esta não deve sofrer deslocamento, sendo necessário um sistema de fundeio, composto de ancoras de fixação, evitando que a casa fique à deriva e ofereça risco aos moradores. A embarcação

também deve apresentar amarras para fixação em um cais, onde, por exemplo pode-se realizar o carregamento de baterias.

Ainda pensando na segurança, os conceitos devem possuir iluminação adequada, sistemas de comunicação, sistemas contra incêndio e equipamentos de salvatagem, apesar de não serem exigências para embarcações de pequeno porte, é uma hipótese julgada necessária para inserção.

Na proposta 4 foi sugerida a imersão dos flutuadores como na Figura 17, criando uma distância entre os mesmos e a base da casa, assemelhando-se ao conceito de plataforma semi-submersível com presença de pontões, dessa forma diminuindo a posição vertical do centro de massa, critério importante para garantir a estabilidade estática de estruturas flutuantes.

Figura 17 Comparação entre a plataforma semi submersível P – 56 e o conceito 1



Fonte: Autor (2016) [Plataforma P- 56: Adaptado de WEG (2008)].

Ao criar esse recurso, também é possível gerar área de flutuação extra para garantir empuxo mínimo e margens de segurança de flutuação quando adicionada estruturas entre os pontões e a base da casa. Observa-se também que adicionar flutuadores pode ser necessário visto que a empresa solicitante tem restrições quanto as dimensões dos flutuadores de PEAD.

Aliado a imersão total dos flutuadores, um dos pontos que faz a concepção 4 ser inovadora é o uso do material fibrocimento na industria naval. Basicamente, a construção se daria através de grelhas de aço, ou alumínio (favorável quanto a corrosão e peso) e então a colocação de placas já pronta de fibrocimento.

Tal procedimento diminui o tempo de construção, pois não necessita de soldagem nas paredes da casa, nem mesmo preparação de materiais como na laminação, tornando-se uma possibilidade para em um futuro agilizar a modularização do projeto, algo também constantemente mencionado pelo armador.

O fibrocimento destacou-se na escolha, pois além ter boa estética, é um produto considerado verde, sem amianto, sendo um produto limpo que não emite poluentes e não agride a natureza, nem no seu processo de obtenção, construção, nem mesmo operação. É resistente a impactos mecânicos e a chuva, não é inflamável, não possui problemas com cupim, nem bio-incrustação, não oxida, e o acabamento se dá de forma simples sem restrição no uso de tintas, além de mais leves que o aço. Todas essas informações técnicas são proporcionadas pelo fabricante Brasilit.

Toda estrutura que sustenta a base da casa, na proposta 4 é feita de aço assim como na proposta 5, porém a última necessita que as paredes externas sejam feitas em aço também, devido a pressão hidrostática e o contato direto e constante com água.

Imergir parte da casa também é um recurso que garante o ponto de inovação para a concepção 5. Com o uso do aço, o peso total da casa eleva-se sendo necessários maiores áreas de flutuação, tal exigência pode ser solucionada com imersão de parte da casa, em um conceito similar ao de embarcações tradicionais.

Além de aumentar a área de flutuação, tal característica auxilia na diminuição da posição vertical de massa em relação à linha d'água, melhorando estabilidade do projeto.

É possível notar no mercado que alguns novos conceitos surgiram propondo o uso de imersão para melhorar a estabilidade e principalmente a estética. Ou seja, é mais interessante comercialmente uma casa que não apenas flutue sobre o mar, mas que proporcione ao morador uma experiência incrível: Poder ter contado com a água sob outro ângulo. No caso deste conceito, o usuário pode olhar a vasta natureza através da janela do seu quarto, deitado no conforto da sua cama, como um grande aquário invertido.

Porém imergir parte da casa significa diminuição da segurança para os moradores, uma vez que diferentemente de barcos, não é possível ter anteparas estanques. Logo, quando ocorre uma avaria nas chapas de aço o alagamento se torna inevitável. Por isso, o projeto prevê o uso de flutuadores nas laterais da estrutura e na frente, funcionando como redutores de impactos.

Assim como o uso de paredes duplas com anteparas entre elas, em uma tentativa de evitar a entrada de água no caso de avaria. Os riscos apresentados nesse conceito sinalizam a

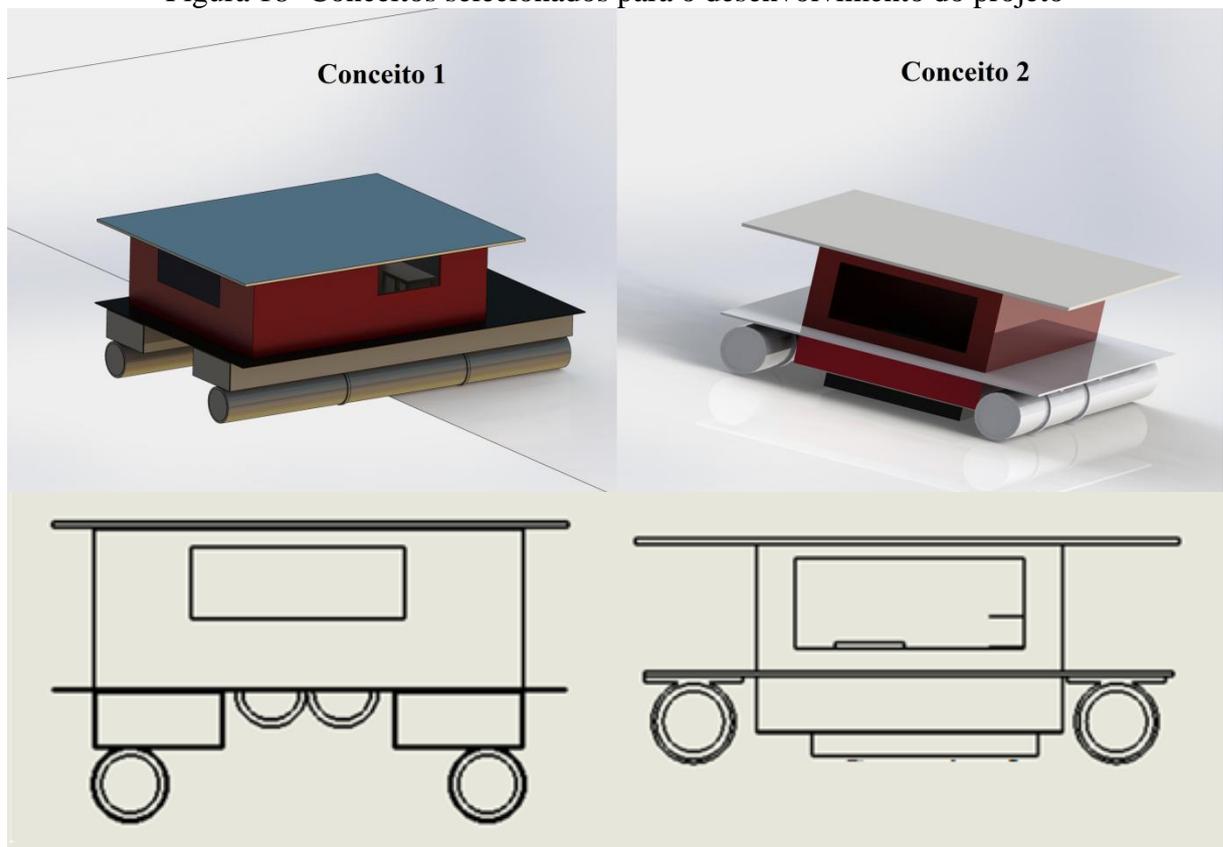
necessidade de uma análise mais elaborada e que deverá ser feita na fase do projeto preliminar.

Mais uma diferença presente entre os conceitos é o arranjo interno. Para a proposta 5 preferiu-se ter apenas um banheiro localizado no quarto de casal. As dimensões principais, dos quartos e lavanderia foram reduzidas para que o peso total fosse reduzido. Dessa forma necessitando menor área de imersão.

Por fim, as duas concepções oferecem abrigo aos moradores através de uma estrutura sólida e não lona, pois esta foi considerada a melhor solução para resistir a chuva, sol, ventos e também para oferecer abrigo, apesar de apresentar maior massa.

Após a análise feita é possível modelar os dois conceitos de produto através do programa SolidWorks. A Figura 18 apresenta o conceito 1, com a imersão total dos flutuadores como em plataformas semi-submersíveis e o conceito 2 a imersão de parte da casa.

Figura 18- Conceitos seleccionados para o desenvolvimento do projeto



Fonte: Autor (2016).

Destaca-se o uso de braçadeiras metálicas para a fixação dos flutuadores na base da casa, sem grandes preocupações com a união de matérias compósitos e metálicos. Os tanques de armazenamento de água e efluentes estão parcialmente acima da linha d'água e também são expostos na Figura 18.

4.3 Projeto Preliminar

Definido o projeto conceitual, deve-se realizar o projeto preliminar do produto. Nesta fase são feitos os cálculos de desempenho e a determinação das características principais que descrevem a solução de projeto, tais como dimensões da geometria e especificação de componentes a bordo.

Para realizar o projeto preliminar é preciso revisar a Tabela 5 em que são mostrados os requisitos de projeto e as metas, visando determinar se o projeto preliminar atende a tais requisitos.

Após realizada tal análise é possível listar os seguintes atributos que devem fazer parte do projeto preliminar: Dimensões principais, Arranjo Interno, Pesos e Centros, Dimensionamento dos Flutuadores PEAD, Estabilidade Transversal, Levantamento de Custos, Resistência ao Avanço, Motorização, Cálculos Estruturais, Sistema Elétrico, Tratamento de Efluentes e Construção.

O passo seguinte é quantificar o grau de importância desses atributos visando estabelecer um procedimento racional, sequencial e iterativo de projeto. Para isto foi utilizada a matriz de influência, que tem o objetivo de comparar os atributos e definir a ordem de prioridade no desenvolvimento do projeto.

A Matriz de Influência do presente projeto encontra-se na Tabela 11, onde os influenciáveis estão à esquerda e os influenciados no eixo superior. Usou-se o valor 0, para atributos que *não tem influência entre si*, e 1 para quando *ocorre influência*.

Tabela 11- Matriz de Influência

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	SOMA
1 Dimensões principais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
2 Arranjo Interno	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
3 Pesos e Centros	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	6
4 Estabilidade	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	5
5 Custos	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4
6 Resistência ao Avanço	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	5
7 Motorização	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	5
8 Cálculos Estruturais	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	4
9 Sistema Elétrico	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	6
10 Efluentes	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	4
11 Construção	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3

Fonte: Autor (2016).

Quanto maior a soma, maior a influência sobre os outros atributos. Logo é conclusivo que o item Dimensões Principais deve ser abordado primeiramente no projeto. De forma análoga estabelece-se a sequência de projeto, a qual é descrita na Tabela 12.

Tabela 12- Sequência de estudos dos atributos

Sequência	Atributo	SOMA
1	Dimensões principais	10
2	Arranjo Interno	7
3	Sistema Elétrico	6
4	Pesos e Centros	6
5	Estabilidade	5
6	Resistência ao Avanço	5
7	Motorização	5
8	Cálculos Estruturais	4
9	Efluentes	4
10	Custos	4
11	Construção	3

Fonte: Autor (2016).

O item Sistema Elétrico obteve a mesma importância que o item Pesos e Centros, sendo então comparados entre si. Nesse caso em particular foi adotado que primeiramente seria realizado o dimensionado do sistema elétrico, uma vez que este afeta significativamente os pesos e os centros da embarcação. O mesmo procedimento foi realizado para os demais atributos que obtiveram pontuações iguais na matriz de influência.

É importante observar que projetos navais são iterativos, pois a determinação de cada sistema afeta diretamente o desempenho dos demais sistemas. Logo, representar o processo de projeto por meio da espiral de Evans é um recurso que auxilia na visualização e realização do sequenciamento do projeto. Os pontos da espiral marcam o início da análise de um atributo, sendo refinado a cada volta na espiral. Na Figura 19 é representada a espiral do projeto da casa flutuante elaborada com base no sequenciamento descrito na Tabela 12.

É importante observar que, conforme descrito anteriormente, o projeto preliminar será realizado para 2 conceitos diferentes, selecionados ao final do projeto conceitual.

Figura 19- Espiral de projeto da casa flutuante



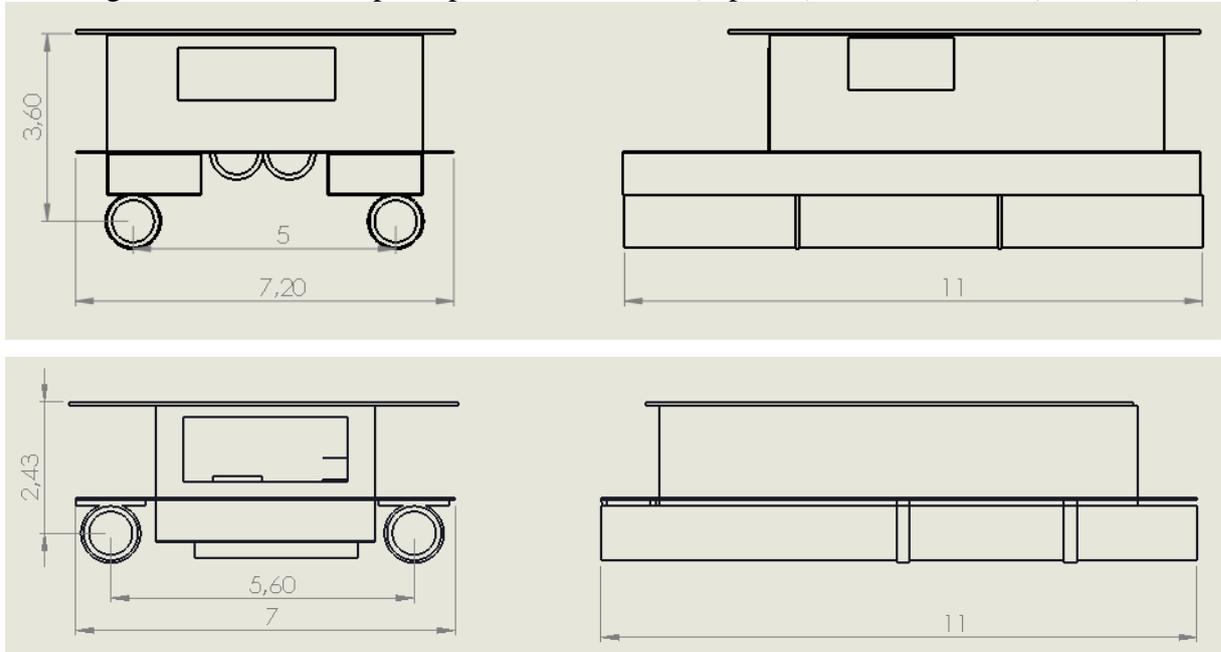
Fonte: Autor (2016).

4.3.1 Dimensões Principais

Projetos navais comumente procuram por embarcações semelhantes para a determinação desta etapa. No entanto, a baixa quantidade de informações sobre embarcações semelhantes, bem como o fato de que, conforme discutido no projeto informacional existe uma limitação de comprimento dos flutuadores, sugerem o uso de um método racional para a determinação das dimensões principais. Ou seja, a intenção é elaborar um projeto único, com dimensões adequadas às premissas estabelecidas no projeto informacional.

A partir das medidas dos flutuadores, foi possível determinar a dimensão da base da casa, expostas na Figura 20, sendo o conceito 1 apresentado na parte superior e o conceito 2 na inferior.

Figura 20- Dimensões principais do conceito 1 (superior) e do conceito 2 (inferior)



Fonte: Autor (2016).

4.3.2 Arranjo Interno

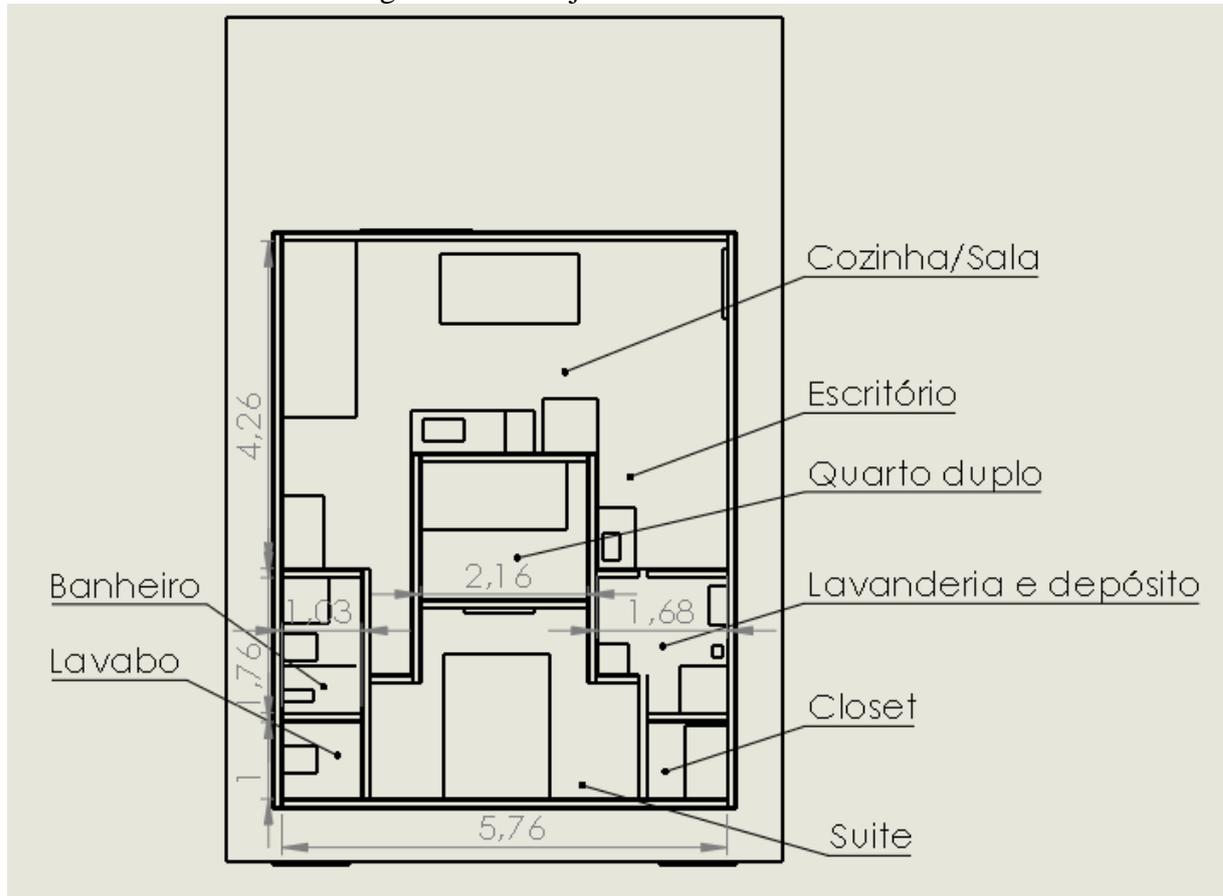
Cada projeto tem sua singularidade e o arranjo interno traduz os desejos, ou a função de uma embarcação. Neste caso, deseja-se que embarcação seja, de fato, semelhante a uma casa. Focando nisso, foi feito um modelo simplificado para realizar a disposição dos quartos, sala, cozinha, banheiro, lavanderia, dispensas e móveis.

Para isso, foram adotadas as dimensões mínimas provindas do projeto conceitual, como altura de pé direito e largura de corredores e portas. Também nessa etapa houve um processo de busca em catálogos eletrônicos das dimensões usuais de móveis e componentes de uma casa.

A partir da coleta de todas as dimensões foram gerados modelos de arranjo interno para cada conceito estudado, realizadas com o auxílio do programa SolidWorks. A elaboração do arranjo possibilitou a consolidação das dimensões principais da embarcação, além de fornecer uma primeira ideia do produto final.

A Figura 21 mostra o arranjo interno para o conceito 1, com as dimensões adotadas, sendo esta uma proposta mais espaçosa e equipada com mais itens. Todas as dimensões são descritas em metros. O descrição do arranjo interno pode ser encontrada no *APÊNDICE A: Arranjo interno 3D*.

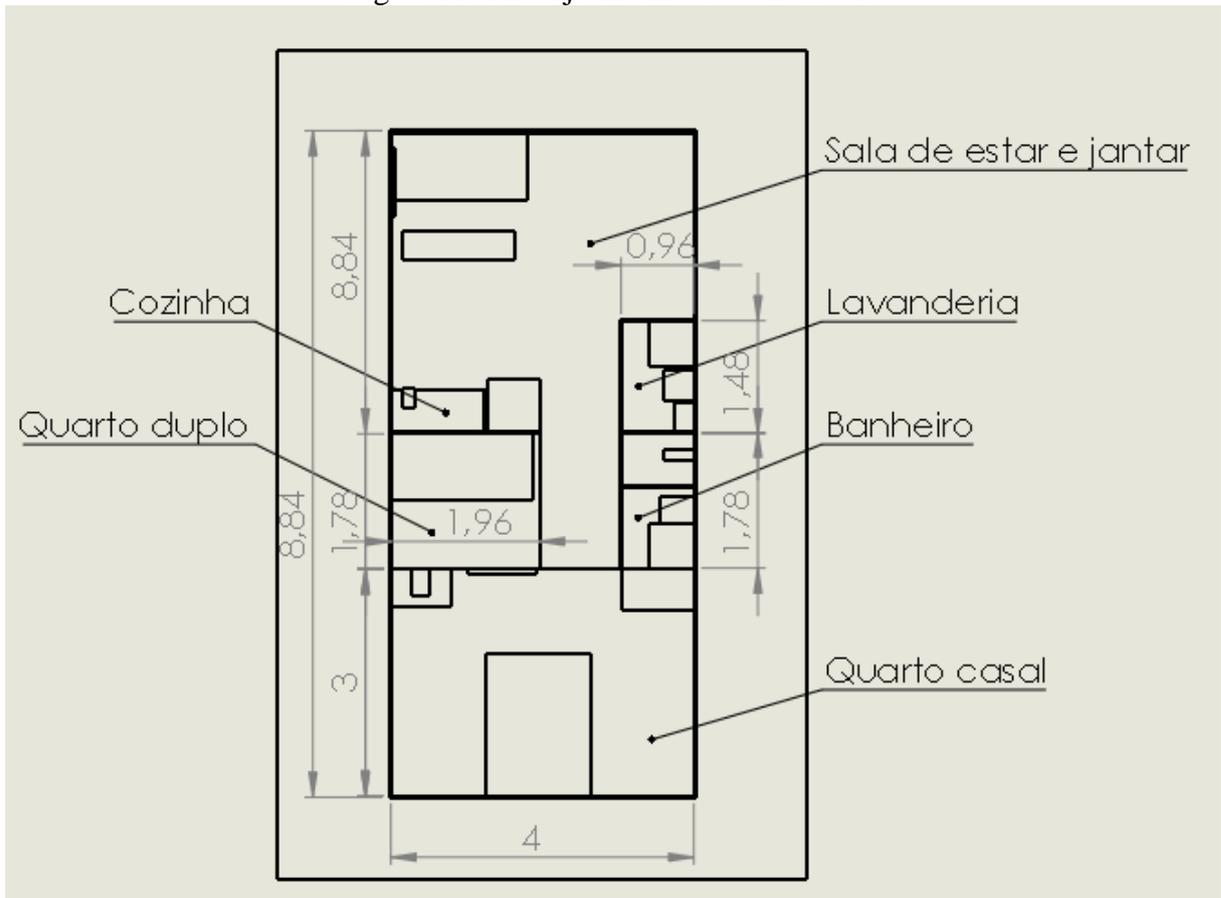
Figura 21- Arranjo interno do conceito 1



Fonte: Autor (2016).

Já o conceito 2 é exibido na Figura 22. Como pode-se perceber, este arranjo possui alguns itens a menos, e possui dimensões internas menores. Tal fato se deve ao material de construção, pois como a casa 2 é de aço, houve a necessidade de reduzir a massa dos itens a bordo.

Figura 22- Arranjo interno do conceito 2.

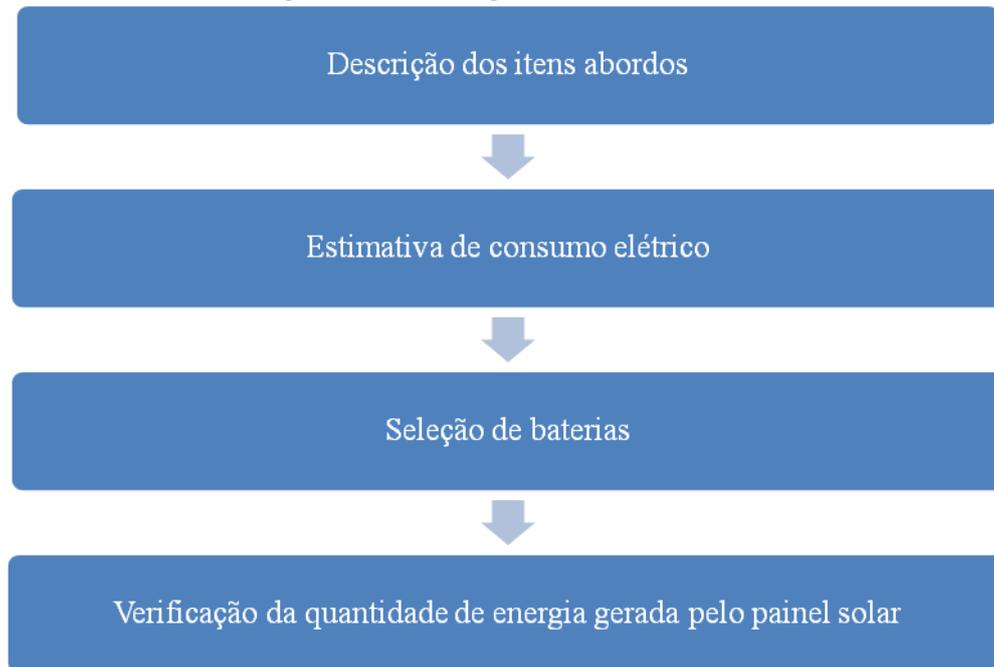


Fonte: Autor (2016).

4.3.3 Sistema Elétrico

O dimensionamento elétrico ocorreu baseado na presença de dois sistemas, o primeiro sendo aquele de consumo geral da casa e o segundo o sistema elétrico necessário para a propulsão da embarcação. Esta secção será dedicada à apresentação do dimensionamento do primeiro caso, que ocorreu conforme o fluxograma apresentado na Figura 23.

Figura 23 – Fluxograma do sistema elétrico



Fonte: Autor (2016).

Para iniciar o projeto elétrico é necessário listar todos os itens que um indivíduo precisa em sua moradia. Neste projeto optou-se pela divisão da casa em grupos para melhor visualização do projetista, identificando consumidores elétricos em cada um deles.

Posteriormente buscou-se informações da potência nominal de cada equipamento com o auxílio de manuais e dados técnicos em sites de venda. Fez-se a estimativa de tempo de uso em horas por dia, quantidade de dias no mês e o número de equipamentos em operação.

Especialmente para o grupo Iluminação o cálculo da quantidade de elementos deve ser feito conforme a Equação 2 com base na razão entre quantidade de lumens necessária e a quantidade de lumens fornecida pela lâmpada para dada área em metros quadrados a ser iluminada, bem como o lux exigido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (2013) apresentado no *ANEXO B: Valores de Iluminância exigidos pela ABNT* Para este projeto foi adotado lâmpadas de LED de 15W com 1470 lúmens e eficiência luminosa de aproximadamente 98%.

$$n^{\circ}_L = \frac{LUX_{norma} * a}{l_f} \quad (2)$$

De posse de todas essas informações, o primeiro objetivo foi a obtenção do consumo elétrico total por dia e por mês, representado pelo somatório das parcelas individuais diárias e mensais de cada item conforme a Equação 3 e 4 respectivamente, dados em kWh.

$$Cm_d = Pot_n * H_{ud} * U_s \quad (3)$$

$$Cm_m = Cm_d * D_{um} \quad (4)$$

A Tabela 13 mostra os itens consumidores selecionados após passar pela aprovação da empresa solicitante. Também é apresentada a potência nominal, e os parâmetros escolhidos para o projeto. Vale destacar que todos os itens foram comparados com dados reais disponibilizados pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)⁴, os dados que se mostraram discrepantes foram alterados pelos valores de referência. O motor não entrou na lista de consumidores, pois a este será dedicado um sistema elétrico de propulsão separado.

Tabela 13 - Consumo elétrico da casa flutuante

Grupo	Consumidor	Potência Nominal	Horas de uso/dia	Dias de uso	n° em serviço	Fator de carga	Potência Absorvida	Consumo médio mensal	Consumo médio diário	Situação
-	-	kW	h	-	uni	-	kW	kWh	kWh	-
Cozinha	Geladeira	0,5	2	30	1	0,08	0,04	39,6	1,32	Aprovado
	Fogão	3,00	1,00	30	1	0,04	0,13	90,00	3,00	Aprovado
	Microondas	0,62	0,25	30	1	0,01	0,01	4,65	0,16	Aprovado
	Forno	1,75	1,00	10	1	0,04	0,07	17,50	1,75	Aprovado
	Liquidificador	0,90	0,30	15	1	0,01	0,01	0,80	0,05	Aprovado
	Cafeteira	0,55	1,00	30	1	0,04	0,02	16,50	0,55	Aprovado

Continua (...)

⁴<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>

Grupo	Consumidor	Potência nominal	Horas de uso/dia	Dias de uso	n° em serviço	Fator de carga	Potência absorvida	Consumo médio mensal	Consumo médio diário	Situação
-	-	kW	h	-	uni	-	kW	kWh	kWh	-
Sala	Notebook	0,08	2,00	30	1	0,08	0,01	4,80	0,16	Aprovado
	Carregador tel	0,07	2,00	30	4	0,08	0,02	16,80	0,56	Aprovado
	Condicionador de ar	5,04	8,00	30	0	0,33	0,00	0,00	0,00	Eliminado
	DVD / blu ray	0,03	2,00	8	1	0,08	0,00	0,48	0,06	Aprovado
	TV 40"	0,10	5,00	30	1	0,21	0,02	15,00	0,50	Aprovado
Lavanderia	Maq de lavar	0,26	1,00	12	1	0,04	0,01	3,12	0,26	Aprovado
	Maq de secar	4,80	0,25	5	0	0,01	0,00	0,00	0,00	Eliminado
	Aspirador de pó	0,70	0,25	30	1	0,01	0,01	5,25	0,18	Aprovado
	Ferro de passar	1,20	1,00	12	0	0,04	0,00	0,00	0,00	Eliminado
Iluminação	Externa	0,02	6,00	30	1	0,25	0,00	2,70	0,09	Aprovado
	Cozinha/sala	0,02	8,00	30	6	0,33	0,03	21,60	0,72	Aprovado
	Quartos solt	0,02	6,00	30	2	0,25	0,01	5,40	0,18	Aprovado
	Quarto casal	0,02	6,00	30	2	0,25	0,01	5,40	0,18	Aprovado
Banheiro	Banheiro	0,02	5,00	30	1	0,21	0,00	2,25	0,08	Aprovado
	Lavanderia	0,02	3,00	30	1	0,13	0,00	1,35	0,05	Aprovado
	Chuveiro****	5,50	1,00	30	0	0,04	0,00	0,00	0,00	Boiler
	Barbeador	0,01	0,15	15	1	0,01	0,00	0,03	0,00	Aprovado
Quartos	Secador de cab	2,00	0,20	30	0	0,01	0,00	0,00	0,00	Eliminado
	Ventilador	0,13	8,00	30	2	0,33	0,09	17,50	0,58	Aprovado
	TV 40"	0,10	5,00	30	1	0,21	0,02	15,00	0,50	Aprovado
+	Condicionador de ar	2,52	8,00	30	0	0,33	0,00	0,00	0,00	Eliminado
	Dessanlizador	0,74	1,50	30	1	0,06	0,05	33,08	1,10	Aprovado
POTÊNCIA TOTAL - CONSUMIDORES							0,56	318,80	12,02	

Fonte: Autor (2016).

Com visto na Tabela 13 existe a coluna fator de carga. Este pode ser definido como a relação entre o que é consumido e fornecido, descrita pela Equação 5 Também se fez presente a coluna da potência absorvida pelo sistema, conforme a Equação 6.

$$FC = \frac{Pot_n * H_{ud}}{Pot_n * 24h} \quad (5)$$

$$Pot_{abs} = Pot_n * FC * U_s \quad (6)$$

Apesar destas duas colunas não serem usadas posteriormente no projeto (porque o armador exigiu que nenhuma forma de combustão fosse usada), o dado gerado pelo somatório da potência absorvida, em kW, proporciona ao engenheiro a seleção de um gerador.

O procedimento se dá de forma simples, ao procurar através de catálogos um gerador que apresente potência igual ou superior. Caso a empresa mude o conceito, ou necessite fazer uso de geradores de emergência este dado já se faz conhecido.

Tendo conhecimento que é dispensável a igualdade entre geração de energia e consumo elétrico devida a presença de armazenadores, o próximo passo deve ser o cálculo da quantidade de baterias.

Primeiramente escolheu-se a tecnologia utilizada no banco de baterias, no caso chumbo-ácido por apresentar menor custo. Também optou-se pelo gel e ciclo profundo. A característica de ciclo profundo permite grandes profundidades de descarga sem comprometer o funcionamento da bateria, enquanto que o uso do gel permitir que funcione em qualquer posição, sendo imune a eventuais movimentos da embarcação.

Na sequência assumiu-se a hipótese de que o consumo total diário em Wh apresentado na Tabela 13 é constante durante 24h, gerando um valor de potência média do sistema como visto na Equação 7.

$$P_m = \frac{Cm_d}{24h} \quad (7)$$

Tendo como base a tensão média do sistema em 220 V é possível conhecer a corrente presente na casa flutuante através da Equação 8.

$$I_m = \frac{P_m}{U} \quad (8)$$

Em seguida pode-se multiplicar a corrente pelo tempo de uso em horas, obtendo a capacidade exigida em Ah da bateria. Para este procedimento adotou-se o tempo de uso de 20h, devido os catálogos trazerem a capacidade (C20) baseada neste valor. Assim tem-se a Equação 9.

$$C = I * 20h \quad (9)$$

Com o valor da capacidade pode-se procurar em catálogos baterias que apresentem a mesma capacidade. Porém, as baterias possuem valores restritos, logo deve-se selecionar aquelas que permitem ser ligadas em série garantindo a manutenção da tensão e a soma da capacidade.

Neste projeto o dimensionamento de armazenamento fez a consideração de que se deve manter o funcionamento integral da casa durante o período de 5 dias com ausência de geração de energia. Então o número de baterias foi determinado pela Equação 10.

$$n_b = \frac{C * D_{us}}{C_{20h}} \quad (10)$$

A Tabela 14 faz a síntese do processo de escolha de baterias, apresentando os dados e resultados obtidos apenas para o consumo geral da casa, pois o dimensionamento de baterias para o funcionamento do motor será apresentada na *seção 4.3.7 Motorização* após a seleção do motor.

Tabela 14- Escolha de baterias para o consumo geral da casa

Características de consumo	
Consumo elétrico diário - Energia [Wh]	12021,0
Consumo médio [W]	500,9
Tensão do sistema [V]	220,0
Corrente do sistema [A]	41,7
Características de consumo	
Horas de operação [h]	24
Capacidade exigida [A 20h]	835
Características da Bateria	
Bateria escolhida	ES2400 - GEL
Capacidade [Ah] (C20h)	210
Peso [kg]	67
Características do sistema	
Dias de consumo exclusivo	5
Quantidade de baterias	20
Peso total [kg]	1340

Fonte: Autor (2016).

Por fim analisou-se a geração de energia para abastecimento da casa. O primeiro passo consiste em procurar fabricantes e listar modelos, a potência nominal, a tensão, a área e

a eficiência de cada um dos módulos, conforme apresentado na Tabela 15. O cálculo da corrente segue o procedimento descrito na equação 8.

Tabela 15- Características dos módulos avaliados

Fabricante	Modelo (STC)	Pot. Nominal [W]	Tensão [V]	Corrente [A]	Eff [%]	Área do mod. [m ²]
Bosch Solar Energy	μm-Si 115	115	104,0	1,11	8,00	1,4
Shurjo Energy Private Limited	SE100MP- EB1410B	100	16,7	5,99	10,55	0,9
BP Solar	BP Apollo 980	80	32,3	2,48	8,60	1,2
Solar Frontier	SC85H- EX-A	85	42,5	2,00	10,70	0,8
Soltech	1STH-230- P	230	-	-	14,70	1,6
SunPower	SPR- 440NE- WHT-D	440	72,9	6,04	20,40	2,2

Fonte: Autor (2016).

Depois fez-se a verificação da área disponível para a implantação dos painéis solares, com este valor prevê-se a quantidade de módulos que serão usados através da Equação 11, considerando a área disponível de 70 m² para todos os casos.

$$n_m^e = \frac{A_d}{A_m} \quad (11)$$

A potência instalada em kW pode ser expressa de duas maneiras: a primeira, Equação 12 em função do número de módulos. A segunda, Equação 13 corrigida em função da eficiência dos módulos.

$$P_i = n_m^e * Pot_{nm} \quad (12)$$

$$P_i = A_d * Eff \quad (13)$$

Existe essa diferenciação devida a primeira hipótese não levar em consideração espaçamento entre módulos dificultando a manutenção em grandes áreas. Porém em uma análise preliminar as duas formas de cálculo foram feitas sem considerar o espaçamento entre módulos.

Em seguida calculou-se a corrente do painel solar, a partir do somatório de corrente dos módulos individuais, apresentado pela Equação 14.

$$I_p = I_m * n_m \quad (14)$$

Dessa forma calcula-se quanta energia, em MWh, a combinação de módulos projetada pode fornecer conforme Equação 15. Para isso é preciso conhecer a irradiação (G), aqui adotada como 1000 W/m² caracterizando a condição de projeto do módulo (STC) segundo os fabricantes. Também foi selecionada a taxa de performance (PR) usual de 0,75 kWh/kWp e o valor de H_{tot} de 1900 kWh/m² baseada na localidade de Santa Catarina conforme o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2008).

$$E_{ff} = \frac{P_i * PR * H_{tot}}{G} \quad (15)$$

Depois verifica-se qual o tempo médio de incidência de sol na localidade escolhida. Para Santa Catarina, segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil publicado pela Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL (2008), esse valor corresponde a 5h. A multiplicação entre a incidência solar com a corrente fornecida pelo painel obtém a capacidade fornecida pelo sistema, em Ah.

Com a razão entre a capacidade fornecida por dia e a exigida pelos armazenadores por dia (mostrado na Tabela 14) tem-se uma estimativa de quanto tempo leva-se para carregar as baterias, apresentada na Tabela 16.

Tabela 16- Dias para carregar o conjunto de baterias

Fabricante	Fornecido sis [Ah]	Cap exigida [Ah]	Dias para carregar
Bosch Solar Energy	265,38	834,79	4,00
Shurjo Energy	2185,63	834,79	0,38
BP Solar	705,88	834,79	1,18
Solar Frontier	880,00	834,79	0,95
Soltech	-	834,79	-
SunPower	844,99	834,79	0,86

Fonte: Autor (2016).

Por decisão do autor preferiu-se descartar aquelas que demorassem mais que um dia para carregar o conjunto de baterias, dessa forma os fabricantes Bosch Solar Energy e BP Solar foram descartados do projeto, assim como o Soltech por não possuir todos os dados necessários para o projeto.

A seleção foi feita baseando-se no menor tempo de carregamento, combinado com a melhor relação entre peso e custos (o processo de obtenção de custos será apresentado com maiores detalhes na *seção 4.3.10 Custos*).

Na Tabela 17 apresentam-se a comparação entre fabricantes, sendo listados o peso total, o preço e a energia gerada. A análise resultou na escolha do fabricante Shurjo.

Tabela 17 – Comparativo final de fabricantes de painel solar

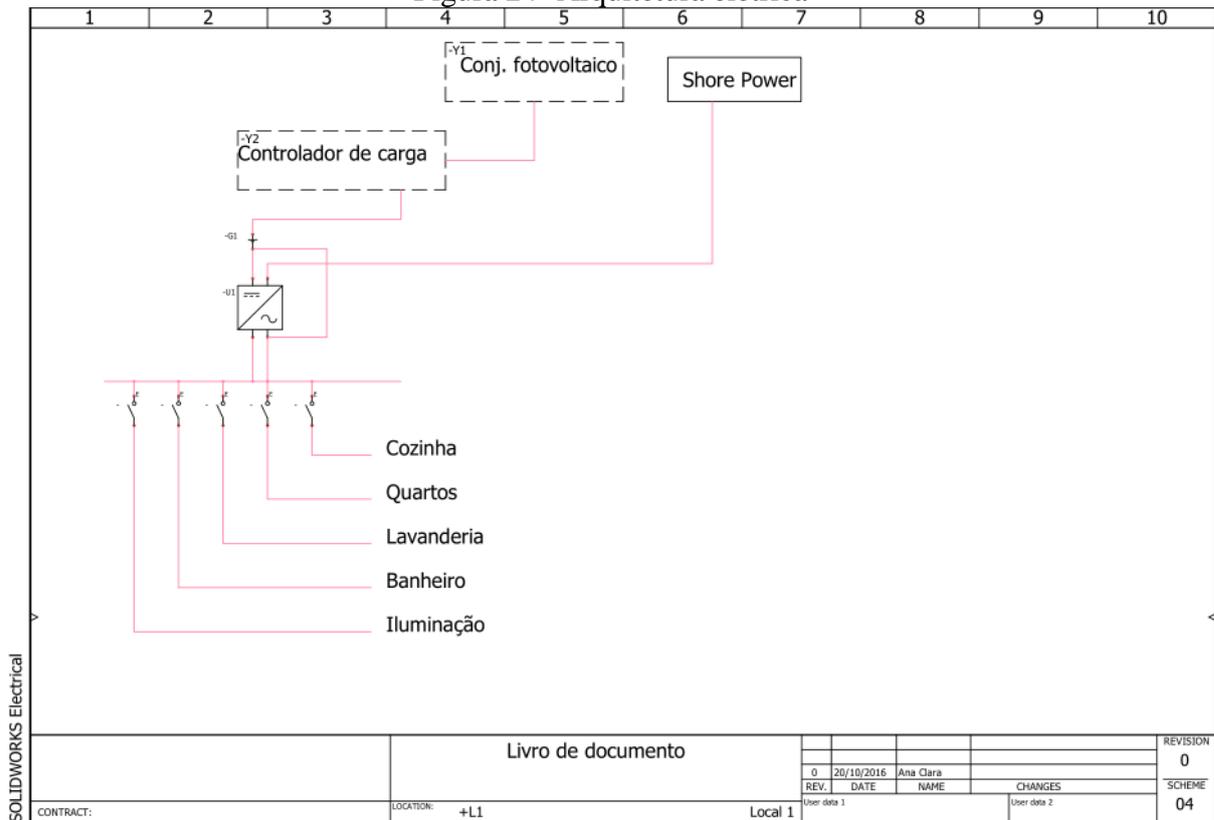
Fabricante	Peso total [kg]	Preço Total [R\$]	Peso/Preço	E(Eff) [MWh]
Shurji	912,5	4.978,90	18,33	10,4
Solar Frontier	1091,2	5.352,31	20,39	10,7
SunPower	812,8	6.655,12	10,69	20,3

Fonte: Autor (2016).

Como visto na Tabela 16 o fabricante escolhido tem uma margem para carregamento em um dia, o que possibilitou a variância de área até o valor mínimo de 50m². Tal área garante que o conjunto de baterias seja carregado para o valor de consumo de dois dias, além de diminuir os custos e a massa total do sistema, o que é importante para o equilíbrio e estabilidade da embarcação.

O resultado obtido através do projeto elétrico pode ser expresso de forma gráfica através da arquitetura elétrica com o auxílio do programa SolidWorks Electrical, conforme mostrado na Figura 24.

Figura 24- Arquitetura elétrica



Fonte:Autor (2016).

O conjunto fotovoltaico deve alimentar o conjunto de baterias de consumo geral da casa G1, onde há a necessidade do uso de controladores de carga para garantir o bom funcionamento do sistema, sem que haja sobrecarga dos painéis ou armazenadores de energia, além do controle de tensão que muda entre as baterias e painéis.

Em particular para G1 é imprescindível o uso de inversores, U1, pois a corrente fornecida pelas baterias é contínua e os consumíveis acoplados a este barramento exigem corrente alternada.

Destaca-se o uso do shore power, funcionando como uma conexão externa para o carregamento da casa. Dessa forma é possível o morador navegar até um píer, atracar a casa e carregá-la quando necessário.

4.3.4 Pesos e Centros

A determinação dos pesos e centros de uma embarcação é etapa fundamental para a verificação da estabilidade, sendo importante determinar todos os pesos e a posição de cada um dos mesmos de maneira criteriosa.

Na elaboração do arranjo interno determinou-se o conjunto de móveis e objetos, bem como a posição de cada componente ao longo da embarcação, enquanto que no projeto elétrico foram definidos os componentes que compõem o sistema de geração e armazenamento elétrico instalado na embarcação.

O centro de massa pode ser calculado listando todos os pesos e suas posições individuais, o somatório dos braços de alavanca dividido pelo peso total revela o centro. Porém tal procedimento despende tempo e promove a inserção de erros.

Então, a técnica usada na determinação dos centros de massa consistiu em utilizar o modelo CAD do arranjo da embarcação para incluir os componentes de massa, fazendo com que o programa fosse capaz de determinar as características inerciais da casa (massa, centro de massa e momentos de inércia) de maneira numérica.

A modelagem CAD consistiu na criação de objetos em forma de caixas com as dimensões de largura, comprimento e altura, aos quais foram adicionadas a densidade de maneira a representar a massa de cada objeto a bordo. Parte desse processo encontra-se descrito no *APÊNDICE B: Simplificação para inserção dos pesos via programa*.

Sabendo da importância da simetria nos eixos transversais e longitudinais para o equilíbrio estático de uma embarcação, os pesos fixos foram dispostos no arranjo a fim de garantir esse critério, deixando a avaliação da influência dos moradores para ser realizada durante a análise de estabilidade da embarcação.

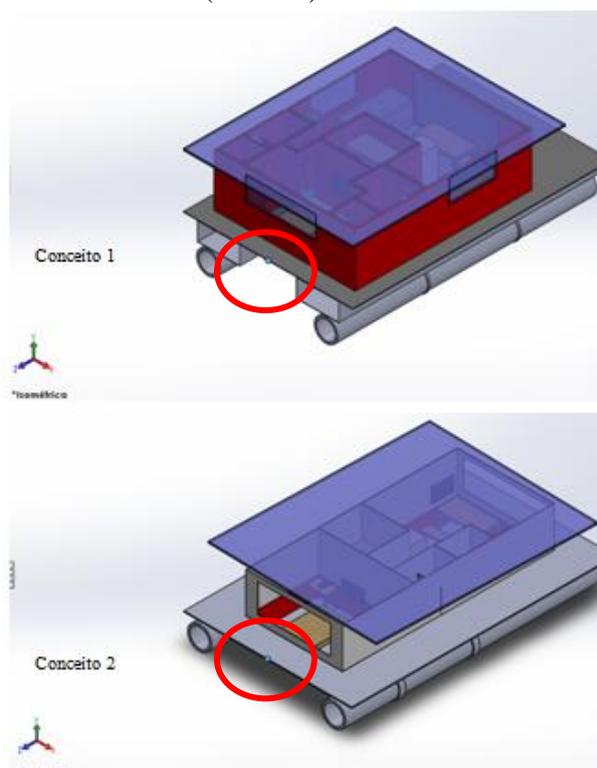
Na Tabela 18 são mostrados os resultados da análise de pesos e centros aplicada aos dois conceitos em projeto, tendo como base o sistema de coordenadas mostrado na Figura 25.

Tabela 18- Posições do centro de massa

	Massa [kg]	LCG [m]	VCG [m]	TCG [m]
Conceito 1	36.778,47	5,50	-0,30	0,00
Conceito 2	35.250,67	5,57	-0,15	0,03

Fonte: Autor (2016).

Figura 25- Ponto de referência adotado na modelagem para o conceito 1 (superior) e conceito 2 (inferior)



Fonte:Autor (2016).

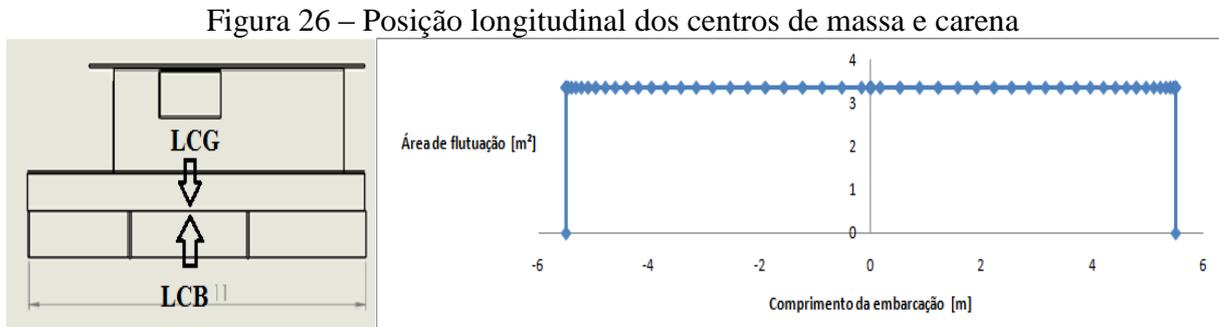
4.3.5 Estabilidade

A estabilidade relaciona posições do centro de massa e flutuação, por isso se faz primeiramente a garantia de flutuação segura para a estrutura. Lembrando que o comprimento disponível para os flutuadores PEAD é de 12 m, porém o comprimento responsável pelo empuxo é de 11m porque os flutuadores foram seccionados e parte deles é reservada ao armazenamento de água e tratamento de efluentes.

No conceito 1 verificou-se que apenas as dimensões dos flutuadores PEAD não são capazes de gerar o empuxo mínimo no *APÊNDICE C: Conceito instável* encontra-se o exemplo da geometria. Por esse motivo são implantadas caixas de flutuação extra acima dos mesmos. A composição garante empuxo igual ao peso, para o calado de 1,5m com 0,3m de borda livre, respeitando assim a norma British Columbia Float Home Standard (2003).

Já para o conceito 2 o empuxo é gerado pela combinação das áreas imersas da casa e flutuadores tubulares, para o calado de 0,8m, também com a margem de 0,3m entre a base da casa e a linha d'água.

Devida a área de flutuação constante durante todo o comprimento dos flutuadores pode-se observar na Figura 26 que a posição longitudinal do centro de carena (LCB) encontra-se a meia nau.



Fonte: Autor (2016).

Como projetou-se a distribuição dos objetos para que a posição longitudinal do centro de massa também ficasse a meia nau como visto anteriormente na Tabela 18, inicialmente a casa não apresenta trim e banda para o conceito 1 e uma leve inserção dos mesmos para o conceito 2, porém, respeitando as condições impostas conforme mencionado por Nogueira (2002), em que o ângulo aceitável para essas inclinações seriam de até 2°.

Definidas as áreas de flutuação iniciou-se a avaliação da estabilidade. Nesta etapa foi avaliada a estabilidade transversal porque esta é a maior responsável por emborcamentos, na condição intacta e estática. O critério de análise é a altura metacêntrica transversal (GM) a qual é descrita pela Equação 16 e deve ser positiva para que a embarcação seja considerada estável.

$$GM = KB + BM - KG \quad (16)$$

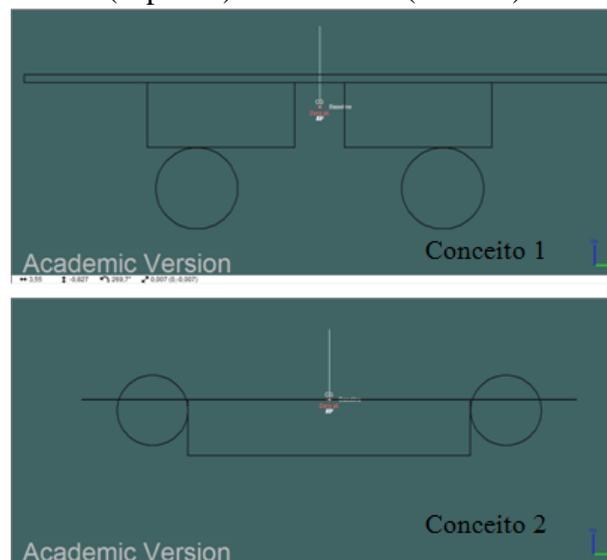
O raio metacêntrico (BM) pode ser determinado pela razão entre o momento de inércia do plano de linha d'água em relação ao eixo longitudinal da embarcação e o deslocamento da embarcação conforme Equação 17. Os valores de KB e KG representam as posições verticais do centro de carena e do centro de massa, medidos em relação à quilha, aqui adotada como o ponto extremo da base do flutuador.

$$BM = \frac{I}{\Delta} \quad (17)$$

Este valor foi obtido em primeira análise de forma analítica através de uma planilha Excel, devida a simplicidade da geometria submersa. Esse processo consiste basicamente na determinação das inércias de cada área de flutuação, bem como o conhecimento dos centros de flutuação e de massa.

A utilização de uma planilha eletrônica ajuda no processo iterativo de projeto, pois permite variar as dimensões e a posição dos itens a bordo rapidamente, até que se alcance um valor de GM positivo. Posteriormente para refinamento da análise, a geometria de cada conceito considerado foi modelada usando programa MaxSurf Modeler, cujos resultados são apresentados na Figura 27.

Figura 27 - Representação do modelo usado para avaliação de estabilidade do conceito1 (superior) e conceito 2 (inferior)



Fonte: Autor (2016).

É importante observar que o modelo do MaxSurf descreve apenas a geometria da embarcação, sendo necessário definir as posições dos centros de massa retiradas do SolidWorks, assim como a massa total da casa.

Uma vez concluído a modelagem, pode-se iniciar a análise numérica de estabilidade transversal usando o programa MaxSurf Stability. Como previsto na análise analítica, os conceitos são considerados estáveis, como pode ser visto na Tabela 19.

Tabela 19 - Altura metacêntrica

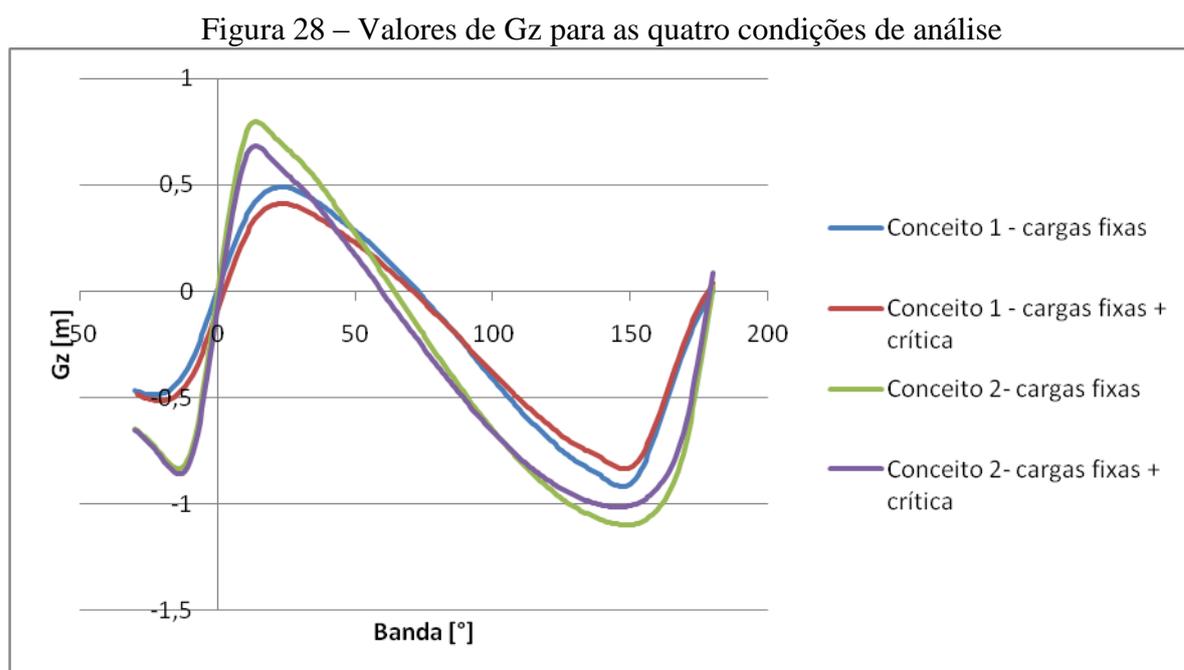
	KB [m]	BM [m]	KG [m]	GM [m]
Conceito 1	0,76	1,93	1,30	1,30
Conceito 2	0,15	5,73	0,75	5,13

Fonte: Autor (2016).

A expressiva diferença entre os valores de GM se dá, pois o conceito 2 tem maior área no plano de linha água, em decorrência da imersão de parte da casa, refletindo assim em maiores valores de BM, aumentando o valor da altura metacêntrica.

Em seguida foi realizada a análise da estabilidade transversal da embarcação quando sujeita a grandes ângulos, para a condição de carga de projeto e também para a carga crítica que considera o peso pontual de 8 pessoas (720 kg) em uma das extremidades de (proa/popa e bombordo/boreste) da embarcação.

Como visto na Figura 28 os valores de GZ iniciam-se positivo o que é necessário e o emborcamento não ocorre para nenhum dos casos antes do 50° de banda. Dessa forma, pode-se concluir que o conceito 2 é o mais estável nas duas análises. Os gráficos individuais resultantes são expostos no APÊNDICE D: *Gráficos GZ* para melhor visualização dos valores obtidos.



Fonte: Autor (2016).

As cargas adicionadas geram valores de: 2,60° de banda e 2,63° de trim para o conceito 1 (plataforma semi submersível) e 1,0° de banda e 1,15° de trim para o conceito 2 (parte da casa submersa). Como o conceito 2 é mais estável que 1, ele se torna mesmo suscetível as variações de posicionamento de carga.

Em uma primeira análise, por considerar que no local de operação da casa não haverá grandes perturbações para gerar banda, considera-se que ambos os conceitos tiveram suas

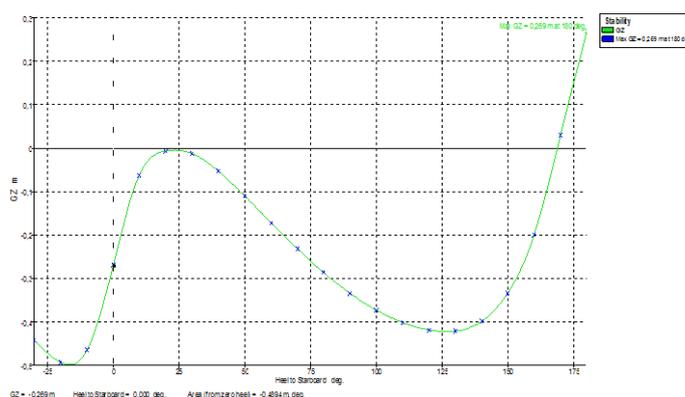
estabilidades transversais aprovadas para ambas as condições de carga. Porém como critério de segurança o autor sugere que seja novamente avaliado este item após o refino do projeto.

A fim de verificar casos críticos, foram geradas análises para quantificar o perigo de emborcamento, nos dois conceitos. Para isso realizou-se um processo iterativo de adição de massa permitindo a constatação que a adição limite de massa é 1,1 tonelada aplicada no extremo da embarcação.

Mesmo nesta condição crítica, observou-se que a casa flutuante ainda possui reserva de estabilidade a qual permite que a embarcação volte à posição de equilíbrio ao sofrer pequenas inclinações.

Para valores acima de uma tonelada, a reserva de estabilidade apenas decresce até tornar-se instável e emborcar. A Figura 29 mostra um exemplo de curva de estabilidade para uma situação onde aplicou-se 5 toneladas no extremo da embarcação, e, como pode ser observado, a mesma possui valores de GZ negativos, indicando instabilidade.

Figura 29- Curva de instabilidade



Fonte: Autor (2016).

4.3.6 Resistência ao Avanço

Uma análise preliminar da resistência ao avanço se faz necessária para estimar a potência efetiva requerida para que a embarcação navegue na velocidade escolhida. Há diversos métodos que podem ser utilizados para estimar a resistência ao avanço, dentre eles muitos são desenvolvidos com base em séries sistemáticas e equações empíricas.

Porém, as mais conhecidas como Taylor, Holtrop & Mennen, BSRA, Série 60 e Sabit, não são aplicáveis, pois foram feitas com base em mono cascos deslocantes. Neste caso, para o presente trabalho a melhor alternativa seria usar um método numérico baseado em dinâmica dos fluidos computacional (CFD), ou então o equacionamento proposto pelo método

de Michell. Porém, essa abordagem requer um elevado custo computacional que não é compatível com as fases do projeto preliminar/conceitual de uma embarcação. Assim, sabendo que a embarcação navegará a números de Froude muito baixos, e que, por isso, quase a totalidade da resistência ao avanço deve-se a resistência friccional, optou-se por, nesta fase do projeto, estimar a resistência por meio do modelo empírico de resistência friccional proposto na ITTC (1957), o qual é descrito na Equação 18.

$$R_f = \frac{1}{2} C_f * A * v_s^2 \quad (18)$$

Onde A é a área molhada, v_s a velocidade de serviço adotada como 3 nós e c_f o coeficiente de atrito calculado pela Equação 19 proposta pelo ITTC de 1957.

$$C_f = \frac{0,0075}{\log(Re - 2)^2} \quad (19)$$

A mesma análise também foi feita considerando a resistência de atrito gerada pelo vento, as únicas considerações que devem ser alteradas são v_s e A. No lugar da velocidade de serviço deve ser inserida a velocidade do vento e para a área molhada pode-se colocar o valor da área vélica, adota como a maior parede, pois essa é a condição de maior resistência.

Por fim, sabendo a resistência ao avanço da embarcação, a qual consiste no somatório do efeito hidrodinâmico e aerodinâmico, pode-se determinar a potência efetiva requerida, conforme a Equação 1. Na Tabela 20 são apresentados a estimativa de potência requerida para os dois conceitos analisados. Lembrando que o conceito 1 é caracterizado pela semelhança com plataformas semi submersíveis e o conceito 2 pela região da casa submersa.

Tabela 20- Resistência ao avanço e Potência efetiva

	Conceito 1	Conceito 2
Área molhada [m ²]	96,4	114
Velocidade de serviço [nós]	3,0	3,0
Área vélica [m ²]	14,9	15
Velocidade do vento [nós]	50	50
Lwl [m]	11,0	11,0
C _r	7,59e-3	7,50e-3
R _r [kN]	0,50	0,61
Pe [kW]	0,85	0,95
Pe [hp]	1,14	1,30

Fonte: Autor (2016).

Neste momento vale destacar que o valor de resistência encontrado é menor que o valor real, pois toda resistência de onda foi desconsiderada, até mesmo a resistência geradas entre um cilindro e outro. Logo para precisar este dado o autor recomenda o uso de CFD na segunda volta da espiral de projeto.

4.3.7 Motorização

Conhecendo o valor da potência efetiva é possível fazer a seleção do motor, como discutido no projeto informacional e conceitual há restrições nesse procedimento, sendo necessário um motor elétrico de popa. Outra informação gerada pelo cliente é a parceria com o fornecedor Torqueado, limitando a escolha dos motores aos motores desse fabricante.

A busca se deu através de catálogos eletrônicos fornecidos pela empresa, a qual apresenta duas linhas básicas de motores: os motores de 6 hp e os motores de 9.9 hp. É interessante observar que o fabricante recomenda a seleção do motor com base no peso da embarcação, referendando a questão do deslocamento a baixas velocidades.

Por fim, o fabricante ainda dispõem de uma terceira linha considerada adequada para navegação em águas abertas em que a seleção ocorre justificada apenas pela potência necessária. Para o projeto da casa flutuante optou-se pelo motor Deep Blue de 40hp, o qual permite que a embarcação alcance a velocidade de projeto e que exista uma reserva de segurança de potência.

4.3.7.1 Sistema elétrico destinado a propulsão

Nesta seção apresenta-se o projeto do sistema elétrico destinado a alimentar o motor, o qual foi dimensionado de maneira análoga ao procedimento descrito na *seção 4.3.3 Sistema Elétrico*, porém levando em consideração que as baterias deveriam possuir ciclo profundo, com capacidade de pico suficiente para atender a demanda durante a partida do motor. São apresentados na Tabela 21 os parâmetros usados e os dados de saída referentes ao projeto elétrico do sistema de alimentação do motor

Tabela 21- Seleção de baterias para o motor

Motor - linha básica	6 hp	9,9 hp
Características do motor		
Consumo elétrico med - Potência [W]	4476	3730
Tensão do sistema [V]	48	48
Corrente med do sistema [A]	93,25	77,70
Horas de operação [h]	8	8,0
Capacidade med exigida [Ah]	746	621,7
Consumo pico [W]	10000	10000
Corrente de pico [A]	208,3	208,3
Características da Bateria		
Bateria escolhida	EN900	
Capacidade de pico [A]	800	
Capacidade [Ah] (20h)	140	
Peso [kg]	37	
Características do sistema		
Dias de consumo exclusivo	2	2
Quantidade de baterias	14	12
Peso total [kg]	518	444

Fonte: Autor (2016).

A mesma análise poderia ser aplicada para a linha mar aberto, porém nas especificações técnicas do fabricante há a sugestão do uso da bateria especialmente projetada para esta aplicação.

Para a seleção final do motor foram julgados itens como: quantidade de motores necessários, quantidade de baterias necessárias, peso total e preço total. A Tabela 22 mostra o comparativo dos dados coletados.

Tabela 22- Comparativo para seleção de motor

Linha	Básica 6 hp	Básica 9,9 hp	Deep Blue 40 hp
Quantidade de motores	5	6	1
Quantidade de baterias	14	12	1
Peso do motor (kg)	-	-	230
Peso baterias (kg)	518	444	Já incluso
Preço total apenas dos motores (euros)	25.788	22.788	21.999

Fonte: Autor (2016).

Como os preços ficaram próximos a escolha considerou o critério de pesos. Dessa forma o motor Deep Blue foi escolhido por ter menor custo e peso, e ainda ter a facilidade de possuir a bateria projetada especialmente para ele, além de pequenos painéis solares portáteis que podem ser usados para carregar a bateria, sem ter que consumir energia da casa.

Tal escolha faz com que seja possível aumentar a velocidade de serviço para 4 nós. As novas características de navegação são expostas na Tabela 23.

Tabela 23 - Características de navegação

Especificações	
Velocidade baixa [nós]	4
Velocidade de pico [nós]	17 -24
Tempo de navegação em velocidade baixa [h]	5:00- 8:00
Tempo de navegação em velocidade de pico [h]	0:30

Fonte: Autor (2016).

O aumento da velocidade de serviço para 4 nós exigiu um novo cálculo de resistência ao avanço, o que foi feito e garantiu-se que o motor selecionado é capaz de fornecer a potência requerida para se navegar a 4 nós.

4.3.8 Cálculos Estruturais

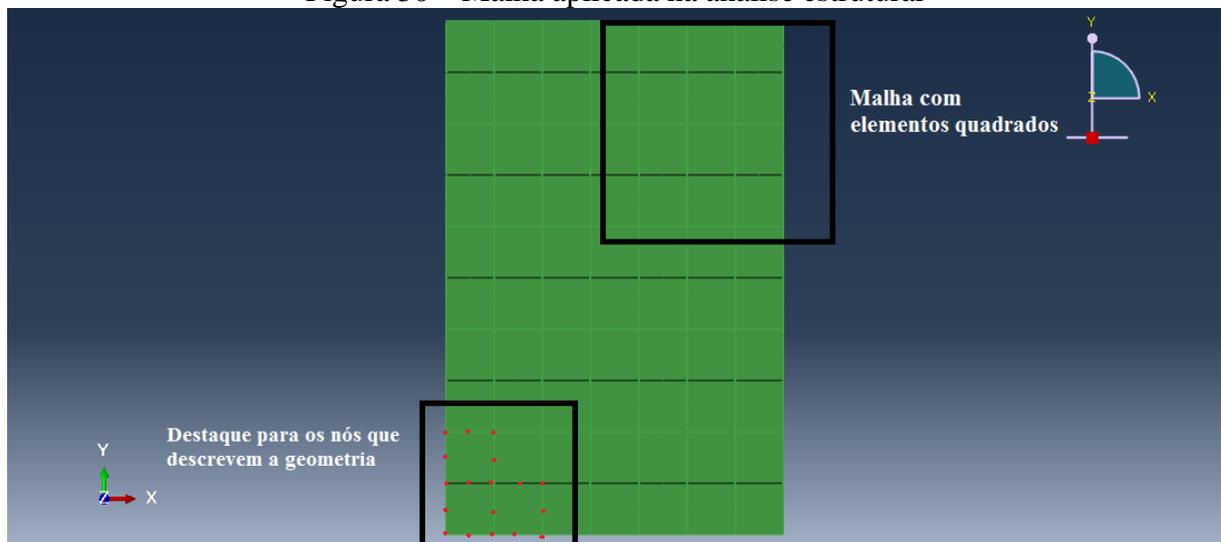
O dimensionamento estrutural nesta primeira volta da espiral ocorreu baseado na situação crítica. Para isso foi considerado que o fundo e as paredes seriam estruturas independentes, sendo as paredes responsáveis apenas por suportar o peso do telhado combinado com os painéis solares. Enquanto que a estrutura do fundo deve ser capaz de resistir a todo o peso da embarcação.

Então, como esperado durante a verificação de cargas impostas constatou-se que o fundo tem maiores solicitações. Sabendo que há a diminuição de esforços, devida a pressão hidrostática exercida no sentido contrário da força peso no conceito 2, optou-se por analisar apenas o conceito 1, pois esse representa a situação crítica para o projeto estrutural

Com o auxílio do programa de elementos finitos, Abaqus, foi possível modelar a estrutura secundária acoplada à estrutura terciária, formando uma grelha chapeada.

Para a simulação gerou-se uma malha regular Q8 conforme visto na Figura 30 (elementos quadrados com 8 nós cada) com função interpoladora quadrática para descrever o deslocamento ocasionado.

Figura 30 – Malha aplicada na análise estrutural

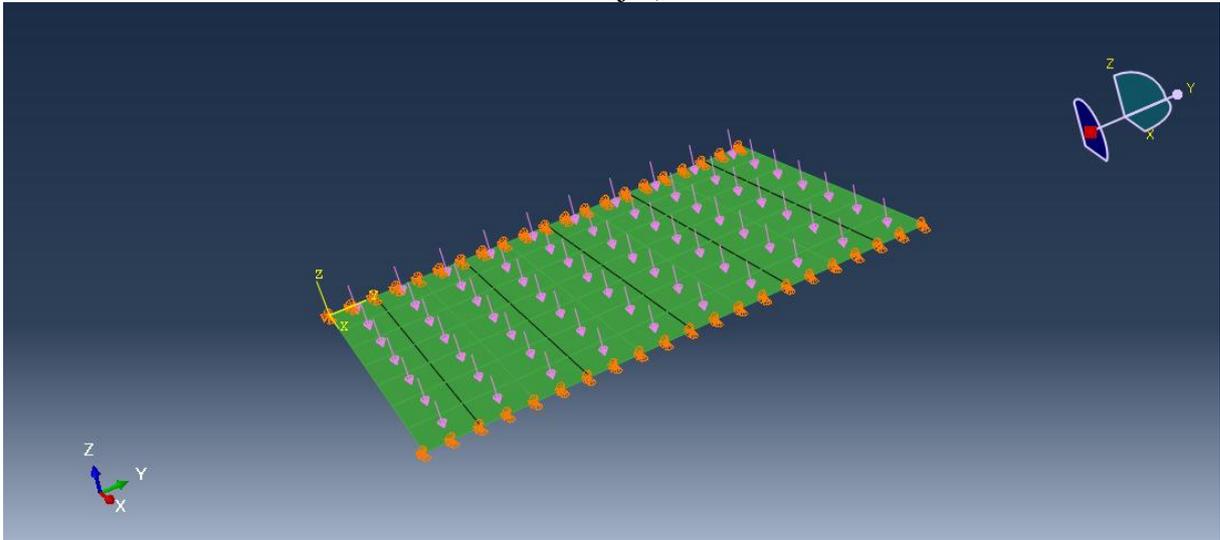


Fonte: Autor (2016).

Os reforçadores são constituídos de viga com secção T, comum para reforçadores pesados por apresentarem maior inércia, além de serem de fácil aquisição e construção.

O carregamento na estrutura do fundo da embarcação foi modelado por uma pressão perpendicular e uniforme distribuída por toda a geometria correspondente ao peso da casa flutuante dividida pela área do chapeamento da estrutura. Quanto às condições de contorno, adotou-se a configuração bi-apoiado, que simula o apoio da estrutura do fundo nos flutuadores. Tais considerações são expostas na Figura 31.

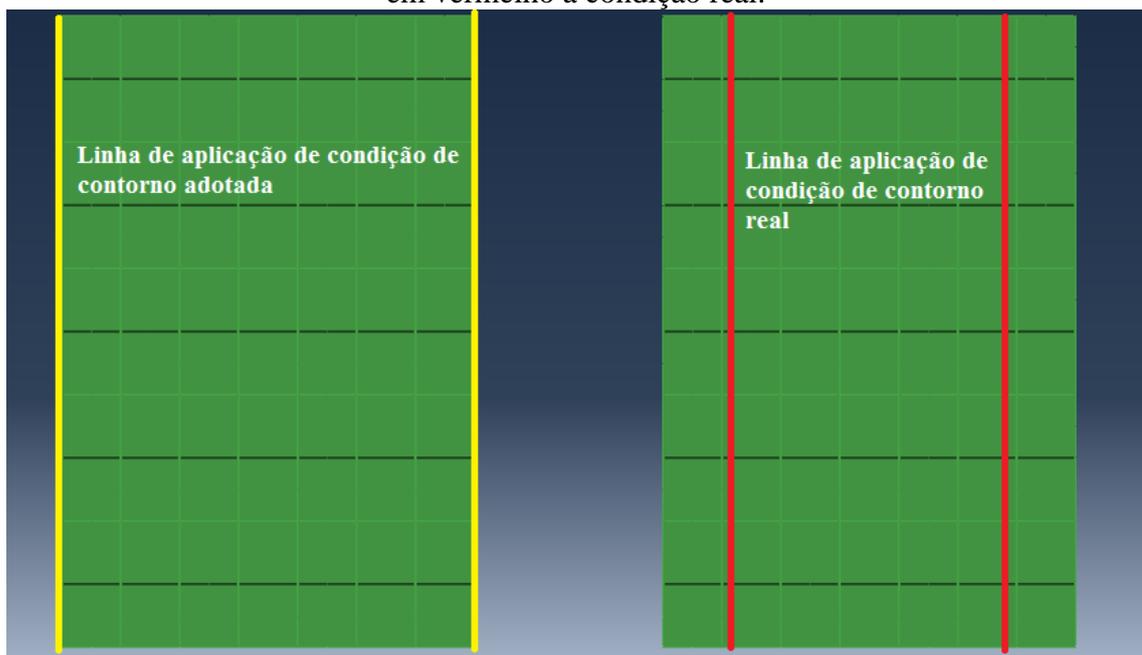
Figura 31- Direção de aplicação de pressão (setas roxas) e condições de contorno (triângulos laranjas)



Fonte: Autor (2016).

Outra hipótese assumida é a colocação das condições de contorno nas extremidades da chapa e não na posição exata do flutuador como pode ser visto Figura 32. Tal escolha faz com que sejam atingidas maiores tensões e deslocamentos, deste modo, afastar a linha de apoio em 0,6m da posição original é uma ação conservadora.

Figura 32 Linhas de aplicação as condições de contorno. Em amarelo a condição adotada e em vermelho a condição real.



Fonte: Autor (2016).

Depois de modelada a geometria, delimitada malha, condições de contorno e carga pode-se submeter à estrutura à análise. Cabe ao engenheiro interpretar os dados de saída, identificando se são aceitáveis os valores apresentados.

A análise dos resultados baseou-se na verificação da distribuição da tensão de Von Mises ao longo da estrutura. O critério para avaliar a integridade do projeto se baseia no fator de segurança, o qual deve ser superior a 2, ou seja, a máxima tensão atuante deve ser no máximo 50% da tensão de escoamento do aço A-36 (limite de escoamento 250 MPa). Já o máximo deslocamento não poderia ultrapassar os 2 cm para não resultar em desconforto aos moradores quando estes se movimentam pela embarcação.

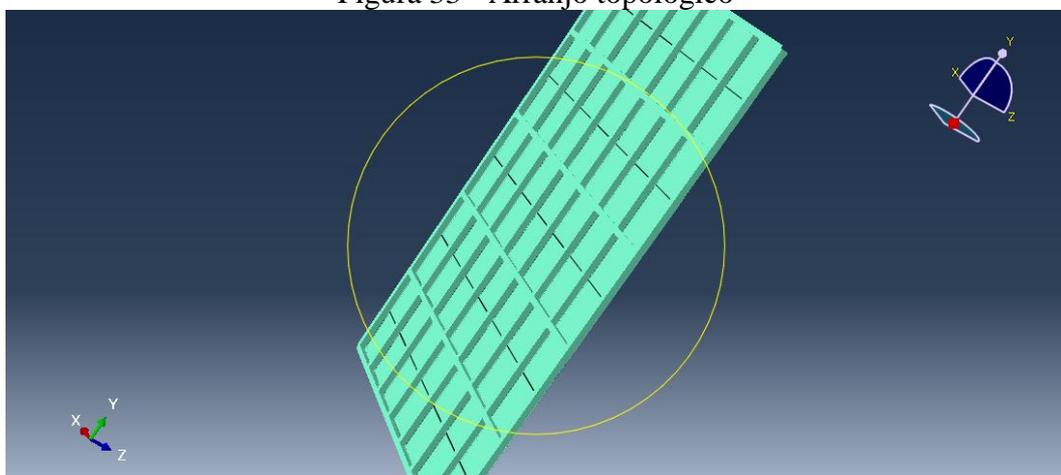
Det Norske Veritas (DNV GL,2016) por meio da Equação 20 estabelece o valor mínimo a ser adotado para embarcações com comprimento menor de 100m. Seguindo essa equação, determinou-se que o chapeamento deve possuir o valor mínimo de 6mm.

$$t_{min} > 9,9 * (5,5 + 0,02 * L) \quad (20)$$

Posteriormente, estabeleceu-se que as variáveis de projeto adotadas seriam as dimensões dos reforçadores e as distâncias entre eles. Esses parâmetros foram variados até que os critérios estabelecidos fossem atendidos, buscando-se também o arranjo de menor massa que atendessem à esses critérios.

A configuração final dos reforçadores encontra-se na Figura 33, onde se observa que o espaçamento entre reforçadores longitudinais foi estabelecido em 1,8m, enquanto que o espaçamento entre reforçadores transversais foi estabelecido em 2,2m.

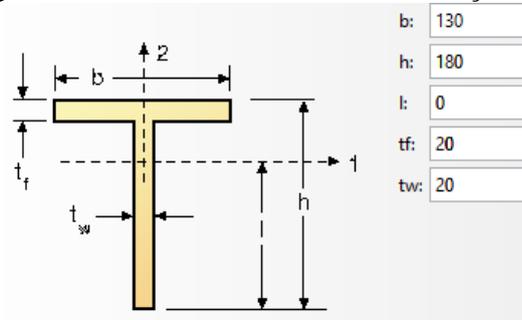
Figura 33 - Arranjo topológico



Fonte: Autor (2016).

A geometria da secção dos reforçadores longitudinais e transversais é mostrada na Figura 34, na qual são descritas as dimensões em milímetros.

Figura 34- Perfil e dimensões dos reforçadores.

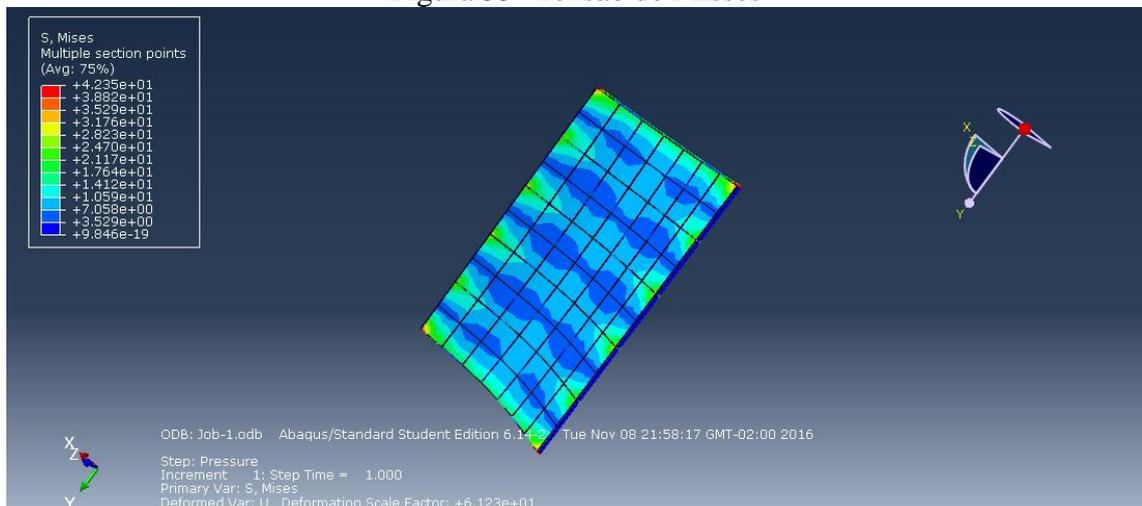


Fonte: Autor (2016).

A estrutura projetada possui aproximadamente 8,5 toneladas, a verificação da pressão exercida se dá pela massa total da casa, como descrito anteriormente, multiplicada pela gravidade. Basta então dividir tal valor pela área de aplicação de carga, neste caso a área total da base, resultando na pressão.

Para a pressão aplicada de 0,004545 MPa, tem-se a tensão de compressão na parte superior e tração no fundo da chapa, sem que nenhuma delas ultrapasse o limite de escoamento, alcançando tensão máxima de Von Mises de 43 MPa, como visto na Figura 35. Apesar do fator de segurança ser elevado, pouco pode-se fazer devida a obrigatoriedade de espessura mínima de chapa.

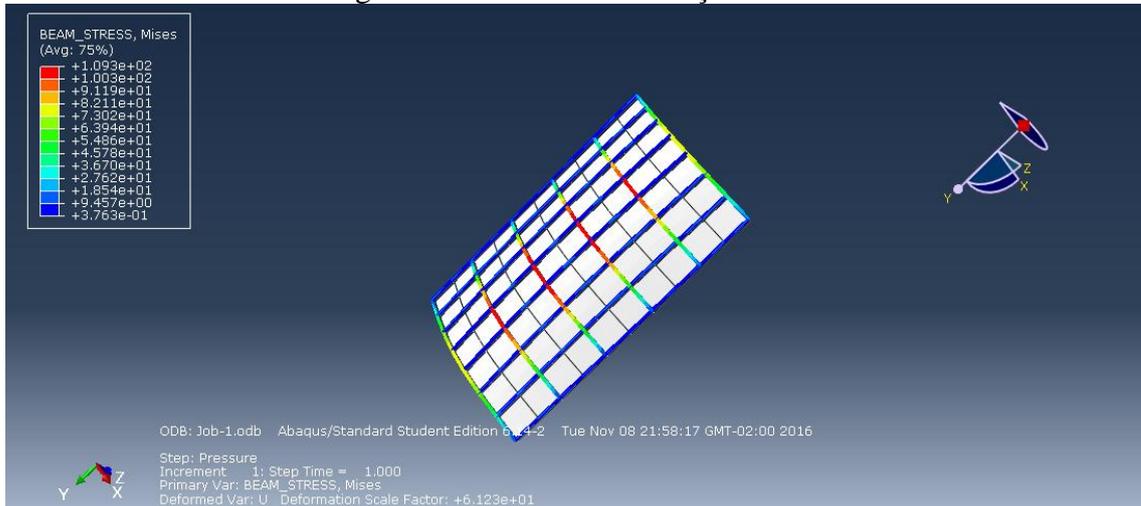
Figura 35- Tensão de Mises



Fonte: Autor (2016)

Também é necessário avaliar a tensão nos reforçadores, que, segundo a análise realizada, possui tensões de compressão de 10 MPa e de tração de 110 MPa, como pode ser visto na Figura 36. Pode-se perceber que o fator de segurança é de 2,2 atendendo aos critérios estabelecidos.

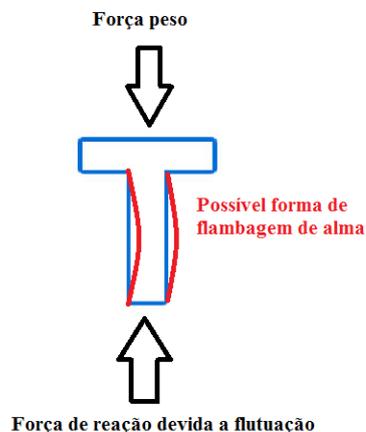
Figura 36 - Tensão nos reforçadores T



Fonte: Autor (2016).

Ainda foi feita a hipótese que poderia haver reforçadores exatamente na linha onde se encontram os flutuadores. Nessas regiões devido às condições de contorno existe uma força de reação, que pode exercer compressão nos mesmos, a configuração das forças e a forma de flambagem podem ser vistas na Figura 37.

Figura 37 – Flambagem de alma no reforçador



Fonte: Autor (2016).

Então, foi avaliada a carga crítica conforme Equação 21 para certificar que não ocorrerá flambagem de alma dos reforçadores. Através deste valor é possível comparar com o

valor da reação nos apoios, como visto na Tabela 24 a carga crítica é superior a força de reação, então não há problemas com a flambagem de alma.

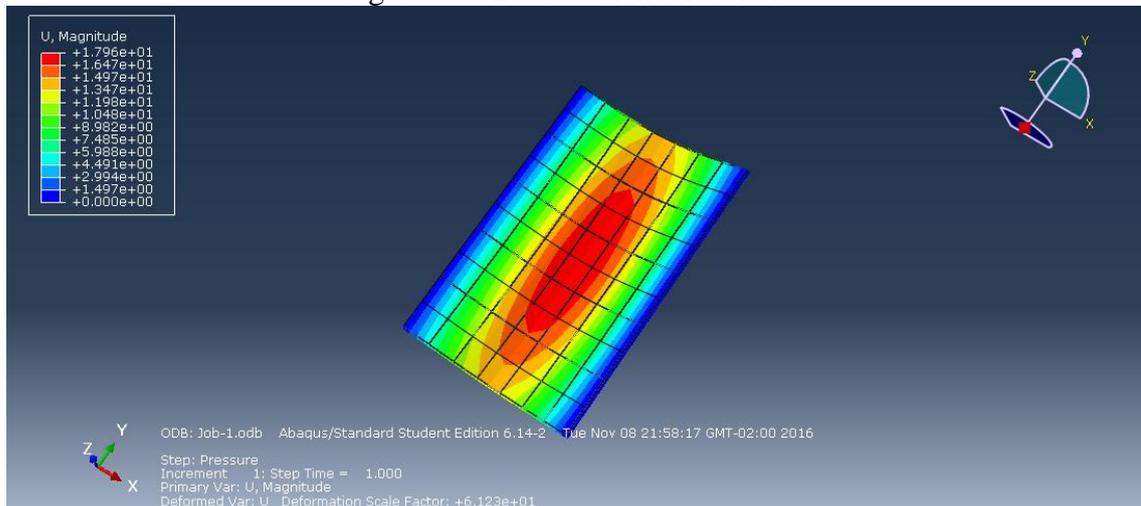
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L^2} \quad (21)$$

Tabela 24- Avaliação da flambagem de alma	
Módulo de elasticidade –E [GPa]	200
Comprimento- L [m]	0,18
Momento de inércia – I [m⁴]	1,85E-05
Carga crítica – Pcr	1,13E+09
Força de reação - RF	1,34E+05
Situação	Aprovada

Fonte: Autor (2016).

Por fim são analisados os valores de deslocamento, os quais são mostrados na Figura 38, onde pode-se ver que o deslocamento máximo é de 1,80 cm, também abaixo do limite estipulado.

Figura 38 - Deslocamento resultante



Fonte: Autor (2016).

4.3.9 Efluentes

O armador fez solicitações para que o tratamento de efluente ocorresse dentro dos flutuadores PEAD, com equipamentos da empresa O₃R: The Ozone way. Por isso foi

estipulado que seriam feitos dois reservatórios (um para água limpa e outro para tratamento de efluentes) de mesma dimensão, com capacidade de 600l.

Ao consultar catálogos encontrou-se o modelo ID-05, Gerador de Ozônio CD (Corona Discharge) de alta performance com baixo consumo energético. Segundo o fabricante, ideal para a limpeza água coletada da chuva, eliminação de odores, cores, prevenção de alimentos, limpeza de tubulações, desinfecção, redução/eliminação do biofilme e degradação de substâncias orgânicas.

4.3.10 Custos

O levantamento de custos ocorreu com a simples verificação de catálogos e sites de compra pela internet, os únicos itens que fugiram a esse procedimento foram os painéis solares.

Na análise de custos para os painéis primeiramente foi preciso identificar a faixa de watts-pico em que o sistema se encontra. Posteriormente teve-se que consultar a Empresa de Pesquisa Energética, EPE (2012), a qual fornece estimativas de custos relacionados aos painéis, inversores, instalação e montagem, conforme mostrado na Tabela 25.

Tabela 25 - Preços de referência internacional para o sistema fotovoltaico

Referência internacional- US\$/kWp				
Potência	Painéis	Inversores	Instalação e montagem	Total
Classificação -100 kWp	1,74	0,42	0,54	2,70

Fonte: EPE (2012).

Conforme a EPE (2012) os valores apresentados na Tabela 25 precisam ser acrescidos em 30% a 35% do valor de referência internacional devido aos impostos de importação, IPI e outras possíveis taxas tais como ICMS, PIS, COFINS, ISS. Assim os valores corrigidos são mostrados na Tabela 26.

Tabela 26 - Referência nacional para o sistema fotovoltaico

Referência nacional - 30% de acréscimo - US\$/kWp				
Potência	Painéis	Inversores	Instalação e montagem	Total
Classificação -100 kWp	2,26	0,55	0,70	3,51

Fonte: EPE (2012).

Em seguida, converteu-se o valor para reais, usando a cotação do dólar de R\$ 3,16 obtida no dia 19 de outubro, resultando nos valores mostrados na Tabela 27.

Tabela 27- Referência nacional em reais

Referência nacional - Cotação R\$3,16 - R\$/kWp				
Potência	Painéis	Inversores	Instalação e montagem	Total
Classificação -100 kWp	7,15	1,73	2,22	11,09

Fonte: Autor (2016).

Por fim basta multiplicar o valor encontrado na Tabela 27 pelo valor da potência de pico de cada fornecedor. Para a marca escolhida tem-se 791,25 kWp, resultando na síntese dos custos apresentada na Tabela 28.

Tabela 28- Valor final para o sistema fotovoltaico

Valor final R\$				
Potência	Painéis	Inversores	Instalação e montagem	Total
Classificação -100 kWp	5.655,79	1.365,19	1.755,25	8.776,23

Fonte: Autor (2016).

Dando continuidade ao processo de coleta de preços, pode-se gerar a Tabela 29 na qual são apresentados os diversos itens incluídos no projeto, bem como seus respectivos custos.

Tabela 29- Preço por item

Grupo	Item	Preço
Cozinha	Geladeira (432L)	R\$ 3.299,00
	Fogão (elétrico)	R\$ 856,99
	Microondas (20l)	R\$ 337,99
	Forno elétrico(44l)	R\$ 397,00
	Liquidificador (2l)	R\$ 113,63
	Cafeteira (1,5l)	R\$ 146,90

Continua (...)

Grupo	Item	Preço	
Sala	Notebook	R\$ 3.221,99	
	DVD	R\$ 159,90	
	TV 40"	R\$ 1.709,10	
Lavanderia	Maquina de lavar roupa	R\$ 2.038,99	
	Aspirador de pó	R\$ 113,52	
	Ferro de passar	R\$ 129,90	
Iluminação	Cozinha/sala	R\$ 25,90	
	Quarto solteiro	R\$ 155,40	
	Quarto casal	R\$ 51,80	
	Banheiro	R\$ 51,80	
	Lavanderia	R\$ 25,90	
Banheiro	Chuveiro	R\$ 70,00	
	Barbeador	R\$ 70,00	
	Vaso sanitário	R\$ 899,99	
Quartos	Ventilador	R\$ 165,99	
	TV 40"	R\$ 1.709,10	
	+	Base	R\$ 20.988,00
	Paredes -Conceito1	R\$ 8.500,00 estimado	
	Paredes - Conceito 2	R\$ 35.000,00 estimado	
	Flutuadores	Confidencial	
	Baterias	Não informado	
	Dessanizador	R\$ 14.500,00	
	Gerador de ozônio	Não informado	
	Inversores (1kva)	Não informado	
	Boiler (400l)	R\$ 1.432,00	
	Sis. Fotovoltaico	R\$ 10.238,93	
	Motor	R\$ 30.000,00 estimado	
	Bateria / motor	Não informado	
	Móveis	Banheiro	R\$ 136,00
Quarto solteiro		R\$ 192,88	
Cama de casal		R\$ 400,00	
Cama de sol		R\$ 199,00	
Quarto casal		R\$ 209,43	
Sofá		R\$ 1.299,99	
Cozinha/sala mov1		R\$ 366,50	
Cozinha/sala mesa		R\$ 1.308,90	
Somatório		Conceito 1	R\$ 105.522,42
	Conceito 2	R\$ 128.723,42	

Fonte: Autor (2016).

Apesar de alguns dados faltantes e outros estimados nota-se que o valor total associado aos dois conceitos não atingiu o valor limite estipulado. Lembra-se que não foram

computados os valores relacionados a mão de obra para construção, nem mesmo os valores para fixação de componentes como presilhas e soldagem.

Os endereços pelos quais os itens podem ser localizados na internet e que serviram de base são apresentados no *APÊNDICE E: Sites em que os produtos podem ser encontrados*.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que no presente trabalho foram apresentadas as análises para elaboração do projeto informacional, conceitual e a primeira volta da espiral do projeto preliminar de uma casa flutuante, executando-se assim a desenvolvimento do projeto de produto.

Os requisitos de usuários foram extraídos através de questionários e a diálogos constantes com o armador, todos os itens foram transformados em requisitos de projeto e então lançadas metas para cada um deles.

Destaca-se que a determinação dos requisitos de projeto foi definida por meio de uma metodologia de desenvolvimento de produto, que resultou em um conjunto coerente e racional de requisitos de projeto. Nessa fase identificou-se dificuldade em traduzir de forma técnica aquilo que o armador necessitava por vezes com informações faltantes ou contraditórias.

Apesar das dificuldades, como visto, todos os requisitos do armador foram atendidos, resultando em dois conceitos de casa flutuante auto propelida com abastecimento de energia solar, apresentados na etapa de projeto conceitual.

As dimensões principais foram determinadas baseando-se nas dimensões dos flutuadores e o arranjo interno na representação gráfica em CAD, dos itens construídos no projeto conceitual.

Com os posicionamentos de massa retirados do arranjo interno foi possível então conferir a estabilidade para cada conceito em condições diferentes de carga, assegurando que os dois conceitos são estáveis.

O estudo da resistência ao avanço permitiu que fosse avaliada a motorização necessária para mover a casa flutuante com a velocidade de 3 nós. Em decorrência pode-se fazer a seleção de um motor elétrico de 40 hp, o que permitiu a casa navegar em nova velocidade de serviço de 4 nós.

Os conceitos foram modelados como grelhas para análise estrutural, e então inseridas em programa de métodos computacionais, verificando a capacidade do arranjo em suportar esforços, obtendo fatores de segurança superiores a 2, e deslocamentos inferiores a 2 cm, aceitáveis para o projeto.

Sabendo os itens abordado foi possível determinar o consumo elétrico, o número de baterias e a quantidade de painéis fotovoltaicos para suprir a casa de energia elétrica. O que resultou na representação gráfica do esboço dos sistemas elétricos da casa flutuante.

Por fim, pode-se estimar os custos de cada um dos conceitos, obtendo-se assim valores próximo a R\$105.000,00 para o conceito 1 e inferior a R\$130.000,00 para o conceito 2.

O projeto de uma casa flutuante, por se tratar de um sistema complexo de engenharia, deve passar por extensiva análise dos diversos subsistemas que a compõe, antes que este seja efetivamente construída e operada.

Os procedimentos foram baseados em normas navais e literatura solidificada, prezando por qualidade e segurança, além de respeitarem princípios físicos.

Porém vale ressaltar que o presente projeto trata-se de um trabalho acadêmico com limite de tempo para realização, sendo necessário aprofundar o projeto, refinando parâmetros, como:

- Seleção de outros possíveis equipamentos de navegação e equipamentos auxiliares;
- Atualização de todos os pesos e centros após o conhecimento do peso do gerador de ozônio; assim como a inserção dos pesos da dispensa, armários de roupa e motor;
- Reavaliar a flutuação e estabilidade estática, dinâmica, sob ação dos ventos e avarias;
- Verificação da implantação de outras formas de geração de energia;
- Otimização do projeto estrutural, a fim de reduzir massa mantendo a rigidez da estrutura;
- Aplicar análise CFD para prever a resistência ao avanço de forma mais precisa
- Selecionar novo motor caso seja necessário
- Refinar a análise de custos, incluindo o custo de fabricação da embarcação.

Não se elegeu um conceito melhor que o outro para elaboração final do projeto contratual. Cabe a empresa definir qual projeto pretende dar continuidade, porém o projetista resume na Tabela 30 um comparativo realizado entre os mesmos. Onde (+) representa superior, (-) inferior e (*) equivalente.

Tabela 30- Comparativo entre conceitos

Item	Conceito 1	Conceito 2
Espaço interno	+	-
Dimensões principais	+	-
Peso total	*	*
Estabilidade	-	+
Consumo elétrico	*	*
Resistência ao avanço	-	+
Motorização	*	*
Peso estrutural	-	+
Custo	-	+
Facilidade de construção	+	-
Atrativo estético	-	+

Fonte: Autor (2016).

Percebe-se que o conceito 1 possui mais pontos favoráveis quando comparado ao conceito 2. Porém neste momento não há solução definitiva, ou fatores que impossibilitem a execução de algum deles.

Contudo, este trabalho serviu para mostrar que é possível a implantação de casas flutuantes para recreio no Brasil, apenas é necessária nova revisão das normas classificadoras para assegurar que o projeto possa contar com a motorização em pequenos espaços de tempo.

Para o futuro, planeja-se o estudo de casas flutuantes com outras opções de flutuadores, bem como analisar diferentes variações de dimensões dos flutuadores PEAD, pois esses foram uma das maiores restrições de projeto.

REFERÊNCIAS

- AMIMEIRA MARINA (Portugal). FLOATWING® uma casa flutuante no lago Alqueva. 2015. Disponível em: <<http://amieiramarina.wixsite.com/casasflutuantes/conceito>>. Acesso em: 1 set. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA -ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008. 235 p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2016.
- ARAUJO, I. de. **Projeto de embarcação de bombeiros para salvatagem**. 2016. 91 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, SC, 2016.
- ARAUJO, M. F. B. P. de. **Estimativa do fator de forma e da resistência ao avanço de embarcações através da dinâmica dos fluidos computacional**. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT ISO/CIE 8995-1:2002/COR 1:2005: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior**. São Paulo: Abnt, 2013. 46 p.
- AUGUSTO, O.B. **A estrutura secundária do navio**. 2004. 33 p. Apostila/Graduação - Curso de Engenharia Naval, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. (mimeo).
- AUGUSTO, O.B. **A estrutura terciária do navio**. 2004. 51 p. Apostila/Graduação - Curso de Engenharia Naval, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. (mimeo).
- BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro, Guanabara Dois. 1983.
- BACK, N. OGLIARI, A. SILVA, J.C. DIAS, A. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. Editora Manole. 2008
- BISWAS, Soumitra et al. Composite houseboat helps tourists explore India. **Reinforced Plastics**, Não Informado, p.46-48, abr. 2006.
- BRITISH COLUMBIA. Float Home Standard. Colombia: British Columbia, 2003. 15 p. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/255792047/British-Columbia-Float-Home-Standards-pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

CARLINE, P.. Amsterdam by boat: Art, fountains and toddler Florence's house on the water. **Mail Online**. 19 set. 2013. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/travel/article-2425256/Amsterdam-houseboat-holiday-Art-fountains-toddler-Florences-house-water.html>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

COSTA, A. **A Eco efetividade do Design**: Proposição de uma ferramenta de análise e sua aplicação em sistemas produtivos. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

DET NORSKE VERITAS. **DNVGL-CG-0182**: Allowable thickness diminution for hull structure. Oslo, 2016. 31 p. Disponível em: <<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/CG/2016-02/DNVGL-CG-0182.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

DIRKS, S. The last free ride: A pirate community goes legit. **Kalw local public radio 91,7 FM in San Francisco** 10. set 2014. Disponível em: <<http://kalw.org/post/last-free-ride-pirate-community-goes-legit#stream/0>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

DRUCKER, P. **O gerente eficaz**. Rio de Janeiro. Zahar. 1968

EARNEST, G. S. et al. An evaluat of an engineering control to prevent carbon monoxide poisonings of individuals on houseboats. Cincinatti, Ohio: U. S. Departament of health and human services 2001.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **EPE**. Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energias, 2012. 64 p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/documents/estudos_23/nt_energiasolar_2012.pdf>. Acesso em: 28 set. 2016.

EVANS, J. H. Basic design concepts. **Journal of the American Society for Naval Engineers**, v. 71, n. 4, p. 671-678, 1959.

FILHO, E.R. FERREIRA, C V. MIGUEL, P.A.C. GOUVINHAS, R P. NAVEIRO, M. N. **Projeto de produto**. Rio de Janeiro. Elsevier. 2010

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. 180 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em engenharia mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, 2000.

GIEBLER, S. Schwimmende Architektur: Bauweisen und Entwicklung, Floating architecture: Construction and development. 2007. X p. Master Thesis, Brandenburgische Technische Universität, Germany, 2007.

HOROWITZ, D. Tide Turns for bay outcasts. **Los Angeles Times**. 23 nov. 2003. Disponível em: <<http://articles.latimes.com/2003/nov/17/local/me-houseboat17>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (Brasil). **Casas flutuantes independentes podem aliviar cidades**. 2015. Disponível em:

<<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=casas-flutuantes-independentes-aliviar-cidades#.WCjbCbIrLDc>>. Acesso em: 4 set. 2016.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **IMO**. Publication Catalogue. Londres: Imo, 2016.

International Towing Tank Conference. **ITTC** 8ª edição. Madri, Espanha, 1957

KREUGER, L. **Contribuições ao processo de desenvolvimento de embarcações: Estudo de caso no estaleiro Kalmar**. 2008. 91 f. TCC (Graduação) -Curso de Design, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2008.

LAMB, T et al. **Ship Design and Construction**. 2. ed. United States of America: Sheridan Books, 2003.

MEANS, B; KEASLER, B. Floating homes are as old as Seattle. **Floating Homes Association**. 1986. Disponível em: <<http://seattlefloatinghomes.org/history/>>. Acesso em 24 set. 2016.

MOLLAND, A. F.; TURNOCK, S. R.; HUDSON, D. A. Ship Resistance and Propulsion. University of Southampton. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

MOLLAND, A. (Ed.). **The maritime engineering reference book: a guide to ship desing, construction and operation**. Burlington: Elsevier, 2008.

NOGUEIRA, S et al. **Estabilidade de plataformas semi-submersíveis: teoria e controle de emergências**. 2. ed. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002. 72 p.

NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA. **NORMAM 02/DPC**: Normas da autoridade marinha para embarcações empregadas na navegação interior. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2003. 36 p. Disponível em:

<<https://www.dpc.mar.mil.br/sites/default/files/normam02.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA. **NORMAM 03/DPC**: Normas da autoridade marinha para amadores, embarcações de esporte e/ou recreio e para cadastramento e funcionamento das marinas, clubes e entidade desportivas náuticas. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2003. 142 p. Disponível em:

<<https://www.dpc.mar.mil.br/sites/default/files/normam03.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2016.

NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA. **NORMAM 11/DPC**: Normas da autoridade marinha para obras, dragagens, pesquisa e lavra de minerais sob, sobre e as margens das águas jurisdicionais brasileiras. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2003. 36 p. Disponível em: <<https://www.dpc.mar.mil.br/sites/default/files/normam11.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

PICANÇO, HP. **Resistência ao avanço: uma aplicação de Dinâmica dos Fluidos Computacional**. 1999. 90 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

ROZENFELD, H. FORCELLINI, F. A. AMARAL, D. C. TOLEDO, J. C. SILVA, S. L. ALLIPRANDINI, D. H. SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

STOPP, H; STRANGFELD, P. Floating houses: chances and problems. **Architecture Civil Engineering Environmente**, Silesian, v. 128, n. 3, p.81-90, dez. 2010.

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

THE HEART OF EUROPE. **The Floating seahorse**. 2016. Disponível em: <<http://www.thoe.com/en/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

WEG (Brasil). **Geradores WEG na P-56**: Depois de fornecer geradores, motores para bombas e módulos de compressão, além de mais de 400 toneladas de tintas para as plataformas P-51, 52, 53 e 54, equipamentos WEG irão equipar agora a P-56. Disponível em: <<http://www.weg.net/br/Media-Center/Noticias/Produtos-e-Solucoes/Geradores-WEG-na-P-56>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

WWF BRASIL (Brasil). **O que é desenvolvimento sustentável?** Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/>. Acesso em: 22 ago. 2016.

GLOSSÁRIO

- Altura metacêntrica: Distância entre o centro de gravidade da embarcação e o Metacentro;
- Armador: Solicitante do projeto naval
- Atracar: Ato de aproximar-se do cais e amarrar a embarcação;
- Banda: Inclinação permanente da embarcação para um dos bordos, resultante da má distribuição de pesos ou de avaria;
- Bioincrustação: Acúmulo indesejável de micro-organismos sobre a área molhada da embarcação;
- Boca: Dimensão transversal da embarcação, maior largura do casco;
- Bombordo: Bordo esquerdo;
- Borda livre: Distância vertical entre a superfície da água e o convés.
- Bordo: Representa um lado no sentido da boca da embarcação;
- Boreste: Bordo direito;
- Calado: Distância vertical entre a quilha e a linha d'água;
- Catamarã: Embarcação constituída de dois cascos;
- Centro de carena: Centro de gravidade do volume imerso da embarcação. É o ponto de aplicação do empuxo.
- Convés: Piso ou pavimento da embarcação;
- Deslocamento: Peso do volume deslocado pelo navio para determinada condição de carregamento;
- Emborque: Quando a embarcação se torna instável e acaba virando com a boca para baixo;
- Fundear: Ato de lançar a âncora;
- Leme: Peça usada para auxiliar na manobra da embarcação;
- Linha d'água: Intersecção da superfície do casco com qualquer plano paralelo ao plano de base (quilha);
- Meia-nau: Centro longitudinal da embarcação, caracterizado pela metade do comprimento total;
- Metacentro: Ponto de encontro da linha de ação do empuxo com a plano diametral

Momento emborcador: momento originado pelos pesos na tendência de causar o emborcamento da embarcação;

Momento restaurador: momento originado pela força de empuxo na tendência de recuperar o equilíbrio;

Mono Casco: Embarcação de apenas um casco;

Pontal: neste caso representado pela distância linha entre a linha base (fundo do flutuador) e o telhado da casa

Popa: Parte de trás da embarcação;

Proa: Parte da frente da embarcação;

Ré: Direção longitudinal da embarcação no sentido da meia nau até a popa;

Salvatagem: Equipamentos e medidas de segurança destinadas a segurança;

Shore-power: Tomada externa que possibilita a embarcação usufruir da energia elétrica no cais.

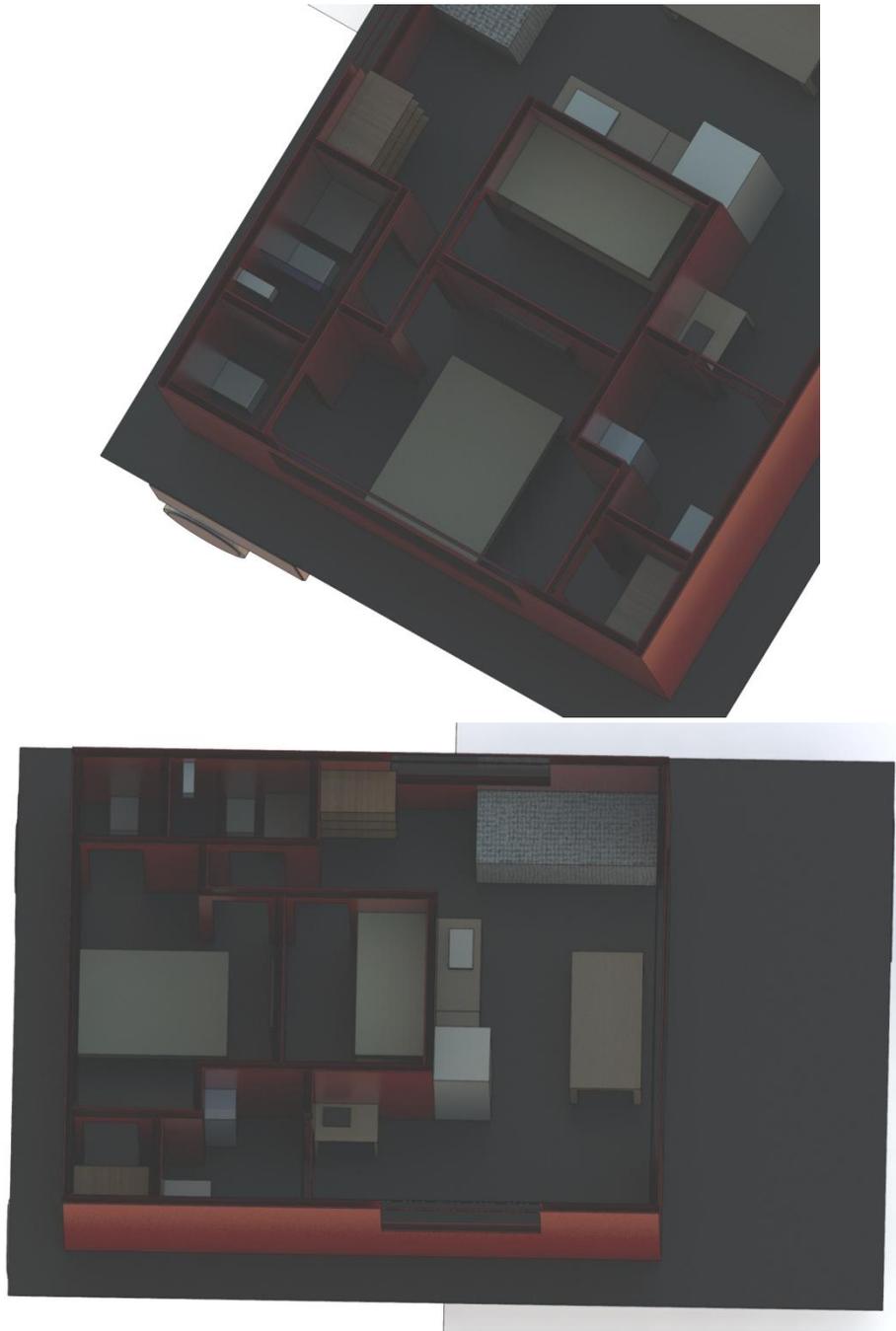
Trim: Inclinação longitudinal da embarcação ocasionada pela diferença de posicionamento do centro de massa e o centro do volume submerso

Vante: Direção longitudinal da embarcação no sentido da meia nau até a proa;

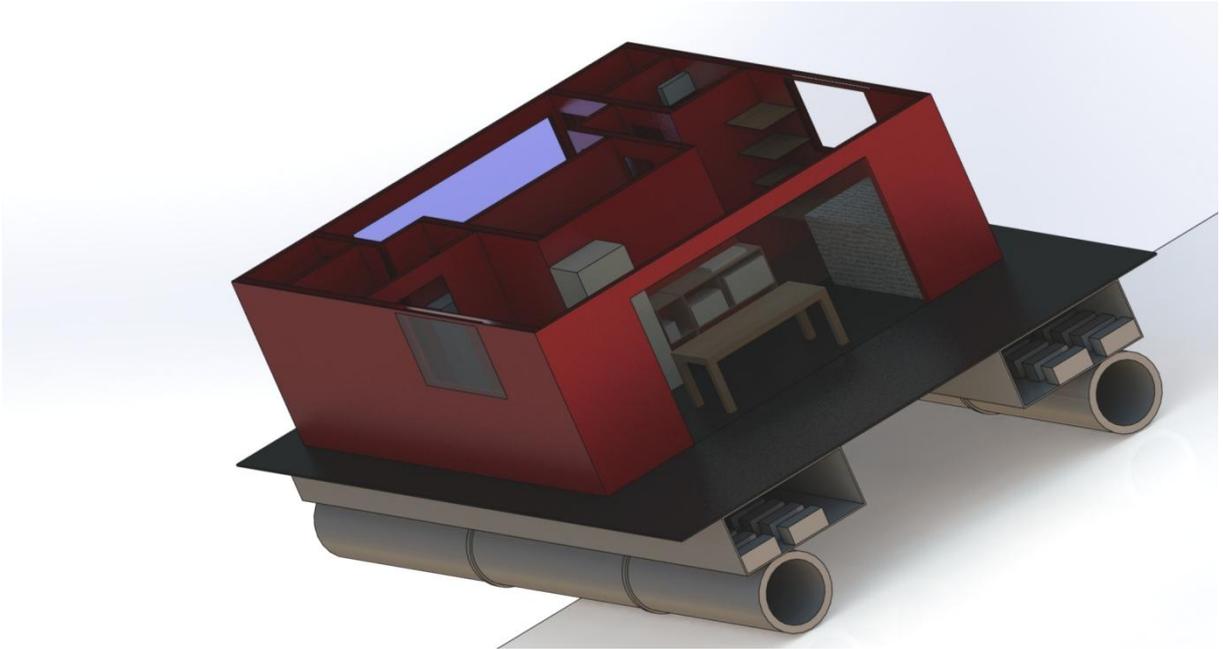
Velocidade de serviço: Velocidade na qual a embarcação navega em condições usuais.

APÊNDICE A: Arranjo interno 3D

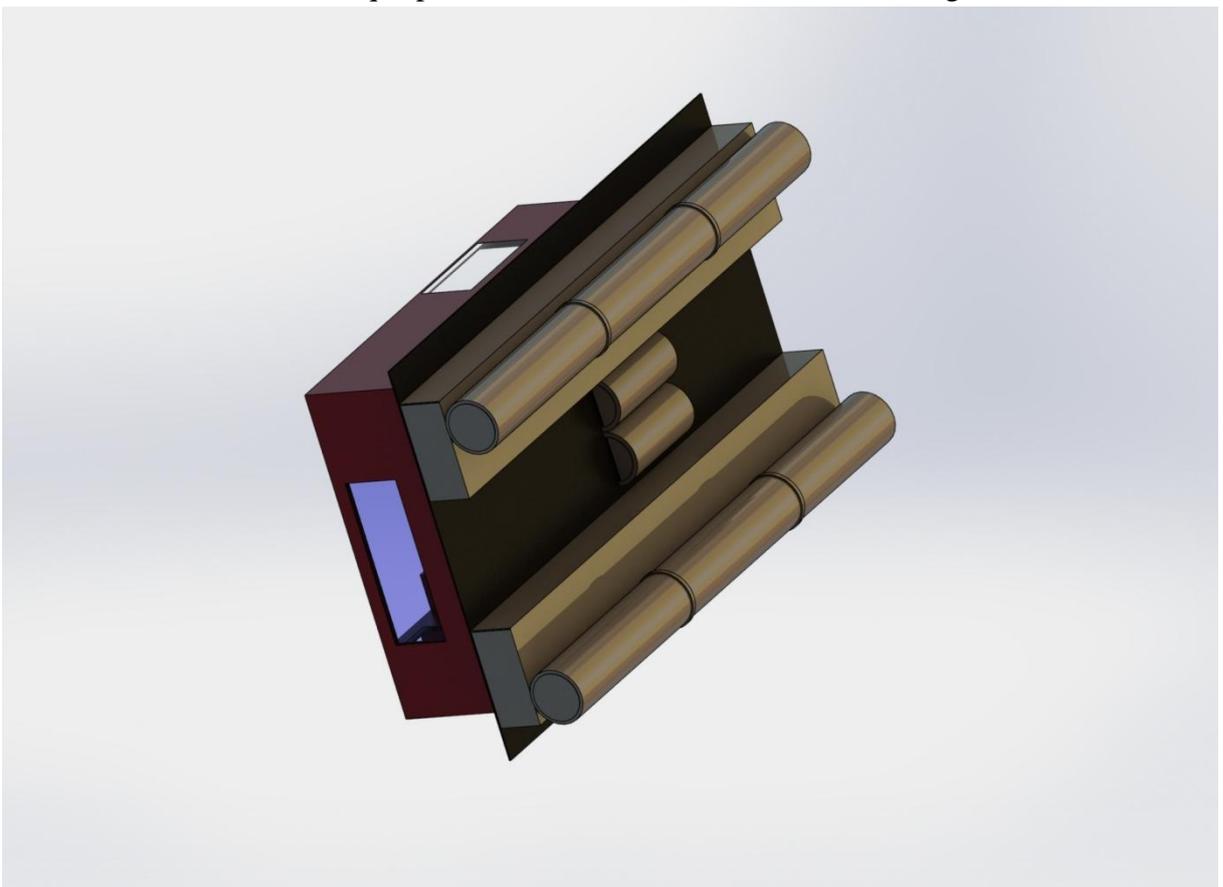
Conceito 1



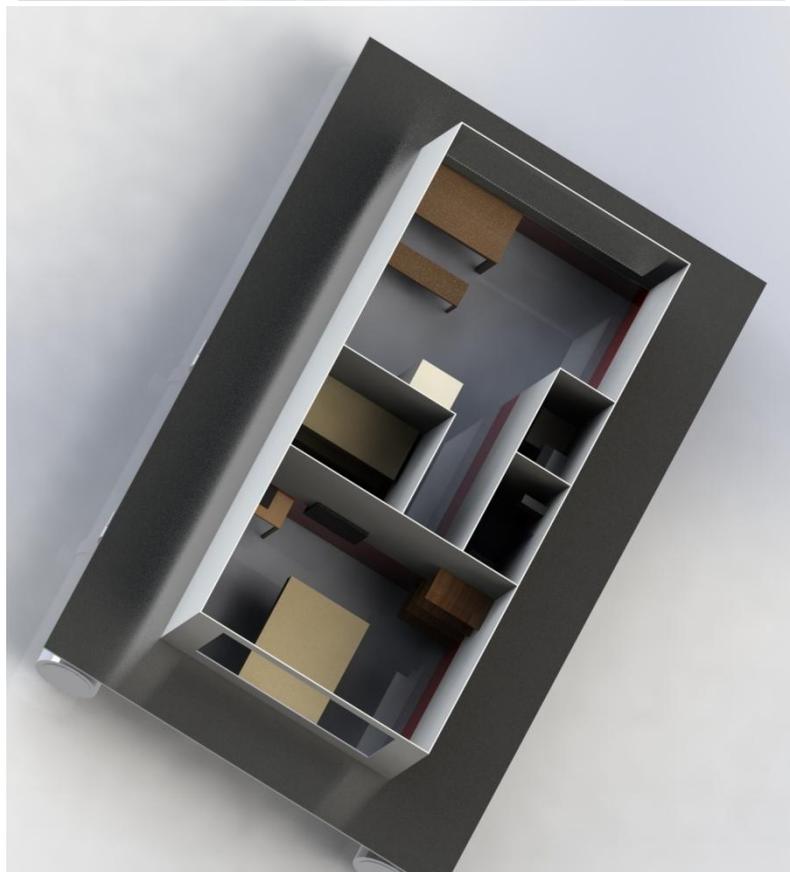
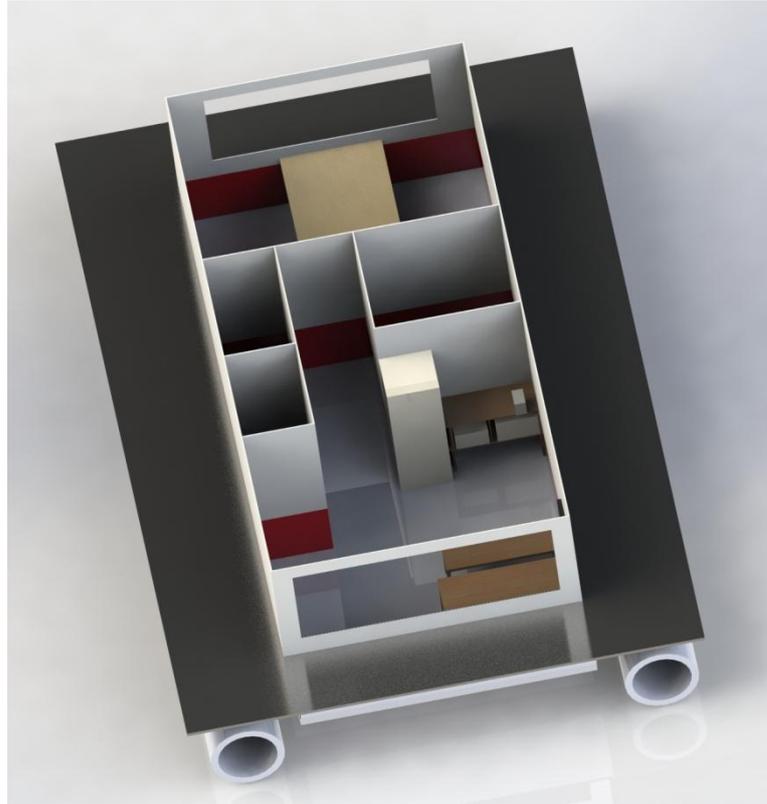
Conceito 1 – destaque para as baterias



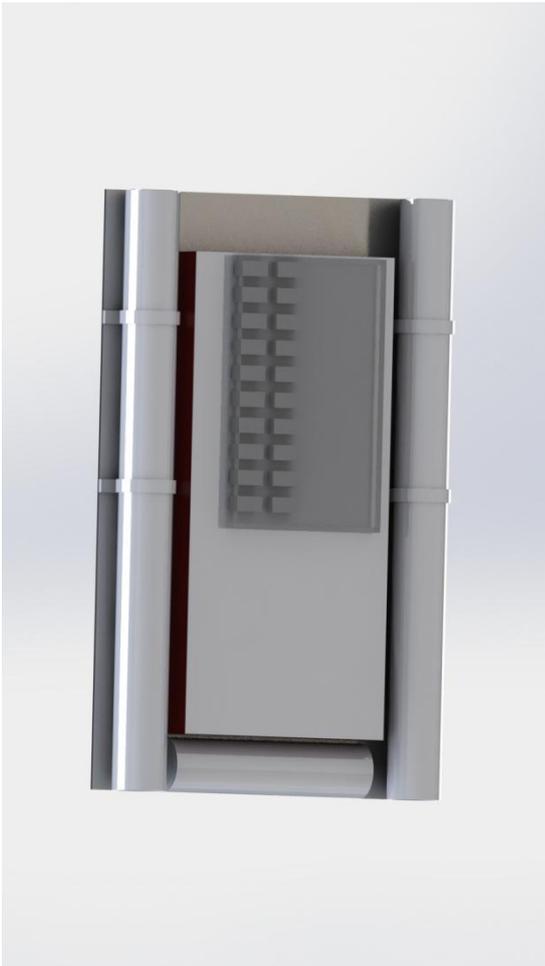
Conceito 1 – Destaque para os flutuadores e armazenadores de água e efluentes



Conceito 2



Conceito 2 – Destaque para as baterias, flutuadores e armazenadores de água e efluentes



APÊNDICE B: Simplificação para inserção dos pesos via programa

Grupo	Item	Peso kg	Dimensões cpxa mxmxm	Densidade Kg/m ³
Cozinha	Geladeira (432L)	90	0,711x 0,707x 1,89	94,73
	Fogão (elétrico)	4,64	0,302x0,514x0,047	635,99
	Microondas (20l)	10,5	0,455x0,355x0,264	246,23
	Liquidificador (2l)	1,8	0,2x0,175x0,425	121,01
	Cafeteira (1,5l)	0,84	0,152x0,22x0,26	96,61
Sala	Notebook	2,2	0,34x0,24x0,022	1225,49
	DVD	1,1	0,27x0,201x0,037	547,81
	TV 40"	8,5	0,907x0,288x0,586	55,53
Lavanderia	Maq de lavar	71	0,6x0,6x0,85	232,03
	Aspirador de pó	2	0,24x1,12x0,50	14,88
	Ferro de passar	1,1	0,14x0,333x0,161	146,55
Iluminação	Cozinha/sala	-	0,119x0,06	Não adicionado
	Quartos solt	-	0,119x0,06	Não adicionado
	Quarto casal	-	0,119x0,06	Não adicionado
	Banheiro	-	0,119x0,06	Não adicionado
	Lavanderia	-	0,119x0,06	Não adicionado
Banheiro	Chuveiro****	0,605	0,145x0,245x0,405	42,05
	Barbeador	0,434	0,059x0,1x0,236	311,69
	Vaso sanitário	14,5	0,445 x0,360x0,352	257,14
Quartos	Ventilador	4,1	0,45x0,45x0,38	53,28
	TV 40"	8,5	0,907x0,288x0,586	55,53

Continua (...)

		Peso	Dimensões cpxa	Densidade
+	Dessanilizador	-	0,4x0,4x1,3	Não adicionado
	Bateria	33	Adicionado individualmente	
	Inverssores (1kva)	45	0,4x0,25x0,5	14,06
	P. Solares	650	9x7,2x0,07	36,40
Móveis	Banheiro	12,62	0,6x0,6x0,6	520,00
	Cama de casal	13,3	1,38x1,88x0,18	3,26
	Cama de sol	5,56	1,38x1,88x0,14	1,06
	Quarto casal	22		
	Sofá	72	2,3x0,94x0,96	28,25
	Cozinha/sala mov1	27,89	1,6x0,55x0,9	485,00
	Cozinha/sala mesa	33	1,8x0,9x0,6	9,90

APÊNDICE C: Conceito instável

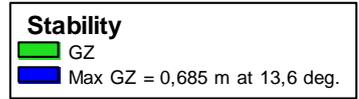
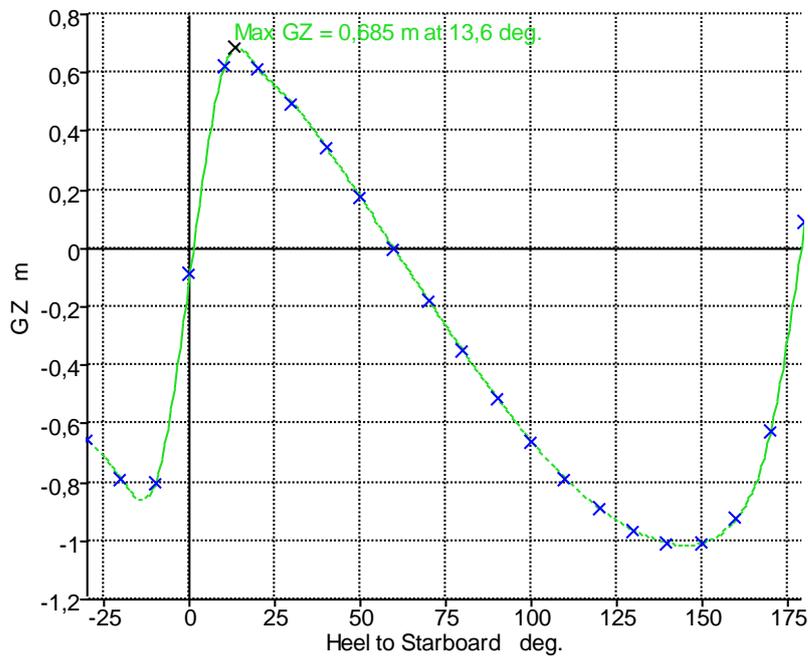


O conceito apresentado acima se torna instável, porque com a massa total excedendo o valor de 19 toneladas faz com que seja necessário mais do que 12m de comprimento de flutuação, sendo essa uma dimensão não disponível para projeto.

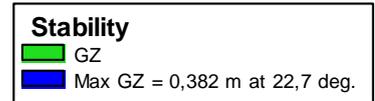
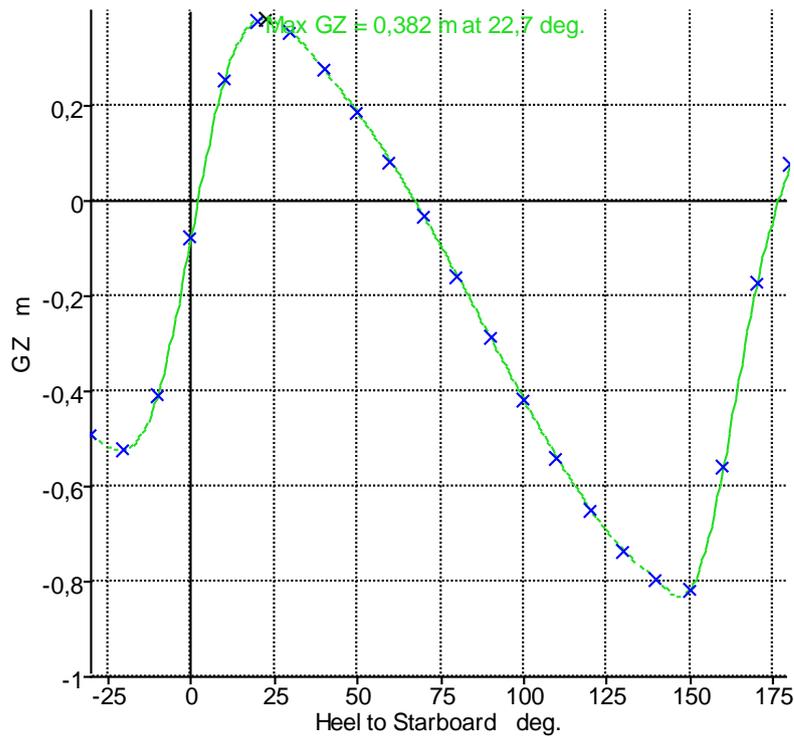
Também é importante ressaltar que este modelo por possuir pouca área de flutuação e alta posição vertical de massa, não possuía valores positivos de GM.

Então, por não haver flutuação mínima, acarretando na instabilidade inicial o mesmo foi modificado. Permaneceram-se as paredes e objetos, os flutuadores foram inteiramente submersos e adicionadas caixas de flutuação assim aumentando área de flutuação e diminuindo KG.

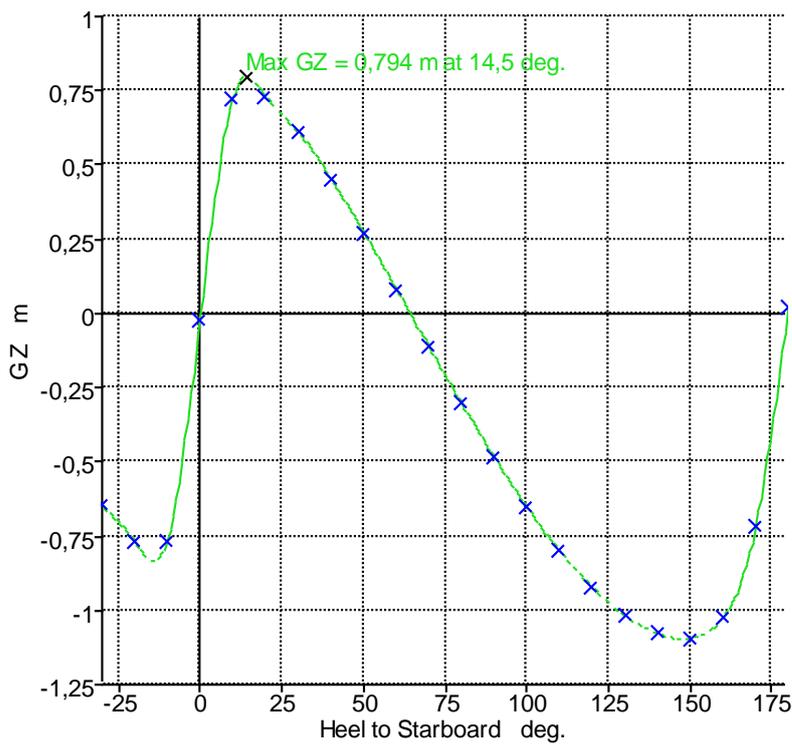
APÊNDICE D: Gráficos GZ



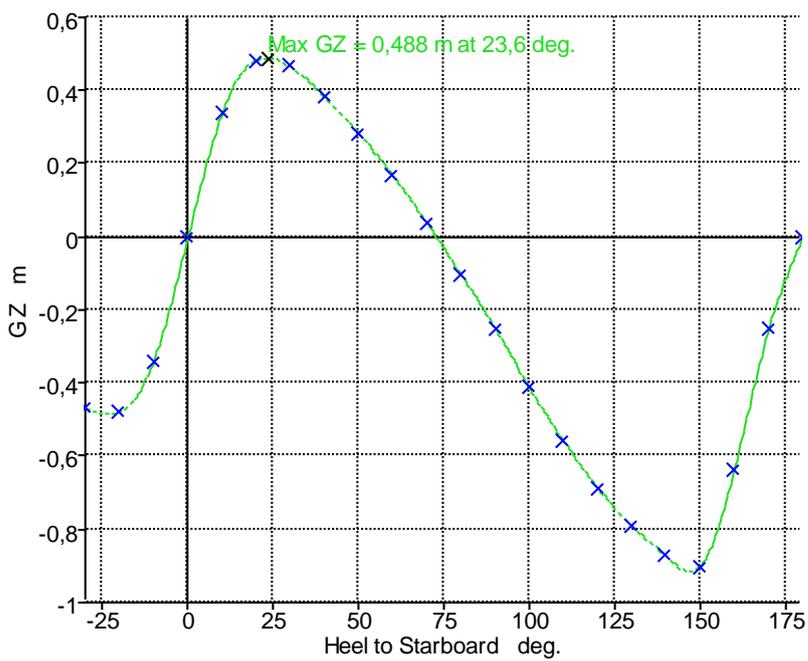
Conceito 1 – Cargas
fixas



Conceito 1 – Cargas
fixas + carga crítica



Conceito 2 – Cargas fixas



Conceito 2 – Cargas fixas + carga crítica

APÊNDICE E: Sites em que os produtos podem ser encontrados

Grupo	Item	Site
Cozinha	Geladeira (432L)	http://www.submarino.com.br/produto/13976739/geladeira-brastemp-gourmand-frost-free-432-litros?opn=XMLGOOGLE&loja=62058318000776&epar=&WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_g35170&gclid=CPDTg-eT384CFRMikQodGXYPZA
	Fogão (elétrico)	https://www.walmart.com.br/item/34658/sk?utm_source=google-pla&adtype=pla&utm_medium=ppc&utm_term=34658&utm_campaign=eletrodomesticos+34658
	Microondas (20l)	http://www.americanas.com.br/produto/116796362/microondas-consul-cm020-20-litros-cinza-espelhado?opn=YSMESP&loja=02&&WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_ed_todas_geral_gmv&gclid=CMaz4-W384CFU4JkQodiogGnQ
	Forno elétrico (44l)	http://www.americanas.com.br/produto/112939987/forno-eletrico-fischer-hot-grill-bancada-44-litros?loja=8584116000470&opn=YSMESP&WT.srch=1&epar=&WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_pla_ed_rlsa_novos_gmv&gclid=CPOSsNeY384CFYQGkQodBC8N3Q
	Liquidificador (2l)	http://www.americanas.com.br/produto/125215742/liquidificador-philco-ph900-vm-2l-12-velocidades-vermelho-900w?opn=YSMESP&loja=02&&WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_pla_ep_todas_geral_apostas&gclid=CIKj2I2a384CFcYHkQodIJgEyw
	Cafeteira (1,5l)	http://www.americanas.com.br/produto/112766852/cafeteira-eletrica-britania-cp15-inox-temp-preto?nm_ranking_rec=1&nm_origem=rec_item_page_rr1-CategorySiloedViewCP&DCSext.recom=RR_item_page_rr1-CategorySiloedViewCP

Continua (...)

Grupo	Item	Site
Sala	Notebook	http://www.submarino.com.br/produto/126882934/notebook-dell-inspiron-i14-5448-c25-intel-core-i7-8gb-2gb-de-memoria-dedicada-1tb-8gb-ssd-14-windows-10-prata?loja=03&opn=XMLGOOGLE&&WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_g35062&gclid=CM7nv_yc384CFRIHkQodpTQO9A
	DVD	http://www.americanas.com.br/produto/114366019/dvd-player-philips-dvp2850x-78-usb-divx?loja=10576972000182&opn=YSMESP&WT.srch=1&epar=&WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_todos-os-produtos_geral_rlsa_reativados_gmv&gclid=CMKf2oa24s4CFQUJkQod-mgIPw
	TV 40"	http://www.magazineluiza.com.br/smart-tv-led-40-samsung-j5300-conversor-digital-wi-fi-2-hdmi-2-usb/p/1933642/et/elit/google/4657/?utm_source=google&utm_medium=pla&utm_campaign=et&utm_content=1933642&partner_id=4657&cmptype=pla&profileid=466&campaignid=8559&keyword=&gclid=CL6hmKG34s4CFVYGkQodEW4K1w
Lavanderia	Máquina de lavar roupa	http://www.americanas.com.br/produto/117597234/lavadora-de-roupas-samsung-front-load-wf106-10-1kg-branca?nm_ranking_rec=2&nm_origem=rec_item_page.rr2-ViewedPurchased&DCSext.recom=RR_item_page.rr2-ViewedPurchased
	Aspirador de pó	http://www.americanas.com.br/produto/126109520/aspirador-de-po-britania-dust-off-700w-preto-e-cinza?opn=YSMESP&loja=02&&WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_pla_ep_todas_geral_apostas&gclid=CJTB7vnc4s4CFcSAkQodsKYGXw
	Ferro de passar	http://www.americanas.com.br/produto/122807591/ferro-a-vapor-arno-ultragliss-44-fu44?opn=YSMESP&loja=1336140000106&WT.srch=1&epar=&WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_apostas_gmv&gclid=CInox8rd4s4CFQIHkQodzK0Bwg

Continua (...)

Grupo	Item	Site
Iluminação	Cozinha/sala	http://www.eleds.com.br/lampada-bulbo-led-a60-15w-bivolt-golden-branca-amarela.html?gclid=CNz51pnCmdACFVQEkQodLawHCw
	Quarto solteiro	http://www.eleds.com.br/lampada-bulbo-led-a60-15w-bivolt-golden-branca-amarela.html?gclid=CNz51pnCmdACFVQEkQodLawHCw
	Quarto casal	http://www.eleds.com.br/lampada-bulbo-led-a60-15w-bivolt-golden-branca-amarela.html?gclid=CNz51pnCmdACFVQEkQodLawHCw
	Banheiro	http://www.eleds.com.br/lampada-bulbo-led-a60-15w-bivolt-golden-branca-amarela.html?gclid=CNz51pnCmdACFVQEkQodLawHCw
	Lavanderia	http://www.eleds.com.br/lampada-bulbo-led-a60-15w-bivolt-golden-branca-amarela.html?gclid=CNz51pnCmdACFVQEkQodLawHCw
Banheiro	Chuveiro	http://www.americanas.com.br/produto/116993534/ducha-top-jet-127-5500-multitemperaturas-lorenzetti#informacoes-tecnicas
	Barbeador	http://www.americanas.com.br/produto/119371001/kit-aparador-de-pelos-philips-multigroom-gg3339-15-bateria-recarregavel-12w?nm_ranking_rec=2&nm_origem=rec_item_page_rr2-CategorySiloedPurchaseCP&DCSext.recom=RR_item_page_rr2-CategorySiloedPurchaseCP
	Vaso sanitário	http://www.shopnautico.com.br/vaso-sanitario-manual-tmc-lanchas-veleiros-motorhomes-p1483
Quartos	Ventilador	http://www.americanas.com.br/produto/122775963/ventilador-de-teto-ventisol-sunny-br-premium-branco-3-velocidades
	TV 40"	http://www.magazineluiza.com.br/smart-tv-led-40-samsung-j5300-conversor-digital-wi-fi-2-hdmi-2-usb/p/1933642/et/elit/google/4657/?utm_source=google&utm_medium=pla&utm_campaign=et&utm_content=1933642&partner_id=4657&cmptype=pla&profileid=466&campaignid=8559&keyword=&gclid=CL6hmKG34s4CFVYGkQodEW4K1w

Continua (...)

Grupo	Item	Site
+	Base	https://www.mar.mil.br/bfla/intendencia/atas_vigencia/2013/pregao03_2013_materiais_d_i.pdf
	Paredes -Conceito1	http://www.eternit.com.br/produtos/solucoes-construtivas/placas-cimenticias/eterplac-standard
	Paredes - Conceito 2	https://www.mar.mil.br/bfla/intendencia/atas_vigencia/2013/pregao03_2013_materiais_d_i.pdf
	Flutuadores	Confidencial
	Baterias	http://www.exide.com.br/pt/product-solutions/transportation/applications-transportation/marine--transportation.aspx
	Dessanilizador	http://www.osmosereversabrasil.com.br/produtos/osmo-se-200-a-2000lh
	Inversores (1kva)	http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-critical-power-fonte-retifcador-inversor-estabilizador-chave-estatica-bateria-50032773-catalogo-portugues-br.pdf
	Boiler (400l)	http://loja.globalaquecedor.com.br/index.php?cPath=1
	Sis. Fotovoltaico	EPE
	Motor	http://www.torqueedo.com/en/products/outboards/deep-blue/deep-blue-40-r/M-3203-00.html
	Móveis	Banheiro
Quartos solteiro		http://www.submarino.com.br/produto/10388045/cama-auxiliar-em-madeira-macica-com-rodizios-solteiro-mel-lojix?WT.srch=1&condition=NEW&cor=Mel+Acetinado&epar=bp_pl_00_go_g35170&gclid=CMPO4cu4mtACFY5bhgodCEYKzw&opn=XMLGOOGLE&sellerId=11013647000174
Cama de casal		http://www.americanas.com.br/produto/128746768/colchao-casal-orthoflex-comfortpedic-line-espuma-d33-138x188x18cm

Continua (...)

Grupo	Item	Site
Móveis	Cama de solteiro	https://www.walmart.com.br/colchao-guarda-costas-probel--d23-solteiro--88x188x14--palha-com-vermelho/2954219/pr
	Quarto casal	http://www.submarino.com.br/produto/126041318/box-casal-woodflex-padrao-sarja-preto-138x188x30cm?WT.srch=1&condition=NEW&epar=bp_pl_00_go_g35170&gclid=CJiy3Ny4mtACFQFDhgo dL4ULew&opn=XMLGOOGLE&sellerId=00776574000660
	Sofá	http://www.magazineluiza.com.br/sofa-retratil-4-lugares-e-reclinavel-revestimento-suede-prince-linoforte/p/2165085/mo/so4o/google/4654/?utm_source=google&utm_medium=pla&utm_campaign=mo&utm_content=2165085&partner_id=4654&gclid=CLe3msyZhs8CFUYJkQod2v8Cvg
	Cozinha/sala mov1	https://www.madeiramadeira.com.br/balcao1-porta-1-gaveta-e-1-gavetao-1-20m-sem-tampo-glamy-madesa-147466.html?origem=pla-147466&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=balcoes-para-cozinha&utm_term=147466&gclid=CIXnv_G4mtACFcFAhgodjU4M4A
	Cozinha/sala mesa	http://www.leroymerlin.com.br/mesa-madeira-mestra-85x180x75cm-nogueira_88358340?origin=124eac494ca6dbfd4ddec798

ANEXO A: Modelos de casas flutuantes usadas na análise de mercado

Figura 39 – Modelo de Portugal



Fonte: Amimeira Marina (2015)

Figura 40 – Modelo da Alemanha



Fonte: Inovação Tecnológica (2016).

Figura 41 – Modelo de Seattle



Fonte: Means, B. e Keasler, B. (1986)

Figura 42 – Modelo da Holanda



Fonte: Carline P. (2013).

Figura 43 – Modelo de Dubai.



Fonte: The heart of Europe (2016).

ANEXO B: Valores de Iluminância exigidos pela ABNT

Local	Iluminância [lx]
Banheiros	100-150-200
Espelhos (iluminação suplementar)	200-300-500
Corredores e escadas	75-100-150
Lavanderia (Lavagem de roupas)	150-200-300
Lavanderia (passagem de peças a ferro, contagem, pesagem e marcação)	150-200-300
Lavanderia (calandragem, classificação)	150-200-300
Lavanderia (passagem manual a ferro de peças delicadas)	300-500-750
Sala de leitura (geral)	100-150-200
Sala de leitura (mesa)	200-300-500
Cozinha (geral)	150-200-300
Cozinha (local)	300-500-750
Quartos (geral)	100-150-200
Quartos (cama suplementar)	150-200-300
Quartos (escrivania)	200-300-500
Quartos (penteadeiras)	200-300-500
Salão de Reuniões (salão de conferências)	100-150-200
Salão de Reuniões (tablados)	300-150-750
Exposições e demonstrações	200-300-500
Sala de reuniões de hóspedes	100-150-200
Restaurantes	100-150-200
Lanchonetes	150-200-300
Auto-serviço	150-200-300
Portaria e recepção	150-200-300
Centro telefônico	150-200-300

Fonte: ABNT (2013).