

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
ENGENHARIA NAVAL

RICARDO ALMEIDA SANCHES

**O IMPACTO DO AUMENTO DE PESO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA NA
ESTABILIDADE DE EMBARCAÇÕES DE PEQUENO PORTE PARA O TRANSPORTE DE
PASSAGEIROS: ESTUDO DE CASO NO MANAUS (AM)**

MANAUS
2024

RICARDO ALMEIDA SANCHES

**O IMPACTO DO AUMENTO DE PESO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA NA
ESTABILIDADE DE EMBARCAÇÕES DE PEQUENO PORTE PARA O TRANSPORTE DE
PASSAGEIROS: ESTUDO DE CASO NO MANAUS (AM)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Naval, na Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas.

Orientador: Prof. Dr. Elvis Jhoarsy Osorio Santander

MANAUS

2024

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

S211oi Sanches, Ricardo Almeida

O impacto do aumento de peso da população brasileira na estabilidade de embarcações de pequeno porte para o transporte de passageiros: estudo de caso no Manaus(AM) / Ricardo Almeida Sanches. Manaus : [s.n], 2024.
76 f.: color.; 297 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Naval - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2024.

Inclui bibliografia

Orientador: Elvis Jhoarsy Osorio Santander

1. Transporte de Passageiros. 2. Aumento de Peso.
3. Estabilidade em embarcações. I. Elvis Jhoarsy Osorio Santander (Orient.). II. Universidade do Estado do Amazonas. III. O impacto do aumento de peso da população brasileira na estabilidade de embarcações de pequeno porte para o transporte de passageiros: estudo de caso no Manaus(AM)

RICARDO ALMEIDA SANCHES

O IMPACTO DO AUMENTO DE PESO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA NA ESTABILIDADE DE EMBARCAÇÕES DE PEQUENO PORTE PARA O TRANSPORTE DE PASSAGEIROS: ESTUDO DE CASO NO MANAUS (AM)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Naval, na Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Elvis Jhoarsy Osorio Santander
Universidade do Estado do Amazonas

Prof. Dr. Ricardo Homero Ramirez Gutierrez
Universidade do Estado do Amazonas

Prof. Dr. Jassiel Vladimir Hernandez Fontes
Universidade do Estado do Amazonas

Prof. Dr. Eduardo Rafael Barreda Del Campo
Universidade do Estado do Amazonas

MANAUS

2024

Agradecimentos

Agradeço a todos os professores e meus familiares que contribuíram de forma direta ou indiretamente para o sucesso desta caminhada.

À empresa *Bentley Systems*, pela licença acadêmica do software *Maxsurf*.

À empresa *Autodesk*, pela licença acadêmica do software *AutoCAD*.

Agradece-se o suporte do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq) por meio da Chamada CNPq-FNDCT-MCTI n° 14/2022 - Faixa A (Processo 405529/2022-8)

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo investigar os efeitos do aumento do peso médio da população brasileira na estabilidade de embarcações de pequeno porte para transporte de passageiros, especificamente na região de Manaus, Amazonas. Para alcançar este objetivo, foram adotados os seguintes objetivos específicos: avaliar a estabilidade atual das embarcações de pequeno porte, comparar a adoção do peso de passageiros em projetos de outros modais de transporte e analisar o comportamento das embarcações submetidas a pesos superiores aos estabelecidos por normas.

A metodologia utilizada envolveu a coleta de dados reais de embarcações em operação, modelagem dessas embarcações, definição de condições de carregamento e simulação de cenários. Foram analisadas 18 embarcações, variando em comprimento de 6,80 a 16 metros e com capacidades de 10 a 70 passageiros. A avaliação seguiu as premissas da NORMAM 202/DPC, considerando os efeitos combinados do peso dos passageiros, vento e guinadas bruscas.

Os resultados indicam que o aumento do peso médio da população pode comprometer a estabilidade das embarcações, com várias não atendendo aos critérios de estabilidade quando os passageiros são mais pesados que o estipulado. As relações adimensionais Comprimento/Boca (L/B) e Boca/Pontal (B/P) foram cruciais para identificar problemas potenciais. Embarcações existentes podem precisar reavaliar suas capacidades e ajustar a lotação de passageiros, enquanto novos projetos devem adotar relações conservadoras para garantir a segurança.

A conclusão destaca a importância de considerar o aumento de peso da população nas regulamentações de embarcações na região Amazônica para assegurar a segurança dos passageiros.

Palavras Chaves – Transporte de Passageiros, Aumento de Peso, Estabilidade em embarcações

Abstract

This study aims to investigate the effects of the increase in the average weight of the Brazilian population on the stability of small passenger transport vessels, specifically in the Manaus, Amazonas region. To achieve this objective, the following specific goals were set: to assess the current stability of small passenger vessels, to compare the adoption of passenger weight in the design of other modes of transport, and to analyze the behavior of vessels subjected to weights exceeding the standards.

The methodology involved collecting real data from vessels in operation, modeling these vessels, defining loading conditions, and simulating scenarios. Eighteen vessels were analyzed, varying in length from 6.80 to 16 meters and with capacities ranging from 10 to 70 passengers. The evaluation followed the NORMAM 202/DPC premises, considering the combined effects of passenger weight, wind, and sharp turns.

The results indicate that the increase in the average weight of the population can compromise vessel stability, with several vessels failing to meet stability criteria when passengers are heavier than stipulated. The Length/Breadth (L/B) and Breadth/Draft (B/P) ratios were crucial in identifying potential problems. Existing vessels may need to reassess their capacities and adjust passenger loads, while new designs should adopt conservative ratios to ensure safety.

The conclusion emphasizes the importance of considering the population's weight increase in the regulations of vessels in the Amazon region to ensure passenger safety.

Keywords – Passenger Transport, Weight Increase, Vessel Stability

Lista de Figuras

Figura 1 - Percentual de homens (≥ 18 anos) com obesidade ($IMC \geq 30$ kg/m ²).....	21
Figura 2 - Percentual de mulheres (≥ 18 anos) com obesidade ($IMC \geq 30$ kg/m ²).....	22
Figura 3 - Prevalência de obesidade e totais estimados na população com 18 anos ou mais idade, por sexo, segundo os grupos de idade.	23
Figura 4 - Relação entre o nº de pacientes e o sobrepeso.....	23
Figura 5 - Lancha expresso na travessia Manaus / Careiro.....	26
Figura 6- Travessia Porto CEASA / Porto Careiro da Várzea.	26
Figura 7 - Eixos de movimentação de uma embarcação.....	29
Figura 8 - Seção transversal, GMt.	29
Figura 9 - Condições de equilíbrio.	30
Figura 10 - Embarcação de pequeno porte para transporte fluvial de passageiros.....	32
Figura 11 - Embarcação de pequeno porte para transporte fluvial de passageiros.....	32
Figura 12 - Classificação das embarcações segundo sua faixa de velocidade.	34
Figura 13 - Fluxograma do projeto.	37
Figura 14 - Configuração inicial do casco.	40
Figura 15 - Modelagem definitiva.	40
Figura 16 - Critério de estabilidade para embarcações da área 1.	41
Figura 17 - Arranjo esquemático do convés.....	45
Figura 18 - Condição 1, 100 % Pax a 75 kg para a embarcação n. 4.	47
Figura 19 - Condição 2, 45 % Pax com 75 kg e 55% Pax com 79,5 kg ($IMC >25\%$) para embarcação n. 4.	47
Figura 20 - Condição 3, 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg ($IMC >25\%$) e 20% com 86,7 kg ($IMC > 30\%$), para a embarcação n. 4.....	48
Figura 21 - Condição 1, 100 % Pax a 75 kg para a embarcação n. 8.	50
Figura 22 - Condição 2, 45 % Pax com 75 kg e 55% Pax com 79,5 kg ($IMC >25\%$) para embarcação n. 8.	50
Figura 23 - Condição 3, 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg ($IMC >25\%$) e 20% com 86,7 kg ($IMC > 30\%$), para a embarcação n. 8.....	51
Figura 24 - Condição 1, 100 % Pax a 75 kg para a embarcação n. 10.....	52

Figura 25 - Condição 2, 45 % Pax com 75 kg e 55% Pax com 79,5 kg (IMC >25%) embarcação n. 10.	53
Figura 26 - Condição 3, 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg IMC >25%) e 20% com 86,7 kg (IMC > 30%), para a embarcação n. 10.....	53
Figura 27 - Condição 1, 100 % Pax a 75 kg para a embarcação n. 12.....	55
Figura 28 - Condição 2, 45 % Pax com 75 kg, 55% Pax com 79,5 kg (IMC >25%) para embarcação n. 12.	55
Figura 29 - Condição 3, 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg IMC >25%) e 20% com 86,7 kg (IMC > 30%), para a embarcação n. 12.....	56
Figura 30 - Condição 1, 100 % Pax a 75 kg para a embarcação n. 16.....	57
Figura 31 - Condição 2, 45 % Pax com 75 kg , 55% Pax com 79,5 kg (IMC >25%) para embarcação n. 16.	58
Figura 32 - Condição 3, 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg IMC >25%) e 20% com 86,7 kg (IMC > 30%), para a embarcação n. 16.....	59
Figura 33 - Relação A2/A1 e L/B.....	61
Figura 34 - Comparação da relação L/B na condição de estabilidade 1.	63
Figura 35 - Comparação da relação L/B na condição de estabilidade 2.	63
Figura 36 - Comparação da relação L/B na condição de estabilidade 3.	64
Figura 37 - Relação A2/A1 e B/P.	65
Figura 38 - Comparação da relação B/P na condição de estabilidade 1.	66
Figura 39 - Comparação da relação B/P na condição de estabilidade 2.	66
Figura 40 - Comparação da relação B/P na condição de estabilidade 3.	67
Figura 41 - Relação A2/A1 e P/H.....	68

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Frequência de transporte no trecho Manaus /Careiro.....	26
Tabela 2 - Características das embarcações em estudo.....	38
Tabela 3 – Embarcações analisadas.	39
Tabela 4 - Condições de carregamento.	44
Tabela 5 - Parâmetros para cálculo dos momentos emborcadores.	45
Tabela 6 - Áreas sob as curvas de estabilidade da embarcação n. 4.....	48
Tabela 7 - Áreas sob as curvas de estabilidade da embarcação n. 8.	51
Tabela 8 - Áreas sob as curvas de estabilidade da embarcação n. 10.....	54
Tabela 9 - Áreas sob as curvas de estabilidade da embarcação n. 12.....	56
Tabela 10 - Áreas sob as curvas de estabilidade da embarcação n. 16.....	59
Tabela 11 - Relação L/B e B/P das embarcações simuladas.	61
Tabela 12 - Relação L/B obtida para aprovação dos critérios de estabilidade.....	62
Tabela 13 - Relação B/P obtida para aprovação dos critérios de estabilidade.	65
Tabela 14 - Relação P/H obtida para aprovação dos critérios de estabilidade.....	68
Tabela 15 - Tabela de controle de embarque.....	70

Lista de siglas

PNS	Plano Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
AB	Arqueação Bruta
IMC	Índice de Massa Corporal
OMS	Organização Mundial da Saúde
MOLIT	Ministério de Terras, Infraestrutura e Transporte da Coreia do Sul
FAA	Federal Aviation Administration
ARSAM	Agência Reguladora de Serviços Públicos Concedidos
NORMAM	Norma da Autoridade Marítima Brasileira
PMC	Peso Máximo de Carga
BL	Borda Livre
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTT	Agência Nacional de Transporte Terrestre
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
OACI	Organização de Aviação Civil Internacional
EASA	European Union Aviation Safety Agency
NTSB	Conselho Nacional de Segurança nos Transportes dos EUA
CAD	Computer Aided Design
CEE	Curva de Estabilidade Estática

Lista de Símbolos

h	Horas
min	Minutos
GMt	Altura Metacêntrica Transversal
KMt	Ordenada do Metacentro Transversal
KGt	Posição Vertical do Centro de Gravidade
Kg	Quilograma
GZ	Braço de Estabilidade
L	Comprimento da Embarcação
B	Boca da Embarcação
P	Pontal da Embarcação
H	Calado
g	Aceleração da Gravidade
V	Velocidade
N	Newton
θ_1	Ângulo de Equilíbrio Estático da Embarcação
θ_f	Ângulo de alagamento

Sumário

1. Introdução.....	15
1.1. Justificativas e Relevância	16
1.2. Objetivo	17
1.2.1. Objetivo Geral	17
1.2.2. Objetivos Específicos.....	17
1.3. Organização do Trabalho.....	17
2. Fundamentação Teórica.....	19
2.1. Preocupação mundial com o aumento de peso populacional	19
2.2. Aumento do Peso dos Brasileiros.....	20
2.3. Determinação do peso de passageiros em diversos modais.	24
2.4. Transporte aquaviário de passageiros na região metropolitana de Manaus	25
2.5. Acidentes com embarcações relacionados a sobrecarga na região amazônica.....	27
2.6. Conceito de Estabilidade e Equilíbrio.....	28
2.7. Regulamentação em vigor.....	30
2.8. Comportamento hidrodinâmico das embarcações	33
2.9. Trabalhos relacionados	34
3. Metodologia.....	36
3.1. Aspectos do projeto	36
3.2. Coleta de dados	37
3.3. Modelagem	39
3.4. Critérios de estabilidade	40
3.5. Cálculo dos momentos e braços de emborcamento.....	41
3.5.1. Cálculo do momento emborcador devido ao agrupamento de passageiros	41
3.5.2. Cálculo do momento emborcador devido ao vento.....	42
3.5.3. Cálculo do momento emborcador devido a guinadas	43
3.6. Condições de Carregamento	43
3.6.1. Peso dos passageiros	44
3.6.2. Incidência de vento	45
4. Resultados.....	46
4.1. Resultados obtidos para a embarcação n. 4.....	46

4.2.	Resultados obtidos para a embarcação n. 8.....	49
4.3.	Resultados obtidos para a embarcação n. 10.....	52
4.4.	Resultados obtidos para a embarcação n. 12.....	54
4.5.	Resultados obtidos para a embarcação n. 16.....	57
4.6.	Relação Comprimento vs Boca, Boca vs Pontal e Pontal vs Calado.....	60
4.7.	Proposições de medidas mitigadoras	69
4.7.1.	Embarcações existentes.....	69
4.7.2.	Embarcações novas.....	70
5.	Conclusão	72
6.	Bibliografia.....	74

1. Introdução

O transporte hidroviário no Amazonas, de acordo com CUNHA (2020) é um dos principais meios de locomoção coletiva de passageiros. Essa preferência se deve à extensa rede hidroviária, à falta de rodovias que interligam a maioria dos municípios, ao baixo custo desse tipo de transporte para a população e à escassez de aeroportos em todos os municípios ou aos altos valores das passagens aéreas quando disponíveis.

De acordo com SANCHES e PEREZ (2021), duas mudanças significativas ocorreram no transporte hidroviário na região amazônica, no que concerne ao transporte de passageiros. Primeiro, a substituição da madeira pelo aço na fabricação das embarcações, resultando em maior resistência e durabilidade para enfrentar as condições ambientais desafiadoras. Segundo a adoção de balsas propulsadas para transporte misto de carga e passageiros e embarcações menores e mais rápidas exclusivas para transporte de passageiros. Essas mudanças proporcionam melhor adaptação aos rios e canais da região, oferecendo maior estabilidade e eficiência no transporte.

FONTES *at.al.* (2023) salienta que inovações têm impulsionado o desenvolvimento do transporte hidroviário na região, promovendo maior segurança, capacidade de carga e eficiência nas operações. O modal hidroviário continua desempenhando um papel fundamental para o estado do Amazonas, conectando seus municípios e viabilizando o comércio e a mobilidade regional de forma mais moderna e sustentável.

FILHO *at.al.* (2019) afirma que, sistema de navegação interior é uma estrutura complexa sujeita a diversos fatores, composta por quatro elementos principais: homem, veículo, meio ambiente e gestão. Os acidentes que ocorrem nesse sistema não são resultado de um único fator, mas sim de uma interação complexa entre falha mecânica, erro humano e causas naturais. Já, segundo Padovezi (2021), na Região Amazônica, há muitas embarcações com problemas de segurança relacionados a deficiências de projetos, falhas técnicas e falta de manutenção adequada. Esses fatores são os principais causadores de acidentes nessa área.

Schachter e Pires (2008) apontam que, além das imprudências cometidas pelos responsáveis, os acidentes também são influenciados por fatores econômicos, como a

falta de regulamentação e a baixa renda. Esses elementos resultam em concorrência predatória e, principalmente, situações de sobrecarga e outras violações de normas de segurança.

Entretanto, a sobrecarga nem sempre está relacionada a um descumprimento de normas de segurança, principalmente em embarcações de pequeno porte, não dotadas de marca de borda livre, que transportam um determinado número de passageiros em poltronas. A embarcação pode estar com a quantidade de passageiros estipulada no projeto, a soma dos pesos desses passageiros pode exceder os limites avaliados.

A taxa de adultos com obesidade no país mais do que dobrou ao longo de 17 anos, aumentando de 12,2% entre 2002 e 2003 para atingir 26,8% em 2019. Durante esse mesmo período, a proporção de adultos com excesso de peso cresceu de 43,3% para 61,7%, abrangendo quase dois terços da população brasileira. Esses números foram extraídos do segundo volume da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) 2019, divulgado em 21 de hoje pelo IBGE em colaboração com o Ministério da Saúde (IBGE, 2021).

1.1. Justificativas e Relevância

Estudar sobre a segurança no transporte fluvial de passageiros na região Norte é de suma importância devido a uma infinidade de motivos, dentre os quais pode-se destacar (FILHO et al., 2019):

- Identificar riscos e adotar medidas preventivas para evitar acidentes e proteger as pessoas;
- Implementar ações corretivas e medidas de prevenção para minimizar o número e impacto dos acidentes;
- Garantir viagens seguras e confiáveis, especialmente em áreas remotas e de difícil acesso;
- Contribuir para o crescimento econômico regional, facilitando acesso a mercados e oportunidades;
- Mitigar riscos e preservar ecossistemas frágeis da região amazônica;
- Estabelecer normas e padrões de segurança para embarcações, tripulações e passageiros;

- Promover a conscientização sobre a importância da segurança entre a população e as autoridades locais.

1.2. Objetivo

1.2.1. Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é investigar os efeitos do aumento do peso médio da população brasileira nas embarcações de transporte de passageiros de pequenas dimensões operando em Manaus, caracterizadas por terem comprimento inferior a 24 metros e arqueação bruta menor que 50 AB, o que as isenta dos requisitos de borda livre.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar os métodos de análise de estabilidade para as embarcações de passageiros que não são dotadas de disco de borda livre;
- Investigar sobre a adoção do peso de passageiros em outros modais de transporte;
- Estudar o comportamento das embarcações de pequeno porte que transportam passageiros na região metropolitana de Manaus, quando submetidos a peso de passageiros superior aos estabelecidos por norma;

1.3. Organização do Trabalho.

O trabalho está estruturado em 5 capítulos cujos conteúdos são resumidos da seguinte forma.

Capítulo 1: Descreve as considerações iniciais sobre o tema abordado, a justificativa para a elaboração dela, além dos objetivos gerais e específicos

Capítulo 2: Aborda o referencial teórico que sustenta toda a estrutura do trabalho. Apresenta as teorias que fundamentam os métodos empregados, além de analisar a sua similaridade com outros estudos relacionados.

Capítulo 3: Apresenta a metodologia aplicada à pesquisa, como a formulação do problema, a caracterização da pesquisa, participantes, coletas de dados e a análise dos dados e das etapas e procedimentos.

Capítulo 4: Descreve e analisa os dados coletados, que permite analisar o comportamento das embarcações estudadas.

Capítulo 5: Resume o estudo ao longo deste trabalho e são apresentadas as sugestões para futuros trabalhos.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Preocupação mundial com o aumento de peso populacional

O aumento do peso médio das pessoas tem se tornado uma preocupação crucial no contexto do transporte coletivo em todo o mundo. Uma notável demonstração dessa inquietação pode ser vista na recente recomendação emitida pelo Ministério de Terras, Infraestrutura e Transporte da Coreia do Sul (MOLIT) às companhias aéreas do país que ostentam sua bandeira. Esta orientação sugere que os passageiros sejam pesados junto com sua bagagem de mão, visando à atualização dos "Padrões de gerenciamento de peso e equilíbrio de aeronaves" (*TRAVEL+LEISURE*, 2023).

A confirmação dessa iniciativa foi divulgada pela companhia aérea em um comunicado à *Travel + Leisure*. Este procedimento, conforme ressaltado pelo ministério, assume um papel crucial na garantia da segurança durante as operações de voo. E, de acordo com a declaração da companhia aérea, as empresas estão em total conformidade com este requisito, reafirmando seu compromisso irrefutável com a segurança como sua máxima prioridade (*TRAVEL+LEISURE*, 2023).

A implementação desse novo método reflete a sensibilidade crescente em relação ao peso dos passageiros e seu impacto no equilíbrio das aeronaves, destacando uma mudança significativa na abordagem para garantir a segurança e a estabilidade durante os voos. Este movimento não só evidencia a importância crescente da segurança aérea, mas também sinaliza a disposição das companhias aéreas em adaptar suas práticas para garantir um ambiente mais seguro e confiável para todos os passageiros (*TRAVEL+LEISURE*, 2023).

Segundo FAA (2023), empresas aéreas como a American Airlines, implementou as novas diretrizes de operação. Para a companhia, um voo típico carrega ligeiramente mais passageiros do sexo masculino do que feminino, com a inclusão geralmente de algumas crianças. Conseqüentemente, o peso médio do passageiro na maior companhia aérea dos Estados Unidos agora é de 82 kg no verão e 85 kg no inverno (FAA, 2023).

2.2. Aumento do Peso dos Brasileiros

A obesidade emergiu como um sério dilema de saúde pública. Segundo JUNIOR, 2019 [8], estima-se que haja 700 milhões de pessoas obesas globalmente, e projeções indicam um quadro ainda mais alarmante para 2030, com a possibilidade de ultrapassar 1,2 bilhões de indivíduos nesse contingente. As causas dessa chamada pandemia da obesidade são multifacetadas, incluindo desde desequilíbrios na ingestão e gasto de calorias até influências genéticas, socioeconômicas, ambientais e individuais que impactam o desenvolvimento da condição (VIGITEL, 2019).

A transformação na indústria alimentícia, com seus produtos ultra processados promovidos como saudáveis, e a influência do agronegócio na busca por novos consumidores para alimentos industrializados, podem ser determinantes para o crescimento exponencial da obesidade. Ainda segundo JUNIOR (2019), estudos mostram que essa pandemia está mais concentrada em países menos desenvolvidos, com cerca de 60% dos casos ocorrendo em regiões em desenvolvimento, especialmente na América Central, Oriente Médio, ilhas do Pacífico e Caribe. Nos países mais ricos, a obesidade se concentra, sobretudo, entre residentes de áreas mais carentes em grandes centros urbanos e regiões rurais.

Diferentemente de outros fatores de risco para a saúde, como tabagismo e desnutrição infantil, a incidência de obesidade está em ascensão, acarretando um aumento proporcional de doenças como câncer, diabetes, hipertensão, acidente vascular cerebral, doenças cardiovasculares e renais crônicas, entre outras. Essa realidade coloca a pandemia da obesidade como um dos maiores desafios para as políticas de saúde pública (VIGITEL, 2019).

O cenário no Brasil é emblemático pela rapidez com que o excesso de peso e a obesidade estão crescendo. Em um curto período, o país passou de uma nação com casos de subnutrição para uma com problemas de mal nutrição por excesso de peso, acompanhado de um aumento significativo nos diagnósticos de diabetes, hipertensão, doenças cardiovasculares, renais e câncer. A pesquisa Vigitel de 2019 [8] aponta que, entre 1974-1975 e 2008-2009, houve um aumento expressivo do excesso de peso em adultos. No sexo masculino, esse aumento foi de aproximadamente três vezes (de 18,5% para 50,1%), enquanto no sexo feminino quase dobrou (de 28,7% para 48%). Quanto à

obesidade, os índices cresceram aproximadamente quatro vezes entre os homens (de 2,8% para 12,4%) e duas vezes entre as mulheres (de 8% para 16,9%) nesse período. Esse aumento na prevalência da obesidade é observado em todas as faixas etárias, resultando em uma maior exposição cumulativa ao excesso de peso para os indivíduos (VIGITEL, 2019).

Nas análises epidemiológicas, a avaliação do estado nutricional em adultos é realizada através do cálculo do índice de massa corporal (IMC). Esse cálculo envolve a divisão do peso, em quilogramas, pela altura ao quadrado, em metros (kg/m^2), conforme definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2000). O excesso de peso é identificado quando o IMC atinge ou excede $25 \text{ kg}/\text{m}^2$, enquanto a obesidade é diagnosticada quando o IMC é igual ou superior a $30 \text{ kg}/\text{m}^2$ (VIGITEL, 2019).

Ainda segundo a pesquisa Vigitel (2019), a frequência de excesso de peso do brasileiro foi de 55,4%, sendo maior entre homens (57,1%), do que entre as mulheres (53,9%). Já com relação a obesidade de brasileiros adultos, foi de 20,3%, sendo semelhante entre homens e mulheres. Desta maneira, podemos observar que cerca de 75% dos pesquisados apresentam IMC superior $25 \text{ kg}/\text{m}^2$. [8]

As Figuras 01 e 02 apresentam dados de 2019 sobre a obesidade de homens e mulheres nas capitais brasileiras.

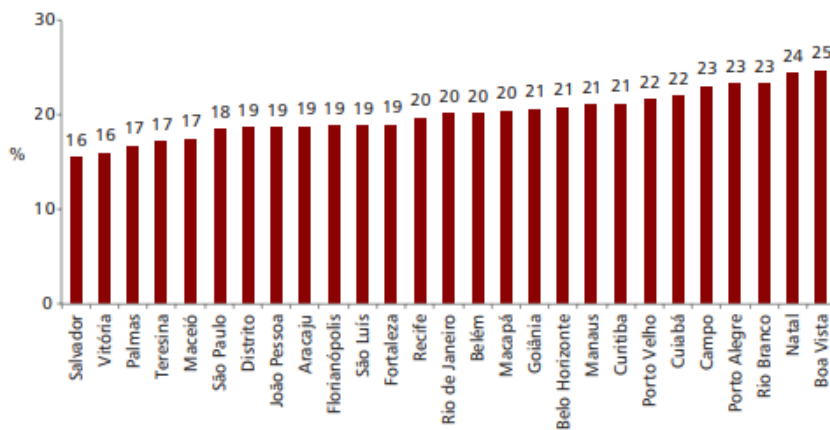


Figura 1 - Percentual de homens (≥ 18 anos) com obesidade ($\text{IMC} \geq 30 \text{ kg}/\text{m}^2$).
Fonte: Vigitel (2019).

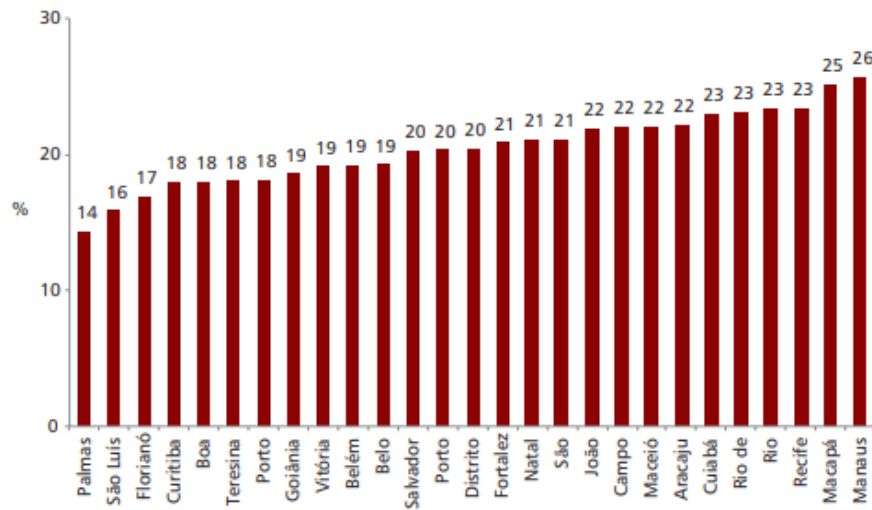


Figura 2 - Percentual de mulheres (≥ 18 anos) com obesidade (IMC ≥ 30 kg/m²).
 Fonte: Vigitel (2019).

Destacando os dados de Manaus, temos 21 % dos homens e 26 % das mulheres com obesidade.

Ainda de acordo com o estudo Vigitel (2019) o aumento da obesidade é resultado de uma combinação complexa de fatores, que incluem o consumo excessivo de alimentos ultra processados, ricos em açúcares adicionados, gorduras saturadas, estilo de vida sedentário, estresse, fatores socioeconômicos, dentre outros.

Segundo pesquisa do IBGE de 2019 o IMC de homens e mulheres aumenta com a idade, conforme apresentado na Figura 03, o que representa de modo geral um aumento no peso das pessoas.

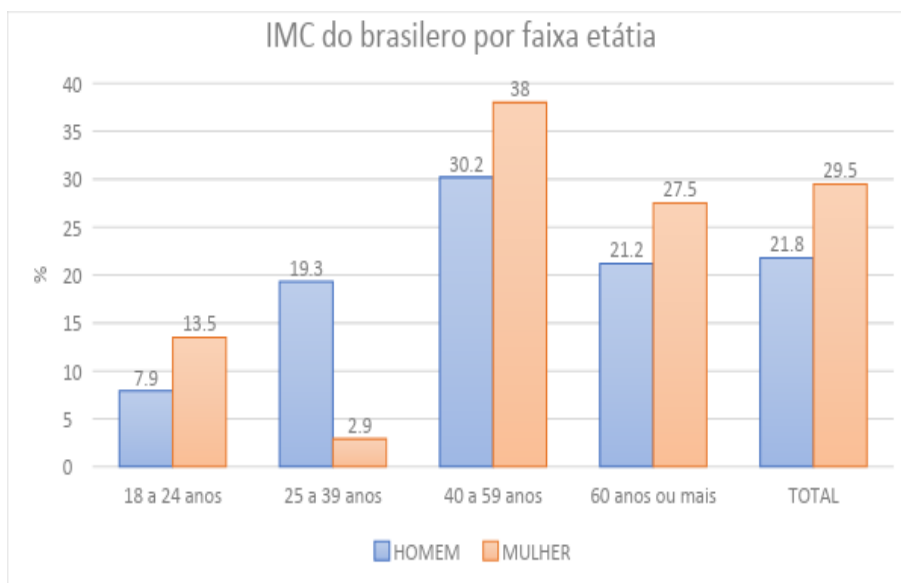


Figura 3 - Prevalência de obesidade e totais estimados na população com 18 anos ou mais idade, por sexo, segundo os grupos de idade.

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

Da Silva Ferreira, em seu estudo no ano de 2020, analisou o peso de 171 amazonenses, com idades entre 19 e 84 anos. De acordo com os dados, 75% da população estudada apresenta sobrepeso ou obesidade (IMC > 25 kg/m² ou > 30 kg/m², respectivamente). A maioria dos participantes tem entre 30 e 49 anos, mas um alto percentual de pacientes com excesso de peso foi observado em todas as faixas etárias. Especificamente, 57% dos pacientes entre 18 e 29 anos estão acima do peso; 76% daqueles entre 30 e 39 anos; 83% daqueles entre 40 e 49 anos; 81% daqueles entre 50 e 60 anos; e 67% daqueles acima de 60 anos. Através da Figura 04, observa-se que o excesso de peso é elevado em todas as faixas etárias, superando aqueles com IMC igual ou inferior a 25 kg/m².

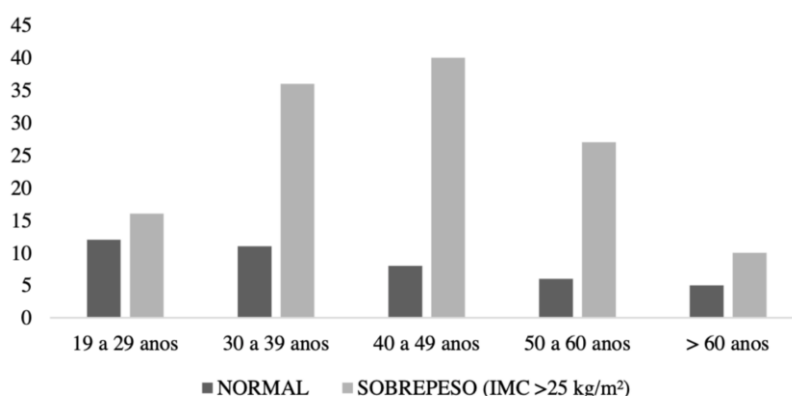


Figura 4 - Relação entre o nº de pacientes e o sobrepeso.

Fonte: Da Silva Ferreira, et. al (2020).

2.3.Determinação do peso de passageiros em diversos modais.

Assim como no transporte aquaviário de passageiros, outros modais de transporte possuem seus critérios para a determinação do peso de um passageiro na etapa de projeto. Investigaremos a seguir esses critérios adotados para projeto e operação de ônibus, aeronaves e elevadores.

Se tratando do transporte rodoviário em ônibus, a ABNT NBR 15570:2021 " Fabricação de veículos acessíveis de categoria M3 com características urbanas para transporte coletivo de passageiros — Especificações técnicas "O peso médio por indivíduo deve ser estabelecido como 640 N. A aplicação da carga para cada passageiro deve ser realizada no ponto correspondente à posição de assento determinada pelo fabricante do veículo. Se houver passageiros em pé, a carga correspondente a todos esses passageiros deve ser considerada, sendo aplicada no baricentro da área disponível." Adicionalmente, a ANTT obriga as empresas permissionárias a transportar de forma gratuita 30 kg de bagagem por passageiro. Ainda, de acordo com a mesma normativa, de acordo com o porte do veículo, é permitido o transporte de até 6 passageiros por metro quadrado em pé.

No Brasil, as normas como NM 207 e NBR16042 regulam a fabricação de elevadores, visando a segurança das pessoas. Estas normas estabelecem padrões para o peso máximo, número de passageiros e outros requisitos. Um passageiro é considerado como tendo um peso padrão de 75 kg. Com base nisso e na área da cabina, é possível determinar a capacidade máxima de passageiros e o peso máximo que a cabina pode transportar. Além disso, os elevadores devem ter um dispositivo obrigatório que impede a partida em caso de sobrecarga, definida quando a carga excede 10% da carga nominal, com um mínimo de 75 kg.

Em se tratando de aviação civil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é a autoridade responsável por sua regulamentação, incluindo as diretrizes para a estimativa de peso de passageiros em aeronaves. Nesse contexto, se incorpora um peso médio de 75 quilos por passageiro, o qual as companhias aéreas nacionais empregam para calcular a carga total transportada pelas aeronaves, seguindo assim o padrão estabelecido pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI).

Um estudo conduzido para a EASA (*European Union Aviation Safety Agency*) no ano de 2022 coletou dados em seis aeroportos europeus para atualizar as informações sobre o peso médio de passageiros e bagagens em voos. Entrevistaram 4.164 passageiros com bagagens de mão e analisaram 1.998.070 conjuntos de dados de bagagens despachadas. Os resultados, após análise estatística, mostraram resultados geralmente consistentes. Houve pouca variação no peso médio dos passageiros desde o estudo anterior em 2008-9, com uma média de 90 kg para homens e 75 kg para mulheres. O peso médio da bagagem despachada ficou em 16 kg, ligeiramente menor que o estudo anterior da EASA.

2.4. Transporte aquaviário de passageiros na região metropolitana de Manaus

A respeito da movimentação de carga de passageiros pelo meio aquaviário em Manaus, segundo o BATISTA (2021) , estima-se que aproximadamente seis mil toneladas de cargas e 20 mil pessoas realizam operações de embarque e desembarque mensalmente no local. Já em relação ao Porto da Ceasa, localizado no Distrito Industrial, a estimativa apresentada por BATISTA (2021) aponta que cerca de 89 mil veículos utilizam as balsas do porto, conectando-se a diversos municípios do interior do Estado.

Quanto ao Porto de Manaus (Roadway), aproximadamente 71 embarcações operam a cada mês. As estimativas indicam que aproximadamente 2.500 passageiros circulam diariamente, totalizando 75 mil ao longo do mês. Na Manaus Moderna, embora não haja levantamentos precisos sobre o número de passageiros e embarcações que atracam nas balsas na orla, estima-se que o local concentre 50% das operações de embarque e desembarque de passageiros que utilizam barcos recreio, conforme indicado pelo ARSAM. No que diz respeito aos serviços expressos, observa-se que as viagens são realizadas conforme a demanda. De acordo com informações do fiscal do terminal expresso da CEASA em apresentado por BATISTA (2021) [20], em média, cada embarcação realiza uma viagem completa (ida e volta), e diariamente operam apenas 35 embarcações, com capacidade média para 40 passageiros cada. Dessa forma, estima-se que a capacidade de oferta das lanchas seja de 1.400 assentos por dia. A Tabela 01 apresenta informações sobre a movimentação nessa travessia e a Figura 05 mostra uma lancha expresso típica utilizada para o transporte, já a Figura 06 apresenta o principal trecho onde se utiliza a modalidade.

Tabela 1 - Frequência de transporte no trecho Manaus /Careiro.

VIA	MODO	FREQUÊNCIA	FROTA	VIAGENS/DIA
Fluvial	Balsa	1 h	7	15
	Expresso	30 min	105	Sob Demanda

Fonte: BATISTA (2021).



Figura 5 - Lancha expresso na travessia Manaus / Careiro.

Fonte: Autor

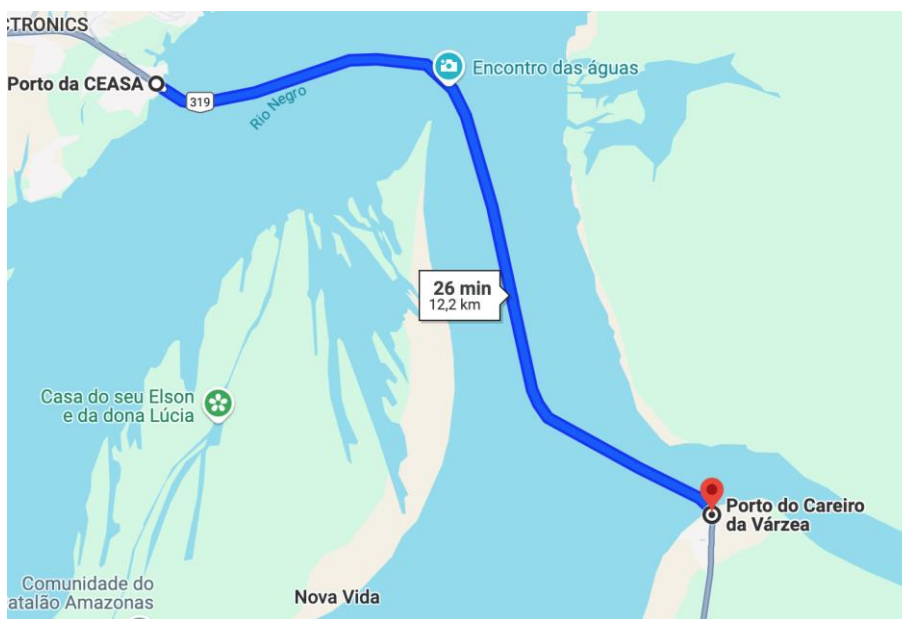


Figura 6- Travessia Porto CEASA / Porto Careiro da Várzea.

Fonte: Google Mapas (2024).

2.5. Acidentes com embarcações relacionados a sobrecarga na região amazônica.

Por se tratar do modal mais utilizado na região, e potencializado por sua precariedade, os acidentes com embarcações de todos os portes no serviço de transporte de passageiros são frequentes.

De acordo com Fontes *et al* (2023), os principais fatores que levam a acidentes no transporte de passageiros na Amazônia brasileira envolvem colisão, danos por contato, arrasto, encalhamento, incêndio, naufrágio e vento. Problemas de estabilidade ou estanqueidade e condições climáticas adversas são agravantes fatores, bem como tráfego fluvial intenso, condições da embarcação e questões operacionais relacionadas a imperícia e erros humanos.

Com base em dados divulgados em novembro de 2018 pelo 9º Comando do Distrito Naval da Marinha do Brasil, foi constatado que, nos últimos quatro anos, foram investigados 354 acidentes aquaviários, sendo que a maioria deles ocorreu devido à imprudência dos condutores. Especialistas apontam que o descumprimento das normas de segurança da navegação é a principal causa desses acidentes. Isso inclui práticas como ultrapassar a capacidade de passageiros permitida, ausência de equipamentos obrigatórios, falhas na habilitação dos tripulantes, documentação incompleta das embarcações, entre outros. É importante destacar que a região também enfrenta desafios relacionados às condições estruturais de seus portos (OLIVEIRA, 2020)

Pode-se obter informações sobre acidentes através dos acórdãos tornados públicos pelo Tribunal Marítimo. Dentro desses registros, encontra-se a descrição de cada incidente envolvendo embarcações nas águas sob jurisdição brasileira, juntamente com o processo completo de julgamento, abrangendo a identificação das causas e eventuais responsabilidades atribuídas.

Um dos acidentes investigados pela Autoridade Marítima Brasileira ocorreu em uma embarcação de pequeno porte para o transporte de passageiros que ocorreu no dia 19/04/2017, onde um líder comunitário contratou uma embarcação para o transporte de seus familiares da Comunidade Coração de Jesus, em Novo Remanso, Município de Itacoatiara - AM, para a Aldeia do Correnteza. Eles usaram uma embarcação sem nome, de casco de madeira, com 7 metros de comprimento, motor rabeta e capacidade máxima para um tripulante e oito passageiros. Com 13 pessoas a bordo, excedendo a capacidade,

a canoa naufragou cerca de 100 metros após partir às margens do Rio Urubu, no canal da Boca do Guariba. Nove pessoas foram resgatadas com vida e quatro óbitos (MARINHA DO BRASIL, 2023).

No dia 14 de julho de 2013, por volta das 22h30min, a embarcação "LEUZIMAR" navegava pelo Igarapé da Carnaúba, próximo ao povoado de Boca do Alegre, com o proprietário conduzindo e 15 passageiros a bordo. Um passageiro, que estava dormindo no convés, caiu e despertou a atenção de outros passageiros. Enquanto tentavam socorrê-lo, a embarcação começou a fazer água e afundou rapidamente após adernar para um dos lados. Infelizmente, três pessoas não conseguiram sair a tempo e morreram por afogamento. Uma análise posterior apontou que o acidente foi causado principalmente pela perda de estabilidade da embarcação. A embarcação "LEUZIMAR" estava autorizada a transportar apenas 10 passageiros e dois tripulantes, mas estava transportando 15 passageiros, incluindo cinco crianças. Além disso, havia duas motocicletas mal posicionadas no teto da embarcação, o que comprometeu significativamente a estabilidade devido ao peso excessivo. As normas de precaução e segurança foram ignoradas, levando à tragédia (MARINHA DO BRASIL, 2023).

A Marinha do Brasil concluiu que o acidente foi causado pela negligência do comandante ao não seguir as normas de segurança e operar a embarcação com excesso de passageiros e carga, resultando na perda de estabilidade da embarcação e no subsequente naufrágio.

Os dois acidentes compartilham semelhanças no que diz respeito ao tipo de embarcação, a ocorrência de mau tempo, o excesso de peso ou passageiros que têm contribuído para a instabilidade das embarcações, a falta de equipamentos de segurança e os esforços de resgate.

2.6. Conceito de Estabilidade e Equilíbrio

A partir do significado da palavra, o conceito de estabilidade refere-se à qualidade do que é estável, ou seja, aquilo que permanece e é seguro (LEWIS, 1988). Essencial nos estudos de engenharia naval, a estabilidade é uma condição indispensável para a navegação. Para corpos flutuantes, a definição de estabilidade envolve a capacidade das embarcações de retornarem ao seu estado inicial de equilíbrio estático após sofrerem perturbações. De acordo com Lewis (1988), essas perturbações podem incluir ventos

incidindo no costado, a estiva da embarcação, a movimentação de cargas, resultando em um movimento transversal conhecido como movimento de Roll,[21]. A Figura 07 apresenta os eixos dos movimentos de uma embarcação.

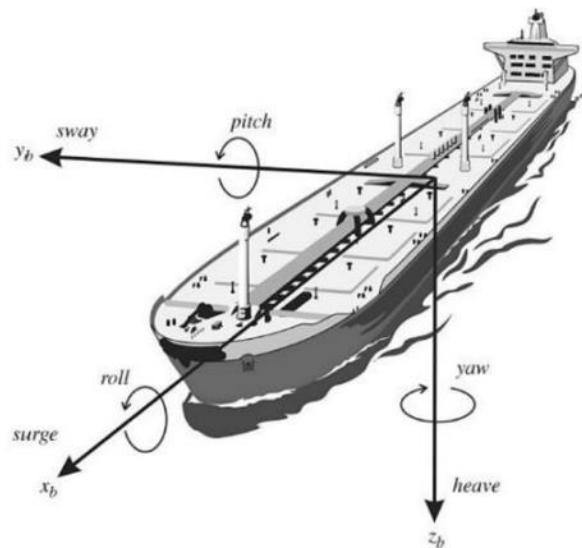


Figura 7 - Eixos de movimentação de uma embarcação.
Fonte: Adaptado de Rodriguez (2022).

Conforme destacado por Martins (2007), o equilíbrio inicial é assegurado quando o centro de gravidade está posicionado abaixo do centro de carena. Caso essa condição não seja atendida, a estabilidade será avaliada por meio da Altura Metacêntrica da embarcação, representada pelo segmento de reta designado por GMt, conforme ilustrado na Figura 08 a seguir:

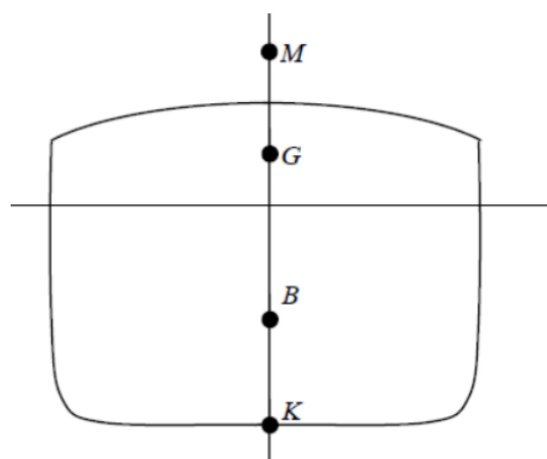


Figura 8 - Seção transversal, GMt.
Fonte: Adaptado de Rodriguez (2022).

Após calcular a altura metacêntrica, é necessário analisar a condição de equilíbrio do corpo. A seguir, serão delineadas as possíveis condições de equilíbrio para uma embarcação. A primeira dessas condições, que envolve a igualdade da somatória dos esforços (forças e momentos) a zero, pode ser categorizada como estável, instável ou indiferente. Essas categorias estão diretamente vinculadas à posição dos centros e aos parâmetros da seção transversal, tais como GM_t , KM_t e KG_t (LEWIS, 1988).

- Equilíbrio estável: $GM_t > 0$
- Equilíbrio Indiferente: $GM_t = 0$.
- Equilíbrio Instável: $GM_t < 0$.

A Figura 09 abaixo apresenta de forma ilustrativa as condições acima descritas

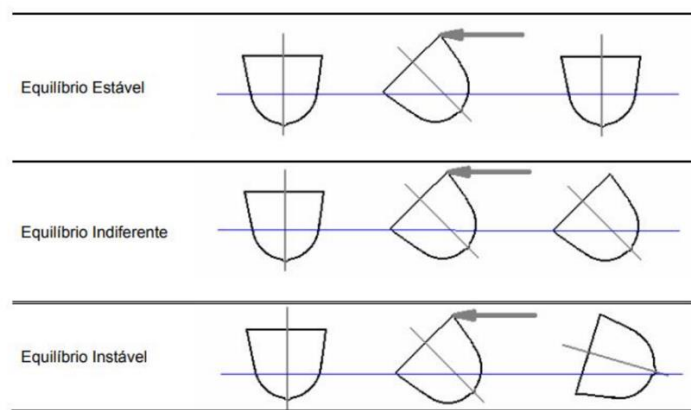


Figura 9 - Condições de equilíbrio.
Fonte: Adaptado de Rodriguez (2022).

2.7. Regulamentação em vigor.

De acordo com a Norma da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior (NORMAM-202), as embarcações que se enquadram nas seguintes características estão dispensadas da atribuição de borda-livre:

- Arqueação Bruta menor ou igual a 50,
- Comprimento de Regra inferior a 20 m e,
- Embarcações destinadas exclusivamente a esporte e/ou recreio e comprimento menor que 24 m;

Contudo, ainda segundo a NORMAM-202, as embarcações destinadas ao transporte de passageiros com arqueação bruta entre 20 e 50, mesmo que não seja atribuída a borda livre, é necessário para sua regularização, dentre diversos documentos o Folheto de Trim e Estabilidade Definitivo, onde deve ser assumido que o peso de cada pessoa a bordo seja assumido como 75 kg.

Ainda para as embarcações destinadas ao transporte de passageiros, porém com arqueação bruta inferior a 20, dentre os documentos previstos pela NORMAM-202 para regularização, se faz necessário apresentar um teste prático de lotação de passageiros e peso máximo de carga (PMC). Este teste prático consiste em submeter a embarcação à ação de um agente inclinante, ou seja, o acúmulo de passageiros em um bordo. De modo geral, admite-se executar o teste com pessoas entre 60 e 80 kg, embarcando gradativamente à medida que se observa o comportamento da embarcação, até se atingir a capacidade esperada de passageiros. Ainda de acordo com a NORMAM-202, alternativamente ao uso de pessoas, o teste pode ser realizado com pesos cuja massa deve ser de 70 kg.

Sobre esse teste, a NORMAM-202 estabelece algumas condições que a embarcação deve atender para a sua realização:

- a. Tanques de combustível e água completamente cheios.
- b. Embarcação limpa, sem carga ou itens extras que não fazem parte da equipagem normal.
- c. Embarcação completamente equipada e itens de bordo posicionados normalmente.

Já com relação ao local, a norma recomenda:

- a. Idealmente, deve ser abrigado do vento, correntes e sem ondas.
- b. Deve ter a infraestrutura necessária para conduzir o teste.
- c. Caso não seja possível, as condições de vento, mar e correnteza não devem comprometer a precisão e segurança do teste.

Após a entrada e acomodação das pessoas que irão compor o teste, é efetuada a leitura da borda livre nessa condição (BL1). Em seguida, as pessoas se deslocam para um bordo, respeitando o limite de 4 pessoas a cada 1 metro quadrado. Uma vez que a embarcação

esteja sem oscilação, é efetuada uma segunda leitura de borda livre (BL2). A diferença entre as leituras de borda livre é comparada com parâmetros pré-estabelecidos que variam de acordo com o tipo de embarcação, local de operação.

As Figuras 10 e 11 apresentam algumas embarcações típicas da região norte, destinadas ao transporte de passageiros, que devido a seu porte, o enquadramento para regularização dispensa a atribuição de borda livre, porém obriga a realização do teste prático para determinação da lotação.



Figura 10 - Embarcação de pequeno porte para transporte fluvial de passageiros.
Fonte: Autor.



Figura 11 - Embarcação de pequeno porte para transporte fluvial de passageiros.
Fonte: Autor.

2.8. Comportamento hidrodinâmico das embarcações

Conforme discutido por Molland *et al.* (2017), a dinâmica hidrodinâmica dos cascos das embarcações varia notavelmente em relação ao número de Froude do navio. Esses cascos podem ser classificados em três regimes hidrodinâmicos distintos: deslocamento, semi-deslocamento e planeio. A determinação do regime predominante no qual a embarcação operará durante a maior parte de sua vida útil está estreitamente associada às características fundamentais de operação e à forma do casco.

Embarcações de deslocamento se caracterizam pelo suporte total do casco pelas forças de flutuação geradas pelo empuxo, significando que o casco permanece em contato contínuo com a superfície da água. Em contrapartida, os cascos de semi-deslocamento são notáveis porque sua sustentação deriva não apenas do empuxo, mas também de forças dinâmicas de sustentação. Por fim, os cascos de planeio são identificados como estruturas de alta velocidade que obtêm sustentação inteiramente das forças dinâmicas (Molland *et al.* 2017).

A Figura 12 ilustra o comportamento hidrodinâmico das embarcações em relação às diferentes faixas de velocidade, proporcionando uma visão clara desses distintos regimes e sua relação com a velocidade de deslocamento da embarcação.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} \quad (2.1)$$

Onde:

L - Comprimento da embarcação em *m*;

g - Gravidade *m/s²*;

V - Velocidade da embarcação em *m/s*

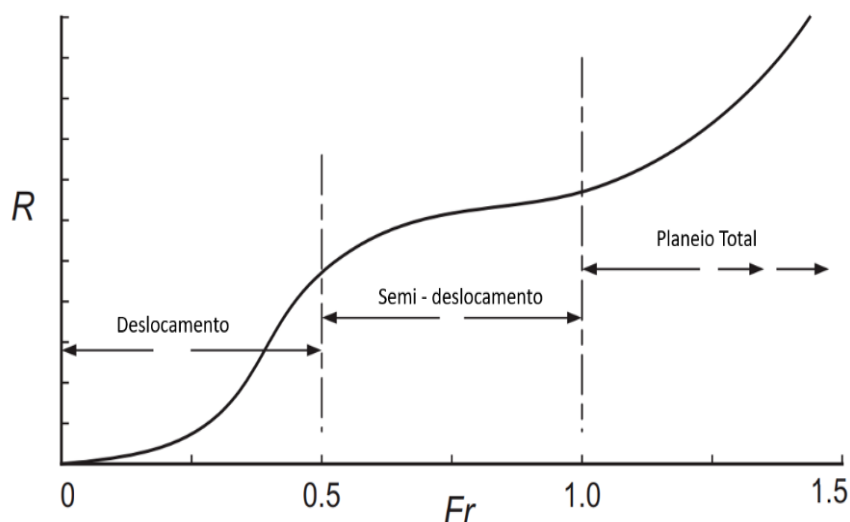


Figura 12 - Classificação das embarcações segundo sua faixa de velocidade.
 Fonte: Adaptado de molland et al. (2017).

As embarcações de pequeno porte, típicas da região norte, destinadas ao transporte de passageiros, operam de em sua maioria em regime de semi- deslocamento (Froude entre 0,5 a 1,0).

2.9.Trabalhos relacionados

Em, SHAMRAT *et al.*, (2019) um sistema embarcado automatizado foi desenvolvido para detecção de excesso de peso e localização dentro de uma embarcação, visando prevenir acidentes. Este sistema utiliza um algoritmo baseado na "Fórmula do Princípio de Arquimedes", operando com dados do sensor "interruptor flutuante de água". Esse sensor detecta o nível de água, enviando informações ao servidor para monitorar e evitar problemas de excesso de peso.

Em D'ANGELO *et al.*, (2012) trata de um acidente ocorrido em 2 de outubro de 2005, onde a embarcação de passageiros Ethan Allen virou e afundou no Lago George, resultando na morte de 20 passageiros e vários feridos. Uma investigação do Conselho Nacional de Segurança nos Transportes dos EUA (NTSB) se concentrou na estabilidade e características de navegação do navio. Embora o peso médio real dos passageiros a bordo (177,5 libras) fosse maior que o padrão utilizado (140 libras), estabelecer uma relação direta de causa e efeito não foi possível.

ERICHSEN, et al. (2015) em seu trabalho denominado *Small Ro/Pax Vessel Stability Study* , analisa a estabilidade de pequenas embarcações tipo *Ro/Pax* e os impactos das mudanças no peso dos passageiros sobre a estabilidade das embarcações.

BAYDAR (2023) em sua tese denominada *Analysis of Stability Criteria and Characteristics of Passenger Ships*, apresenta uma análise detalhada dos critérios de estabilidade e das características dos navios de passageiros. O estudo examina convenções, regulamentos e códigos internacionais que regem a estabilidade dessas embarcações. Além disso, a pesquisa investiga os diversos fatores que afetam a estabilidade dos navios de passageiros. As descobertas contribuem para uma melhor compreensão dos princípios de estabilidade e das operações dessas embarcações.

A Guarda Costeira Americana (2008) publicou o estudo *Simplified Stability Tests for Small Passenger Vessels* , que aborda os testes de estabilidade simplificados para embarcações de pequeno porte, incluindo atualizações no peso médio assumido por passageiro. Ainda em 2008, publicou o trabalho *Passenger Weight and Inspected Vessel Stability Requirements* , que discute as mudanças regulatórias nos EUA que ajustaram o peso médio por pessoa para refletir melhor o aumento de peso da população, visando manter a segurança das embarcações .

Myatt, et al. (2010) em seu trabalho *Impact of Pontoon Vessel Geometry on Allowable Passenger Weight* discute uma pesquisa sobre uma análise paramétrica de como a geometria das embarcações influi no peso máximo permitido de passageiros, utilizando variáveis como diâmetro e comprimento dos pontões.

3. Metodologia

A metodologia deste estudo consistiu na coleta de dados detalhados sobre as características geométricas de embarcações de pequeno porte utilizadas no transporte de passageiros na região amazônica. Em seguida, essas características geométricas foram visualizadas e analisadas para modelagem subsequente. A etapa seguinte incluiu a realização de simulações detalhadas para avaliar a estabilidade e a capacidade de carga das embarcações. Por fim, os resultados foram analisados e correlacionados com as principais dimensões das embarcações.

3.1.Aspectos do projeto

A fase inicial deste projeto desempenha um papel crucial na estruturação da pesquisa, concentrando-se na coleta de dados voltada para a obtenção de informações detalhadas acerca dos aspectos geométricos de embarcações de pequeno porte utilizadas no transporte de passageiros na vasta região amazônica. Esta etapa representa o alicerce do estudo, proporcionando os elementos essenciais para análises posteriores.

Na etapa subsequente, após a aquisição dos dados, a pesquisa avança para a modelagem das embarcações. Este processo não apenas visualiza as características geométricas, mas também incorpora uma análise das condições de carga, alinhada rigorosamente às normas estabelecidas pela autoridade marítima. Uma dimensão adicional é introduzida com a consideração de variações percentuais no peso dos passageiros, uma abordagem que surge a partir de uma investigação detalhada sobre o aumento médio do peso corporal na população brasileira.

Ao adentrar na terceira fase do projeto, os dados adquiridos são utilizados para simulações aprofundadas. Este estágio envolve uma análise dos resultados simulados, que, por sua vez, serão correlacionados de maneira precisa com as dimensões principais das embarcações estudadas. Este processo analítico e correlacional estabelece relações fundamentais entre comprimento versus boca e boca versus pontal, delineando considerações essenciais para adaptar essas dimensões específicas ao tipo particular de operação almejado.

Como uma representação visual e esquemática desse fluxo metodológico, a Figura 13 apresenta o fluxograma do projeto.

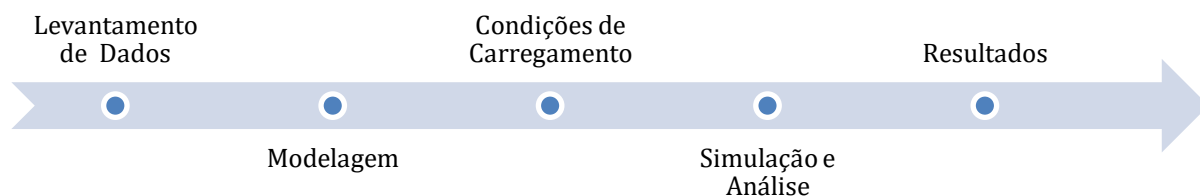


Figura 13 - Fluxograma do projeto.
Fonte: Autor.

3.2. Coleta de dados

O foco da coleta de dados é nas características principais das embarcações. Isso inclui elementos como comprimento, boca, pontal, volume leve deslocado e a capacidade de transporte de passageiros. Essas informações são cruciais para entender a eficiência, capacidade e adaptabilidade das embarcações ao contexto específico do transporte fluvial de passageiros em Manaus.

A coleta de dados baseou-se no uso de modelos reais de embarcação, especificamente aquelas designadas para o transporte de passageiros de curta duração e que operam no regime de semiplaneio. Esse detalhe é relevante, pois destaca a especificidade do estudo, focando em um tipo particular de embarcação e suas características operacionais.

A Tabela 02 apresenta as características principais de algumas embarcações em operação na cidade de Manaus, especialmente no serviço de transporte de passageiros. Essas informações foram coletadas por meio de pesquisa de campo realizada no porto do CEASA, localizado na BR-319, que é um importante rota de travessia de veículos e pedestres para o município do Careiro. Essa tabela contém dados relevantes sobre as embarcações como, capacidade de passageiros, dimensões principais, entre outros detalhes importantes para compreender o panorama do transporte aquaviário na região de Manaus.

Tabela 2 - Características das embarcações em estudo.

Embarcação	Comprimento (m)	Boca (m)	Pontal (m)	Peso Leve (t)	Pax
1	16,00	2,70	1,20	9,16	50
2	16,00	3,00	1,20	10,18	60
3	15,00	3,50	1,10	10,21	70
4	14,10	3,55	1,30	11,50	46
5	14,00	2,40	1,00	5,94	44
6	13,00	2,50	1,00	5,74	40
6	12,80	2,70	1,00	6,11	42
7	10,00	2,20	1,00	3,89	16
8	10,00	2,20	1,00	3,89	24
9	9,00	2,20	0,70	2,45	18
10	8,35	2,44	0,85	3,06	23
11	8,00	2,10	0,80	2,38	14
12	7,80	2,00	0,06	0,17	12
13	7,70	2,00	0,70	1,91	20
14	7,50	1,80	0,80	1,91	14
15	7,10	3,20	0,80	3,21	16
16	7,00	1,45	0,80	1,44	10
17	6,80	1,85	0,70	1,56	14
18	6,80	1,80	0,75	1,62	10

Fonte: Autor.

Foram analisadas cinco embarcações de dimensões distintas, as quais compartilham características comuns, como cascos e casarias construídos em alumínio. Elas são impulsionadas por um único motor de popa movido a gasolina ou motor a diesel, apresentando um sistema de linha de eixo convencional com hélice de passo fixo. Todas as embarcações transportam os passageiros em cadeiras fixas, dispostas em um piso não estanque.

Outro elemento relevante dessas embarcações é sua classificação conforme a NORMAM-202/DPC, sendo categorizadas como do tipo C. Essa classificação é caracterizada pelo casco metálico e aberturas no convés que não podem ser seladas hermeticamente, limitando, assim, sua operação a áreas abrigadas (Área 1). Além disso, os dados obtidos sobre as embarcações analisadas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 3 – Embarcações analisadas.

Embarcação	Comprimento (m)	Boca (m)	Pontal (m)	Peso Leve (t)	Pax	Cb	L ³ /Vol
4	14,10	3,55	1,30	11,50	46	0,59	243,75
8	10,00	2,20	1,00	3,89	24	0,61	257,06
10	8,35	2,44	0,85	3,06	23	0,62	190,25
12	7,80	2,00	0,60	1,65	12	0,64	287,6
16	7,00	1,45	0,80	1,44	10	0,62	238,19

Fonte: Autor.

Salienta-se que os deslocamentos leves dos modelos foram obtidos de maneira prática durante a fase de coleta de dados, ao analisar os parâmetros de borda livre das embarcações.

Por se tratar de embarcações que não são obrigadas pelas normas vigentes a realizar provas de inclinação ou estimativas de pesos e centros, o centro de gravidade vertical das embarcações foi considerado a uma altura de 90% do pontal a partir da linha de base em todas as condições estudadas.

3.3. Modelagem

A próxima etapa do projeto, deu-se início ao processo de modelagem dos cascos das embarcações. Para esse propósito, foram empregados dois programas comerciais de projetos navais, visando facilitar a elaboração da modelagem. Inicialmente, recorreu-se a ferramenta computacional de desenho *AutoCad* para criar as balizas dos modelos, seguido pelo uso do programa *Maxsurf Modeler* para a modelagem e conformação final das balizas. Assim, uma vez que a forma do casco foi estabelecida, a única variável atuante nos modelos concentra-se em suas características geométricas, como comprimento, boca e pontal. Esta fase do processo tem como seu objetivo primordial a análise das propriedades hidrostáticas e das condições de carregamento das embarcações. A Figura 14 representa visual da configuração padrão do balizamento dos cascos selecionados, já a Figura 15 esclarece a modelagem definitiva das balizas padrões das embarcações.

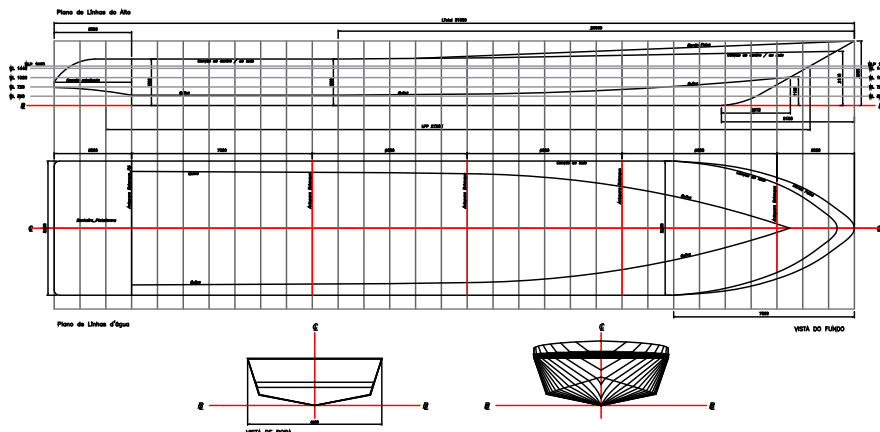


Figura 14 - Configuração inicial do casco.
Fonte: Autor.

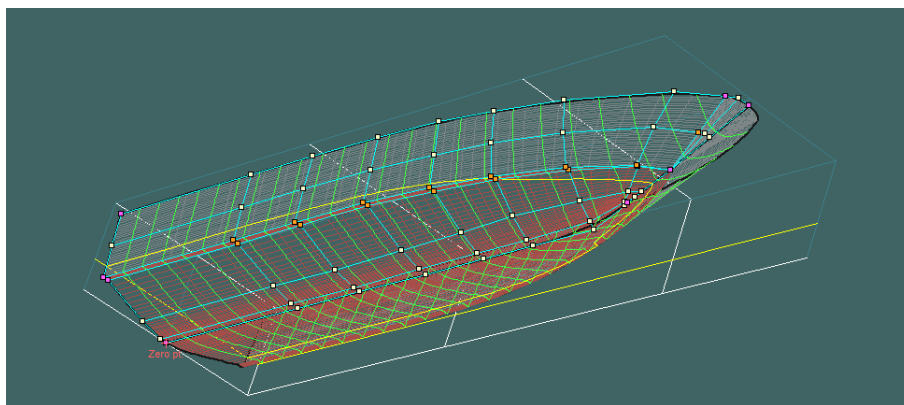


Figura 15 - Modelagem definitiva.
Fonte: Autor.

3.4. Critérios de estabilidade

Os critérios de estabilidade para embarcações de navegação interior que operam em áreas abrigadas são previstos na NORMAM 202/DPC. Ela estabelece, além dos critérios de atendimento, também as condições de carregamento mínimas a serem avaliadas.

As embarcações estudadas operam em regiões classificadas como área 1 e devem atender os seguintes critérios:

- a) O ângulo de equilíbrio estático da embarcação (θ_1), quando sujeito a fatores como o vento, manobras de giro ou reboque, deve ser igual ou menor que o ângulo de imersão do convés na condição de carga considerada ou 15° , o que for menor;

b) A área entre a curva de estabilidade estática (CEE) e as curvas de braços de emborcamento devido ao vento, manobras de giro ou reboque, até o ângulo de alagamento (θ_f) ou 40° , o que for menor, deve ser igual ou maior que a área sob a curva dos braços de emborcamento antes da interseção com a curva de estabilidade estática. A Figura 16 apresenta as indicações das áreas referidas.

- c) A altura inicial do metacêntrico (GMo) deve ser igual ou maior que 0,35m.
- d) O ângulo de alagamento deve ser igual ou maior que 25° .
- e) O braço máximo de endireitamento deve ser igual ou maior que 0,10 metros.

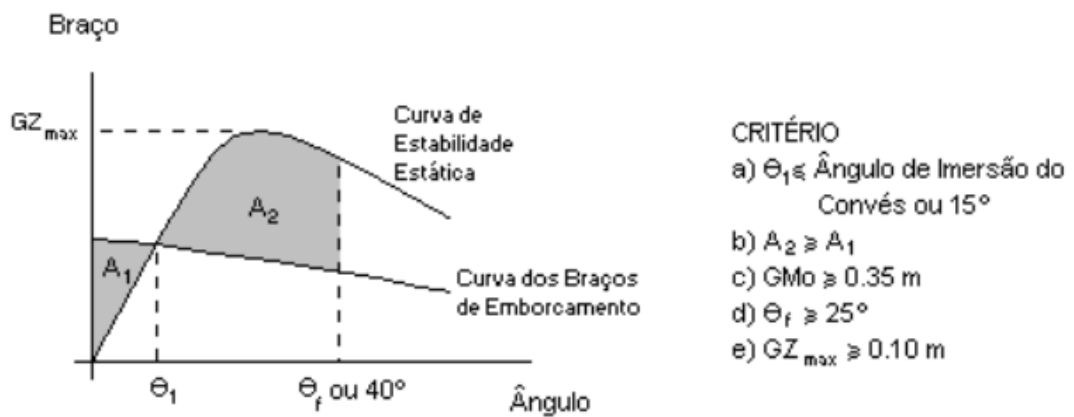


Figura 16 - Critério de estabilidade para embarcações da área 1.
Fonte: NORMAM-202/DPC (2023).

3.5. Cálculo dos momentos e braços de emborcamento.

Para a obtenção dos momentos emborcadores, foram utilizados os métodos previstos na NORMAM 202/DPC. Desta maneira, para as embarcações em estudo, aplicam-se os momentos emborcadores devido ao acúmulo de passageiros, vento e guinada, que são detalhados a seguir.

3.5.1. Cálculo do momento emborcador devido ao agrupamento de passageiros

O cálculo do momento de emborcador resultante do agrupamento de passageiros para um bordo ($M_{p,r}$) para cada convés da embarcação deve ser realizado utilizando a expressão a seguir:

$$M_{P'} = P * N * Y_c * \cos \theta \quad (3.1)$$

Onde:

$M_{P'}$ = momento emborcador devido ao agrupamento de passageiros no bordo para o convés considerado, em t.m

P = peso de cada passageiro, assumido igual a 0,075 t;

N = número de passageiros transportados no convés considerado;

Y_c' = distância do centroide da área ocupada pelos passageiros agrupados no convés considerado e a linha de centro, em m; e

θ = ângulo de inclinação da embarcação.

3.5.2. Cálculo do momento emborcador devido ao vento

O cálculo do momento de emborcador resultante da ação do vento na lateral da embarcação (M_v) para cada convés da embarcação deve ser realizado utilizando a expressão a seguir:

$$M_v = 5,48 * 10^{-6} * A * h * V^2 * [0,25 + 0,75 \cos^3 \theta] \quad (3.2)$$

Onde:

M_v = momento emborcador devido ao vento de través, em t.m;

A = área lateral exposta ao vento, em m²;

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

V = velocidade do vento, em km/h; e

θ = ângulo de inclinação.

A velocidade do vento admitida pela norma é de 80 km/h

3.5.3. Cálculo do momento emborcador devido a guinadas

O cálculo do momento de emborcador resultante de uma guinada brusca (M_g) para deve ser realizado utilizando a expressão a seguir:

$$M_g = \frac{[0,02 * V_0^2 * \Delta * (KG - (H/2))]}{L} \quad (3.3)$$

Onde:

M_g = momento emborcador devido a guinadas, em t.m;

V_0 = velocidade de serviço da embarcação, em m/s;

Δ = deslocamento da embarcação na condição de carregamento considerada, em t;

KG = altura do centro de gravidade acima da quilha, em m; e

H = calado médio na condição de carregamento analisada, em m; e

L = comprimento de linha d'água na condição de carregamento analisada, em m.

3.6. Condições de Carregamento

Após o processo de modelagem, procede-se à análise das condições de carregamento. De uma perspectiva diferente, essa etapa pode ser descrita como a avaliação da capacidade máxima de carga da embarcação, também conhecida como porte bruto, que está diretamente relacionada às características de forma do casco. A capacidade da embarcação está intrinsecamente ligada ao deslocamento volumétrico do casco. Nesse contexto, é comum utilizar coeficientes adimensionais, como o coeficiente de bloco, para analisar as dimensões do casco. Portanto, com os dados hidrostáticos da embarcação em mãos, podemos calcular a capacidade de carga da embarcação, considerando as peculiaridades de cada uma.

3.6.1. Peso dos passageiros

Para avaliar o impacto do aumento de peso da população em uma embarcação de pequeno porte, foram identificadas diversas variações no componente "peso dos passageiros". Essas variações são essenciais para compreender e abordar os desafios relacionados ao dimensionamento e à estabilidade da embarcação. Assim, todas as simulações se deram com a condição máxima de lotação de passageiros sentados em poltronas.

- Simulação 1: peso dos passageiros de acordo com estabelecido pela NORMA-202/DPC, 75 quilos;

-Simulação 2: 45% dos passageiros com 75 quilos e 55% dos passageiros com sobrepeso (altura de 1,70 m e IMC médio de 27,5 kg/m²), que corresponde a 79,5 quilos.

-Simulação 3: 25% dos passageiros com 75 quilos e 55% dos passageiros com sobrepeso (altura de 1,70 m e IMC médio de 27,5 kg/m²), que corresponde a 79,5 kg e, 20% dos passageiros obesos (altura de 1,70 m e IMC médio de 30 kg/m²), que corresponde a 86,7 quilos. Todos os percentuais de acréscimo de peso tiveram como referência o estudo Vigitel (2019).

A Tabela 03 apresenta as condições de carregamento de cada embarcação de acordo a variação de peso percentual.

Tabela 4 - Condições de carregamento.

Condição	Peso por embarcação (kg)				
	4	8	10	12	16
1	750,00	1.650,00	3.375,00	900,00	1.725,00
2	777,00	1.704,00	3.475,00	931,50	1.783,50
3	795,90	1.762,50	3.592,80	962,10	1.849,20

Fonte: Autor.

A Figura 17 apresenta um arranjo geral esquemático do convés principal de uma das embarcações

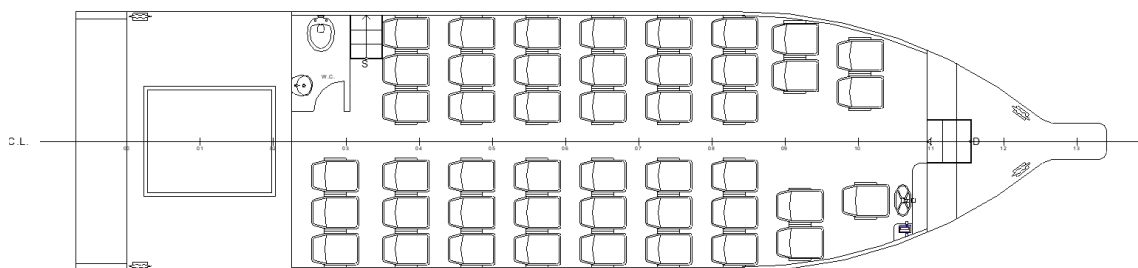


Figura 17 - Arranjo esquemático do convés.
Fonte: Autor.

3.6.2. Incidência de vento

A influência do vento nas embarcações é de extrema importância para assegurar sua estabilidade. Tanto é verdade que o MODU Code estabelece critérios de estabilidade que definem um limite para o centro de gravidade (KG) da embarcação, tornando-a "resistente" a uma intensidade específica de vento, dependendo da região de operação. A NORMAM 202/DPC em seu capítulo 7 estabelece que, para o cálculo do momento emborcador devido a ação do vento, deve-se considerar a sua velocidade de 80 km/h.

As variáveis para o cálculo dos momentos emborcadores devido ao acúmulo de passageiros em um bordo e incidência de vento são apresentadas na Tabela 05

Tabela 5 - Parâmetros para cálculo dos momentos emborcadores.

EMBARCAÇÃO	Yc (m)	A (m ²)	h (m)	V(km/h)	Vo (m/s)
4	0,90	22,00	1,21	80,00	5,00
8	0,55	7,50	1,50	80,00	5,00
10	0,55	5,45	0,65	80,00	5,00
12	0,40	3,16	0,80	80,00	5,00
16	0,18	2,75	0,90	80,00	5,00

Fonte: Autor.

4. Resultados

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos para a amostra de cinco embarcações, (n.º4, n.º8, n.º10, n.º12 e n.º16) em três diferentes condições de carregamento, considerando a variação do peso dos passageiros. Esta análise nos permitirá compreender se o aumento de peso enfrentado pela população brasileira afetará negativamente a integridade da estabilidade das embarcações.

A avaliação das estabilidades seguiu as premissas da NORMAM 202/DPC e as condições de carregamento descritas anteriormente. Os gráficos de GZ apresentados para cada embarcação.

Nos gráficos de estabilidade, além da curva com o GZ com a correção de Δ devido ao KG, também são apresentados:

Bp: Braço de Emborcamento devido ao acúmulo de passageiros em um bordo;

Bv: Braço de emborcamento devido a ação do vento no bordo;

Bg: Braço de emborcamento devido a guinada brusca;

Bv+Bp: Soma das ações do vento e acúmulo de passageiros.

4.1. Resultados obtidos para a embarcação n. 4

As seguir, são apresentados os gráficos de estabilidade para as e condições estudadas. A Figura 18 apresenta graficamente o resultado da simulação para a condição 1, onde o peso dos passageiros é aquele determinado pela norma da autoridade marítima.

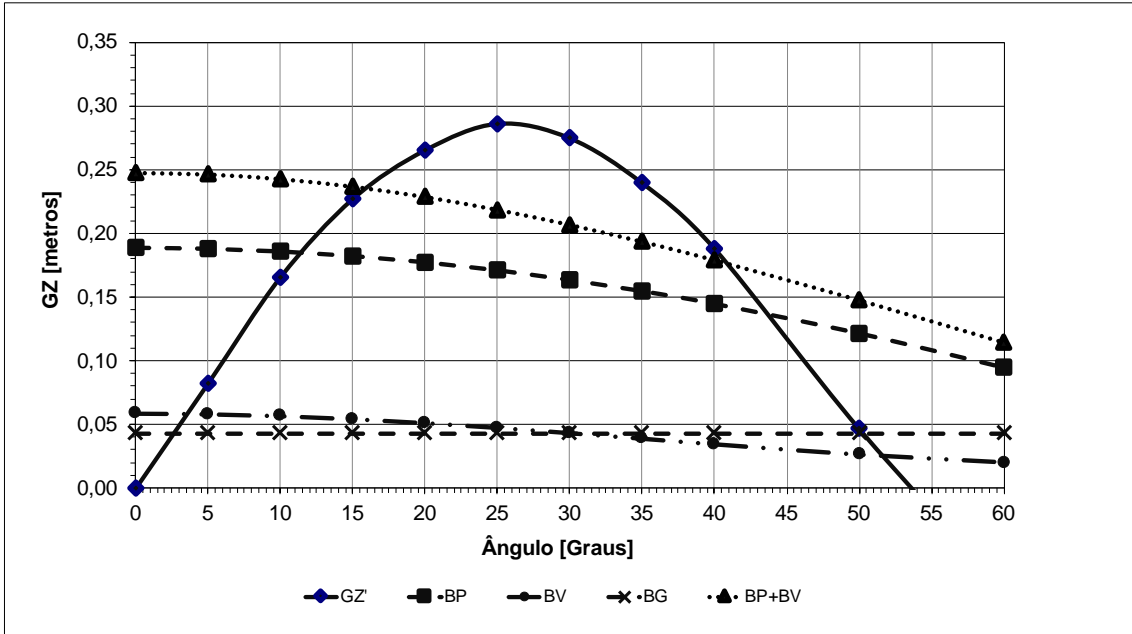


Figura 18 - Condição 1, 100 % Pax a 75 kg para a embarcação n. 4.
Fonte: Autor.

A Figura 19 apresenta graficamente o resultado da simulação para a condição 2, onde o peso dos passageiros é 45 % com 75 kg e 55% com 79,5 kg, considerando o IMC >25%

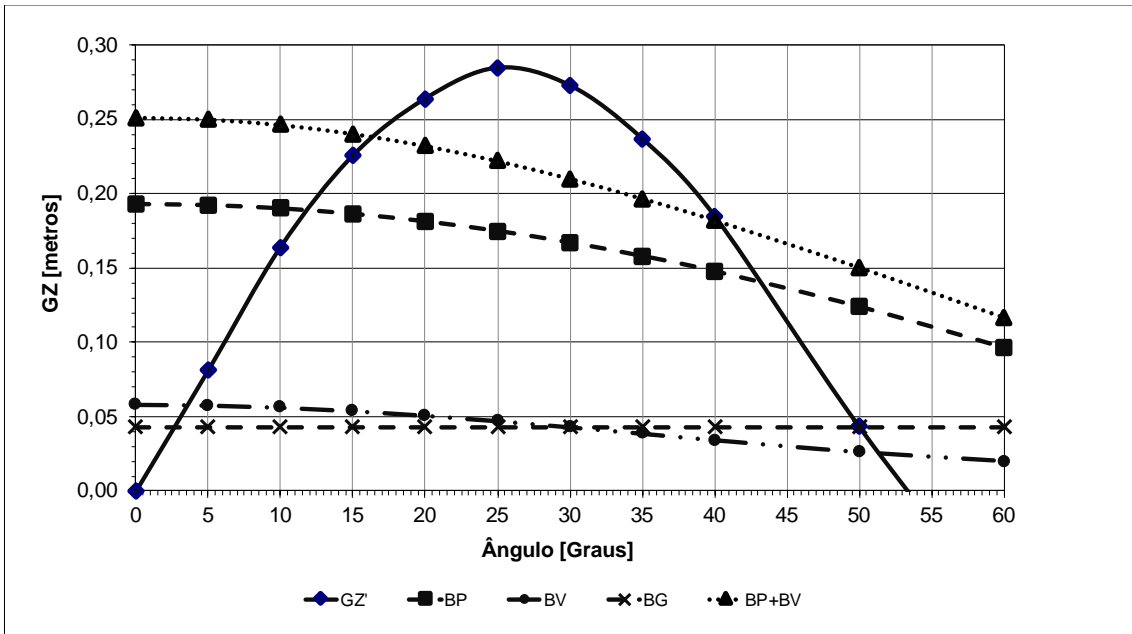


Figura 19 - Condição 2, 45 % Pax com 75 kg e 55% Pax com 79,5 kg (IMC >25%) para embarcação n. 4.
Fonte: Autor.

A Figura 20 apresenta graficamente o resultado da simulação para a condição 3, onde o peso dos passageiros é 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg, considerando o IMC >25% e por fim 20% com 86,7 kg considerando o IMC >30%

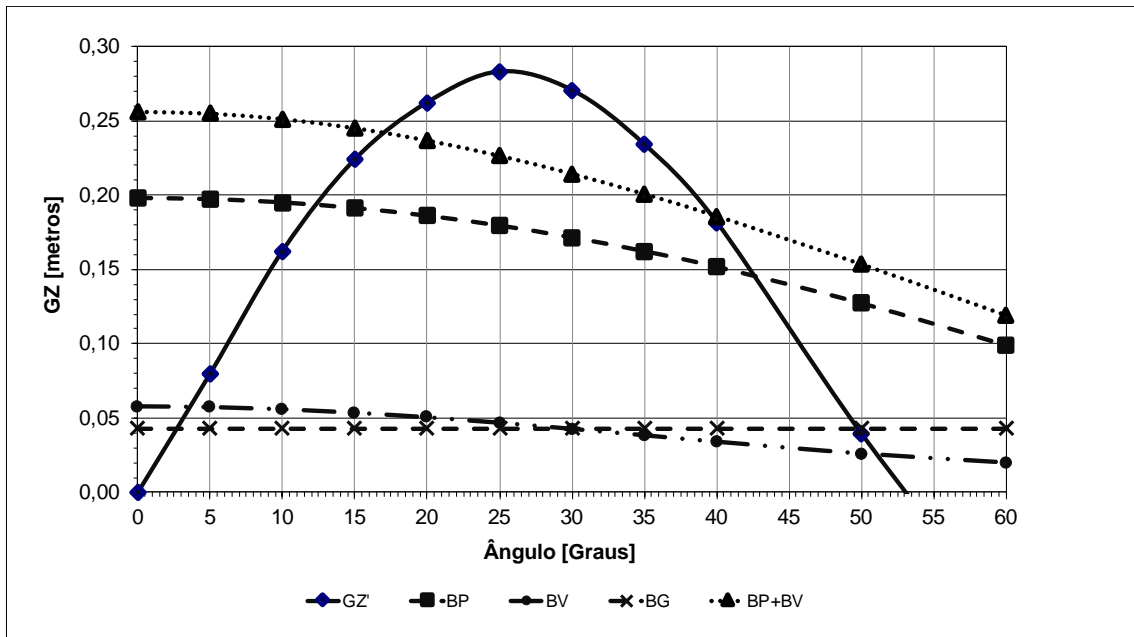


Figura 20 - Condição 3, 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg (IMC >25%) e 20% com 86,7 kg (IMC > 30%), para a embarcação n. 4.
Fonte: Autor.

Uma vez obtidos os gráficos de estabilidade para cada condição estudada podemos calcular a área sobre as curvas, conforme preconizado pela NORMAM-202, a fim de se verificar o atendimento aos critérios estabelecidos.

Tabela 6 - Áreas sob as curvas de estabilidade da embarcação n. 4.

Condição	Descrição	Peso (kg)	Área 1 (rad.m)	Área 2 (rad.m)	A2/A1
1	100 % Pax a 75 kg	3375,0	0,019	0,032	1,73
2	45 % c/ 75 kg e 55% com 79,5 kg (IMC >25%)	3475,0	0,020	0,029	1,48
3	25 % c/ 75 kg , 55% com 79,5 kg e 20% c/ 86,7 kg (IMC > 30)	3592,8	0,021	0,026	1,22

Fonte: Autor.

Ao analisar os resultados fornecidos em conformidade com a NORMAM 202, que estabelece que a relação A2/A1 na avaliação da estabilidade de uma embarcação deve ser superior a 1,0, podemos observar o seguinte:

Na Condição 1, onde todos os passageiros têm 75 kg, a relação A2/A1 é de 1,73. Isso indica que os critérios estabelecidos pela NORMAM 202 são atendidos de forma satisfatória nesta condição.

Na Condição 2, com 45% dos passageiros pesando 75 kg e 55% pesando 79,5 kg (IMC >25%), a relação A2/A1 é de 1,48. Assim, os critérios são atendidos satisfatoriamente.

Na Condição 3, com 25% dos passageiros pesando 75 kg, 55% pesando 79,5 kg e 20% pesando 86,7 kg (IMC > 30%), a relação A2/A1 é de 1,22. Nesta condição, os critérios também são atendidos.

Pode-se observar que, à medida que a condição avança de 1 para 3, observamos um aumento geral na área sobre as curvas de estabilidade para ambas as áreas 1 e 2. Isso sugere que, conforme mais pessoas com IMC mais alto (acima de 25 ou 30) são consideradas, a estabilidade da embarcação pode ser mais comprometida. Contudo, de acordo com os dados da Tabela 6, mesmo observado uma diminuição da relação de áreas, ainda sim há o atendimento às normas.

4.2.Resultados obtidos para a embarcação n. 8

Agora, serão apresentados os resultados da simulação estabilidade para as e condições estudadas para a embarcação de número 8. A Figura 21 apresenta graficamente o resultado da simulação para a condição 1, onde o peso dos passageiros é aquele determinado pela norma da autoridade marítima.

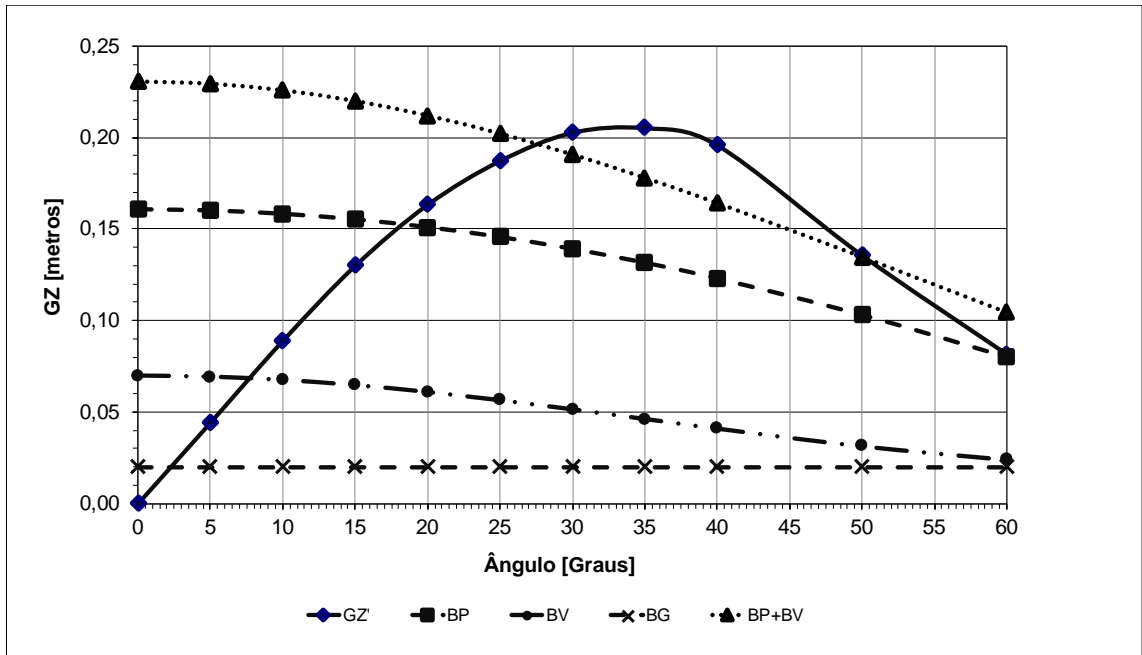


Figura 21 - Condição 1, 100 % Pax a 75 kg para a embarcação n. 8.
Fonte: Autor.

A Figura 22 apresenta graficamente o resultado da simulação para a condição 2, onde o peso dos passageiros é 45 % com 75 kg e 55% com 79,5 kg, considerando o IMC >25%

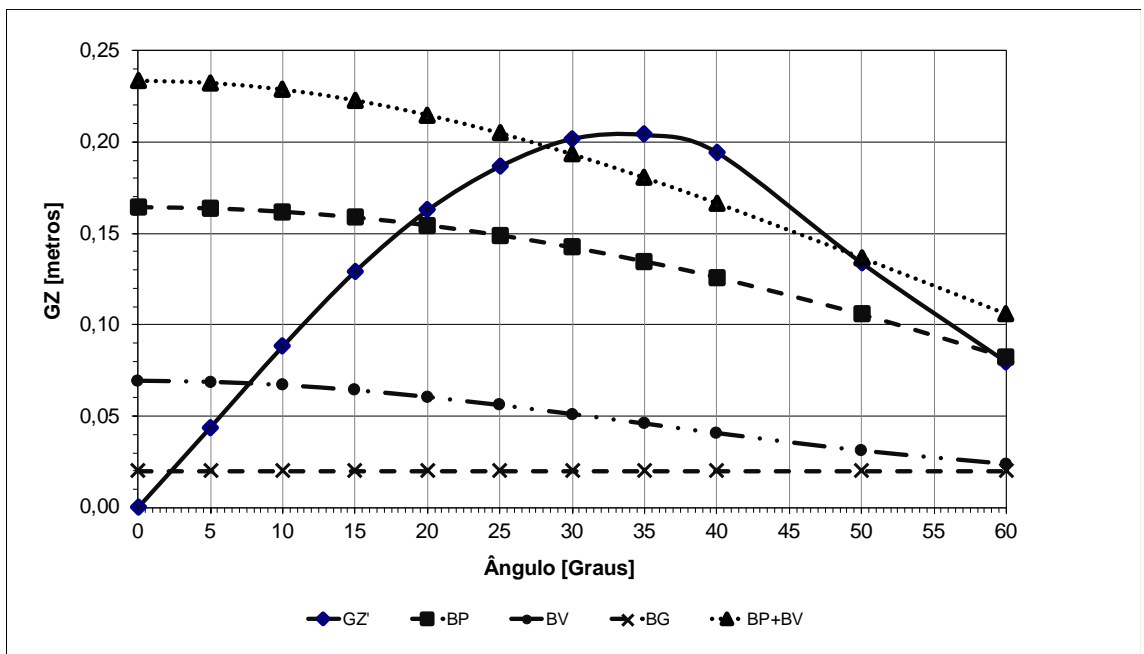


Figura 22 - Condição 2, 45 % Pax com 75 kg e 55% Pax com 79,5 kg (IMC >25%) para embarcação n. 8.
Fonte: Autor.

Na Figura 23, o resultado da simulação para a condição 3 é apresentado. Nesta condição, o peso dos passageiros é distribuído da seguinte maneira: 25% com 75 kg, 55% com 79,5 kg, considerando um IMC superior a 25%; e, por fim, 20% com 86,7 kg, considerando um IMC superior a 30%.

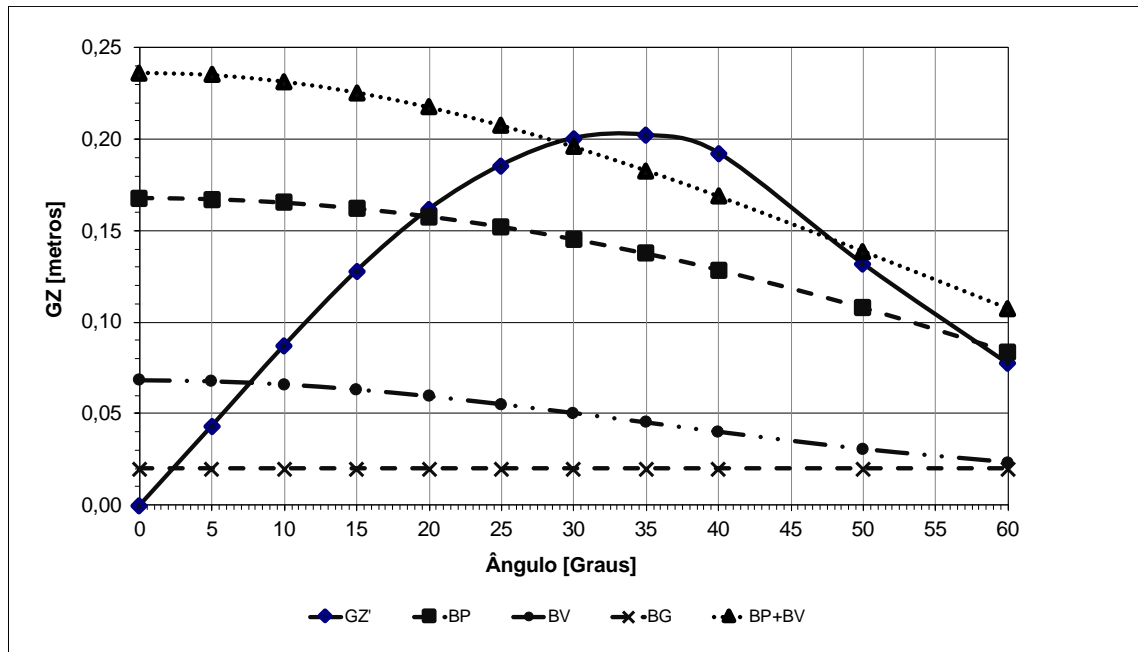


Figura 23 - Condição 3, 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg IMC >25%) e 20% com 86,7 kg (IMC > 30%), para a embarcação n. 8.
Fonte: Autor.

Após a obtenção dos gráficos de estabilidade para cada condição estudada, é possível calcular a área sob as curvas, conforme recomendado pela NORMAM-202, para verificar se os critérios estabelecidos são atendidos.

Tabela 7 - Áreas sob as curvas de estabilidade da embarcação n. 8.

Condição	Descrição	Peso (kg)	Área 1 (rad.m)	Área 2 (rad.m)	A2/A1
1	100 % Pax a 75 kg	1650,0	0,025	0,029	1,14
2	45 % c/ 75 kg e 55% com 79,5 kg (IMC >25%)	1704,0	0,026	0,026	1,00
3	25 % c/ 75 kg, 55% com 79,5 kg e 20% c/ 86,7 kg (IMC > 30%)	1762,5	0,028	0,024	0,85

Fonte: Autor.

Ao analisar os dados fornecidos considerando a NORMAM 202, que estabelece que a relação A2/A1 deve ser maior que 1,0, podemos observar o seguinte:

Na Condição 1, onde todos os passageiros têm 75 kg, a relação A2/A1 é de 1,14. Portanto, os critérios estabelecidos pela NORMAM 202 são atendidos nesta condição.

Na Condição 2, com 45% dos passageiros pesando 75 kg e 55% pesando 79,5 kg (IMC >25%), a relação A2/A1 é de 1,00. Isso indica que os critérios estão marginalmente atendidos, pois a relação é exatamente 1,0.

Entretanto, na Condição 3, com 25% dos passageiros pesando 75 kg, 55% pesando 79,5 kg e 20% pesando 86,7 kg (IMC > 30%), a relação A2/A1 é de 0,85. Isso sugere que os critérios de estabilidade não são atendidos nesta condição, pois a relação é inferior a 1,0, evidenciando que para essa embarcação um possível sobrepeso irá gerar instabilidade à embarcação.

4.3. Resultados obtidos para a embarcação n. 10

Nesta seção, serão apresentados os resultados da simulação estabilidade para as condições estudadas da embarcação de número 10. A Figura 24 apresenta graficamente o resultado da simulação para a condição 1, onde o peso dos passageiros é aquele determinado pela norma da autoridade marítima.

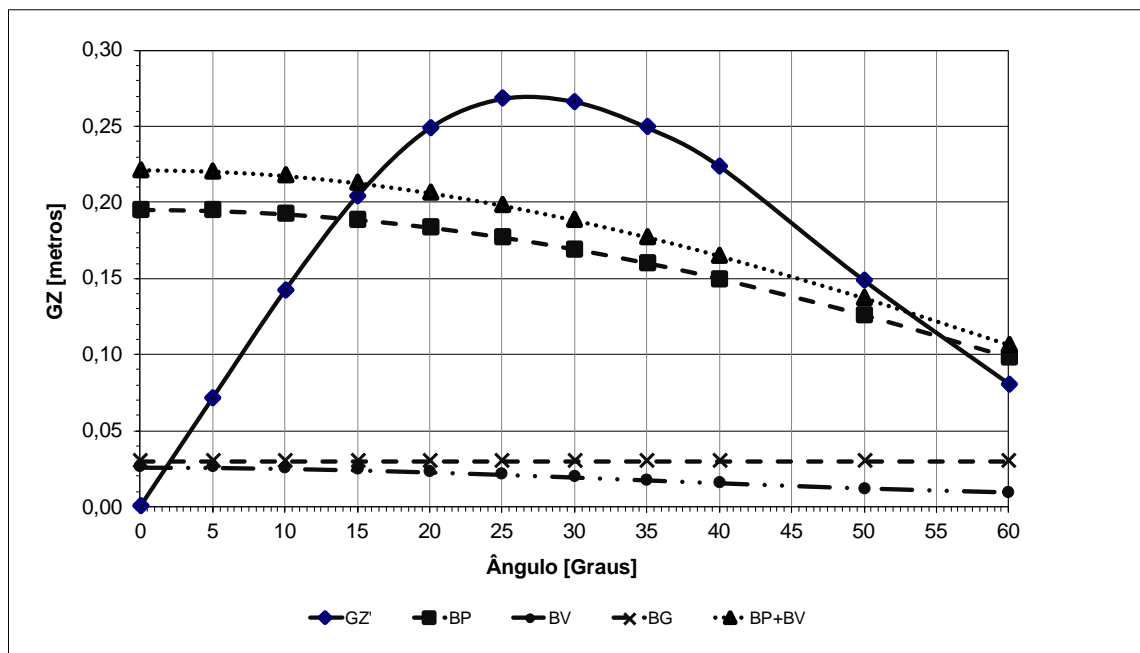


Figura 24 - Condição 1, 100 % Pax a 75 kg para a embarcação n. 10.
Fonte: Autor.

A Figura 25 apresenta graficamente o resultado da simulação para a condição 2 para esta embarcação, onde o peso dos passageiros é 45 % com 75 kg e 55% com 79,5 kg, considerando o IMC >25%

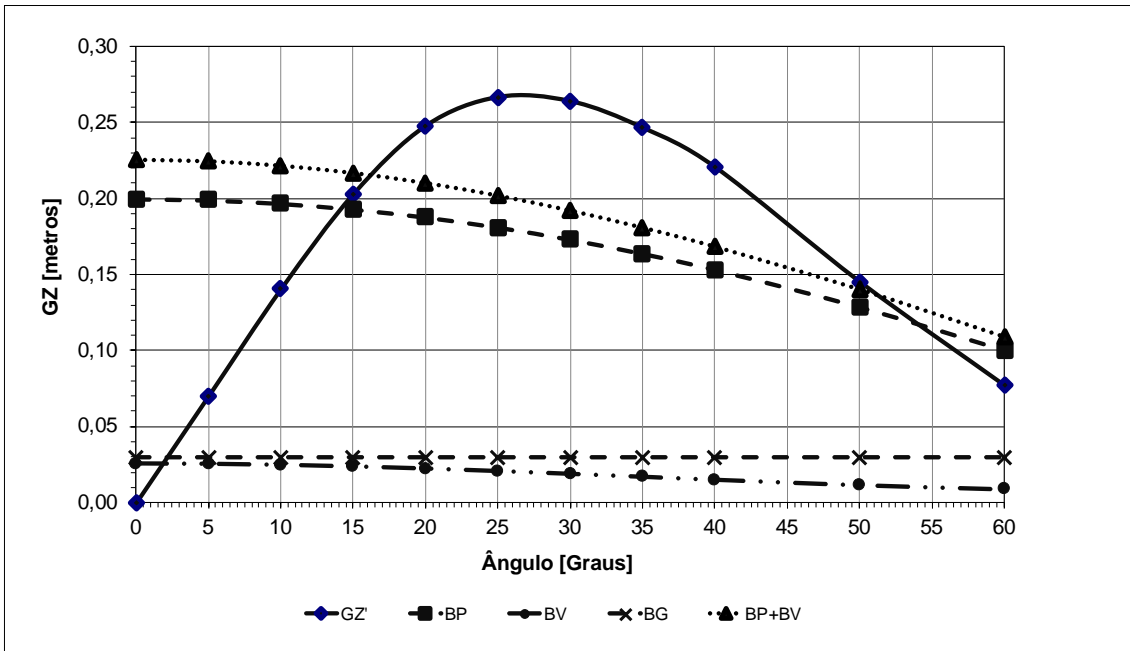


Figura 25 - Condição 2, 45 % Pax com 75 kg e 55% Pax com 79,5 kg (IMC >25%) embarcação n. 10.
Fonte: Autor.

Na Figura 26, o resultado da simulação para a condição 3 é apresentado. Nesta condição, o peso dos passageiros é distribuído da seguinte maneira: 25% com 75 kg, 55% com 79,5 kg, considerando um IMC superior a 25%; e, por fim, 20% com 86,7 kg, considerando um IMC superior a 30%.

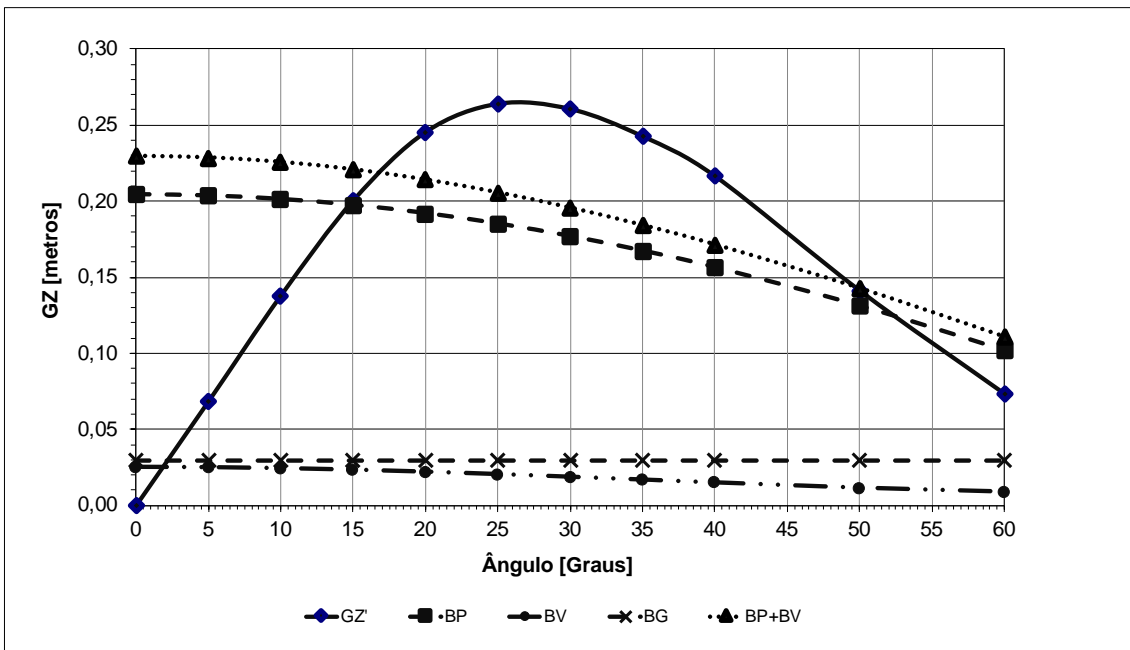


Figura 26 - Condição 3, 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg IMC >25%) e 20% com 86,7 kg (IMC > 30%), para a embarcação n. 10.
Fonte: Autor.

Após a elaboração dos gráficos de estabilidade para cada cenário analisado, é viável determinar a área sob as curvas, conforme preconizado pela NORMAM-202, a fim de avaliar a conformidade com os critérios estipulados. Esses dados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Áreas sob as curvas de estabilidade da embarcação n. 10.

Condição	Descrição	Peso (kg)	Área 1 (rad.m)	Área 2 (rad.m)	A2/A1
1	100 % Pax a 75 kg	1725,0	0,023	0,042	1,83
2	45 % c/ 75 kg e 55% com 79,5 kg (IMC >25%)	1783,5	0,025	0,038	1,57
3	c/ 75 kg , 55% com 79,5 kg e 20% c/ 86,7 kg (IMC >	1849,2	0,026	0,034	1,31

Fonte: Autor.

Observa-se que em todas as condições apresentadas, a relação A2/A1 é superior a 1,0, conforme exigido pela norma. Isso indica que, de acordo com os dados fornecidos, a embarcação atende aos critérios de estabilidade estabelecidos pela NORMAM-202.

Portanto, com base nessas análises, podemos concluir que a embarcação está em conformidade com os requisitos de estabilidade estabelecidos pela norma em todas as condições avaliadas. Contudo observa-se variação percentual em torno de 28,4% entre as condições 1 e 3, influenciada pelo acréscimo de peso a bordo.

4.4. Resultados obtidos para a embarcação n. 12

Agora serão apresentados os resultados obtidos para a embarcação de número 12. A Figura 27 apresenta graficamente o resultado da simulação para a condição 1, onde o peso dos passageiros é aquele determinado pela norma da autoridade marítima.

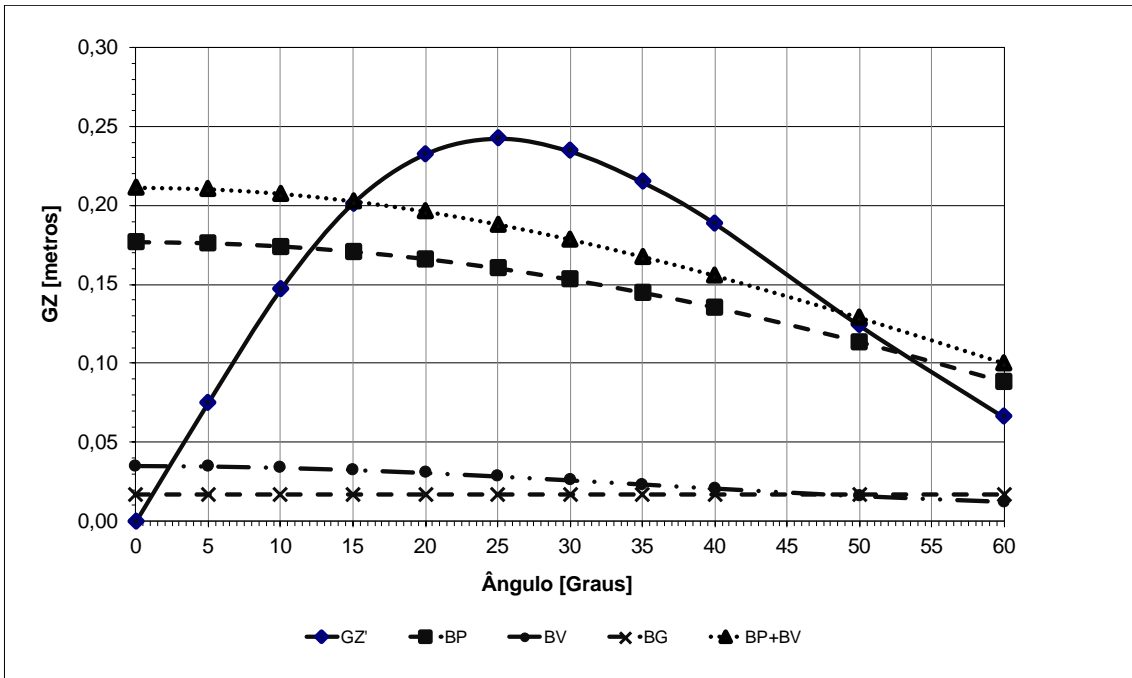


Figura 27 - Condição 1, 100 % Pax a 75 kg para a embarcação n. 12.
Fonte: Autor.

A Figura 28 ilustra graficamente os resultados da simulação para a condição 2 desta embarcação. Nessa simulação, 45% dos passageiros possuem um peso de 75 kg, enquanto os restantes 55% pesam 79,5 kg. Importante ressaltar que foi considerado um Índice de Massa Corporal (IMC) superior a 25%.

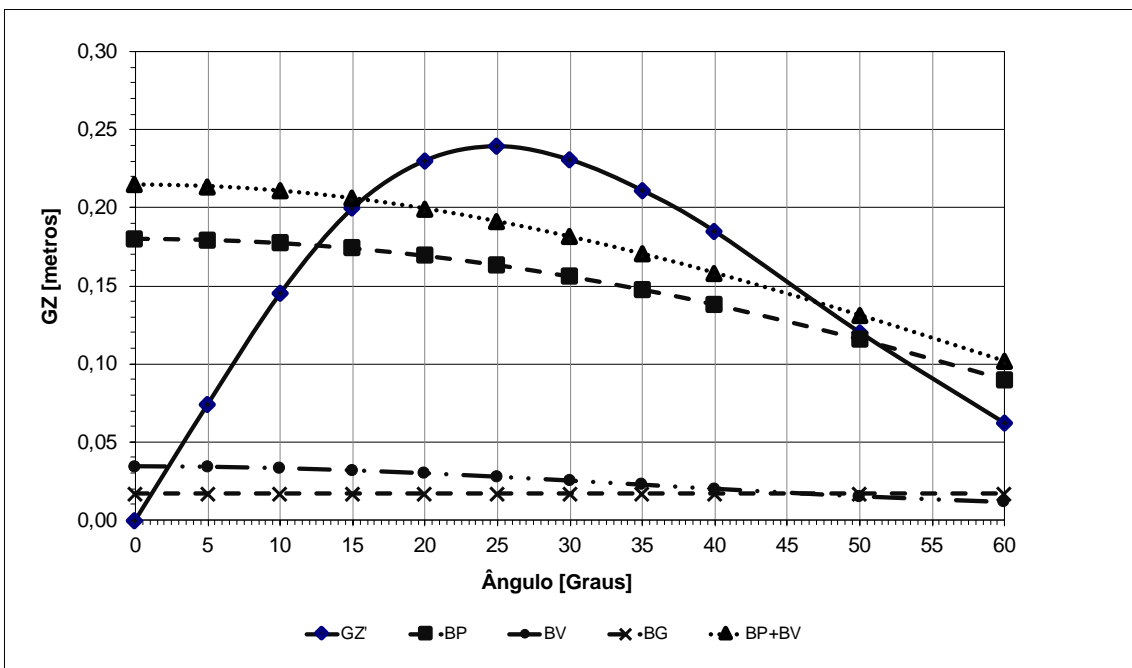


Figura 28 - Condição 2, 45 % Pax com 75 kg, 55% Pax com 79,5 kg (IMC >25%) para embarcação n. 12.
Fonte: Autor.

Na Figura 29, são exibidos os resultados da simulação para a condição 3. Nessa configuração, o peso dos passageiros é distribuído da seguinte forma: 25% pesam 75 kg, 55% pesam 79,5 kg, ambos com um Índice de Massa Corporal (IMC) superior a 25%; enquanto os restantes 20% possuem um peso de 86,7 kg, com um IMC superior a 30%.

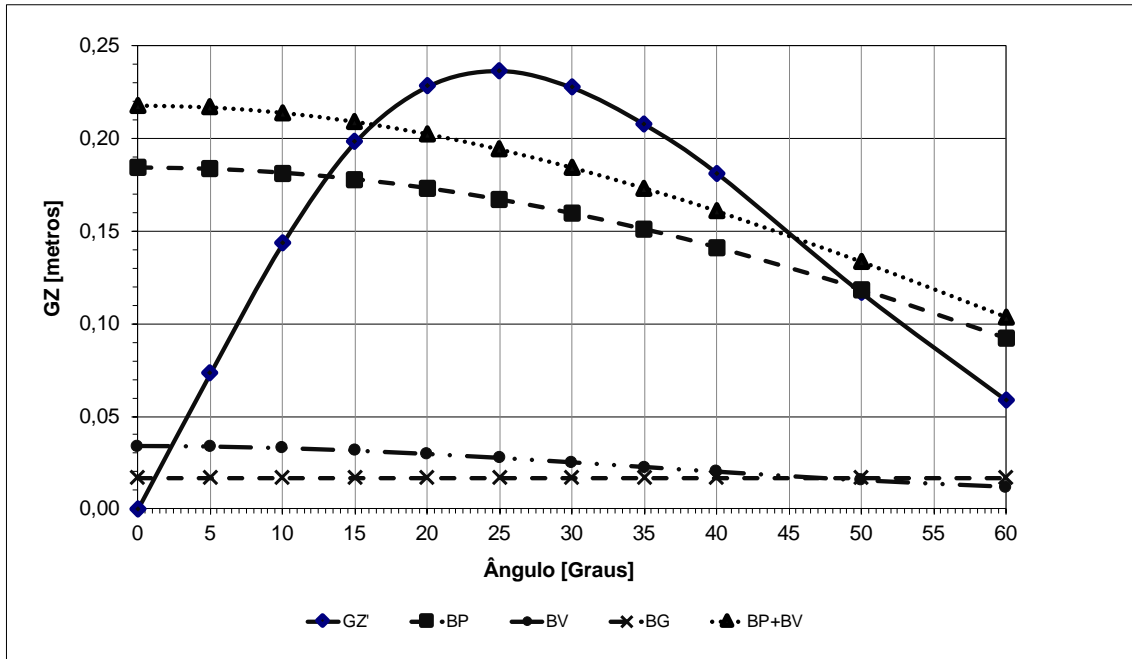


Figura 29 - Condição 3, 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg IMC >25%) e 20% com 86,7 kg (IMC > 30%), para a embarcação n. 12.
Fonte: Autor.

Após a criação dos gráficos de estabilidade para cada cenário investigado, é possível calcular a área sob as curvas, conforme orientado pela NORMAM-202, para avaliar a conformidade com os critérios estabelecidos. Esses resultados estão registrados na Tabela 9.

Tabela 9 - Áreas sob as curvas de estabilidade da embarcação n. 12.

Condição	Descrição	Peso (kg)	Área 1 (rad.m)	Área 2 (rad.m)	A2/A1
1	100 % Pax a 75 kg	900,0	0,018	0,036	1,98
2	45 % c/ 75 kg e 55% com 79,5 kg (IMC >25%)	931,5	0,019	0,032	1,67
3	25 % c/ 75 kg, 55% com 79,5 kg e 20% c/ 86,7 kg (IMC > 30%)	962,1	0,020	0,028	1,39

Fonte: Autor.

Na primeira condição indica uma boa estabilidade, pois a área A2 (representando a estabilidade com a embarcação inclinada) é substancialmente maior que a área A1 (estabilidade na posição normal).

A segunda apresenta uma leve redução em relação à condição anterior, ainda está acima do valor mínimo de 1,0 exigido pela norma, o que sugere que a embarcação mantém uma boa estabilidade mesmo com essa distribuição de peso mais diversificada.

Na terceira condição, ocorre uma diminuição ainda maior da relação de área, chegando a 1,39. Essa redução na relação de área indica uma diminuição na estabilidade relativa da embarcação.

No geral, os resultados sugerem que a embarcação é capaz de manter uma boa estabilidade em uma variedade de condições de carga, conforme definido pela NORMAM 202.

4.5. Resultados obtidos para a embarcação n. 16

A seguir, serão exibidos os resultados alcançados para a embarcação identificada como número 16. Na Figura 30, é apresentada uma representação gráfica dos resultados da simulação para a condição 1, na qual o peso dos passageiros corresponde ao estipulado pela norma da autoridade marítima.

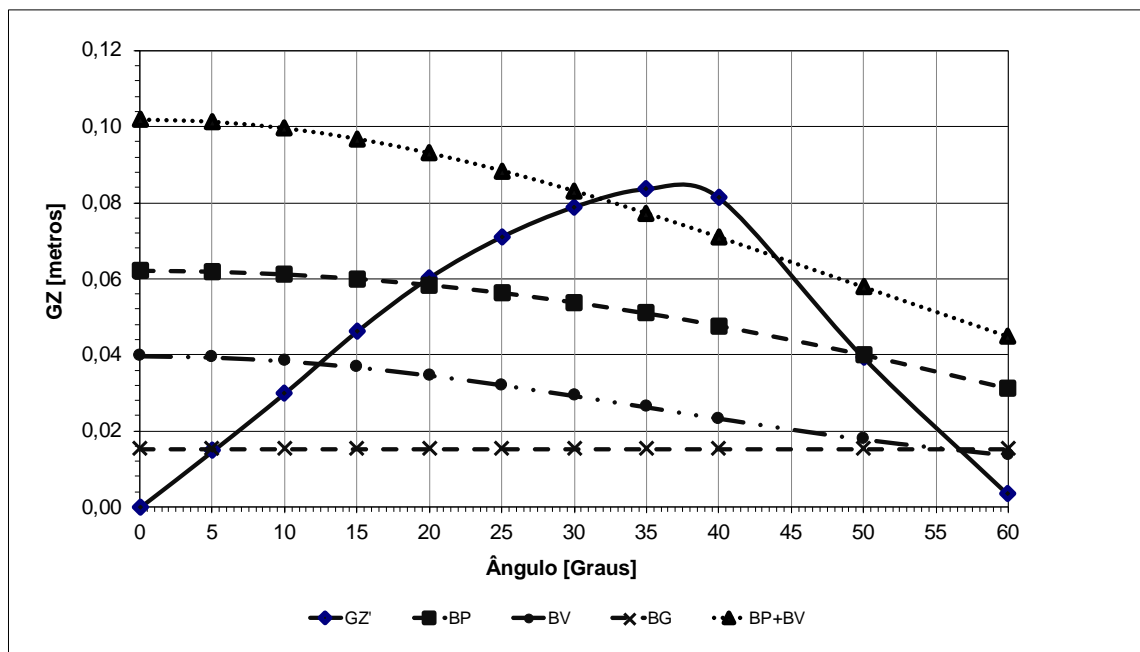


Figura 30 - Condição 1, 100 % Pax a 75 kg para a embarcação n. 16.
Fonte: Autor.

A Figura 31 representa graficamente os resultados da simulação para a segunda condição desta embarcação. Nesta simulação, 45% dos passageiros têm um peso de 75 kg, enquanto os restantes 55% pesam 79,5 kg. É relevante destacar que foi levado em conta um Índice de Massa Corporal (IMC) superior a 25%.

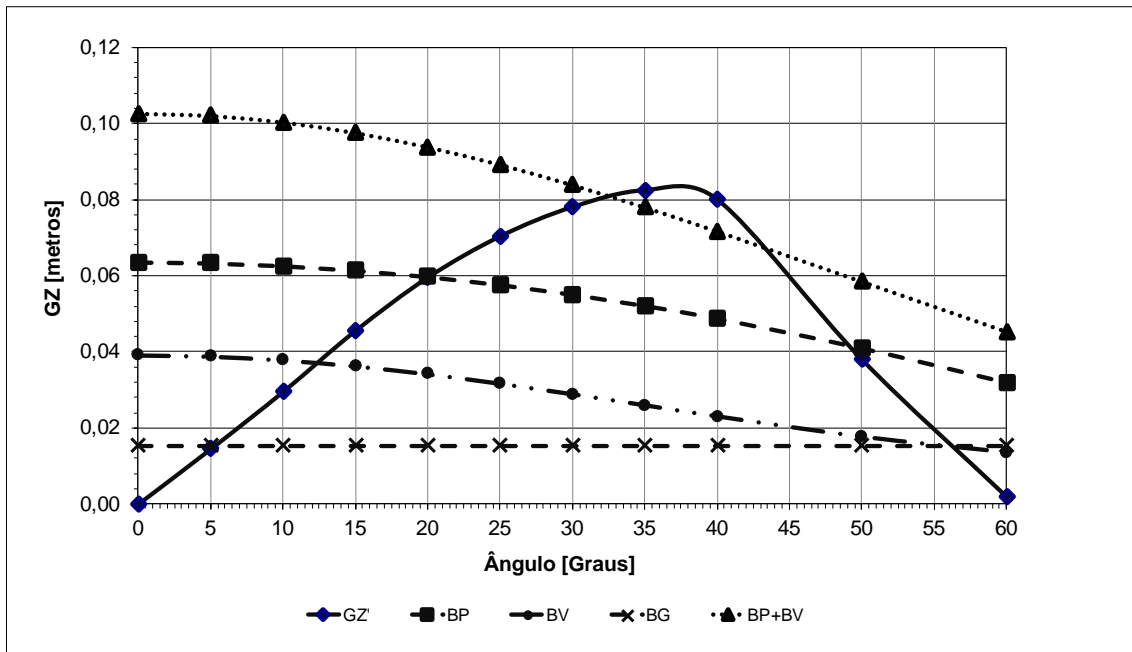


Figura 31 - Condição 2, 45 % Pax com 75 kg , 55% Pax com 79,5 kg (IMC >25%) para embarcação n. 16.
Fonte; Autor.

Os resultados da simulação para a terceira condição são apresentados na Figura 32. Nessa configuração, o peso dos passageiros é distribuído da seguinte maneira: 25% pesam 75 kg, 55% pesam 79,5 kg, ambos com um Índice de Massa Corporal (IMC) superior a 25%; enquanto os 20% restantes possuem um peso de 86,7 kg, com um IMC superior a 30%.

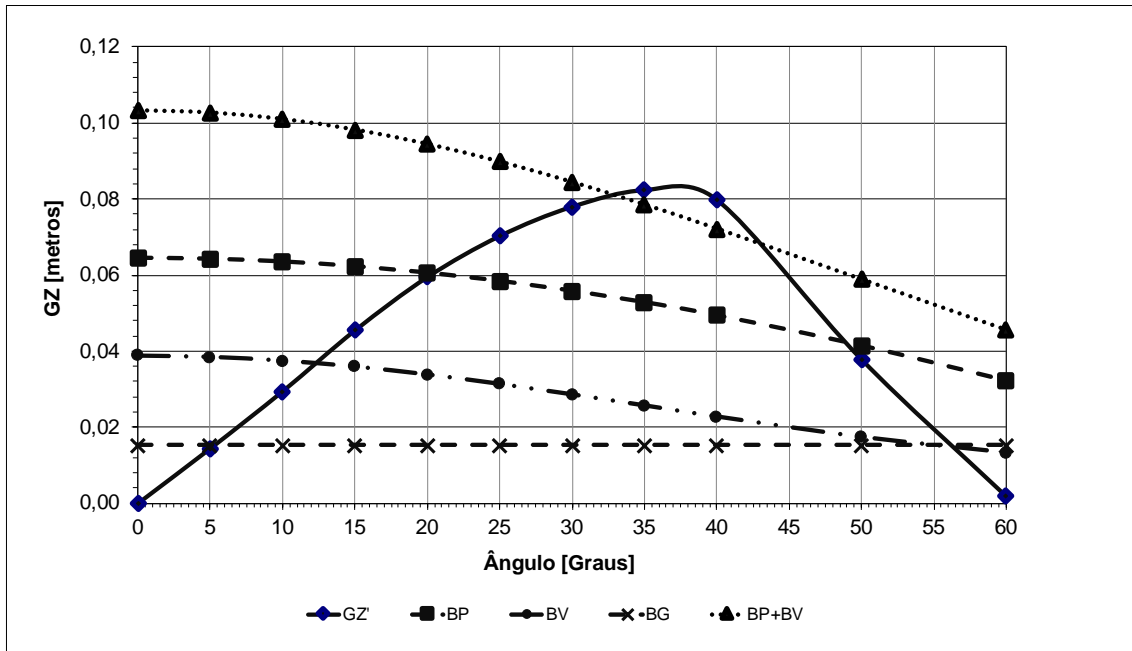


Figura 32 - Condição 3, 25 % com 75 kg, 55% com 79,5 kg IMC >25%) e 20% com 86,7 kg (IMC > 30%), para a embarcação n. 16.
Fonte: Autor.

Após a elaboração dos gráficos de estabilidade para cada cenário analisado, é viável determinar a área sob as curvas, conforme diretrizes da NORMAM-202, a fim de verificar a conformidade com os critérios definidos. Esses resultados foram documentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Áreas sob as curvas de estabilidade da embarcação n. 16.

Condição	Descrição	Peso	Área 1	Área 2	%
1	100 % Pax a 75 kg	750,000	0,011	0,01	0,88825
2	15 % c/ 75 kg e 55% com 79,5 kg (IMC >25%)	777,000	0,012	0,01	0,75753
3	5 kg, 55% com 79,5 kg e 20% c/ 86,7 kg (IMC >30%)	795,900	0,012	0,01	0,67486

Fonte: Autor.

Os resultados obtidos nas análises das condições de estabilidade das embarcações, conforme os dados apresentados e avaliados à luz da NORMAM 202, revelam algumas questões importantes.

Ao analisar os dados fornecidos, observamos que em todas as três condições apresentadas, a relação A2/A1 é inferior a 1,0. Isso indica que, de acordo com os

resultados apresentados, a embarcação não atende plenamente aos critérios de estabilidade definidos pela NORMAM 202.

Na Condição 1, onde todos os passageiros têm peso uniforme de 75 kg, a relação A2/A1 é de 0,89.

Na Condição 2, com uma distribuição de passageiros que inclui tantos indivíduos com 75 kg quanto com 79,5 kg (IMC >25%), a relação A2/A1 é ainda menor, sendo de 0,76.

Na Condição 3, onde há uma distribuição ainda mais diversificada de pesos, incluindo indivíduos com 75 kg, 79,5 kg e 86,7 kg (IMC > 30%), a relação A2/A1 é de 0,67, a menor das três condições.

De modo geral, ao analisando os resultados das cinco embarcações em conformidade com a NORMAM 202, podemos observar o seguinte:

Para a embarcação 4, todas as três condições apresentam uma relação A2/A1 superior a 1,0, o que indica que a estabilidade das embarcações é satisfatória de acordo com a norma.

Para a Embarcação 8, na primeira e segunda condições, a relação A2/A1 é superior a 1,0, indicando estabilidade adequada. Entretanto, na terceira condição, a relação A2/A1 é inferior a 1,0, sugerindo uma estabilidade comprometida.

Para a embarcação 10, assim como na Embarcação 4, todas as condições apresentam uma relação A2/A1 superior a 1,0, indicando estabilidade satisfatória.

Já para a embarcação 12, da mesma forma que nas Embarcações 4 e 10, todas as condições apresentam uma relação A2/A1 superior a 1,0, indicando estabilidade adequada.

Contudo, a embarcação 16, apresenta em todas as três condições, a relação A2/A1 é inferior a 1,0, sugerindo uma estabilidade comprometida ou inadequada.

4.6.Relação Comprimento vs Boca, Boca vs Pontal e Pontal vs Calado

De acordo com FERRI (2022), as relações adimensionais são uma ferramenta utilizadas na engenharia e na física para entender e prever o comportamento de sistemas

físicos complexos. No contexto de embarcações marítimas, as relações adimensionais, como a razão comprimento/boca (L/B) e boca/pontal (B/P), são fundamentais para entender aspectos como a potência necessária para propulsão e a estabilidade. A relação entre pontal e calado (P/H) por sua vez é um fator a se considerar também para a sua estabilidade, segurança, capacidade de carga e desempenho hidrodinâmico.

A seguir, será apresentada essas relações (Tabela 11) para as embarcações simuladas.

Tabela 11 - Relação L/B e B/P das embarcações simuladas.

Embarcação	L/B	B/P
4	3,97	2,73
8	4,54	2,20
10	3,79	3,48
12	3,90	3,33
16	4,82	1,81

Fonte: Autor.

Ao utilizar as relações adimensionais, torna-se viável criar um gráfico que correlacione A2/A1 com tanto L/B quanto B/P, o que permite uma compreensão mais profunda da relevância dessas relações para a estabilidade dessa categoria de embarcação.

O primeiro conjunto de relações, representado na Figura 33, apresenta as relações de áreas com comprimento e boca.

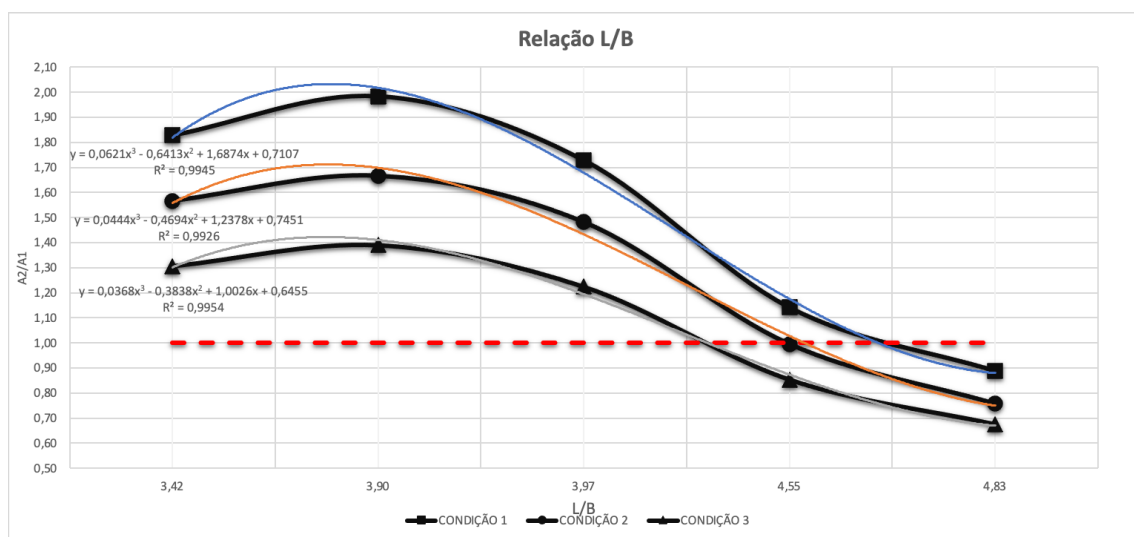


Figura 33 - Relação A2/A1 e L/B.

Fonte: Autor.

O gráfico ilustra a relação A2/A1 para as três condições de estabilidade estudadas para cada embarcação, sendo representadas aqui pela sua relação L/B. A linha tracejada vermelha indica o limite estabelecido pela NORMAM-202 para o cumprimento do critério de estabilidade; portanto, valores abaixo dessa linha são considerados reprovados, indicando que, quanto menor L/B, melhor a condição de estabilidade. Além disso, o gráfico exibe uma linha de tendência poligonal para cada curva, juntamente com sua equação correspondente. A inclusão dessas linhas de tendência e suas equações é fundamental para a análise, pois permite identificar padrões e comportamentos nas relações L/B das embarcações.

A equação da linha de tendência será aplicada para obter a mínima relação L/B que corresponda a uma relação de área igual a 1,0. Isso significa que a equação serve como uma ferramenta matemática para prever a menor relação L/B possível onde a área da seção transversal da embarcação seja idealmente utilizada, garantindo a estabilidade e eficiência.

As relações L/B mínimas obtidas para que se tenha uma relação A2/A1 superior a 1,0 são apresentados na Tabela 12, a seguir:

Tabela 12 - Relação L/B obtida para aprovação dos critérios de estabilidade.

CONDIÇÃO	L/B
1	4,66
2	4,34
3	3,86

Fonte: Autor.

Após determinar as relações L/B que garantem condições de estabilidade satisfatórias, de acordo com o critério estabelecido, é viável compará-las com as relações das embarcações cujos dados foram previamente apresentados. A Figura 34 apresenta o resultado comparativo para a primeira condição estudada.

A relação L/B das amostras (pontos azuis) representa a proporção entre o comprimento (L) e a boca (B) das amostras de embarcações. A linha horizontal laranja representa um valor de referência constante e ideal da relação L/B.

É possível observar uma variação significativa da relação L/B das embarcações em relação ao valor de referência (Condição 1). Isso ajuda a identificar quais embarcações estão próximas do valor ideal e quais se desviam significativamente. Existem algumas

embarcações com relações L/B significativamente altas (acima de 6) e outras com relações muito baixas (abaixo de 3), indicando uma possível variabilidade nas dimensões das embarcações.

As embarcações cuja relação L/B está abaixo do valor de referência indicam que possuem estabilidade satisfatória para a condição de carregamento estudada. Os demais comparativo seguem a mesma similaridade.

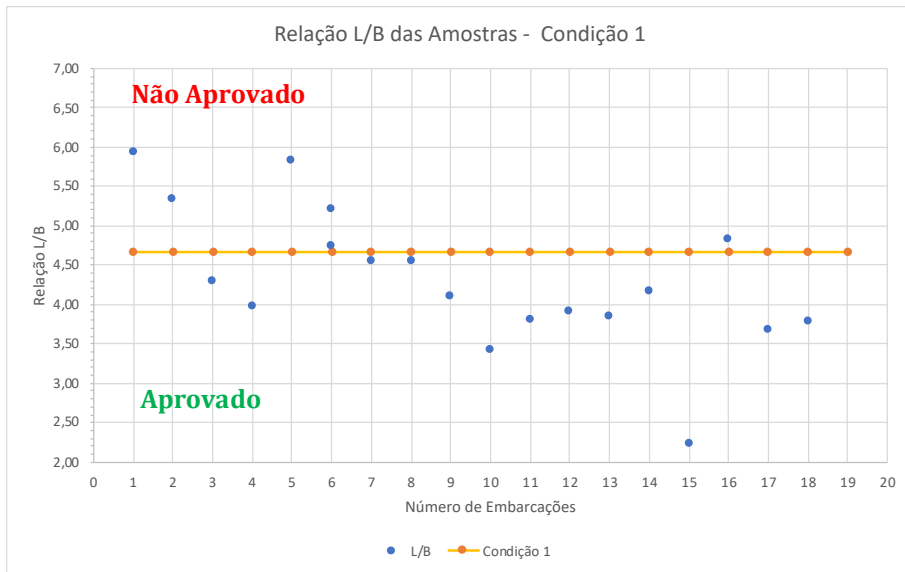


Figura 34 - Comparação da relação L/B na condição de estabilidade 1.
Fonte: Autor.

A Figura 35, apresenta o resultado comparativo para segunda condição de estabilidade estudada.

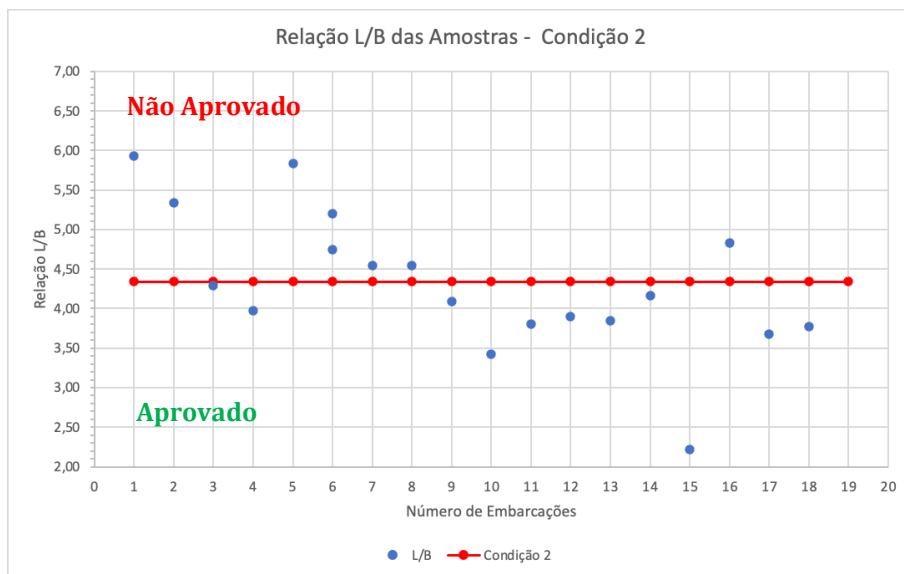


Figura 35 - Comparação da relação L/B na condição de estabilidade 2.

Fonte: Autor.

Por fim, a Figura 36, apresenta o resultado comparativo para terceira condição de estabilidade estudada das embarcações.

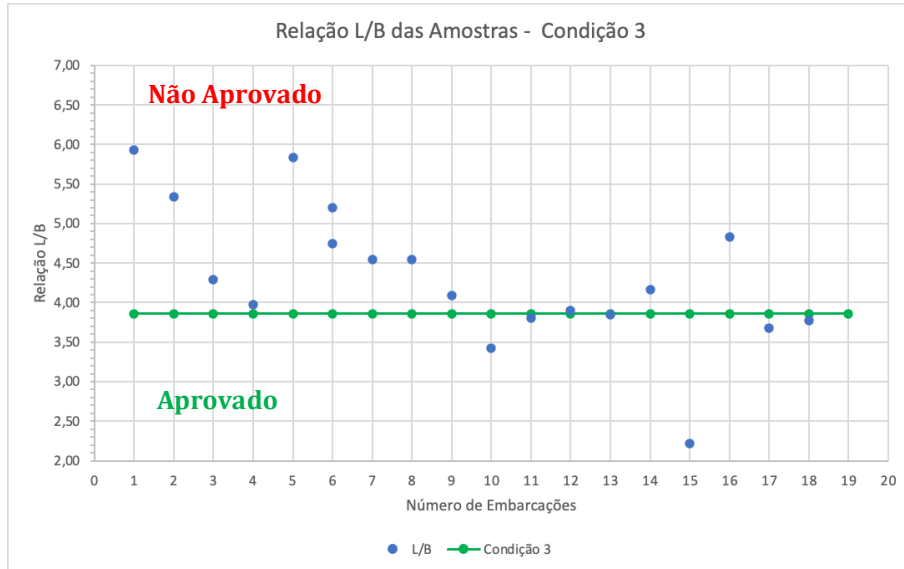


Figura 36 - Comparação da relação L/B na condição de estabilidade 3.
Fonte: Autor.

Com base nas análises das Figuras 34, 35 e 36, concluímos que as embarcações 10, 11, 13, 15, 17 e 18 satisfazem os critérios de estabilidade para todas as condições simuladas, pois elas possuem as menores relações L/B. No entanto, outras embarcações não atendem a esses critérios para pelo menos uma das condições. Além disso, é importante observar que o aumento de peso pode levar algumas embarcações de uma condição de estabilidade para uma condição de instabilidade.

Agora, o segundo conjunto de relações, ilustrado na Figura 37, descreve as interações entre áreas, boca e pontal.

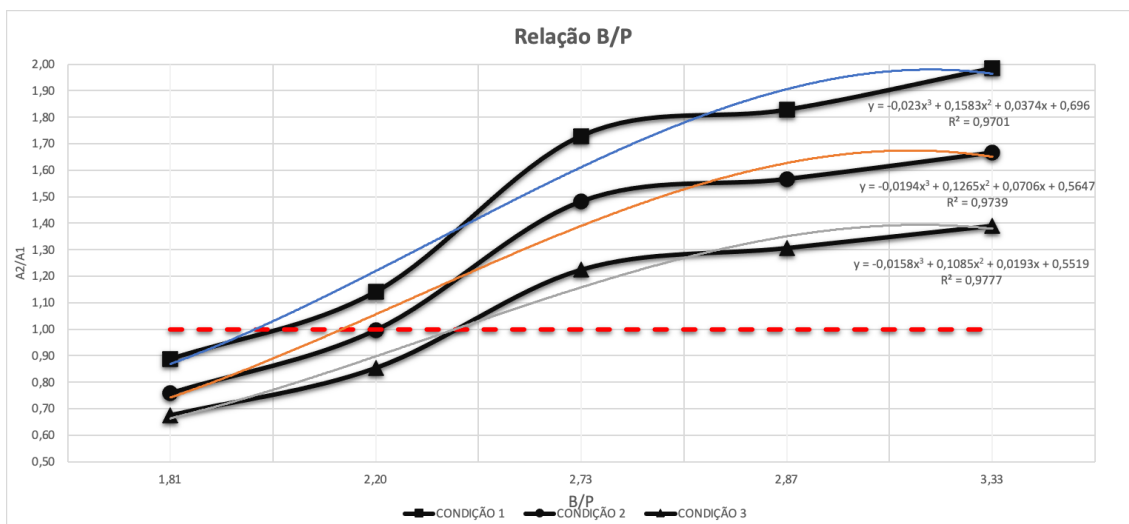


Figura 37 - Relação A2/A1 e B/P.
Fonte: Autor.

Da mesma forma que na relação L/B, o gráfico demonstra a relação A2/A1 para as três condições de estabilidade investigadas para cada embarcação, agora representadas pela sua relação B/P. Uma linha tracejada vermelha indica o limite estabelecido pela NORMAM para atender ao critério de estabilidade; portanto, valores abaixo dessa linha são considerados não conformes. A equação da linha de tendência será aplicada para obter a mínima relação B/P que corresponda a uma relação de área igual a 1,0. Isso significa que a equação serve como uma ferramenta matemática para prever a menor relação B/P possível onde a área da seção transversal da embarcação seja idealmente utilizada, garantindo a estabilidade e eficiência.

A Tabela 13 a seguir apresenta as relações L/B mínimas necessárias para obter uma relação A2/A1 superior a 1,0.

Tabela 13 - Relação B/P obtida para aprovação dos critérios de estabilidade.

CONDIÇÃO	B/P
1	1,34
2	1,71
3	2,26

Fonte: Autor.

Da mesma forma, uma vez determinadas as relações B/P que asseguram condições de estabilidade satisfatórias conforme o critério estabelecido, é possível compará-las com as relações das embarcações cujos dados foram previamente fornecidos. a Figura 38, apresenta o resultado comparativo para a primeira condição de estabilidade estudada.

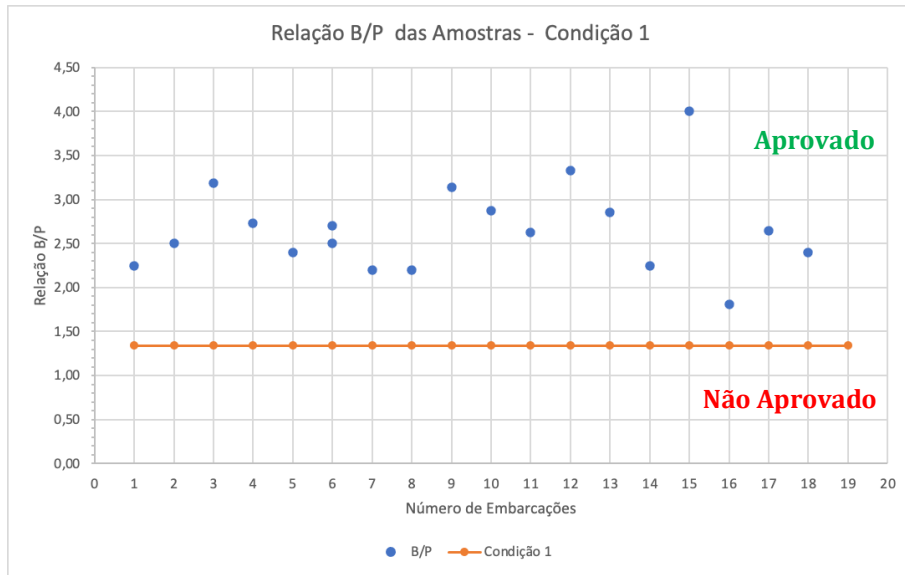


Figura 38 - Comparação da relação B/P na condição de estabilidade 1.
Fonte: Autor.

A Figura 39, apresenta o resultado comparativo para segunda condição de estabilidade estudada.

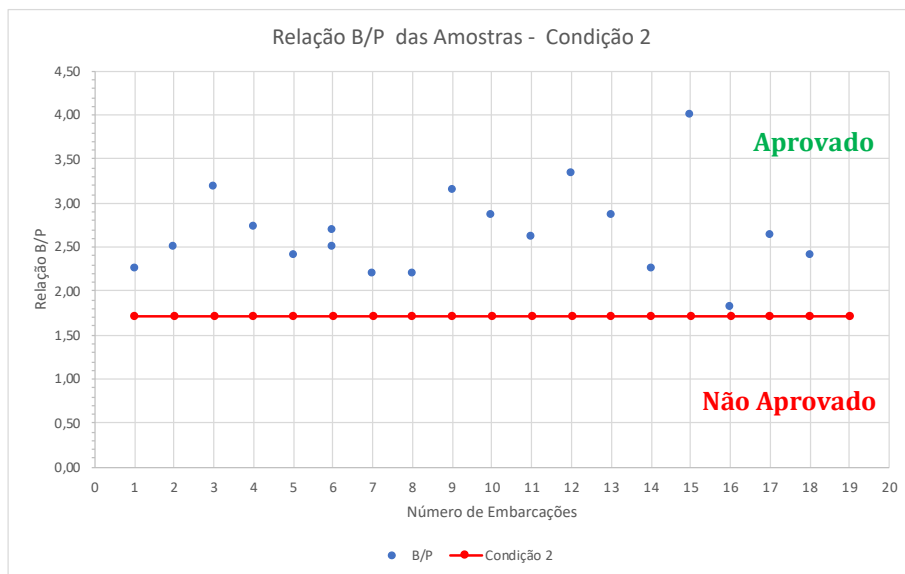


Figura 39 - Comparação da relação B/P na condição de estabilidade 2.
Fonte: Autor.

A Figura 40, apresenta o resultado comparativo para terceira condição de estabilidade estudada das embarcações.

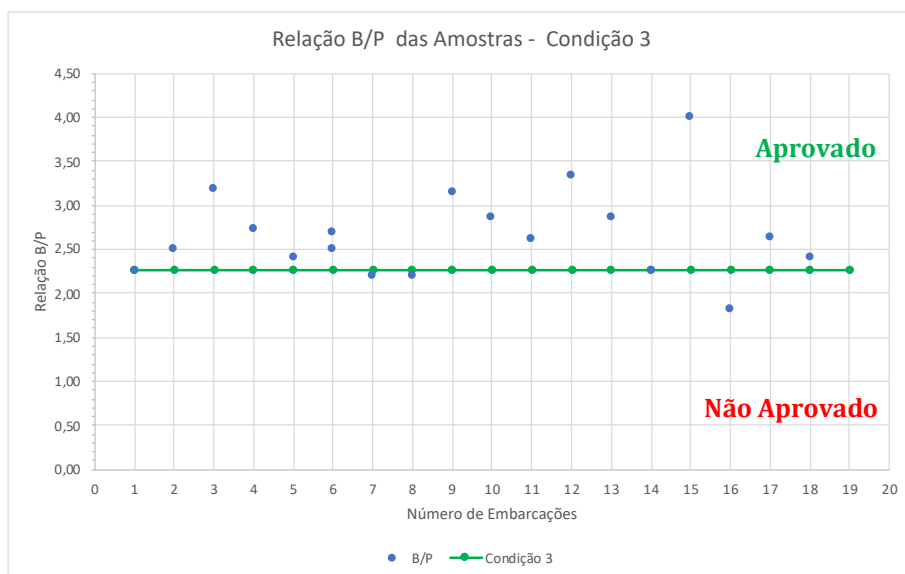


Figura 40 - Comparação da relação B/P na condição de estabilidade 3.
 Fonte: Autor.

Embora haja espaço para melhorias em algumas embarcações ou condições específicas, o panorama geral é favorável em termos de conformidade com a relação A2/A1. Isso é crucial para garantir a segurança, eficiência e conformidade regulatória das operações de embarcações na região de Manaus.

Um terceiro conjunto de relações, ilustrado na Figura 41, descreve as interações entre áreas, e o parâmetro pontal versus calado. É possível desta maneira estabelecer uma relação percentual do calado em para com o pontal onde se obtém resultados favoráveis para atendimento ao critério de estabilidade.

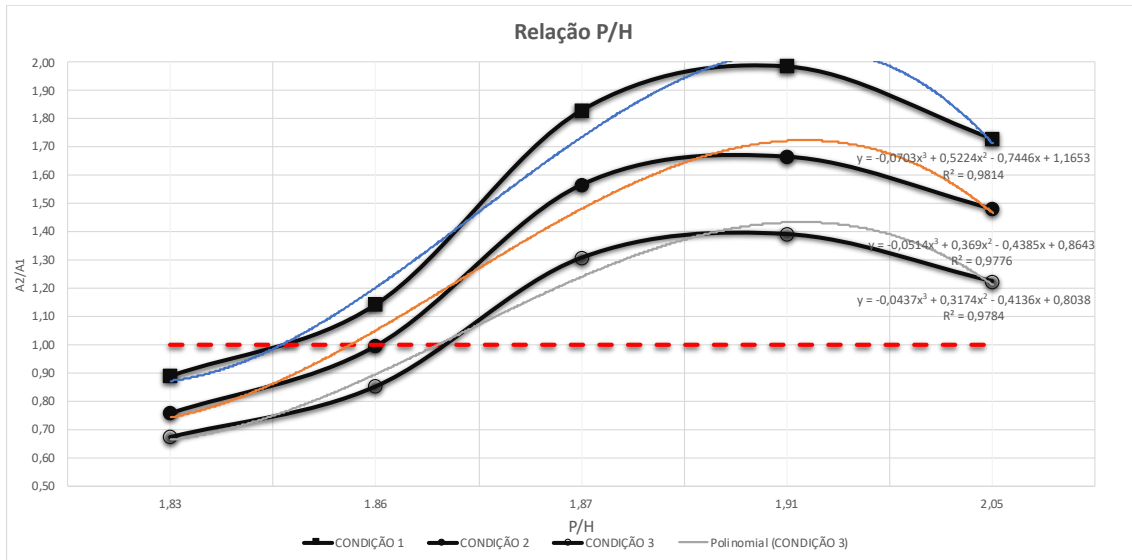


Figura 41 - Relação A2/A1 e P/H.
Fonte: Autor.

Da mesma forma que nas relações L/B e B/P, o gráfico apresenta a relação A2/A1 para as três condições de estabilidade analisadas em cada embarcação, agora representadas pela relação B/P. Uma linha tracejada vermelha indica o limite estabelecido pela NORMAM para atender ao critério de estabilidade, valores abaixo dessa linha são considerados não conformes. sua equação correspondente. Essas equações são essenciais, pois permitem determinar o valor da relação B/P necessário para que a embarcação atenda aos critérios da norma em cada condição de carga.

A Tabela 14 a seguir apresenta as relações B/P mínimas necessárias para obter uma relação A2/A1 superior a 1,0.

Tabela 14 - Relação P/H obtida para aprovação dos critérios de estabilidade.

CONDIÇÃO	P/H
1	1.31
2	1.52
3	2.20

Fonte: Autor.

Assim como nas outras combinações, uma vez determinadas as relações P/H que garantem condições de estabilidade satisfatórias conforme o critério estabelecido, é possível utilizá-las como referência para comparar com as relações das embarcações existentes ou aquelas que ainda serão construídas.

4.7. Proposições de medidas mitigadoras

A análise das simulações das condições de carregamento, associadas a um número adimensional característico das embarcações, fornece dados pertinentes para embasar decisões visando a segurança das operações de transporte fluvial de passageiros. Essas decisões podem ser categorizadas em duas abordagens distintas: uma voltada para as embarcações já em operação e outra direcionada às embarcações que serão construídas no futuro.

4.7.1. Embarcações existentes

Para as embarcações já existentes, especialmente aquelas com relação comprimento/boca (L/B) superior a 3.86, uma das medidas recomendadas é a reavaliação de sua capacidade de carga por meio de um novo teste prático conforme estipulado na NORMAM 202. Este procedimento pode ser realizado sem a necessidade de intervenção física e deve considerar um peso médio unitário dos usuários de 86,7 kg. Com base nos resultados deste teste, é possível ajustar a lotação de passageiros de forma a garantir a segurança das operações.

Além de novos testes práticos de avaliação da estabilidade, alguns mecanismos de ordem prática podem ser aplicados para o controle de peso a bordo. Malcolmson (2018), em seu artigo elenca algumas alternativas para controle do embarque de peso de passageiros:

- Perguntar o peso dos passageiros: Foi uma solução proposta para lidar com a sobrecarga de peso. Poderia ser feito online ou na bilheteria, com ajustes no programa de venda de ingressos para calcular o peso total dos passageiros online, e os vendedores solicitando o peso na bilheteria. Essa abordagem exigiria uma ou duas pessoas na bilheteria, mas poderia gerar constrangimento aos usuários e possíveis questões judiciais;

- Aproximação numérica: O autor inclui uma tabela com os pesos de homens, mulheres, crianças e bagagens. À medida que os passageiros embarcam, um responsável registra e soma os pesos até que o limite estabelecido no projeto seja alcançado. Essa tabela de peso ser elaborada de acordo com as peculiaridades de cada região. Através desse método, ainda segundo Malcolmson (2018), é possível criar uma tabela baseada no peso médio de homens e mulheres da localidade onde a embarcação opera, indicando

qual será o limite seguro para embarque. Se a soma do número de homens e mulheres estiver dentro da faixa verde, significa que não há sobrepeso, porém, se estiver dentro da área em vermelhos, há sobrepeso. A Tabela 15 é um exemplo de aplicação, onde, caso tenhamos embarque de 7 homens e 3 mulheres, teremos um sobrepeso na embarcação.

Tabela 15 - Tabela de controle de embarque.

		Quantidade de Mulheres										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quantidade de Homens	0										0	0
	1									1		
	2								2			
	3	Abaixo do peso						3				
	4						4					
	5					5						
	6				6							
	7			7						Sobrepeso		
	8	8	8									
	9											
	10											

Fonte: Adaptado de MALCOLMSON,2008.

- Estimativa de peso através da altura: O autor sugere que, através da altura dos passageiros, pode-se relacionar com o seu IMC e conseqüentemente estimar o seu peso, sem que haja a necessidade de questionamento à pessoa. A altura pode ser obtida de forma aproximada através de marcações próximas ao local de embarque.

4.7.2. Embarcações novas

Uma das principais orientações é a necessidade de aplicar relações conservadoras entre o comprimento, a boca e o pontal da embarcação. Isso é crucial, especialmente quando há a intenção de transportar uma quantidade maior de passageiros. No entanto, é sabido que esse aumento na capacidade de passageiros deve ser equilibrado com o reconhecimento do aumento na resistência ao avanço da embarcação.

Essa consideração é fundamental para garantir a segurança e eficiência operacional da embarcação. A resistência ao avanço pode aumentar significativamente com a carga adicional, o que pode se tornar um fator limitante para a operação segura da embarcação. Portanto, se a resistência ao avanço se tornar um obstáculo significativo, é recomendado que a quantidade de passageiros seja reduzida para evitar o risco de

sobrecarga, mesmo que não haja um excesso de passageiros em relação à capacidade oficial da embarcação.

Essa abordagem cuidadosa, assim como as condições operacionais específicas de cada embarcação auxilia a tomar decisões prudentes para garantir a segurança dos passageiros e da embarcação como um todo. Ao considerar tanto as limitações físicas da embarcação quanto os requisitos de segurança, os construtores navais, engenheiros e operadores podem garantir uma operação eficiente e segura das embarcações de transporte de passageiros de pequeno porte.

5. Conclusão

O trabalho abordou o aumento de peso da população brasileira ao longo dos anos e suas consequências para a na sociedade, incluindo no setor de transporte. Foi observado que em todos os modais de transporte, a segurança operacional depende, dentre outras coisas, da determinação precisa do peso a ser transportado, e que medidas mais rigorosas de controle estão sendo implementadas devido ao aumento do peso populacional.

No transporte aquaviário, esse aumento de peso também é motivo de grande preocupação, pois exceder a capacidade de carga de uma embarcação pode ter consequências graves. Na região Amazônica, onde este modal de transporte é predominante, é necessário discutir e levar em consideração esse aspecto para regularizar as embarcações existentes (construídas sem projeto e acompanhamento de um responsável técnico habilitado) e aquelas em fase de projeto ou construção.

Analisando os resultados obtidos verificou-se que:

1. Mesmo sem exceder o número máximo de passageiros, pequenas embarcações podem estar sujeitas a sobrecarga devido ao aumento de peso dos usuários ao longo do tempo.
2. Muitas embarcações que operam na região metropolitana de Manaus não atendem aos critérios de estabilidade estabelecidos pela NORMAM-202 quando passageiros mais pesados que o estipulado em norma estão a bordo.
3. Embora o excesso de peso isoladamente possa não levar ao naufrágio, quando combinado com outros fatores externos, como vento ou ondas de outras embarcações, pode representar sérios riscos para a integridade da embarcação e de seus ocupantes.
4. Junta-se a isso não cumprimento das normas de segurança a bordo, como por exemplo o uso de coletes salva-vidas, torna-se o anúncio de uma tragédia com perda de vidas.

O estudo também demonstrou que, relações adimensionais como do comprimento e a boca (L/B) das embarcações indicam possíveis problemas de estabilidade com sobrecarga. No entanto, essas relações podem servir como guia para o desenvolvimento de novas construções, levando em conta o aumento do peso populacional. Portanto, os objetivos estabelecidos para o trabalho foram satisfatoriamente alcançados e pode trazer

para nossa região uma preocupação mundial que vem transformando a engenharia de transporte de modo geral.

É crucial dedicar atenção especial à análise das normas e regulamentações, como a NORMAM-202, com o objetivo de investigar mais profundamente sua eficácia na promoção da segurança operacional das embarcações, especialmente diante do aumento de peso da população.

Além disso, é essencial explorar soluções tecnológicas e práticas inovadoras para enfrentar o desafio da sobrecarga de embarcações devido ao aumento de peso da população. Isso pode envolver o desenvolvimento de sistemas avançados de monitoramento de peso, tanto antes quanto depois do embarque dos passageiros a bordo.

Também é importante considerar o aumento da resistência ao avanço devido à redução da relação comprimento/boca, avaliando a necessidade de aumentar a potência para manter uma velocidade de cruzeiro adequada. Isso, por sua vez, pode ter impacto no consumo de combustível, que é um dos principais custos associados a esse tipo de operação.

6. Bibliografia

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br>. Acesso em: [26/08/2023].

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR16042 DE 12/2020 Elevadores elétricos de passageiros — Requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores sem casa de máquinas - Rio de Janeiro, 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR15570 DE 07/2021 Fabricação de veículos acessíveis de categoria M3 com características urbanas para transporte coletivo de passageiros — Especificações técnicas — Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

BAYDAR, Ulascan et al. Analysis of stability criteria and characteristics of passenger ships. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Universitat Politècnica de Catalunya.

BATISTA, Adanilson Fonseca et al. Análise da condições do transporte intermunicipal de passageiros da Região Metropolitana de Manaus-AM. 2021.

Carlos Daher Padovezi. Avaliação dos fatores de risco presentes na navegação fluvial no Brasil. In: ANAIS DO 12º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO HIDROVIÁRIO INTERIOR, 2021, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2021. Disponível em: <<https://proceedings.science/sobena/sobena-hidroviario-2021/trabalhos/avaliacao-dos-fatores-de-risco-presentes-na-navegacao-fluvial-no-brasil?lang=pt-br>> Acesso em: 12 ago. 2023.

CUNHA, E. F. DE O.; JR, A. S. I. O desafio na regulação do transporte hidroviário intermunicipal no Amazonas / The challenge in regulating intermunicipal water transport in Amazonas. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 3, p. 15736–15752, 27 mar. 2020

D'ANGELO, Mark P.; HAINS, Drew B.; MILLER, Aaron D. The Sinking of the Ethan Allen: A Fresh Look at the Investigation and Cause. Marine Technology Society Journal, v. 46, n. 6, p. 85-110, 2012.

DA SILVA FERREIRA, Rosilene Gomes et al. Frequência dos fatores de risco de obesidade em usuários do Laboratório Distrital Leste, Manaus, Amazonas. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 6, p. 37374-37385, 2020.

DE OLIVEIRA CUNHA, Evelinn Flores; ISPER JR, Acram Salameh. O desafio na regulação do transporte hidroviário intermunicipal no Amazonas. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 3, p. 15736-15752, 2020.

DIRETORIA, DE PORTOS E. COSTAS. Normam 202–Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior. Rio de Janeiro:[s.n.], 2023.

ERICHSEN, Henrik et al. Small Ro/Pax Vessel Stability Study. In: SNAME Maritime Convention. SNAME, 2015. p. D031S010R002.

European Union Aviation Safety Agency (EASA). Disponível em EASA review of standard passenger weights 2022Lufthansa Consulting<https://lhconsulting.com> > company > news > article > ea.. Acesso em: [26/08/2023].

FAA - Federal Aviation Administration. (2022). *Airline Weight and Balance Handbook*. Washington, DC: FAA. Disponível em: <https://www.faa.gov/> Acesso em: [26/08/2023].

FERRI, Matheus Marciano et al. Projeto preliminar do sistema de ancoragem de uma plataforma oceânica: validação e verificação de ferramentas computacionais. 2022.

Fontes, J.V.H.; de Almeida, P.R.R.; Hernández, I.D.; Maia, H.W.S.; Mendoza, E.; Silva, R.; Santander, E.J.O.; Marques, R.T.S.F.; Soares, N.L.d.N.; Sanches, R.A. Marine Accidents in the Brazilian Amazon: Potential Risks to the Aquatic Environment. *Sustainability* 2023, 15, 11030. <https://doi.org/10.3390/su151411030>

GUARD, Coast. Passenger Weight and Inspected Vessel Stability Requirements. *Federal Register*, v. 73, p. 49244-49251, 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional de Saúde 2019*. Rio de Janeiro: IBGE; 2021.

LEWIS, E. V. *The principles of Naval Architecture: Stability and Strength*. [S.l.]: The society of Naval Architecture and Marine Engineers, 1988. v. 1.

Lúcio Carlos P. Campos Filho et al. Caracterização e Espacialização de Acidentes na Navegação ocorridos no Médio e Baixo Amazonas. In: ANAIS DO 11º Seminário

INTERNACIONAL DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO Hidroviário INTERIOR, 2019, Brasília. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sobena-hidroviario-2019/papers/caracterizacao-e-especializacao-de-acidentes-na-navegacao-ocorridos-no-medio-e-baixo-amazonas?lang=pt-br>> Acesso em: 23 ago. 2023.

MALCOLMSON, Molli; SACCO, Daniel; WHITING, Thomas. Passenger vessel weight measurement. Washington, DC, 2008.

MARINHA DO BRASIL. Tribunal Marítimo. Jurisprudência. Disponível em: <https://tm-jurisprudencia.marinha.mil.br/>. Acesso em: [26/08/2023].

MARTINS, M. R. Especialização em Engenharia Naval: Módulo II: Hidrostática. [S.l.]: Universidade de Pernambuco, 2007.

MYATT, Lisa L.; THOMAS, Brian; TAYLOR, Todd. Impact of Pontoon Vessel Geometry on Allowable Passenger Weight Using USCG Pontoon Simplified Stability Test. Journal of Ship Production and Design, v. 26, n. 02, p. 135-143, 2010.

MOLLAND, Anthony F.; TURNOCK, Stephen R.; HUDSON, Dominic A. Ship resistance and propulsion. Cambridge university press, 2017.

RODRIGUEZ, Marcell Giacometti et al. Modelo didático para o estudo experimental da estabilidade estática inicial. 2022.

SANCHES, R. A.; PÉREZ, J. R. H. ESTUDO EM AVARIA EM BALSAS PROPULSADAS, CASO AMAZONAS. Disponível em: <<https://proceedings.science/sobena/sobena-hidroviario-2021/trabalhos/estudo-em-avaria-em-balsas-propulsadas-caso-amazonas?lang=pt-br>>. Acesso em: 6 ago. 2023.

SCHACHTER, R. D.; PIRES, FCM. Requisitos de segurança, conforto, higiene e meio ambiente para embarcações de passageiros para a Amazônia. In: 22o Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore. 2008.

SHAMRAT, FM Javed Mehedi et al. Implementação de um sistema embutido inteligente para a segurança das embarcações de passageiros. Em: Avanços em Inteligência Computacional, Segurança e Internet das Coisas: Segunda Conferência Internacional, ICCISIoT 2019, Agartala, Índia, 13 a 14 de dezembro de 2019, Procedimentos 2. Springer Singapore, 2020. p. 357-370.

Travel + Leisure. Disponível em : <https://www.travelandleisure.com/korean-air-weigh-passengers-baggage>
7852370?hid=9cb0f7ed2c4a26b3566109f1ecda30710a85fb81&did=10104137-
20230828&utm_source=tal&utm_medium=email&utm_campaign=just-
in_newsletter&utm_content=082823&lctg=9cb0f7ed2c4a26b3566109f1ecda30710a85f
b8. Acesso em: [26/08/2023].

VIGITEL, Brasil. vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico: estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2018/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças não Transmissíveis. Brasília: Ministério da Saúde, 2019.