

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,
METALÚRGICA E DE MATERIAIS

Yuri Walter

**SELEÇÃO DE MATERIAIS & DESIGN APLICADOS À CONSTRUÇÃO
NAVAL ARTESANAL**

Tese de Doutorado

Porto Alegre
2018

Yuri Walter

**SELEÇÃO DE MATERIAIS & DESIGN APLICADOS À
CONSTRUÇÃO NAVAL ARTESANAL**

*Tese de Doutorado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Minas,
Metalúrgica e de Materiais da
Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como requisito
parcial para obtenção do título de
Doutor em Engenharia.*

Orientador: Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior

Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Lauren da Cunha Duarte

Porto Alegre

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitora: Jane Fraga Tutikian

ESCOLA DE ENGENHARIA

Diretor: Luiz Carlos Pinto da Silva filho

Vice-Diretora: Carla Schwengber ten Caten

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,
METALÚRGICA E DE MATERIAIS

Coordenador: Carlos Pérez Bergmann

Vice-Corrdenador: Afonso Reguly

CIP - Catalogação na Publicação

Walter, Yuri

Seleção de Materiais & Design aplicados à Construção
Naval Artesanal / Yuri Walter. -- 2018.

195 f.

Orientador: Wilson Kindlein Júnior.

Coorientadora: Lauren da Cunha Duarte.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de
Materiais, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Seleção de Materiais. 2. Construção Naval. 3.
Projeto. I. Kindlein Júnior, Wilson, orient. II.
Duarte, Lauren da Cunha, coorient. III. Título.

Yuri Walter

SELEÇÃO DE MATERIAIS & DESIGN APLICADOS À CONSTRUÇÃO NAVAL ARTESANAL

Esta Tese de Doutorado foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 23 de março de 2018

Carlos Pérez Bergmann, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGE3M/UFRGS)

Orientador:

Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior

Departamento de Engenharia de Materiais (DMAT/UFRGS)

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Álvaro Meneguzzi

Departamento de Engenharia de Materiais (DMAT/UFRGS)

Prof. Dr. Fábio Pinto da Silva

Departamento de Design e Expressão Gráfica (DEG/UFRGS)

Prof. Dr. Jorge Ernesto Araújo Mariath

Departamento de Botânica (DB/UFRGS)

Prof. Dr. Protásio Dutra Martins Filho

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica (DENO/Poli/UFRJ)

Em memória do amigo e mestre

Carlos Alberto Demarchi

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Wilson Kindlein Júnior, pela sua capacidade, paixão e habilidade em fazer ciência. Aos membros da banca, à minha co-orientadora Prof.^a Lauren da Cunha Duarte, e à minha orientadora em Malta, Prof.^a Claire De Marco Muscat-Fenech, cujas sugestões e discussões, em tantos momentos, guiaram e aprimoraram o desenvolvimento da presente tese.

Aos professores e colegas do Laboratório de Design e Seleção de Materiais – LdSM/UFRGS, que tão abertamente me acolheram. Espero ter sido capaz de retribuir, ao menos em parte, toda a ajuda e conhecimento que recebi desta equipe.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M/UFRGS, em especial ao Prof. Carlos Pérez Bergmann, à Beatriz Maria Ferraz e à Alda Aparecida Terres, em todos os muitos trâmites que viabilizaram minha participação no programa.

A todos os colegas do então Departamento de Engenharias e Computação – DECOM/CEUNES/UFES, e do hoje Departamento de Engenharias e Tecnologia – DETEC/CEUNES/UFES, em especial à Prof.^a Marielce de Cássia Ribeiro Tosta, à Prof.^a Gisele de Lorena Diniz Chaves, ao Prof. Marcelo Coelho (*in memoriam*), e à Mayra Braga da Silva, Daniely Caprichoni e Lorena Alves Santana.

À Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, ao Programa de Extensão Universitária – ProExt/SESu/MEC, ao projeto Euro-Brazilian Windows +, EBW+/Programa Erasmus Mundus/Comissão Européia, e à Universidade de Malta, pelos apoios institucional e financeiro. Ao Museu Nacional do Mar e sua equipe. À Boat Building Academy, Lyme Regis/UK.

Aos pescadores e artesãos navais, em especial ao Sr. Arnaldo Carvalho e família, ao Mestre Elpídio Sousa Caetano e ao “Seu Cantenor” (*in memoriam*), que tão generosa e pacientemente compartilharam seus conhecimentos com este aprendiz.

Ao Prof. Maurizio Ferrante, pela orientação e incentivo. Aos pesquisadores Henrique José Borges de Araujo, André Canal Marques, Miguel Sávio Braga,

Andréa de Oliveira, Marina Bruschi e Cléo Schmitt, Márcia Regina Denadai, Rodrigo de Salles, Maurício “Mauricião” Aguilar Nepomuceno de Oliveira, Denise Gomes-Dias, Edson Fogaça, Dalmo Vieira e João Vicente Mendes Santana.

Aos alunos e alunas que dedicaram parte de seu tempo e formação aos projetos que culminaram nesta tese, em especial à Sara Batista, Waleska Botacin Tonole, Daniela Oliveira Caus, Alexandre Cunha de Nardi Barbosa, Lucas Moschem, Thiago Segantini Negrís, Aline Herzog, Gigliara Segantini de Menezes, Romero Oliveira, Gilmar Casagrande Júnior, Viviane Pestano, Laura O. de Moura e Luísa da Rocha.

Pelas parcerias, correções, dicas e apoio: Elisa Guerra Ashton, Mariana Pohlmann, Fábio Pinto da Silva, Guilherme Resende Muniz, Wagner Soares Rossi, João Rogério Machado Pereira, Lara Elena Sobreira Gomes, Felipe Palombini, Regiane Moura, Fábio Henrique Casarini Gerônimo, Renato “Caboclo” Pedro, Fernanda de Bittencourt Escobar, Cris Tierno, Rogério Adelino de Sousa, Nivaldo Pedro Aló Júnior, Tatiana Manuela, Patrícia Guarany e Lucas Tavares Ferreira, Gilmene Bianco e José Luis Torres Romero, Susan Mercieca, Monique Mallia, Gracieli Trentin, Jéssica Fischer, Akauã Centeno Krack, Tanize Dias, Miyuki Nakamura, e “Paulinho” Jasiel Varalda. Também a você, meu amigo, minha amiga, que procurou seu nome nessa lista e não encontrou, minhas desculpas e muito obrigado!

À minha família, Oswaldo e Ecléia, Tatiana e Max, Igor e Frederico, pelas muitas e boas horas navegadas nesta jornada!

RESUMO

Significativa porção das embarcações de pequeno e médio porte brasileiras é oriunda de estaleiros artesanais que têm sido questionados quanto à sua sustentabilidade econômica e ambiental, inclusive por meio de iniciativas que propõem a substituição de seus materiais e processos de fabricação tradicionais. O presente trabalho tem por objetivo colaborar para o incremento da sustentabilidade econômica e ambiental da Construção Naval Artesanal com o emprego sistemático da Seleção de Materiais & Design. Utilizou-se de pesquisa de campo para identificar os usos das embarcações, a origem e situação de artesãos e seus estaleiros e as mudanças em curso. Mapas de propriedades dos materiais foram elaborados para comparar diversas opções em materiais e processos de fabricação quanto ao desempenho mecânico e sustentabilidade econômica e ambiental. Destes, um conjunto de opções em materiais e processos de fabricação foi analisado em profundidade, no projeto estrutural e análise de embarcações à luz de normas e recomendações internacionais. Conclui-se que os construtores navais artesanais no litoral brasileiro já produzem embarcações robustas, seguras e eficientes; e que a simples substituição da construção tradicional de embarcações de pesca em madeira nativa, no litoral brasileiro, por laminados sólidos de resina poliéster reforçada com fibra de vidro não se justifica, quer seja em termos de desempenho estrutural, do ponto de vista econômico ou ambiental. A construção naval artesanal pode ser aperfeiçoada pela adoção de reforços longitudinais e anteparas estanques, pela melhoria da resistência do casco ao ataque de organismos marinhos perfuradores da madeira, bem como pela gradual introdução de novos materiais e processos como, por exemplo, compósitos do tipo sanduíche com núcleo de madeira.

Palavras-chave: Seleção de Materiais & Design, construção naval artesanal, projeto de pequenas embarcações, madeiras nativas, compósitos, escantilhões.

ABSTRACT

Most of the Brazilian small and medium sized crafts are built by artisanal boatyards. However, there are doubts about such yards economic and environmental sustainability, and changes in their traditional materials and manufacturing processes are being proposed. The present work aims to collaborate to increase the economic and environmental sustainability of the artisanal boatbuilding through the systematic approach of Materials Selection & Design. Field research was conducted in order to identify the crafts uses, the shipwrights origin and situation, and the boatyards ongoing changes. Materials properties charts were built to compare available materials and manufacturing processes over its mechanical, economic and environmental sustainability performance. Therefore, some materials and manufacturing processes were in depth analyzed on the design of small working craft according to international standards and recommendations. Results shown that Brazilian craftsmen already design and build sound, safe and seaworthy vessels; and that simply adopting single skin laminate composite construction as a substitute for wood in the small fishing craft fleet can be less sustainable both from economical and environmental perspectives. Artisanal boatbuilding can be further improved through the use of longitudinal stringers and watertight bulkheads, the enhancement of the hull resistance against wood-borers, as well as the gradual adoption of new materials and processes such as wooden-cored sandwich composites.

Keywords: *Design & Materials Selection; artisanal boatbuilding; small craft design; native wood, composites, scantlings.*

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Relação entre material, processo, forma e produto na SM&D..... | 25 |
| Figura 2: Exemplos de embarcações tradicionais utilizadas em transporte..... | 35 |
| Figura 3: Embarcação para turismo de pesca esportiva em Balneário Barra do Sul/SC..... | 35 |
| Figura 4: Embarcação tipo traineira para arrasto de camarão..... | 43 |
| Figura 5: Saveiro “rabo de galo” para pesca de linha..... | 43 |
| Figura 6: Embarcação para pesca com espinhel..... | 43 |
| Figura 7: Embarcação para pesca com rede de espera..... | 44 |
| Figura 8: Traineira para pesca de sardinha com rede de cerco..... | 44 |
| Figura 9: Embarcação para pesca de lagosta com manzuá..... | 44 |
| Figura 10: Panorâmica do cais de Conceição da Barra/ES..... | 45 |
| Figura 11: Ponto de embarque/desembarque em Subaúma/BA..... | 45 |
| Figura 12: Trapiche fixo em Cacha Pregos/BA..... | 46 |
| Figura 13: Pescadores abastecendo embarcação na Praia do Forte/BA..... | 46 |
| Figura 14: Jangada encalhada sobre roletes de madeira em praia do litoral do Ceará..... | 47 |
| Figura 15: Distribuição da frota pesqueira nacional segundo classificação sugerida..... | 51 |
| Figura 16: Imagens de alguns estaleiros visitados..... | 60 |
| Figura 17: Graminho com proporções utilizadas na construção de saveiros..... | 64 |
| Figura 18: Tabuleta com molde de angulação de cavernas e suta para projeção do ângulo.. | 64 |
| Figura 19: Representação esquemática da sequência de armação de um casco conforme observado no TPA Extremo Sul/BA..... | 68 |
| Figura 20: Diagrama de precedência das atividades de construção em madeira de embarcações de médio porte e baixa autonomia segundo observado em campo..... | 70 |
| Figura 21: Casaria sendo confeccionada em paralelo à construção de embarcação..... | 71 |
| Figura 22: Componentes iniciais de uma embarcação de 15 metros..... | 72 |
| Figura 23: Armação com balizas e virotes..... | 73 |
| Figura 24: Etapas da confecção do tabuado do casco..... | 75 |
| Figura 25: Etapas da fasquia..... | 76 |
| Figura 26: Confeção de casario..... | 78 |
| Figura 27: Aplicação de PRFV sobre casaria..... | 79 |
| Figura 28: Furação do patilhão..... | 80 |

| | |
|---|-----|
| Figura 29: Calafetagem de embarcação..... | 81 |
| Figura 30: Casco parcialmente lixado..... | 83 |
| Figura 31: Pintura acima da linha d'água..... | 84 |
| Figura 32: Sistema de pintura abaixo da linha d'água..... | 85 |
| Figura 33: Aplicação de fibra de vidro + poliéster em saveiro em Cacha Pregos/BA..... | 88 |
| Figura 34: Diagrama esquemático não extensivo de materiais e processos de fabricação utilizados na construção naval em geral e na construção naval artesanal..... | 92 |
| Figura 35: Desenho esquemático de sistema de tração de tábuas com uso de barrote..... | 94 |
| Figura 36: Baleeira de Santa Catarina no acervo do Museu Nacional do Mar..... | 95 |
| Figura 37: Casco de embarcação à vela sendo construído em <i>strip planking</i> | 96 |
| Figura 38: Tensão de escoamento em flexão <i>versus</i> Módulo de Elasticidade em flexão para espécies de madeiras brasileiras selecionadas..... | 101 |
| Figura 39: Mapa de propriedades dos materiais para Desempenho Mecânico..... | 105 |
| Figura 40: Mapa de propriedades dos materiais para Sustentabilidade Econômica..... | 107 |
| Figura 41: Mapa de propriedades dos materiais para Sustentabilidade Ambiental..... | 108 |
| Figura 42: Mapa de propriedades dos materiais para Custo Ambiental..... | 110 |
| Figura 43: Diagrama do procedimento de estudo de caso adotado..... | 119 |
| Figura 44: Modelo de superfície da embarcação atual..... | 125 |
| Figura 45: Modelo estrutural da embarcação atual..... | 128 |
| Figura 46: Modelo estrutural da casaria da embarcação..... | 128 |
| Figura 47: Estabilidade inicial e deslocamento <i>versus</i> calado para a embarcação atual..... | 131 |
| Figura 48: Representação esquemática da Curva GZ para a condição de carregamento de partida do porto de origem para a área de pesca..... | 132 |
| Figura 49: Modelo estrutural da embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012)..... | 135 |
| Figura 50: Modelo estrutural da embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012)..... | 137 |
| Figura 51: Vista esquemática em corte de seção <i>top hat</i> do tipo quadrada..... | 138 |
| Figura 52: Modelo estrutural da embarcação em <i>strip planking</i> em conformidade com as normas técnicas BS EN ISO 12215..... | 143 |
| Figura 53: Exemplo de estrutura e gabaritos para construção em <i>strip planking</i> | 146 |

| | |
|---|-----|
| Figura 54: Altura metacêntrica inicial (GM_0) <i>versus</i> Deslocamento para a embarcação atual e os projetos propostos..... | 150 |
| Figura 55: Alavanca de endireitamento (GZ) <i>versus</i> Ângulo de inclinação transversal para a embarcação atual e os projetos propostos considerando o carregamento de partida da área de pesca para o porto de origem..... | 152 |
| Figura 56: Diagrama de Trim para a embarcação atual e os projetos propostos considerando o carregamento de partida da área de pesca para o porto de origem..... | 153 |
| Figura 57: Mapa de massa <i>versus</i> custo de matéria-prima para a embarcação atual e os projetos propostos..... | 156 |
| Figura 58: Mapa de pegada de carbono <i>versus</i> conteúdo energético para a embarcação atual e os projetos propostos..... | 157 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1: Distribuição da frota pesqueira cadastrada por tipo de embarcação e estado, nos anos de 2005 e 2006..... | 40 |
| Tabela 2: Composição da frota pesqueira nacional segundo classificação de embarcações proposta..... | 53 |
| Tabela 3: Estimativa de valor da frota pesqueira nacional..... | 53 |
| Tabela 4: Escantilhões da embarcação de madeira conforme observado em campo..... | 127 |
| Tabela 5: Escantilhões da embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012)..... | 133 |
| Tabela 6: Escantilhões da embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012)..... | 136 |
| Tabela 7: Escantilhões da embarcação em strip planking em conformidade com BS EN ISO 12215..... | 141 |
| Tabela 8: Critérios e resultados de estabilidade transversal a grandes ângulos para a embarcação atual e os projetos propostos..... | 151 |
| Tabela 9: Propriedades dos materiais selecionados..... | 155 |
| Tabela 10: Parâmetros de sustentabilidade e desempenho estimados..... | 155 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ABYC | <i>American Boat & Yacht Council</i> |
| APL | Arranjo Produtivo Local |
| ART | Anotação de Responsabilidade Técnica |
| CEM | Ciência e Engenharia de Materiais |
| CES | Software <i>Cambridge Engineering Selector</i> |
| CG | Centro de gravidade |
| CN | Construção Naval |
| CNA | Construção Naval Artesanal |
| CNC | Controle numérico computadorizado |
| Combi-mat | Reforço combinado de manta e tecido de fibra de vidro |
| DWL | Linha d'água projetada |
| EPI | Equipamentos de proteção individual |
| ESL | Efeito de superfície livre |
| FAO | <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> |
| FAO Mad. | Embarcação projetada em madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012) |
| FAO PRFV | Embarcação projetada em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012) |
| GM ₀ | Altura metacêntrica inicial |
| GPS | Sistema de Posicionamento Global |
| GT | Tonelagem bruta |
| GZ | Alavanca de endireitamento |
| ILO | <i>International Labour Organization</i> |
| IM | Índices de Mérito |
| IMO | <i>International Maritime Organization</i> |
| INSS | Instituto Nacional de Seguridade Social |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| ISO Strip | Embarcação projetada em madeira em conformidade com BS EN ISO 12215 |

| | |
|-----------|--|
| KB | Distância da quilha ao centro de flutuação |
| KG | Distância da quilha ao centro de gravidade |
| KM | Distância da quilha ao metacentro transversal |
| LCA | Análise de ciclo de vida do produto |
| LOA | Comprimento total da embarcação |
| LWL | Comprimento da embarcação na linha d'água |
| MLC | Madeira Laminada Colada |
| M/P | Par Material/Processo |
| MPM | Mapas de Propriedades dos Materiais |
| Obs. Mad. | Embarcação observada em campo em madeira |
| OSB | <i>Oriented strand board</i> |
| PECNA | Programa de Extensão em Construção Naval Artesanal nos Territórios Prioritários da Pesca e Aquicultura Norte/ES e Extremo Sul/BA |
| PL | Plano de Linhas |
| PRFN | Compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais |
| PRFV | Compósitos poliméricos reforçados com fibras de vidro |
| RINA | <i>Royal Institution of Naval Architects</i> |
| RGP | Registro Geral de Pesca |
| SeaFish | <i>United Kingdom Sea Fish Industry Authority</i> |
| SM&D | Seleção de Materiais & Design |
| SMPF | Seleção de Materiais e Processos de Fabricação |
| SOLAS | <i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i> |
| TC | Tabela de Cotas |
| TCC | Trabalhos de Conclusão de Curso |
| TPA | Território prioritário da pesca e aquicultura |

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 18 |
| 2 A CONSTRUÇÃO NAVAL ARTESANAL NA ZONA COSTEIRA DO BRASIL ENQUANTO OBJETO DE ESTUDO..... | 27 |
| 2.1 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA..... | 29 |
| 2.1.1 Aproximação ao objeto de estudo..... | 29 |
| 2.1.2 Diagnóstico e descrição de processos de fabricação..... | 29 |
| 2.1.3 Pesquisa ação e acompanhamento in loco..... | 31 |
| 2.1.4 Comparações regionais..... | 31 |
| 2.2 SÍNTESE DO DIAGNÓSTICO..... | 32 |
| 2.2.1 Relação forma/funcionalidade e tipologia de embarcações artesanais na costa brasileira..... | 33 |
| 2.2.2 Frota e Tipologia das embarcações pesqueiras artesanais no país..... | 36 |
| 2.2.2.1 Características da pesca artesanal que influenciam a forma e a fabricação de embarcações..... | 41 |
| 2.2.2.2 Desempenho e autonomia de navegação..... | 47 |
| 2.2.2.3 Proposta de categorias de classificação..... | 49 |
| 2.2.3 Artesãos e Estaleiros: Origem, Situação, Arranjo Produtivo e Modelo de Produção.. | 54 |
| 2.2.4 Processos de fabricação utilizados na construção naval artesanal..... | 66 |
| 2.2.5 Mudanças em Curso..... | 85 |
| 3 SELEÇÃO DE MATERIAIS POR ANÁLISE APLICADA À CONSTRUÇÃO NAVAL ARTESANAL... | 91 |
| 3.1 MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO NAVAL..... | 91 |
| 3.2 MAPAS DE PROPRIEDADES DOS MATERIAIS PARA EMBARCAÇÕES PESQUEIRAS..... | 98 |
| 3.2.1 Mapa de propriedades dos materiais para desempenho mecânico..... | 104 |
| 3.2.2 Mapa de propriedades dos materiais para sustentabilidade econômica..... | 106 |
| 3.2.3 Mapa de propriedades dos materiais para sustentabilidade ambiental..... | 107 |
| 3.2.4 Mapa de propriedades dos materiais para custo ambiental..... | 109 |
| 4 ANÁLISE DA RELAÇÃO FORMA MATERIAL NA CONSTRUÇÃO NAVAL ARTESANAL..... | 112 |
| 4.1 PROCEDIMENTOS DE ESTUDO DE CASO DE PROJETO..... | 118 |
| 4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 124 |
| 4.2.1 Escantilhões e parâmetros de estabilidade do Bote de Popa Torada..... | 124 |

| | |
|--|-----|
| 4.2.2 Projeto proposto para embarcação em madeira..... | 133 |
| 4.2.3 Projeto proposto para embarcação em PRFV..... | 135 |
| 4.2.1 Projeto proposto para embarcação em strip planking..... | 140 |
| 4.2.2 Análise das embarcações propostas segundo critérios de estabilidade..... | 149 |
| 4.2.3 Parâmetros de sustentabilidade econômica e ambiental..... | 155 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 160 |
| REFERÊNCIAS..... | 163 |
| APÊNDICE A – CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO..... | 174 |
| APÊNDICE B – CURVAS GZ E DIAGRAMAS DE TRIM..... | 190 |
| GLOSSÁRIO DE TERMOS SELECIONADOS..... | 192 |

1 INTRODUÇÃO

Significativa porção das embarcações de pequeno e médio porte brasileiras é oriunda de estaleiros artesanais. São responsáveis pelo transporte de pessoas e cargas, empregadas na pesca artesanal e eventualmente adquiridas como embarcação de lazer e turismo.

A presente tese de doutorado pretende contribuir com este setor com base no corpo de conhecimento oriundo da Ciência e Engenharia de Materiais (CEM), particularmente da subárea Seleção de Materiais & Design (SM&D). O trabalho pretende sistematizar as relações entre material, forma, processo de fabricação e produto, identificando gargalos técnico-científicos e desenvolvendo soluções adequadas às demandas dos atores da Construção Naval Artesanal (CNA).

O construtor naval é membro das comunidades litorâneas e ribeirinhas, e com elas constrói coletivamente os conceitos de “qualidade” e “desempenho” das embarcações. Nas últimas décadas, em muitos países em desenvolvimento, a CNA sofre modificações pela pressão mercadológica (WALTER, 2010), pela desvalorização social da profissão (PRADO; SEIXAS; BERKES, 2015; SPERANZA; WIESMANN; RIST, 2014; TRIMBLE; JOHNSON, 2013) e pela escassez de matéria-prima (BRAGA, 2013; POHL, 2007).

Ainda que embarcações artesanais sejam facilmente reconhecidas pelas suas formas tradicionais e pelo largo emprego de madeira em sua construção, o termo “artesanal” não está atrelado à tecnologia produtiva, mas sim à organização social do trabalho. Nesta, um grupo de mestres e artífices carpinteiros dominam o planejamento, o projeto e a produção das embarcações. Sua origem remonta ao início da colonização, quando mestres europeus mesclam suas técnicas àquelas empregadas pelas populações indígenas, adequando-as aos materiais e condições de navegação de cada região do litoral brasileiro (CÂMARA, 1888; DA CÂMARA CASCUDO, 2002). A este processo são agregados conhecimentos, técnicas e formas por meio de indivíduos oriundos dos diversos ciclos imigratórios ocorridos no Brasil, bem como do intercâmbio técnico e cultural promovido ao longo dos séculos pelas rotas mundiais de navegação que

possuíam, no país, rota de reparos e abastecimento (CASTRO; GOMES-DIAS, 2015). Ao longo do tempo os tipos e formas das embarcações adquirem forte caráter regional. Desta forma, a construção naval artesanal, além de sua importância social e econômica, tanto na geração de emprego e renda (TONOLE, 2013) quanto insumo às populações litorâneas e à pesca artesanal, é também vasto patrimônio cultural (ANDRÈS, 1998).

Denadai et al. (2009) apresentam registros das técnicas indígenas presentes no continente no século XVI para fabricação de embarcações de pequeno porte. Retirava-se com muito cuidado a casca ao redor do tronco de uma árvore que, posteriormente, com auxílio de fogo, tinha suas extremidades moldadas e unidas para dar forma a canoas de até sete metros de comprimento, setenta centímetros de boca e trinta centímetros de altura. Apenas algumas espécies, como o jatobá, produziam cascas com dimensões, resistência e densidade adequadas para tal emprego. A canoa resultante demandava cuidados específicos para não deformar ou degradar-se. Após o uso deveriam sempre ser armazenadas sobre formas e, em períodos prolongados de desuso, completamente alagadas e submersas.

Com a introdução de ferramentas metálicas, como o machado e a enxó, desenvolveu-se a técnica de escavar troncos de grandes dimensões, resultando na canoa “de um só pau”. Para este tipo de embarcação são necessárias madeiras ao mesmo tempo leves e duráveis, proporcionando boa flutuabilidade e resistência ao ataque de insetos, organismos aquáticos, ao apodrecimento e à degradação por raios ultravioleta. Em geral, madeiras duras e densas são resistentes, enquanto que madeiras leves e macias são pouco duráveis. Cabe ao artesão identificar espécies produtoras de madeiras que equilibrem estas características, como cedro, pinho do paraná, sucupira, oiti, ingá, angelim, canela e jatobá, dentre outras. As madeiras de plantio disponíveis no Brasil não possuem características adequadas para este uso. Exceção seria a madeira teca, cultivada em algumas regiões do Mato Grosso do Sul. Entretanto, em função de seu alto valor de mercado, esta alternativa demanda estudos mais detalhados quanto à viabilidade econômica.

Além da espécie, é preciso identificar na mata indivíduos suficientemente grandes e retilíneos, uma vez que as dimensões finais da embarcação serão sempre menores que as dimensões do tronco. No litoral norte de São Paulo, por exemplo, as canoas pesqueiras, que navegam em águas abrigadas e trechos de pontões rochosos, possuem entre 3 e 4 metros de comprimento por 70 centímetros de boca. Os batelões podem chegar a sete metros, e as atualmente raríssimas canoas de voga podem alcançar 20 metros de comprimento por 2 metros de boca (DENADAI et al., 2009). No litoral de Santa Catarina, sujeito a ventos mais fortes e, conseqüentemente, mar bravio, as canoas de 4 a 7 metros necessitam de bocas maiores, calados mais profundos e desenhos específicos de proa e popa (LANZIOTTI, 2010). Já no litoral do Paraná, no interior do complexo estuarino de Paranaguá, as canoas são mais alongadas e estreitas, oferecendo excelente desempenho em águas abrigadas (KLINK, 2006).

Tal especificidade regional resulta em concentração de demanda por madeira oriunda de um número reduzido de espécies presentes no bioma Mata Atlântica que, de modo antagônico, é caracterizado pela grande diversidade de espécies. Os artesãos realizam longas e frequentes caminhadas pela mata, onde identificam e marcam as árvores escolhidas. Quando de uma encomenda, o artesão e seus familiares realizam a derrubada da árvore. Por dias o artesão fará o arraso, que consiste em retirar grandes porções da madeira, gerando a forma rudimentar da canoa. Para tal operação é necessário visualizar a forma do casco no interior da madeira, segundo o uso planejado pelo canoeiro, trabalhando sem auxílio de eletricidade ou instalações no interior da mata, e sem margem para erros, que podem significar a perda do tronco tão cuidadosamente escolhido. Cada árvore gerará uma ou, no máximo, duas canoas. Após o arraso a canoa é transportada para a casa ou estaleiro do artesão, onde será acabada. A “puxada” demanda auxílio de diversos membros da comunidade, e constitui-se como evento social, incluindo rancho e cerimonial específico (DENADAI et al., 2009). O acabamento, além de dar a forma final à embarcação, deve incluir pintura naval para efeito de proteção, até então o único insumo direto que demanda recursos financeiros ao construtor naval. Construídas com madeira de qualidade,

derrubada na época correta, armazenadas ao abrigo da luz solar e com raspagem e pinturas anuais, as canoas são produtos de longa vida útil, podendo durar entre 20 e 80 anos.

A mesma linha de raciocínio, respeitadas algumas particularidades, pode ser aplicada à construção artesanal de embarcações para pesca em mares desabrigados. Tais embarcações podem chegar à 20 metros de comprimento na linha d'água, sendo movidas a motor, à vela ou uma combinação de ambos, e devem oferecer estrutura para abrigo da tripulação, equipamentos de pesca e do pescado refrigerado por períodos de 4 à 21 dias de pescaria em alto-mar (NETTO; BENEDITTO, 2007; RAMIRES; MOLINA; HANAZAKI, 2007; TOMÁS; OLIVEIRA, 1997). Entre os diversos tipos de embarcações existentes no litoral brasileiro pode-se destacar na pesca oceânica a frota para captura de lagostas do litoral do Ceará, os saveiros para pesca de linha no litoral baiano e os botes para arrasto de camarão no litoral norte do Espírito Santo.

Ainda que os estaleiros industriais brasileiros para produção de embarcações de grande porte (acima de 300 toneladas brutas), geralmente em aço, tenham retomado seu crescimento nos últimos anos, a grande maioria da frota pesqueira nacional, estuarina e oceânica, é composta de embarcações de pequeno e médio porte (até 24 metros de "*Lenght Over All*" - LOA). Este fato é popularmente associado à falta de tecnologia ou investimentos na construção naval ou até mesmo na pesca. Entretanto, a composição da frota possui distribuição similar em locais reconhecidos como de maior acesso à tecnologia, como o litoral de Santa Catarina ou do Rio de Janeiro, onde há grande quantidade de estaleiros industriais. De fato, esta característica não é somente observada no Brasil ou em países da América Latina. Segundo relatório da FAO (2016), 79% da frota pesqueira motorizada mundial é composta de embarcações de até 12 metros de LOA, e apenas 2% de embarcações acima de 24m de LOA. Para a América Latina e Caribe a composição da frota pesqueira é de 92% até 12m de LOA, 7% entre 12 e 24m e 1% acima de 24m.

Tais embarcações são mais adaptadas às condições de navegação no país, particularmente pelo fato da pesca ser pulverizada, fazendo uso de portos e

atracadouros de diversos portes situados em estuários de diferentes calados e regimes de correntes. Vale destacar que, segundo WALTER (2010), a pesca no Brasil é bastante diversificada em número e tipos de espécies capturadas, artes de pesca empregadas e locais e profundidades de extração do pescado. Assim, embarcações de médio porte são passíveis de adaptação à diferentes artes de pesca com grande competitividade.

Estas embarcações são construídas com tábuas sobre cavernas (em inglês, *plank-on-frame*). O método, que remonta à Escola de Sagres e é similar ao utilizado para construção de embarcações de médio porte em diversas regiões do mundo (HUTTER, 1985; LYRA, 1994), consiste em dispor tábuas de grandes dimensões, unidas sobre cavernas (GERR, 1999; LOWELL, 2002). Os cascos são calafetados e protegidos com tinta naval. Para tanto, são selecionadas madeiras que apresentam características similares àquelas citadas para a confecção de canoas “de um só pau” e que, simultaneamente, não tenham grande valor de mercado para outros usos ou para exportação. Componentes como quilhas, cavernas, partes dos cascos e conveses exigem madeira resinosa, resistente à degradação pela água ou ação de organismos marinhos, em peças de grandes dimensões e, algumas vezes, em formas curvas específicas (CASTANHEIRA, 1979). A quantidade e qualidade de madeira empregada elevam o custo de fabricação das embarcações, e geram dúvidas quanto à sua sustentabilidade e legalidade.

As técnicas e materiais tradicionais geram limitações quanto ao uso e manutenção das embarcações. Embarcações tabuadas e calafetadas, não podem ser corriqueiramente retiradas da água, sob pena da contração da madeira comprometer sua estanqueidade. Abrigadas em estuários e enseadas, ficam expostas ao ataque e incrustação de organismos marinhos (BORGES, 2014; SIVRIKAYA et al., 2012), o que diminui sua durabilidade e desempenho hidrodinâmico. Devem ser içadas anualmente para verificação, raspagem do costado e reparos, gerando custos e demanda por mão de obra especializada.

O distanciamento dos centros de pesquisa e de formação gera escassez de mão de obra para construção e manutenção das embarcações; e dificuldades de

toda ordem na incorporação de avanços tecnológicos. É comum identificar-se problemas de projeto, execução ou manutenção em: sistemas elétricos; guinchos e comandos hidráulicos; motores, mancais, caixas e eixos de transmissão; gaxetas; sistemas de segurança; dimensionamento de hélices; arranjo dos espeços funcionais; instrumentos eletrônicos de navegação e comunicação. Tal conjunto de fatores gera custos evitáveis e riscos à saúde dos trabalhadores embarcados.

Algumas iniciativas têm surgido no sentido de propor soluções à CNA (FYSON, 1991; GULBRANDSEN et al., 2012; ROSKILLY et al., 2008; SHAMSUDDIN, 2003; WIBAWA; BIRMINGHAM; WOODWARD, 2015). Acerca do uso da madeira, por exemplo, tem-se proposto sua substituição por polímeros reforçados com fibras de vidro (PRFV), geralmente com matriz poliéster. Tal técnica possui custos iniciais relativamente altos, pela confecção ou aquisição de moldes (NASSEH, 2000); são potencialmente insalubres pela toxicidade das resinas (BALEY et al., 2005) e dispersão de partículas de vidro (HENRIKS-ECKERMAN et al., 2015); e ambientalmente questionáveis, pela origem da matéria-prima (SINGH; WITTAMORE, 2015) e impossibilidade de reciclagem (TURNER; REES, 2016). A aquisição de moldes limita o domínio dos artesãos sobre o projeto da embarcação. O emprego de um material com propriedades distintas da madeira gera desempenho diferente das embarcações tradicionais, podendo dificultar sua aceitação pelos usuários (POHL, 2007).

Existem diversas possibilidades em técnicas, materiais, equipamentos e procedimentos para resolução ou amenização dos problemas da CNA. Apenas em termos de materiais e processos de fabricação, pode-se mencionar: polímeros reforçados com fibras naturais; construção sanduíche; compensados resinados e revestidos; compósitos de lâminas de madeira moldados a frio; compósitos de ripas de madeira e resina epóxi; alumínio naval rebitado ou soldado; madeira oriunda de plantio; madeiras alternativas provenientes de manejo legalizado.

A investigação de opções em materiais e processos de fabricação para uma determinada aplicação é justamente o escopo da subárea da Ciência e Engenharia de Materiais denominada Seleção de Materiais e Processos de Fabricação (SMPF); sedimentada a partir do trabalho pioneiro de Ashby (1989), que introduz

os Mapas de Propriedades dos Materiais (MPM) para comparação de desempenho por meio de Índices de Mérito (IM) de propriedades mecânicas e térmicas. Tal proposição culminará na metodologia de SMPF, inclusive com auxílio de bancos de dados computadorizados (ASHBY; CEBON, 1993), bem como o comportamento de materiais em esforços cíclicos, que permitem previsão de vida útil (FLECK; KANG; ASHBY, 1994); e avaliação de materiais naturais como materiais de engenharia (como madeira, ossos, etc.) (ASHBY et al., 1995). Deste modo, a SMPF propõe uma abordagem sistemática para identificação de requisitos de projeto; e um conjunto de métodos e ferramentas que permitem a classificação dos materiais e processos de fabricação existentes à luz de tais objetivos e condicionantes (ASHBY et al., 2004; ASHBY, 2005; EDWARDS, 2005).

Considerável esforço de pesquisa tem sido realizado no sentido de incorporar à SMPF:

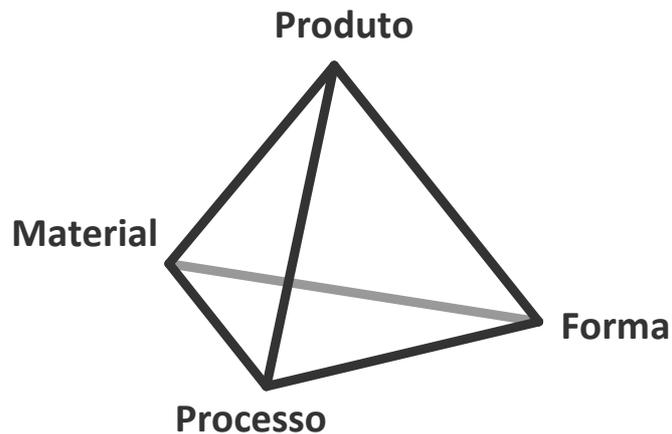
- padronização de informações sobre propriedades de materiais de diferentes classes e sua consideração em projeto mecânico (LJUNGBERG, 2003);
- incorporação de desempenho ambiental no processo de SMPF, inclusive aspectos de avaliação de impacto e de análise de ciclo de vida do produto (LCA) (ALLIONE et al., 2012; BOVEA; GALLARDO, 2006; LJUNGBERG, 2007; TCHERTCHIAN; YVARS; MILLET, 2013);
- informações de ordem qualitativa, inclusive de especialistas, e ordenamento de tais atributos para tomada de decisão (CHATTERJEE; CHAKRABORTY, 2012; JAHAN et al., 2011; LJUNGBERG; EDWARDS, 2003; PRASAD; CHAKRABORTY, 2013; SAPUAN, 2001); e
- parâmetros analíticos para comparação de desempenho econômico-financeiro durante o processo de fabricação, particularmente na seleção de materiais compósitos ou multi-materiais (LIU et al., 2014; PENG; XIAO, 2013).

Tem destaque o conjunto de métodos que busca recursos de inspiração, quer seja: na experiência passada do projetista (PASMANN, 2003); em soluções diretas ou indiretas para problemas de projeto em produtos existentes (DESMET;

HEKKERT, 2007); em formas e mecanismos da natureza (KINDLEIN et al., 2007; KINDLEIN; GUANABARA, 2005); e nos próprios materiais e processos de fabricação (BERGERET; BASSEREAU; AOUSSAT, 2009).

Os critérios utilizados na SMPF podem ser de ordem técnica, restringindo-se ao escopo da CEM; ou multidisciplinares, incluindo aspectos diversos como fatores econômico-financeiros, ambientais, culturais, estéticos, de segurança, etc. Quando abordados de modo simultâneo ao desenvolvimento da forma do produto e seus subsistemas ao longo da atividade projetual, ou seja, aproximando da dinâmica da metodologia de design de produtos (SANTOS, 2006), tal sistemática é também designada como Seleção de Materiais & Design (SM&D) (ASHBY; JOHNSON, 2014). O cujo conjunto de conhecimentos da SM&D e sua relação de influência é explicitado no diagrama da Figura 1, e permite, além da consideração dos materiais, formas e processos de fabricação existentes, o apontamento de demanda para o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas na área.

Figura 1: Relação entre material, processo, forma e produto na SM&D.



Fonte: Adaptado de Walter (2006).

Destarte, é objetivo deste trabalho a seleção de materiais, formas e processos de fabricação para incremento da sustentabilidade econômica, ambiental e social da construção naval artesanal de embarcações de pequeno e médio porte (até 24 m de comprimento total).

São objetivos específicos:

- a) analisar o produto, por meio da caracterização da construção naval artesanal no litoral brasileiro e da identificação dos tipos e usos das embarcações construídas;
- b) descrever e discutir os processos de fabricação atualmente utilizados na construção naval artesanal no país;
- c) comparar os materiais disponíveis para o setor, utilizando-se de Mapas de Propriedades dos Materiais; e
- d) analisar como a forma e o desempenho de uma embarcação tradicional brasileira é alterada quando projetada em diferentes materiais e processos de fabricação.

A presente tese de doutorado está organizada no sentido de apresentar e caracterizar o objeto de estudo e sua situação atual, incorporando gradativamente elementos e técnicas que auxiliem no desenvolvimento de soluções tecnológicas para o setor, respeitando seu caráter artesanal. O capítulo 2 aborda a relevância da construção naval artesanal como objeto de estudo, apresentando uma série de investigações realizadas no sentido de coletar e sistematizar informações sobre o setor e delimitar o recorte da tese; ou seja, analisando o produto que será alvo da Seleção de Materiais & Design; apresentando objetivos para tal; e descrevendo o processo de fabricação atual. O capítulo 3 trata da descrição e comparação de materiais e processos de fabricação disponíveis para a construção naval de modo geral pela aplicação do método de seleção de materiais por análise; norteando a problemática e indicando demandas e possibilidades de desenvolvimento na área. O capítulo 4 apresenta o estudo de caso de uma embarcação tradicional brasileira com o objetivo de comparar sua construção e desempenho em diferentes materiais e processos de fabricação segundo recomendações e normas reconhecidas internacionalmente, para então avaliar a sustentabilidade econômica e ambiental de tais materiais e processos de fabricação. E o capítulo 5 apresenta as conclusões da presente tese de doutorado.

2 A CONSTRUÇÃO NAVAL ARTESANAL NA ZONA COSTEIRA DO BRASIL ENQUANTO OBJETO DE ESTUDO

A indústria da construção naval brasileira pode ser dividida em três setores principais: a construção e reparos de navios de grande porte; construção de plataformas e equipamentos *off shore*; e a construção náutica, envolvendo embarcações de transporte, turismo, lazer e pesca artesanal (MOURA; BOTTER, 2011). Este último se dá em estaleiros que atuam por projeto ou pequenas séries de fabricação (NASSEH, 2000), possuem baixa capacidade de investimentos e teor agregado de inovação limitado, fabricando, em geral, embarcações de pequeno e médio porte. Tais embarcações (comumente denominadas *small craft*) tem despertado o interesse de instituições de pesquisa de fronteira na Construção Naval (CN) – como a *Newcastle University* na Inglaterra e o *KTH Royal Institute of Technology* na Suécia, por exemplo – e possuem mercado crescente, pois:

- a dinamização dos mercados e o aumento da complexidade das atividades de logística tem demandado embarcações menores e mais ágeis para o transporte de cargas e passageiros (KUBOTA, 2013);
- o incremento de renda e facilidade de crédito tem liberado uma demanda reprimida por embarcações de turismo e lazer (inclusive esportivas) (CEMBRA, 2012); e
- a redução dos estoques pesqueiros e a regulação internacional tem apontado a pesca artesanal de pequeno porte como alternativa mais sustentável – tanto do ponto de vista ambiental como econômico – demandando embarcações especializadas ou multiespecializadas (FAO, 2016).

Em todo o mundo diversos *clusters* veem se especializando na fabricação¹ deste tipo de produto, que encerra desafios específicos como, por exemplo: otimização de recursos econômicos; amplo emprego de mão de obra especializada (*hand made* ou artesanal); e projetos específicos, capazes de fornecer segurança

¹ Por exemplo as regiões de: La Spezia/Gênova, na Itália; Auckland na Nova Zelândia; Maine, nos Estados Unidos da América; Cidade do Cabo, na África do Sul; e Split, na Croácia.

de navegação, autonomia e desempenho em dimensões reduzidas (AASHEIM; WERENSKIOLD, 2004).

No Brasil existem centenas de estaleiros artesanais que operam à margem dos grandes investimentos no setor naval, principalmente na construção de embarcações de madeira; e um crescente número de estaleiros de pequeno e médio porte especializados em pequenas séries de embarcações construídas em materiais compósitos, particularmente em PRFV e compósitos do tipo sanduíche com núcleo de espuma. Em menor número, existem também estaleiros trabalhando com ligas de alumínio. Enquanto os estaleiros que fabricam pequenas séries, em geral, terceirizam o projeto das embarcações – quer pela contratação de projetistas, ou pela aquisição de planos de fabricação ou de moldes prontos – os estaleiros artesanais fazem uso de conhecimento tradicional, tácito, elaborando uma intrincada relação entre forma, desempenho e processos de fabricação. Não obstante, desenvolvem soluções técnico-formais elegantes e funcionais (KLINK, 2006), como o Bote do Ceará, um veleiro que não utiliza lastro; a Jangada e o Pacote, que utilizam o centro de pressão do velame para direcionar a embarcação; ou a Canoa Monóxila da Baía de Paranaguá, capaz de atingir velocidades da ordem de 20 nós com motorização de centro de apenas 20HP. Estes empreendimentos, foco deste trabalho, detêm pessoal com vasto conhecimento e habilidades e, simultaneamente, são, por hipótese, carentes em termos de novas tecnologias e materiais.

A Seleção de Materiais e Processos de Fabricação (SMPF) encerra um conjunto de métodos e ferramentas para a identificação de materiais e processos adequados à produção de um determinado produto, considerando, entre outros, aspectos funcionais, econômico-financeiros e ambientais. A SMPF deve ser aplicada ao longo de todo o projeto, e pode incluir etapas específicas de adequação dos materiais e processos de fabricação ao produto em questão e à capacidade instalada de seu produtor (FERRANTE; WALTER, 2010; WALTER, 2006).

O presente capítulo visa caracterizar a Construção Naval Artesanal (CNA), fornecendo parâmetros para a SMPF necessários ao desenvolvimento da presente tese de doutorado.

2.1 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

2.1.1 Aproximação ao objeto de estudo

Com objetivo de aproximar-se da temática, além de consulta a material bibliográfico, realizou-se ao longo dos últimos dez anos visitas esporádicas e entrevistas não estruturadas, com registro fotográfico, a estaleiros artesanais nas localidades de: Navegantes/SC; Balneário Barra do Sul/SC; Praia de Pântano do Sul, Florianópolis/SC; Guaraqueçaba/PR; Balneário de Pontal do Sul, Pontal do Paraná/PR; Praia de Mucuripe, Fortaleza/CE; e Acaraú/CE; bem como ao acervo do Museu Nacional do Mar, em São Francisco do Sul/SC. Tais visitas permitiram a compreensão dos aspectos que definem o caráter artesanal do setor, da complexidade de formas, usos e técnicas de construção das embarcações, bem como, a elaboração de um programa de extensão para a realização de um diagnóstico mais consistente em termos metodológicos.

2.1.2 Diagnóstico e descrição de processos de fabricação

A partir de 2012, no contexto do resultante “Programa de Extensão em Construção Naval Artesanal nos Territórios Prioritários da Pesca e Aquicultura Norte/ES e Extremo Sul/BA” (PECNA)², foram realizadas as atividades de diagnóstico socioeconômico e descrição geral de processos de fabricação da CNA. Ambas atividades foram conduzidas como Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), orientados pelo autor, e estão disponíveis na íntegra em Silveira (2013); e Tonole (2013). Foram desenvolvidas ferramentas para entrevistas semiestruturadas que, após pré-teste e adequação, foram aplicadas em 16 estaleiros, nos períodos de 9 à 16 de Janeiro de 2013; e 8 e 9 de Julho de 2013 nas localidades de Conceição da Barra/ES, São Mateus/ES, Caravelas/BA, Prado/BA, Porto Seguro/BA, Nova Viçosa/BA, Mucuri/BA, e Santa Cruz Cabrália/BA. As

² Financiado com recursos dos editais PROEXT/MEC/SESu em 2012 e 2014, coordenado pelo autor e sediado no Centro Universitário Norte do Espírito Santo | CEUNES, da Universidade Federal do Espírito Santo | UFES; com colaboração de professores pesquisadores desta e de outras instituições.

visitas foram registradas em áudio, fotografia e vídeo. A localização dos estaleiros foi registrada com auxílio de Sistema de Posicionamento Global (GPS). Os entrevistados concordaram com a publicação de tais registros para fins acadêmicos. A avaliação socioeconômica abordou 42 indivíduos, entre mestres, carpinteiros, mecânicos, eletricitas, calafates e pintores; enquanto a descrição geral de processos concentrou-se nos mestres construtores ou responsáveis em cada estaleiro, totalizando 16 indivíduos.

Para garantir a maior abrangência possível da pesquisa na região de estudo, utilizou-se a técnica conhecida como “bola de neve”, onde cada entrevistado era inquirido sobre a existência de outros estaleiros ou mestres navais de seu conhecimento na região, sendo estes também localizados, entrevistados e solicitados a indicar novos atores até que a lista de indicados correspondesse aos indivíduos já entrevistados.

O diagnóstico socioeconômico permitiu identificar o perfil dos atores envolvidos na CNA na região de modo a conhecer suas particularidades e de suas famílias no que se refere à: (i) sua origem social; (ii) seus níveis de renda; (iii) sua situação no trabalho; e (iv) suas expectativas quanto a construção naval artesanal.

A descrição geral de processos de fabricação permitiu inferir sobre três grupos de informações principais: o ambiente de trabalho (o estaleiro); o produto final (as embarcações); e suas técnicas de fabricação. Obteve-se um panorama dos estaleiros da região com relação a sua estrutura, capacidade e ferramentas presentes; a finalidade, dimensões e matéria primas utilizadas nas embarcações; e a descrição do processo de construção naval artesanal da região, desde a negociação com o cliente até a finalização do produto, através de uma visualização geral do processo de construção e do detalhamento de cada etapa de acordo com seus componentes divididos em fabricação e montagem das peças.

De posse de tais resultados percebeu-se a necessidade de compreensão mais detalhada das etapas do processo de fabricação de embarcações artesanais e, particularmente, de seus subsistemas, bem como, da verificação da realidade da CNA em outras regiões.

2.1.3 Pesquisa ação e acompanhamento *in loco*

A fim de compreender detalhadamente as etapas do processo de fabricação de embarcações artesanais adotou-se metodologia de pesquisa ação (THIOLLENT, 2011) de acompanhamento *in loco* da construção de uma embarcação de lazer com 12,6m de comprimento total entre maio de 2013 e dezembro de 2014 num estaleiro artesanal em Balneário Barra do Sul/SC. Tal atividade consistiu do assessoramento ao cliente/contratante da embarcação desde a etapa de planejamento até seu lançamento, passando por: atividades de acompanhamento da execução da carpintaria naval; tomada de decisões ao longo da construção quanto à disposição espacial e de subsistemas; dimensionamento, aquisição e instalação de subsistemas; revestimento em PRFV de obras mortas; aplicação de sistema de revestimento orgânico (pintura) em obras vivas; inspeção e aplicação de revestimento orgânico em obras mortas; etc.

Além da vivência de atividades realizadas diretamente, os períodos de permanência no estaleiro permitiram a observação do dia a dia das atividades, bem como o esclarecimento de detalhes e opções em técnicas específicas de fabricação junto aos artesãos.

As observações foram anotadas em diário de campo e posteriormente consultadas para a elaboração do presente trabalho. Os períodos de permanência foram: 11 à 18/05/2013; 10 à 16/09/2013; 16 à 21/10/2013; 03 à 18/12/2013; 17/02 à 09/03/2014; 21 à 26/05/2014; 10/07 à 10/08 de 2014; 01 à 16/11/2014; e 06 à 18/12/2014.

2.1.4 Comparações regionais

Segundo referências bibliográficas e declarações de entrevistados, as principais regiões da CNA litorânea³ no país são: o litoral norte de Santa Catarina, particularmente Itajaí, Navegantes e Balneário Barra do Sul; a região do Baixo Sul, no estado da Bahia, em especial Valença, Camamu, e Cajaíba; e a

³ O presente trabalho não abrange a CNA dedicada à navegação interior (fluvial), dado sua abrangência territorial e especificidades locais. Para tal, verificar o trabalho de Lyra (1994).

região compreendida entre o litoral de Maranhão e do Ceará. Em menor grau, são também relevantes o Extremo Sul da Bahia, particularmente Alcobaça; o litoral norte do Rio de Janeiro, em especial Macaé; e a Lagoa dos Patos no Rio Grande do Sul, em especial São Lourenço do Sul⁴.

Tendo as atividades anteriores concentrado-se no litoral de Santa Catarina, litoral norte do Espírito Santo e Extremo Sul da Bahia, fez-se necessária a comparação com as demais realidades. Acerca do litoral do Maranhão e Ceará foram utilizados dados secundários oriundos dos trabalhos de Braga (2013) e Andrès (1998). Para o litoral da Bahia, além da consulta à Gomes-Dias (2014), realizou-se visita de campo, no período de 17 à 27/09/2013 às localidades de: Conceição e Barra Grande, em Vera Cruz; Cacha Pregos; Ilha D'Ajuda; Valença; Guaibim; Boipeba; Camamu; Barra Grande; e Itacaré; e no período 22 à 29/10/2013, à: Rio Vermelho, Itapuã e São João da Plataforma em Salvador; Buraquinho em Lauro de Freitas; Arembepe e Itacimirim em Camaçari; Praia do Forte em São João da Mata; Porto de Sauípe e Subaúma em Entre Rios; e Poças, no município de Conde.

Nas visitas foram registradas a localização dos estaleiros, quando haviam, e observadas a estrutura e técnicas de trabalho, utilizando-se os levantamentos anteriores como padrão de comparação. Tal atividade também permitiu anotar de modo sistemático a percepção de pescadores quanto ao desempenho das embarcações, bem como, registrar detalhes da composição da frota pesqueira na região, condições de navegação e atracamento (ou encalhe), e regimes de trabalho aos quais as embarcações são submetidas.

2.2 SÍNTESE DO DIAGNÓSTICO

A Seleção de Materiais & Design apresenta uma relação mutuamente dependente entre material, processo de fabricação e forma para um dado produto (LJUNGBERG, 2007; WALTER, 2006), como apresentado na Figura 1. Deste

⁴ As localidades do litoral norte do Rio de Janeiro e da Lagoa dos Patos não foram incluídas neste trabalho.

modo, os resultados do diagnóstico realizado são apresentados de modo a se compreender: (i) os aspectos básicos da relação forma *versus* desempenho de uma embarcação; (ii) a tipologia das embarcações tradicionais mais comuns no litoral brasileiro; (iii) os processos de fabricação utilizados na construção naval em geral; e (iv) na Construção Naval Artesanal no Brasil, em específico.

2.2.1 Relação forma/funcionalidade e tipologia de embarcações artesanais na costa brasileira

Embarcações possuem uma intrincada relação entre forma e funcionalidade, encerrando aspectos de função prática, estética e simbólica. Por exemplo, cabe destacar que as embarcações são um dos meios de transporte mais antigos da humanidade, fazem parte do patrimônio histórico e cultural, de carregado valor emocional. Geralmente associadas aos conceitos de liberdade, aventura, bucolismo, simplicidade, pureza. Tais associações de função simbólica devem-se, em parte, às formas curvilíneas e de transições suaves que, por sua vez, são necessárias para a função prática do desempenho hidrodinâmico.

O projeto de embarcações segue uma longa tradição, composta de diversos avanços incrementais experimentados ao logo do tempo (TUPPER, 2013). Esta bagagem de conhecimento é explícita em regras de classificação e normas de instituições como a *International Maritime Organization* (IMO), a *Royal Institution of Naval Architects* (RINA), e a *American Boat & Yacht Council* (ABYC), por exemplo. Entretanto, mesmo com os avanços computacionais das últimas décadas, tal atividade projetual é carregada de intuição e experiência (TEALE, 2006). Embarcações de pequeno e médio porte são particularmente carentes de regras de classificação (AASHEIM; WERENSKIOLD, 2004) e seu dimensionamento é usualmente realizado através de regras de escantilhão, como as extensivamente apresentadas por Gerr (1999).

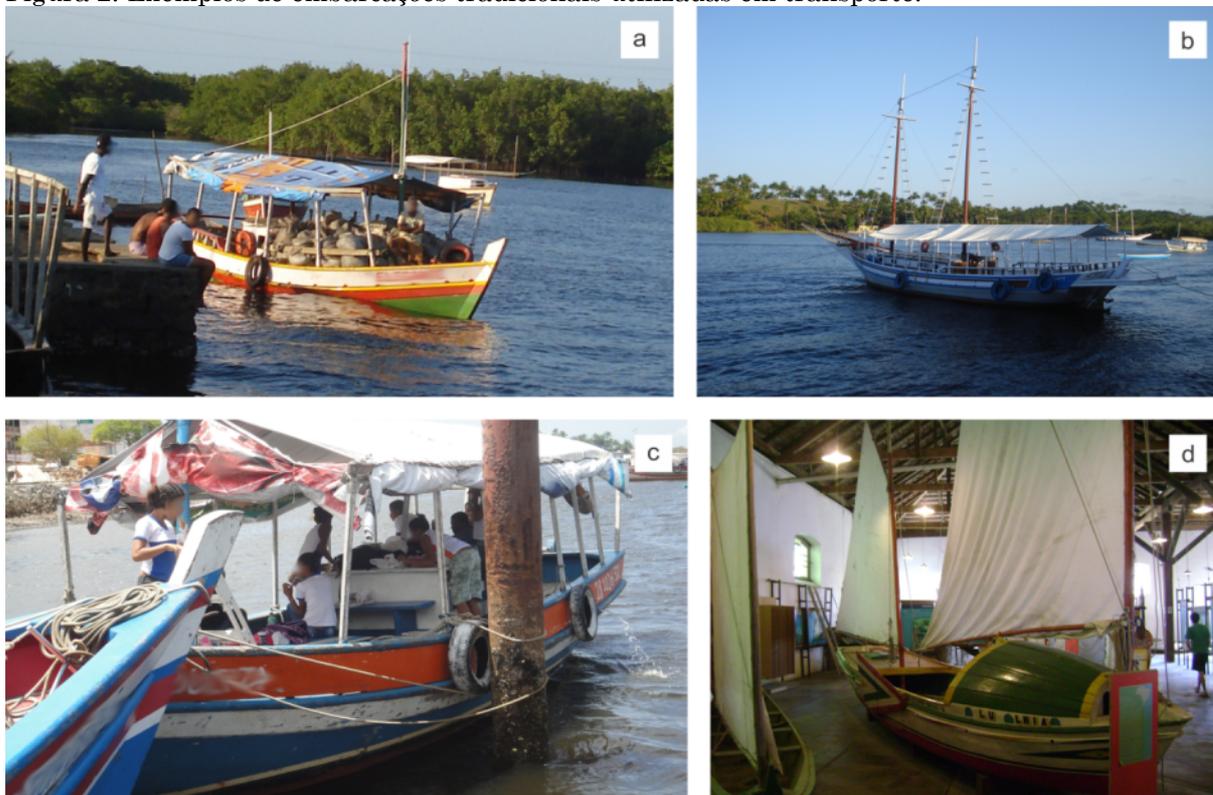
Tais regras são utilizadas para guiar o projetista ou construtor em grande número de parâmetros, desde o dimensionamento de espessura do casco, vigas, cavername, até elementos de fixação, como pregos e parafusos. Para tanto são

utilizados dados básicos das dimensões da embarcação (comprimento, largura, profundidade do casco, deslocamento e velocidades de cruzeiro e máxima previstas) que, por sua vez, são função do uso pretendido para a embarcação: transporte; pesca; esporte e lazer; turismo; ou trabalho especializado.

Embarcações de transporte podem ser especializadas em transporte de cargas, passageiros ou ambos. Compreendem diversos tipos, desde balsas e chatas até *ferry boats*, lanchas e cargueiros. São essenciais em regiões insulares, litorâneas e ribeirinhas sendo, muitas vezes, o único meio de transporte disponível. Entre as embarcações tradicionais de transporte, cabe destacar o saveiro da Bahia, as escunas ao longo de todo o litoral, e a canoa de tolda do Rio São Francisco (Figura 2).

Embarcações de turismo são aquelas destinadas ao transporte de passageiros para visitação de locais turísticos ou para realização de atividades específicas, como mergulho e pesca esportiva (Figura 3). O turismo de pesca apresenta demanda crescente no litoral norte de Santa Catarina, por exemplo, e embarcações específicas para este uso representavam mais da metade das em construção durante o período de acompanhamento do estaleiro em Balneário Barra do Sul. Uma variante deste tipo de uso ocorre quando a própria embarcação é uma atração turística, seja através de um acervo em museu (como o Museu Nacional do Mar); uma embarcação atracada e aberta à visitação; ou um tipo de embarcação tradicional utilizada em passeios (como os passeios de jangada no litoral nordestino ou, mais recentemente, os passeios em saveiro no litoral baiano). Representam importante mercado para a CNA. A quase totalidade dos estaleiros artesanais de Cajaíba/BA, por exemplo, são dedicadas a embarcações de turismo, segundo observado em atividade de campo, concordando com Gomes-Dias (2014).

Figura 2: Exemplos de embarcações tradicionais utilizadas em transporte.



(a) saveiro para transporte de carga; (b) escuna para transporte de passageiros e carga; (c) saveiro para transporte de escolares, todos em Camamú/BA; e (d) canoa de tolda, original do Sergipe, no acervo do Museu Nacional do Mar.

Figura 3: Embarcação para turismo de pesca esportiva em Balneário Barra do Sul/SC.



Embarcações de Esporte e Lazer podem ser divididas em embarcações de recreio e embarcações de competição. Incluem ampla gama de especificidades: desde pequenos passeios diários a cruzeiros de longo curso; de baixas e confortáveis velocidades e longas atracagens até competições de velocidade ou

regularidade. Esta categoria representa grande parte do mercado náutico de pequenas séries de fabricação, e é pouco explorada pela CNA.

Em termos de projeto e robustez, cabe destaque a categoria de Trabalho Especializado, como as embarcações para mergulho profissional; embarcações de apoio a atividades náuticas (como embarque e desembarque da tripulação de navios, por exemplo); embarcações para embarque e desembarque de práticos em portos; etc. Estas podem requerer certificações específicas, e alto grau de customização, demandando a participação de pessoal técnico capacitado. Alguns estaleiros de pequenas séries se especializam nestes mercados, particularmente pelo atendimento a processos de licitação. Ainda que a CNA produza embarcações robustas, seguras e customizadas por projeto, o alto grau de informalidade observado no setor durante as atividades de campo dificulta a exploração deste mercado.

O principal mercado para a CNA é a produção de embarcações de pesca, tanto artesanal quanto industrial. A frota pesqueira marítima representa um universo de 62.558 embarcações, sendo 99,3% compreendidas em embarcações miúdas, de pequeno e médio porte dedicadas à pesca artesanal (PROZEE/SEAP/IBAMA, 2006). Tal frota e relação de proximidade entre construtores navais e pescadores artesanais é determinante tanto para as características das embarcações, quanto para a atividade de construção naval em si. É importante ressaltar que políticas públicas, regulações ambientais e ações de fomento dirigidas à atividade pesqueira impactam diretamente a CNA. Portanto, acredita-se que a compreensão das características da atividade de construção naval deve ser levada em consideração quando da formulação de tais ações governamentais e de gestão costeira. Do mesmo modo, compreender algumas das características da pesca artesanal no país auxilia na compreensão das características das embarcações e de seu modo de confecção.

2.2.2 Frota e Tipologia das embarcações pesqueiras artesanais no país

Há um crescente consenso de que a pesca artesanal gera menor impacto

ambiental, possui melhor seletividade sobre os estoques pesqueiros e promove equidade social (BATTAGLIA et al., 2010; CRILLY; ESTEBAN, 2013; FAO, 2016; PHILLIPSON; SYMES, 2013; THERKILDSEN, 2007; WALTER, 2010). Comumente identificada pelo uso de pequenas embarcações (ou sua ausência), pela adoção de barcos e tralhas tradicionais e associada à baixa tecnologia e condições de trabalho precárias para os pescadores, a definição de pesca artesanal é um tema controverso e complexo (COLLOCA et al., 2004; PAPAIOANNOU et al., 2014; ROSS, 2013). Entretanto, uma vez que a gestão pesqueira possui objetivos distintos quando lidando com a pesca industrial ou artesanal, é necessário distinguir entre as duas categorias.

Um modo pragmático de fazer tal distinção é a divisão do setor entre pesca de pequena e larga escala, uma vez que as designações artesanal e industrial estão ligadas não só ao porte e escala de captura, mas também à organização social da força de trabalho; à distribuição dos lucros na cadeia produtiva; entre outros fatores. A divisão entre pequena e larga escala considera a combinação de arte de pesca e tamanho da embarcação em associação à captura correspondente (CARVALHO; EDWARDS-JONES; ISIDRO, 2011; NATALE; CARVALHO; PAULRUD, 2015; RUTTAN; SUMAILA; PAULY, 2000; THERKILDSEN, 2007). A representação gráfica do valor percentual acumulado de captura *versus* tamanho de embarcação e arte de pesca demonstra claramente a divisão entre as pescarias de pequena e larga escala. Tal método é muito útil para gestores costeiros e legisladores. Contudo, sua aplicação demanda a coleta de dados de desembarque pesqueiro por longos períodos (o que, por diversos motivos, geralmente não é realizado em países em desenvolvimento) e não permite a distinção das subdivisões dentro da pesca de pequena escala.

As autoridades marítimas em geral adotam o critério de comprimento (LOA) ou porte da embarcação (tonelagem bruta, do inglês *gross Tonnage*, GT) associado à área de navegação. No Brasil, embarcações de trabalho (o que inclui as embarcações pesqueiras) são classificadas como: abaixo de 50GT; de 50 à 100GT; de 100 a 500GT; e acima de 500GT; sendo autorizadas à navegação marítima (também conhecida como de mar aberto) ou à navegação interior

(BRASIL, 2005b, 2005c). Mais de 88% da frota pesqueira marítima e 99% da frota de águas interiores estão na categoria abaixo de 50GT. Cabe ressaltar que navegação interior, além de rios e lagos, inclui baías e estuários. Embarcações de esporte e recreio também são classificadas quanto à área de navegação entre navegação interior e de mar aberto, mas classificadas quanto ao comprimento total nas categorias: embarcações miúdas, até 6m LOA; de pequeno porte, entre 6 e 12m LOA; de médio porte, entre 12 e 24m; e de grande porte, acima de 24m LOA (BRASIL, 2005a). Já a legislação pesqueira no país classifica as embarcações como: de pequeno porte, até 20GT; de médio porte, entre 20 e 100GT; e de grande porte, acima de 100GT. Por lei, apenas as embarcações de pequeno porte podem ser consideradas como pertencentes à pesca artesanal, enquanto que uma embarcação de pesca industrial pode ser de qualquer porte, dependendo do tipo de contrato e partilha de lucro entre os pescadores e empregadores (BRASIL, 2009). A legislação pesqueira também distingue entre as áreas de navegação abrigadas (denominada territorial) e marítima (denominada costeira), sendo que as baías e regiões estuarinas são consideradas como costeiras.

Na prática, tanto as normas da autoridade marítima quanto a legislação pesqueira são confundidas e mal compreendidas. É comum que pescadores, representantes de governos locais, gestores ambientais e pesquisadores apliquem o critério de comprimento da embarcação da norma da autoridade marítima destinada à embarcações de esporte e recreio na tentativa de estratificar a frota pesqueira. Em geral, as embarcações miúdas são associadas à pesca artesanal, enquanto que as de grande porte são identificadas como de pesca industrial. Já as embarcações de pequeno e médio porte são motivo de debate e difíceis de se classificar considerando apenas seu comprimento total. Ademais, além de distinguir entre a frota pesqueira de pequeno e grande porte, é relevante reconhecer as diversas peculiaridades dentro da frota de pequeno porte.

A fonte mais recente sobre a frota pesqueira marítima no país é PROZEE/SEAP/IBAMA (2006). Nesta, os dados oriundos de programas de Estatística Pesqueira são apresentados para cada estado litorâneo, e permitem o

cruzamento de informações sobre região, desembarque e tipo de embarcação. Uma compilação apresenta-se na Tabela 1. Visto que não há nomenclatura padrão para as embarcações, e considerando a grande diversidade de tipos ao longo do litoral brasileiro, o levantamento preservou a denominação local das embarcações conforme declarada pelos pescadores, e abrangem: Montaria; Caíco; Caique; Prancha, caíque ou chata; Bateira; Chalupa; Catraia; Baleeira; Bote a Vela; Barco a Vela; Bote a Remo; Bote de Casco; Pacote; Pacote Motorizado; Jangada; Canoa; Canoa a Remo; Canoa a Vela; Biana a Vela; Biana Motorizada; Canoa a Motor; Canoa Motorizada; Barco a Motor; Barco Motorizado; Barco de Emalhe; Barco de arrasto; Arrasteiro Simples; Bote/Barco Motorizado; Bote sem cabine; Bote com cabine; Lancha; Lancha Pequena; Barco de Pequeno Porte; Barco a Motor Pequeno; Lancha Média; Barco de Médio Porte; Barco a motor médio; Lancha Grande; Lancha Industrial; Bote a Motor; Bote Motorizado; Catamarã; Barco de Grande Porte; Barco a Motor Grande; Barco Industrial; Saveiro Pequeno; Saveiro Médio; Saveiro Grande; Atuneiro e espindel; Prancha; Bote C/ Cab. Grande; Bote C/ Cab. Med.; Bote C/ Cab. Peq.; Bote S/ Cab. Grande; Bote S/ Cab. Peq.; Traineira; Arrasteiro; Bote; e Não declarado.

Os mais de 50 tipos de embarcações são representados por imagens fotográficas em PROZEE/SEAP/IBAMA (2006), onde observa-se que em alguns casos uma mesma nomenclatura corresponde a diferentes tipos de embarcação em diferentes estados/regiões. Tal variedade e sobreposição não facilita uma avaliação em termos de porte ou desempenho da frota como um todo. Na Tabela 1 as embarcações são classificadas pelo tipo de propulsão (vela e remo; e motorizada), e da distinção das embarcações utilizadas para pesca industrial, bem como, da pesca desembarcada (ou seja, sem a utilização de embarcação). Tal classificação pode gerar interpretações equivocadas tanto para o entendimento da pesca quanto da CNA.

Tabela 1: Distribuição da frota pesqueira cadastrada por tipo de embarcação e estado, nos anos de 2005 e 2006.

| Estados | Embarcações a vela e a remo | Embarcações motorizadas | Embarcações motorizadas industriais | TOTAL | % |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------|--------------|
| Amapá | 33 | 517 | 2 | 552 | 0,9 |
| Pará | 2.864 | 3.905 | 195 | 6.964 | 11,1 |
| REGIÃO NORTE | 2.897 | 4.422 | 197 | 7.516 | 12,0 |
| Maranhão | 6.726 | 2.329 | 0 | 9.055 | 14,5 |
| Piauí | 333 | 161 | 0 | 494 | 0,8 |
| Ceará | 6.155 | 1.141 | 135 | 7.431 | 11,9 |
| Rio Grande do Norte | 2.806 | 896 | 51 | 3.753 | 6,0 |
| Paraíba | 1.340 | 311 | 0 | 1.651 | 2,6 |
| Pernambuco | 2.153 | 729 | 0 | 2.882 | 4,6 |
| Alagoas | 2.252 | 473 | 0 | 2.725 | 4,4 |
| Sergipe | 2.800 | 169 | 0 | 2.969 | 4,7 |
| Bahia | 7.332 | 2.809 | 1 | 10.142 | 16,2 |
| REGIÃO NORDESTE | 31.897 | 9.018 | 187 | 41.102 | 65,7 |
| Espírito Santo | 225 | 1.293 | 5 | 1.523 | 2,4 |
| Rio de Janeiro | 1.448 | 1.506 | 13 | 2.967 | 4,7 |
| REGIÃO SUDESTE | 1.673 | 2.799 | 18 | 4.490 | 7,2 |
| Paraná | 676 | 891 | 0 | 1.567 | 2,5 |
| Santa Catarina | 3.338 | 1.944 | 31 | 5.313 | 8,5 |
| Rio Grande do Sul | 1.357 | 1.213 | 0 | 2.590 | 4,1 |
| REGIÃO SUL | 5.371 | 4.048 | 31 | 9.450 | 15,1 |
| TOTAL | 41.838 | 20.287 | 433 | 62.558 | 100,0 |
| % | 66,9 | 32,4 | 0,7 | 100,0 | |

Fonte: PROZEE/SEAP/IBAMA (2006).

Segundo WALTER (2010), a atividade pesqueira artesanal é fortemente territorializada. Os pescadores articulam três entes para a atividade extrativista: o meio de produção (embarcações, tralhas, iscas, etc.); o recurso pesqueiro (formado pelas espécies-alvo, considerando sua disponibilidade, sazonalidade, comportamento, etc.); e o conhecimento (em geral tradicional, transmitido oralmente entre gerações e aperfeiçoado ao longo do tempo). Assim, para compreender a relação entre as embarcações e seu uso na pesca artesanal, é importante determinar como este meio de produção se relaciona com os demais entes, por exemplo: quais regiões e, portanto, estoques pesqueiros esta embarcação permite acessar? É possível estocar o pescado com segurança? Por

quanto tempo? A distribuição de espaço no convés e seu tamanho são adequados à arte de pesca?

Do ponto de vista da SMPF cabe compreender, entre outros: os requisitos de desempenho do produto em questão; suas dimensões gerais; sua escala de produção; forma, materiais, processos construtivos, etc. Assim, com base no detalhamento apresentado em PROZEE/SEAP/IBAMA (2006), nas referências bibliográficas que tratam da CNA no Brasil (ANDRÈS, 1998; BRAGA, 2013; CÂMARA, 1888); e das atividades de campo realizadas, procurou-se por diferentes critérios de agrupamento da frota pesqueira em questão.

2.2.2.1 Características da pesca artesanal que influenciam a forma e a fabricação de embarcações

A segurança resultante da navegabilidade de uma embarcação é um aspecto crucial de seu desempenho. Segundo Gerr (1999): “barcos transportam navegadores para o mar. Seu primeiro, último e mais importante trabalho é levar a sua tripulação e trazê-los de volta em segurança, aconteça o que acontecer”⁵. É preciso considerar para tal o tipo e o tempo de navegação. Os tipos podem ser: interior ou fluvial, em rios, lagoas, etc.; estuarina, em baías, foz, etc.; marítima costeira, ou seja, navegação à vista de terra (até 20 milhas náuticas da costa); ou navegação oceânica. Todos estes tipos sofrem influência de regimes de maré, correntes e variações meteorológicas distintas dependendo da região em que se dá a atividade pesqueira. Estes aspectos influenciam as linhas do casco, sua navegabilidade, a altura das bordas, profundidade de quilha, etc.

O tempo de navegação está relacionado ao tipo de pescaria e à autonomia da embarcação, podendo ser: pescaria de “vai-e-vêm”, quando se realiza o deslocamento de um porto até um local de pesca, e se retorna no mesmo dia, ou num período de maré (sai e retorna na cheia); de pernoite (sai e retorna na cheia do dia seguinte); de alguns dias de pescaria, que variam desde quatro até uma semana em mar; e de grande autonomia, com dez ou mais dias de mar. Tais

⁵ Tradução livre do autor para “*Boats carry sailors to sea. Their first, last, and most important job is to take their crew out and bring them back safely, come what may*”.

características determinam o tamanho e arranjo da embarcação, motorização, capacidade de armazenamento de combustível, gelo e pescado, número de tripulantes.

A “Arte de Pesca” ou seja, a combinação entre tipo de petrecho, espécie(s) alvo e forma de captura, determinará a configuração geral e, portanto, o projeto da embarcação de modo tão marcante que, com alguma experiência, é possível para um determinado local apontar a arte de pesca apenas pelo aspecto da embarcação. Algumas das artes praticadas no país são: arrasto, quando uma rede em forma de balão é tracionada em determinada região; a pesca de linha e anzol, com ou sem isca; a pesca com espinhel, longas linhas com a disposição de ramais com anzóis e isca; a rede de espera, que é lançada em determinados locais, e recolhida após um período de tempo; a rede de cerco, em que uma embarcação de apoio cerca um cardume da espécie alvo e retorna para a embarcação principal para o içamento; e o uso de armadilhas, lançadas para captura de espécies específicas, como o manzuá para lagostas, o covo para caranguejos, e os potes para pesca do polvo por exemplo (Figura 4 à Figura 9).

Intimamente relacionado à arte de pesca empregada, o regime de trabalho pode ser contínuo, como no arrasto, quando a embarcação encontra-se em tração durante a atividade de pesca; ou intermitente, como na pesca com armadilhas ou redes de espera, por exemplo, em que a embarcação aguarda a captura em repouso. É comum que pescadores intercalem artes de pesca, deixando armadilhas de espera em um local enquanto pescam com linha em outro ponto, por exemplo.

Também são variantes de interesse a forma de armazenamento do pescado (se em câmaras refrigeradas, sobre o convés, na água, etc.); bem como a composição da tripulação, que pode variar de um pescador em solitário (como nas jangadas de raiz) até grandes grupos com distintas funções (como no cerco de sardinha).

Figura 4: Embarcação tipo traineira para arrasto de camarão.



Itacaré/BA. Notar as estruturas tubulares em aço para lançamento/içamento das redes de arrasto.

Figura 5: Saveiro “rabo de galo” para pesca de linha.



Cacha Pregos/BA. Notar a disponibilidade de espaço no convés para movimentação de quatro pescadores, cada qual com suas linhas; e toldo para abrigo.

Figura 6: Embarcação para pesca com espinhel.



Praia do Forte/BA. Notar o arranjo para transporte, iscamento e lançamento de anzóis na popa, e a grande quantidade de víveres embarcada.

Figura 7: Embarcação para pesca com rede de espera.



Conceição da Barra/ES. Notar espaço livre no convés de proa para lançamento/içamento da rede e instalação de câmara de gelo no porão. A casaria inclui beliches e cozinha, à popa do posto de comando.

Figura 8: Traineira para pesca de sardinha com rede de cerco.



Navegantes/SC.

Figura 9: Embarcação para pesca de lagosta com manzuá.



Acaraú/CE. Notar a alta estrutura na popa, para amarração e transporte das armadilhas até os locais de pesca e, conseqüentemente, a casaria recuada à popa.

De particular interesse é a forma de embarque e desembarque da tripulação, insumos e pescado. Como a pesca artesanal é realizada em diversas localidades ao longo do litoral brasileiro, há grande variedade de situações a que

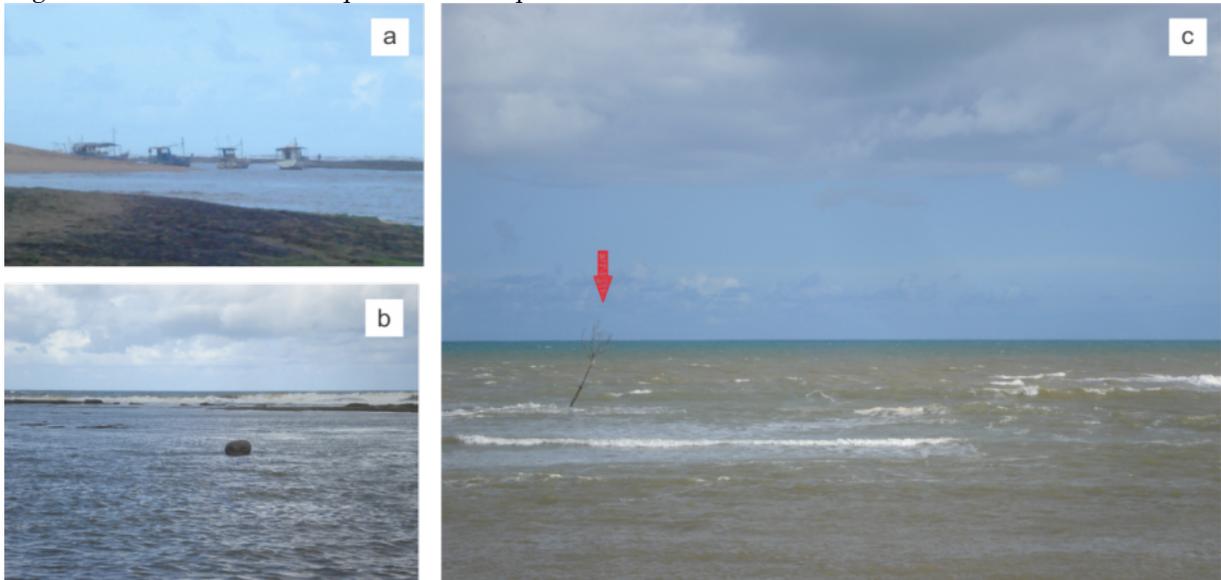
são submetidas as embarcações. Os locais de embarque/desembarque podem ser abrigados (Figura 10), como em estuários criados pela foz de um rio (comumente denominado “boca de barra”); em baías mais amplas e abrigadas; ou em portos naturais, criados pela existência de um recife ou laje (Figura 11); ou desabrigados, com atracação ou encalhe realizado diretamente na praia, em costões rochosos ou estruturas de apoio.

Figura 10: Panorâmica do cais de Conceição da Barra/ES.



Local abrigado próximo à foz do Rio São Mateus (boca de barra) com estrutura de cais, trapiche, poitas e ancoragem.

Figura 11: Ponto de embarque/desembarque em Subaúma/BA.



(a) Embarcações abrigadas por recife natural de pedras. Em (b) nota-se uma poita e a diferença de agitação do mar dentro e fora do abrigo. Entretanto, o ponto de entrada para este porto natural é pouco visível, sendo destacado pelos pescadores com um galho como marcação (seta) em (c).

O atracamento em água pode ser realizado de modo autônomo pela embarcação, através de ancoragem (Figura 6); ou com estruturas de apoio que variam desde poitas (Figura 7) até cais (Figura 4) e trapiches (Figura 12), fixos ou flutuantes. Quando ancoradas ou apoitadas, as embarcações precisam do auxílio

de pequenos barcos (botes ou canoas). Na ausência destes, os pescadores podem realizar a atividade entrando na água (Figura 13), ou utilizando alguma técnica de encalhe, que pode ser tracionando a embarcação na área da praia (Figura 14) ou aguardando a descida da maré para tocar o fundo (Figura 5). Tal variedade de condições pode exigir cascos resistentes a impactos, fadiga e abrasão, bem como, formas que facilitem ou ao menos permitam o encalhe.

Figura 12: Trapiche fixo em Cacha Pregos/BA.



Figura 13: Pescadores abastecendo embarcação na Praia do Forte/BA.



Figura 14: Jangada encalhada sobre roletes de madeira em praia do litoral do Ceará.



2.2.2.2 Desempenho e autonomia de navegação

Considerando a territorialidade da pesca, adotou-se um critério de desempenho e autonomia de navegação que leva em consideração uma combinação da forma do casco e porte da embarcação; do tipo e potência do sistema de propulsão (área vélica ou potência da motorização); e da capacidade de seu arranjo interno nas condições de vida a bordo, transporte de equipamentos e armazenamento de pescado.

Quanto à forma do casco, cabe distinguir cascos de fundo arredondado e fundo chato, pois estes determinam simultaneamente a região de navegação (em geral águas abrigadas para embarcações de fundo chato e possibilidade de mar aberto para fundo arredondado) e o método de confecção, uma vez que materiais e processos de fabricação devem ser capazes de conformar superfícies de curvatura composta, especialmente em embarcações de fundo arredondado.

Do mesmo modo, o porte (comprimento total ou comprimento na linha d'água e a razão destes com a largura – boca – à meia nau e o calado ou

profundidade do casco) apontará para determinados materiais, técnicas de fabricação e capacidade instalada do construtor naval.

Sobre a motorização, cabe considerar que no Brasil identifica-se a utilização típica dos seguintes tipos de motores a diesel em embarcações de pesca marítima: (i) motores de centro estacionários ou náuticos de baixa potência (10, 12, 18, 20 e 22HP), de um ou dois cilindros (como os Yanmar B18, por exemplo); (ii) motores náuticos ou motores adaptados (“marinizados”) de camionetes com 4 ou 5 cilindros de baixa potência (60, 70, 80 ou 90HP), como os MWM (4 cilindros, 90HP) ou os Mercedes 1111 (4 cilindros, 60HP), por exemplo; (iii) motores náuticos ou motores adaptados de camionetes de média potência, como os Yanmar 6TY (120HP), MWM 6 cilindros (130HP) ou Cumins B3.9 de 6 cilindros (125HP), por exemplo; e (iv) motores náuticos de trabalho contínuo (como os Volvo Penta e os Cumins KTA e Cumins QSK, por exemplo) e motores adaptados de caminhões e ônibus (MWM Splinter, Mercedes 1113, etc.), todos com potências superiores à 160HP, incluindo motores na faixa de 230HP e podendo alcançar, em alguns modelos, potências da ordem de 350HP.

Embarcações com motorização dos tipos (i) e (ii) possuem autonomia de menos de dez dias de navegação/trabalho, em água abrigada ou navegação à vista de terra. Embarcações com motores do tipo (iv) possuem autonomia para longos percursos de navegação, podendo atuar em diversos estados e regiões, e são de caráter eminentemente industrial. A categoria (iii), intermediária, possui características adequadas para as duas modalidades (industrial ou artesanal), podendo atuar em outras regiões através de navegação costeira com utilização de pontos abrigados para ancoragem em casos de mau tempo (como a Ilha do Bom Abrigo, no litoral do Paraná; ou o Porto da Espera, no litoral norte da Bahia, por exemplo). Assim, embarcações com este tipo de motorização são analisadas também quanto o seu arranjo espacial, ou seja, a presença de cabines com beliches para tripulantes, cozinha a bordo, câmara de refrigeração de grandes dimensões para armazenamento do pescado, tralha mecanizada, etc.

2.2.2.3 Proposta de categorias de classificação

Comparando-se as características da atividade pesqueira, o modo de propulsão das embarcações, suas formas e dimensões foi possível a elaboração de uma proposta de classificação para a frota pesqueira marítima brasileira, dividida em sete categorias, a saber:

- Jangadas e paquetes: alocadas em uma categoria distinta por seu desenho, desempenho, utilização e ocorrência regional muito particulares, estas embarcações geralmente de propulsão à vela e fundo praticamente chato podem ser facilmente encalhadas em praias desabrigadas. Podem ser construídas com raízes, toras ou tábuas. Alguns modelos incluem pequenos porões para armazenamento do pescado ou abrigo da tripulação em pescaria de vai-e-vem, pernoite ou viagens curtas. Inclui jangadas (de raiz, piúba ou tábuas) e paquetes (motorizados ou não).
- Canoas: Embarcações miúdas, sem convés (de boca aberta), de fundo arredondado, geralmente a remo ou vela, ou com motor de popa ou motor de centro de baixa potência (i). Em geral utilizadas para navegação de pequeno curso em águas abrigadas ou próxima à costa, em pescarias do tipo vai-e-vem ou de pernoite. Inclui: Canoa, Canoa a Remo, Canoa a Vela, Canoa a Motor, Canoa Motorizada.
- Embarcações miúdas sem convés: de “boca aberta”, de fundo chato, geralmente a remo ou vela, ou com motor de popa ou motor de centro de baixa potência (i). Em geral utilizadas para navegação de pequeno curso em águas abrigadas ou próxima à costa, em pescarias do tipo vai-e-vem ou de pernoite. Inclui: Montaria, Caíco, Caíque, Prancha (SC), Bateira, Bote a remo, Bote de casco, Biana à Vela, Bote à Motor (BA);
- Embarcações de pequeno porte: com até 9 m de comprimento total, geralmente a vela e/ou motor de baixa potência (i e ii). Utilizadas para navegação de pequeno curso em águas abrigadas ou costeiras, em pescarias do tipo vai-e-vem, de pernoite ou de alguns dias de autonomia. Sem cabine ou com acomodações reduzidas. Podem ou não transportar

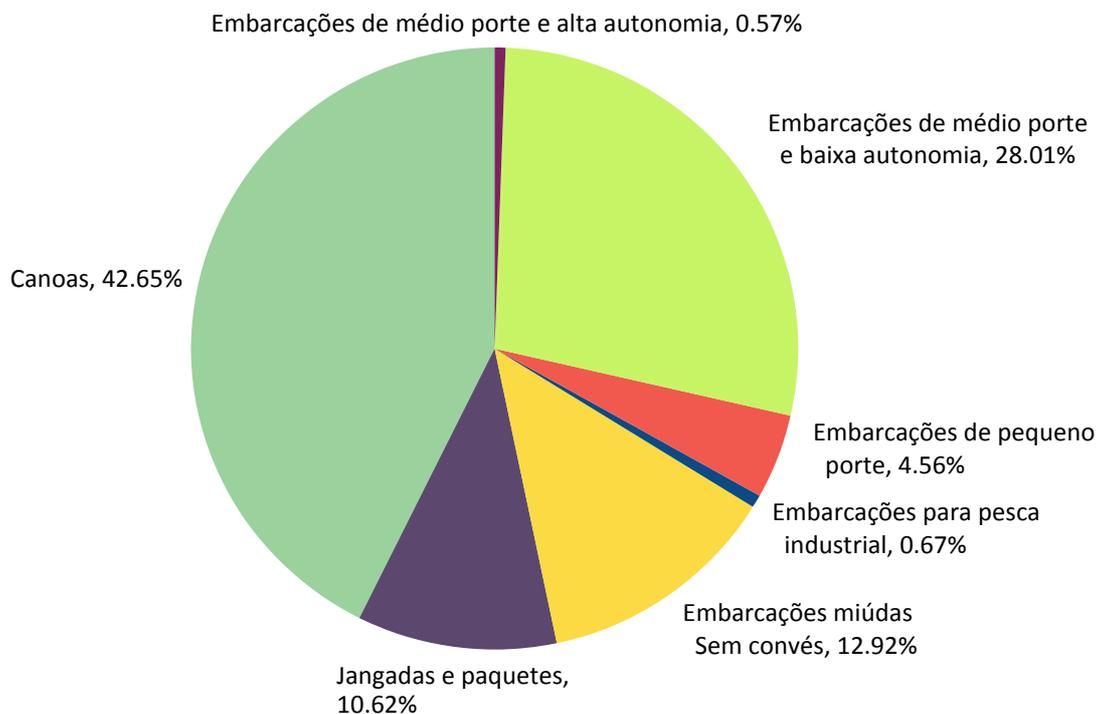
- estruturas de pequeno porte para armazenamento do pescado em gelo. Inclui: Chalupa, Catraia, Baleeira, Bote a Motor (BA), Prancha (ES), Bote C/ Cab. Peq., Bote S/ Cab. Pequ., Bote (RS), Lancha Pequena;
- Embarcações de médio porte e baixa autonomia: com até 14 m de comprimento total, motorizadas (i e ii) e/ou à vela. Utilizadas para navegação costeira ou em mar aberto, em pescarias do tipo vai-e-vem, pernoite ou de alguns dias de pescaria. Podem apresentar estrutura para armazenamento de pescado e tralha mecanizada para tração de redes, espinhéis, etc. Com acomodações abaixo do convés ou cabine. Inclui: Bote a Vela (CE e RN), Barco a Vela (BA), Barco Motorizado (PB), Biana Motorizada, Barco a Motor (BA), Barco de Emalhe, Barco de arrasto, Arrasteiro Simples, Bote/Barco Motorizado, Bote sem cabine, Bote com cabine, Lancha, Barco de Pequeno Porte, Barco a Motor Pequeno, Lancha Média, Barco de Médio Porte, Barco a motor médio, Bote Motorizado, Catamarã, Saveiro Pequeno, Saveiro Médio, Bote C/ Cab. Grande, Bote C/ Cab. Med., Bote S/ Cab. Grande;
 - Embarcações de médio porte e alta autonomia: acima de 12 e abaixo de 24 metros, motorizadas (ii e iii) e/ou a vela, com autonomia de pesca de mais de uma semana, estrutura para armazenamento de pescado, tralha mecanizada, cabine com acomodações e cozinha. Inclui: Barco Motorizado (MA), Lancha Grande, Barco de Grande Porte, Barco a Motor Grande, Saveiro Grande, Atuneiro e espinhel, Arrasteiro;
 - Embarcações para pesca Industrial: Lancha Industrial, Barco Industrial, Traineira, etc.; com mais de 50GT.

Apresenta-se na Figura 15 a composição da frota pesqueira nacional segundo a classificação sugerida, cujos dados estão pormenorizados na Tabela 2. De posse dos dados reagrupados, nota-se a relevância numérica das embarcações miúdas, sejam elas de fundo chato (12,92%), canoas (42,65%) ou jangadas e paquetes (10,62%), representando um universo de mais de 40 mil embarcações cadastradas. Este segmento, apesar de ser formado por produtos de menor valor

total, atinge a parcela mais vulnerável de pescadores, cuja atividade muitas vezes é de subsistência, a partir de comunidades pequenas e em locais afastados. Sua produção pode ser realizada localmente, por artesãos com baixo investimento em instalações e maquinário. Outra categoria de destaque é a de embarcações de médio porte e baixa autonomia (28,01%).

Cabe destacar que as embarcações industriais, produzidas por estaleiros com maior acesso a recursos financeiros e tecnológicos, representam apenas 0,67% da frota pesqueira marítima nacional cadastrada.

Figura 15: Distribuição da frota pesqueira nacional segundo classificação sugerida.



Salles (2011) apresenta uma análise do rendimento econômico de diversos tipos de pescaria no litoral do Ceará e demonstra que o rendimento líquido por pescador é maior para embarcações aqui classificadas como miúdas e de médio porte e baixa autonomia. Tal retorno se dá pela diminuição dos custos com insumos (combustível e gelo, principalmente), e pela comercialização direta de pescado fresco, com maior valor de mercado, ao consumidor final ou a empreendimentos turísticos (pousadas e restaurantes). É comum em tais

pescarias a captura de indivíduos maiores, o que representa maior rentabilidade para o pescador e, simultaneamente, maior sustentabilidade ambiental (pela redução da captura de indivíduos jovens). Tal relação entre seletividade e sustentabilidade ambiental também é apontada por Walter (2010). Os resultados de rentabilidade de Salles (2011) concordam com os apontados por Carvalho et. al. (2011) para a frota pesqueira nos Açores.

Deste modo, o aprimoramento da atividade pesqueira associada à embarcações miúdas e de pequeno porte e baixa autonomia é de interesse para a sustentabilidade ambiental, econômica e social. Uma vez categorizadas, é possível estimar um valor médio para aquisição de uma embarcação nova em cada categoria e assim ter-se uma ideia do quanto a frota pesqueira representa em termos de capital investido (ou capacidade instalada). Tal valor não representa, de modo algum, um levantamento exato ou preciso, mas é suficientemente aproximado para algumas inferências e reflexões sobre sua ordem de grandeza.

Os valores de Embarcações miúdas sem convés, e de canoas foram observados em atividade de campo e comparados pelos valores encontrados por (BRAGA, 2013), de onde foram também retirados os valores de jangadas e paquetes. Embarcações de pequeno e médio porte (com baixa e alta autonomia) foram apurados diretamente nos estaleiros que construíam estes tipos de embarcações em atividade de campo. Embarcações para pesca industrial tiveram seus valores estimados pelos construtores de embarcações de médio porte e alta autonomia. Os valores estimados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 2: Composição da frota pesqueira nacional segundo classificação de embarcações proposta.

| Estado | Jangadas e Paquetes | Canoas | Embarcações Miúdas | Embarcações de Pequeno Porte | Embarcações de Médio Porte e baixa autonomia | Embarcações de Médio Porte e alta autonomia | Embarcações para Pesca Industrial | TOTAL | % |
|---------------------|---------------------|---------------|--------------------|------------------------------|--|---|-----------------------------------|---------------|-------------|
| Amapá | 0 | 160 | 8 | 0 | 382 | 0 | 2 | 552 | 0,9% |
| Pará | 0 | 2.507 | 1.538 | 0 | 2.724 | 0 | 195 | 6.964 | 11,1% |
| Maranhão | 0 | 6.507 | 355 | 0 | 1.974 | 219 | 0 | 9.055 | 14,5% |
| Piauí | 0 | 333 | 0 | 37 | 103 | 21 | 0 | 494 | 0,8% |
| Ceará | 3.557 | 1.593 | 415 | 0 | 1.731 | 0 | 135 | 7.431 | 11,9% |
| Rio Grande do Norte | 1.247 | 1.169 | 0 | 0 | 1.271 | 15 | 51 | 3.753 | 6,0% |
| Paraíba | 284 | 177 | 879 | 0 | 311 | 0 | 0 | 1.651 | 2,6% |
| Pernambuco | 788 | 1.365 | 0 | 0 | 719 | 10 | 0 | 2.882 | 4,6% |
| Alagoas | 677 | 1.438 | 137 | 0 | 473 | 0 | 0 | 2.725 | 4,4% |
| Sergipe | 0 | 2.801 | 0 | 14 | 143 | 11 | 0 | 2.969 | 4,7% |
| Bahia | 92 | 6.100 | 0 | 1.135 | 2.749 | 65 | 1 | 10.142 | 16,2% |
| Espírito Santo | 0 | 213 | 26 | 149 | 1.130 | 5 | 0 | 1.523 | 2,4% |
| Rio de Janeiro | 0 | 262 | 1.186 | 827 | 679 | 0 | 13 | 2.967 | 4,7% |
| Paraná | 0 | 676 | 0 | 0 | 891 | 0 | 0 | 1.567 | 2,5% |
| Santa Catarina | 0 | 1.167 | 2.229 | 235 | 1.651 | 9 | 22 | 5.313 | 8,5% |
| Rio Grande do Sul | 0 | 213 | 1.311 | 454 | 592 | 0 | 0 | 2.570 | 4,1% |
| TOTAL | 6.645 | 26.681 | 8.084 | 2.851 | 17.523 | 355 | 419 | 62.558 | 100% |
| % | 10,6% | 42,7% | 12,9% | 4,6% | 28,0% | 0,6% | 0,7% | 100% | |

Tabela 3: Estimativa de valor da frota pesqueira nacional.

| Tipo de Embarcação | Jangadas e Paquetes | Canoas | Embarcações Miúdas | Embarcações de Pequeno Porte | Embarcações de Médio Porte e baixa autonomia | Embarcações de Médio Porte e alta autonomia | Embarcações para Pesca Industrial | TOTAL |
|----------------------------------|---------------------|-------------|--------------------|------------------------------|--|---|-----------------------------------|---------------|
| Quantidade em Op. | 6.645 | 26.681 | 8.084 | 2.851 | 17.523 | 355 | 419 | 62.558 |
| Valor Médio Estimado [x1000 R\$] | 12,500 | 10,000 | 10,000 | 40,000 | 200,000 | 800,000 | 1.500,000 | - |
| Valor Total [x1000 R\$] | 83.063 | 266.810 | 80.840 | 114.040 | 3.504.600 | 284.000 | 628.500 | 4.961.853 |
| % | 1,7% | 5,4% | 1,6% | 2,3% | 70,6% | 5,7% | 12,7% | 100,0% |

Dos valores apresentados é possível estimar que a frota pesqueira nacional representa um montante investido, em valores de 2014, da ordem de 5 bilhões de reais. Considerando-se o tempo de vida útil de uma embarcação em vinte anos, a renovação da frota sem aumento do esforço de pesca implicaria em investimentos anuais da ordem de 250 milhões de reais; e de 150 milhões de reais anuais em manutenção (para alíquota de 3%). Como os estaleiros artesanais realizam tanto atividades de construção de novas embarcações, quanto reformas e manutenção, pode-se estimar que o mercado tem potencial de faturamento anual de cerca de 400 milhões de reais.

Deste montante, 70,6% refere-se ao valor estimado para a frota de embarcações de médio porte e baixa autonomia. Altamente customizadas para diferentes artes de pesca, tipos de navegação e formas tradicionais. Sua fabricação se dá, em geral, em localidades com concentração de alguns estaleiros que atendem um conjunto de comunidades pesqueiras do entorno, como centros regionais, em geral coincidindo com um TPA e atuando como Arranjo Produtivo Local (APL). Por exemplo, Navegantes e Balneário Barra do Sul/SC, que atendem ao TPA Litoral Norte de Santa Catarina; Alcobaça, que atende ao TPA Extremo Sul da Bahia; Cacha Pregos/BA, que atende ao TPA da Ilha de Itaparica; e Camocim/CE no TPA Oeste do Ceará.

Estes empreendimentos de pequeno porte articulam-se com um conjunto de pequenos fornecedores (de madeira; tintas e vernizes; motores; velas; materiais elétricos; ferramentas e elementos de fixação), profissionais especializados (pintores; calafates; letristas; mecânicos; eletricitas) e entre si (no compartilhamento de conhecimento e técnicas; formulação indireta de preços; subcontratação de serviços; e divisão de demanda).

2.2.3 Artesãos e Estaleiros: Origem, Situação, Arranjo Produtivo e Modelo de Produção

Com objetivo de delimitar o escopo possível de intervenção no setor, apresenta-se os aspectos sociais e organizacionais que caracterizam a CNA. Tais dados são, principalmente, oriundos das atividades de campo e dizem respeito a

construtores navais de embarcações de pequeno porte e de embarcações de médio porte e baixa autonomia⁶.

De modo similar a outras atividades de fabricação artesanal, a hierarquia de trabalho nos estaleiros se dá pela presença de quatro categorias: o mestre; os carpinteiros navais (também denominados “oficiais”); seus ajudantes; e os aprendizes. A atividade é notadamente masculina, sendo o papel feminino, quando existente, restrito ao auxílio nas atividades administrativas (em geral por esposas e filhas dos mestres).

O mestre é responsável pela contratação dos serviços; pela definição da forma (“riscado”) e características da embarcação; divisão e ordenamento das atividades diárias e ordens de produção; aquisição de materiais; aquisição e definição da frequência de manutenção de máquinas e ferramentas; arranjo físico do estaleiro; supervisão das etapas críticas de armação das embarcações; e gestão financeira. Os mestres são também caracterizados pela transmissão do conhecimento envolvido na CNA (GOMES-DIAS, 2009). Mesmo que o estaleiro possua um nome fantasia, o empreendimento e as embarcações oriundas deste são reconhecidos pelo nome do mestre que, por sua vez, prima pela qualidade e desempenho associados a tal. São comuns relatos de mestres que se negam a atender alguma solicitação do cliente justificando que afetará negativamente o produto, “sujando” seu nome. Também são os mestres quem definem a categoria a qual pertencem os demais trabalhadores.

Carpinteiros navais são quem executam as atividades de construção, desde a confecção das peças até sua montagem. São orientados pelos mestres e devem ser capazes de realizar todas as etapas da construção, ainda que tenham preferência ou maior aptidão por alguma etapa em específico (armação inicial ou acabamento, por exemplo). Podem ser responsáveis também pela manutenção de máquinas e equipamentos, em especial afiamento de ferramentas de corte. Orientam ajudantes e aprendizes e, em certo grau, definem suas tarefas diárias.

⁶ As atividades de campo não se concentraram em artesãos dedicados exclusivamente à embarcações miúdas sem convés, canoas, jangadas e paquetes. Informações sobre estes atores podem ser encontradas em referências bibliográficas específicas (BRAGA, 2013; DENADAI et al., 2009).

Em algumas regiões utiliza-se o termo “oficial” para designar os carpinteiros navais, de modo geral; ou para designar alguns dos carpinteiros considerados de maior capacidade profissional e, portanto, responsáveis pela execução de etapas críticas da produção, como emenda de quilhas ou confecção de roda de popa, por exemplo.

Um ou dois ajudantes acompanham cada carpinteiro, auxiliando na movimentação de materiais e componentes, e executando tarefas diversas, como operações de corte, furação, fixação, etc. Os aprendizes, em geral jovens ou profissionais oriundos de outros setores (como a construção civil, por exemplo), iniciam suas atividades como ajudantes e podem ser gradativamente instruídos pelos mestres e carpinteiros na realização das atividades destes últimos.

Dias (2009) comenta, para a região do Baixo Sul/BA, a tradição em declínio de pais solicitarem aos mestres a aceitação de seus filhos na categoria de aprendizes, inclusive oferecendo pagamento por esta atividade. Atualmente observou-se a realização de pagamento aos aprendizes em valores entre a metade e o equivalente pago aos ajudantes.

É comum a existência de relações de parentesco entre mestres, carpinteiros, ajudantes e aprendizes. Tais relações estendem-se para apadrinhamento e vizinhança, fornecendo à atividade caráter comunitário e tradicional, de forma similar à atividade de pesca artesanal.

A remuneração das atividades se dá pelo valor de diárias, pagas quinzenal ou mensalmente pelo mestre, em ordem decrescente de valores aos oficiais, carpinteiros, ajudantes e aprendizes. A renda observada para carpinteiros no período de estudo é de dois a três salários-mínimos, sendo a renda dos ajudantes entre 20 e 30% menores. Os mestres retiram para si, periodicamente, valor igual ou levemente superior ao dos carpinteiros; e administram os eventuais lucros na conclusão de uma embarcação entre retorno financeiro para si e investimentos no próprio estaleiro. Os mestres muitas vezes oferecem adiantamentos ou assumem responsabilidades financeiras de sua equipe, como a aquisição de fármacos e material escolar, financiamento de veículos, etc.

A maioria dos trabalhadores da construção naval entrevistados estão

inseridos nas classes C e B, possuem casa própria de alvenaria, com quatro ou cinco cômodos, situação familiar estável, e acesso a serviços como água encanada, rede de esgoto, rede elétrica, banheiro dentro de casa, rede pública de ensino e saúde. A atividade é caracterizada por alto grau de informalidade (mais de 80% dos trabalhadores não possuem carteira assinada) e baixa seguridade social (50% dos entrevistados recolhem INSS).

É unânime a queixa de baixa renovação de mão de obra e, portanto, de dificuldade de transmissão dos saberes para novas gerações, tanto junto aos entrevistados como no material bibliográfico consultado (ANDRÈS, 1998; BRAGA, 2013; DENADAI et al., 2009; GOMES-DIAS, 2009; LANZIOTTI, 2010). Diversas causas são apontadas para tal: desinteresse dos jovens; baixa remuneração; características extenuantes da profissão; baixo reconhecimento social; etc. Cabe ponderar a similaridade com o observado na pesca artesanal de modo geral; e a concorrência por mão de obra gerada por outras atividades nos mesmos territórios, notadamente o turismo e grandes empreendimentos, particularmente a exploração de petróleo (WALTER, 2010) e, mais recentemente, estaleiros industriais. Entretanto, durante as atividades de campo, observou-se a presença de cerca de um quinto da mão de obra composta por jovens (15 à 24 anos de idades) e jovens adultos (25 à 34 anos de idade); bem como, para a maioria das localidades, demanda por construção de novas embarcações e manutenção das antigas acima da capacidade de atendimento dos estaleiros. Desde modo, entende-se que a atividade, mesmo que em declínio e carente de fortalecimento e formalização, não se encontra em vias de extinção. Tal aspecto, aqui observado para artesãos envolvidos na confecção de embarcação de pequeno porte e embarcações de médio porte e baixa autonomia, difere daquele observado para embarcações miúdas, especialmente para canoas monóxilas (DENADAI et al., 2009; LANZIOTTI, 2010).

O trabalho dos construtores navais é em grande parte realizado cinco dias por semana e aos sábados pela manhã. É comum que carpinteiros e ajudantes realizem outros serviços, particularmente na construção civil e, em alguns casos,

na pesca artesanal, durante os fins de semana ou períodos de queda de demanda⁷; ou atividades na própria CNA, como a construção de embarcações miúdas sem convés, por exemplo. Também é comum que profissionais da construção civil, notadamente pintores e eletricitistas, atuem esporadicamente na construção naval.

Os mestres coordenam, e algumas vezes subcontratam, os serviços de: calafates; letristas; pintores; eletricitistas e mecânicos. Calafates são os responsáveis pela aplicação de calafeto entre as tábuas do costado e do convés para vedação da embarcação. Tal atividade é bastante repetitiva e fisicamente extenuante, exigindo habilidades específicas. A calafetagem de uma embarcação de doze metros, por exemplo, pode levar até duas semanas para ser completada por dois profissionais. Os calafates atuam sozinhos, em duplas ou grupos e podem ser contratados por empreitada ou por diária. Em geral recebem o equivalente ao valor pago aos ajudantes de carpinteiros. Pintores são acionados no final da construção da embarcação, e também podem ser pagos por diária ou empreitada, em valores similares aos de carpinteiros navais. É comum haver divisão entre a pintura da casaria e interiores e a pintura do casco, sendo esta última ainda dividida entre preparação da superfície (preenchimento com massa e lixamento) e aplicação de sistema de revestimento multicamada (selante, fundo/primer e anti-incrustante). Em Santa Catarina observou-se a existência de pequenos empreendimentos (com mestre de pintura, pintores e ajudantes) especializados em pintura naval atendendo por empreitada. Forma de trabalho particular é observada para eletricitistas e mecânicos, que podem incluir em seus serviços o dimensionamento destes subsistemas; o fornecimento de materiais e componentes; além de sua instalação, verificação e aperfeiçoamento. É comum que mecânicos atendam um conjunto de estaleiros em mais de uma localidade de uma mesma região. Mecânicos e carpinteiros navais definem em conjunto a característica e modo de instalação do sistema de propulsão, e não raramente observa-se conflitos entre estes profissionais. A pintura do nome e número de

⁷ Em termos de sazonalidade, observa-se picos de demanda por serviços de manutenção de embarcações nos períodos de defeso.

registro da embarcação é realizada por profissionais especializados, denominados letristas, que atuam por encomenda.

Em termos de grau de instrução, com a exceção de mecânicos e eletricitas (que possuem formação de aprendizagem industrial ou curso técnico de nível médio), a situação dos trabalhadores da construção naval artesanal é similar à da população de baixa renda para a região em que estão inseridos, ou seja, ensino fundamental completo ou incompleto para os trabalhadores de maior idade; e ensino médio completo ou incompleto para os mais jovens⁸.

A estrutura dos estaleiros artesanais visitados possuem certas similaridades. Na grande maioria, a área do estaleiro é de propriedade do mestre construtor e está localizado em anexo ou nas proximidades de sua residência⁹. Em geral são áreas abertas, com acesso a algum curso d'água abrigado, parte com cobertura de telha de fibrocimento sobre estrutura de madeira. Alguns se diferenciam pela cobertura de palha ou lona, ou ainda com colunas de cimento pré-moldado. A cobertura é utilizada principalmente para proteção de máquinas e ferramentas e, em poucos casos, para a área de construção das embarcações (Figura 16). Não foi observada a utilização de cobertura para armazenamento de madeira.

Os estaleiros em geral dedicam área de 100 a 200 m² para cada embarcação, e costumam variar de uma à quatro embarcações lotadas simultaneamente, sendo comum este valor chegar a seis embarcações. As áreas mais próximas do curso d'água são dedicadas para embarcações em manutenção ou embarcações novas em fase final de construção, sendo as áreas adjacentes utilizadas para embarcações nas etapas iniciais de construção. A movimentação de cargas, quer seja de peças e componentes ou de embarcações em diferentes estágios de construção, é realizada sem estruturas de içamento, por meio de roletes e tração humana, com auxílio de talhas manuais, macacos hidráulicos ou

8 Tal diferenciação por faixa etária é, provavelmente, conseqüente da expansão do ensino fundamental e médio experimentadas no país nas décadas de 1990 e 2000.

9 Conforme relatado em bibliografia (Braga, 2013; de Carvalho Castro Andrès, Ramos, & Fogaça, 1998), e confirmado em visitas, em algumas localidades a CNA se dá em áreas públicas e abertas, notadamente praias ou estuários.

macaco mecânico (chicão). Alguns estaleiros possuem rampas com trilhos e carretas de encaixe movimentados com auxílio de guinchos elétricos.

Figura 16: Imagens de alguns estaleiros visitados.



(a) Serra fita do tipo vai-e-vem em estaleiro de Acaraú/CE; (b) Vista geral de área coberta em estaleiro de Mucuri/BA; (c) Disposição de ferramentas elétricas estacionárias em Cacha Pregos/BA; (d) Estaleiro em Camamu/BA.

As ferramentas elétricas estacionárias mais presentes são as de marcenaria, e consistem essencialmente de: serra circular de mesa fixa; serra fita de grande porte com mesa articulável; desgrossadeira/desempeno; e plaina de mesa (destopadeira). Em alguns casos observa-se também serra circular de mesa móvel (esquadrejadeira); serra “vai-e-vem” horizontal; tupia; esmeril; furadeira de bancada ou de coluna; e lixadeira de fita. Em menor número são identificados compressores. As ferramentas precisam ser robustas o suficiente para o trabalho com peças grandes e pesadas, características não identificadas, segundo os construtores, nas ferramentas atualmente disponíveis no mercado. Por esta

razão, muitos fazem uso de ferramentas antigas, mantidas ou compradas e restauradas para este fim.

As ferramentas elétricas portáteis incluem: serra circular; serra tico-tico; plaina; furadeira; e lixadeira rotativa angular. Em alguns casos observa-se o uso de parafusadeiras; lixadeira orbital e roto orbital; e motosserra (elétrica ou a gasolina). Não se observou o uso de ferramentas pneumáticas. As ferramentas manuais incluem: martelos; marretas; serrotes; chaves fixas; chaves de fenda/*phillips*; formões; plainas; trinchas e rolos; trado; e arco de pua; além de conjuntos de enxós, composto por enxós planas e enxós goiva, de uso típico da construção naval artesanal para o entalhe de peças curvas de diversas dimensões. Os instrumentos de medida são basicamente o metro dobrável e a trena, acompanhados do uso de compasso de pontas secas (compasso de carpinteiro), riscadores, esquadro reto, nível de bolha e suta (para transferência de ângulos).

A existência de bancadas de trabalho é em geral em pequeno número e junto às máquinas estacionárias. É comum que os trabalhadores realizem tarefas junto às embarcações, no chão ou com auxílio de cavaletes. À medida que a embarcação toma forma e tamanho, escadas, cavaletes e andaimes são construídos ao seu redor para permitir a movimentação dos trabalhadores.

Afora o posicionamento das embarcações em diferentes estágios de construção, a disposição de elementos (maquinário, madeira, retalhos, etc.) nos estaleiros não parece seguir um planejamento rigoroso prévio e encontram-se em meio a outros elementos, como motores, guinchos e outros componentes das embarcações.

A proporção entre serviço de manutenção e de construção de novas embarcações varia largamente entre regiões, sendo influenciada pelas situações econômica e organizacional da pesca. Regiões onde a pesca atinge resultados econômicos satisfatórios tendem a encomendar mais embarcações, e realizar esforço de manutenção concentrado nas épocas de defeso. Segundo os construtores, os serviços de manutenção nestas regiões podem chegar a cerca de 30% do faturamento anual. Já regiões com a pesca em declínio, ou cuja arte de pesca possui restrição na emissão de novos registros pelo órgão competente, como

no caso do camarão sete-barbas ou da lagosta, por exemplo, os serviços de manutenção chegam a atingir 80%, ou mesmo a totalidade do faturamento anual.

A produção se dá por projeto, ou seja, o produto final é único, cada embarcação é produzida de acordo com as especificidades da encomenda, como capacidade, finalidade, tamanho, assim como aspectos estético-simbólicos. Portanto é um processo altamente customizado advindo de uma produção puxada, onde a grande maioria das novas embarcações é iniciada somente após a encomenda. Em geral a contratação implica no adiantamento de uma parcela dos recursos suficiente para a aquisição de madeira, e será complementada por parcelas proporcionais durante a construção, geralmente atreladas ao cumprimento de etapas: caverna pronta; costado completo; convés fechado; casaria instalada; etc.

A armação de embarcações de 8 à 12 metros em madeira consome de seis meses a um ano de trabalho de carpintaria, podendo ser adicionada de até mais um ano das demais instalações. Não raro os clientes se veem descapitalizados ao longo do processo e adiam ou interrompem o contrato, permanecendo as embarcações inacabadas, em diferentes estágios de fabricação, nos estaleiros ou em suas imediações.

Existem alguns casos de mestres que, diante de disponibilidade de recursos e queda de demanda iniciam o processo de fabricação por conta própria, interrompendo-o quando do fechamento do casco e colocação do convés para aguardar o surgimento de um cliente e então customizar e finalizar a casaria e a disposição interna de subsistemas.

Ainda que não façam uso do desenho técnico como meio de comunicação do projeto, os construtores articulam diversos elementos formais e subsistemas com vistas ao desempenho desejado para a embarcação. Tal processo se dá pela definição do cliente quanto aos aspectos básicos: uso pretendido, porte (comprimento total ou comprimento da linha d'água) e conjunto motriz definido, em especial, pelo modelo e potência do motor. De posse destes parâmetros, construtor e cliente definem em conjunto o diâmetro do propulsor (hélice), que definirá as dimensões do patilhão (componente estrutural entre hélice e sistema

motor/reversor, dentro do qual atravessa o eixo do propulsor¹⁰). O mestre então definirá o tamanho da quilha e, a partir desta, o pontal, calado e largura (boca máxima) que, juntos, irão compor as dimensões gerais da embarcação e permitir o dimensionamento dos demais subsistemas.

De posse destas informações, o construtor considera a embarcação projetada e já é capaz de comunicar aos demais trabalhadores e fornecedores as características e dimensionamento de seus elementos como, por exemplo: espessura de tábuas do costado e convés; dimensões dos elementos do cavename; dimensões da câmara fria; altura da borda falsa; etc. Ainda, é capaz de prever as características finais do produto (capacidade de carga; deslocamento; posição da linha d'água, etc.) e estimar a quantidade e qualidade de materiais necessários.

As proporções entre as dimensões gerais da embarcação são um conhecimento tácito, transmitido e aprimorado entre gerações de artesãos. Deste modo, diferem de mestre para mestre e são consideradas por estes como sua criação e propriedade. Para representar este conjunto de proporções observou-se a utilização do termo “fôrma”, tanto entre construtores quanto entre pescadores, que o utilizam para comparar as embarcações de diferentes mestres/estaleiros: “a fôrma de *fulano* tem mais saída d'água, já *beltrano* tem uma fôrma mais boiadeira”.

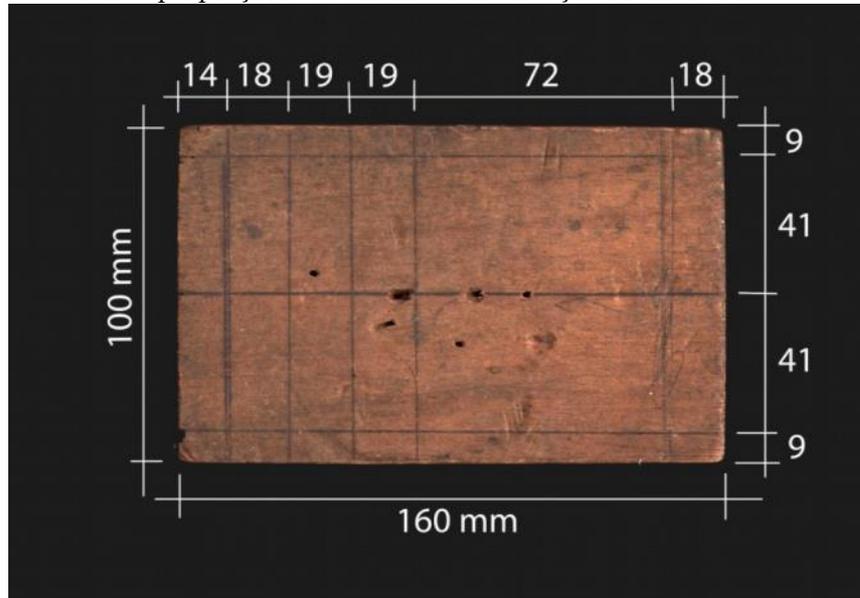
Em alguns casos estas proporções são expressas em modelos de madeira compensada com o desenho das cavernas centrais que servem como baliza para a definição das demais. Tais modelos, confeccionados para diferentes tamanhos de embarcações, são manipulados apenas pelos mestres e oficiais, envoltos em tons de “segredo de ofício”.

Dois casos particulares acontecem para saveiros e jangadas. Os saveiros têm suas proporções explícitas numa pequena tábua, cuja origem remonta aos construtores navais da Índia trazidos ao Brasil pelos navegadores portugueses, denominada graminho (Figura 17) (CASTRO; GOMES-DIAS, 2015). As jangadas e paquetes, por sua vez, possuem um instrumento similar, cuja marcação de diferentes ângulos para uma mesma largura permite a marcação da angulação

10 Um exemplo deste componente pode ser visualizado na Figura 22a e b, na pág. 72.

das cavernas que determinam a curvatura da embarcação (Figura 18) (Braga, 2013).

Figura 17: Graminho com proporções utilizadas na construção de saveiros.



Fonte: Castro e Gomes-Dias (2015).

Figura 18: Tabuleta com molde de angulação de cavernas e suta para projeção do ângulo.



Fonte: Braga (2013).

Na arquitetura naval o projeto do casco de uma embarcação é geralmente representado por um Plano de Linhas (PL) e uma Tabela de Cotas (TC). O PL apresenta o contorno de seções a intervalos regulares, sobrepostas, geralmente de metade da embarcação, para vista superior (plano de linhas d'água), vista frontal/traseira (plano de balizas), e uma vista lateral (plano de linhas do alto). A TC apresenta para cada seção um conjunto de pontos que definem as dimensões

explícitas no PL. Tal representação tem por objetivos principais: comunicar o projeto do projetista para o construtor; ser documento de registro da embarcação no órgão competente; documentar a memória de projeto, de modo que soluções anteriores possam ser revisitadas e/ou aprimoradas (NASSEH, 2000).

Dada a complexidade de forma de um casco, especialmente quando contém superfícies de curvatura composta, a transposição direta dos dados da TC para um sistema de coordenadas tridimensional não gera uma superfície lisa e de transições suaves como, em geral, se deseja para uma embarcação.

Assim, construtores navais de posse de conjunto PL/TC realizam um procedimento de escalonamento, denominado *lofting*, que consiste da confecção de modelos (geralmente em madeira compensada) das seções inicial e final da embarcação, e de algumas seções principais de largura máxima em escala real (1:1). Para tanto, os pontos de cada seção são plotados sobre a chapa, e então unidos por uma linha média obtida com auxílio de uma régua flexível ou um virote de madeira, produzindo um contorno contínuo e suave. Tais seções são recortadas, posicionadas e niveladas perpendicularmente em relação ao modelo da quilha, formando um conjunto tridimensional de costelas. A união entre estas seções é realizada pela fixação de novos virotes, longitudinais, que serão referência para a confecção das demais cavernas e delimitação da superfície do casco¹¹. Como a grande maioria dos clientes não é capaz de visualizar a forma da embarcação através do par PL/TC, sendo possível a avaliação do projeto apenas durante o *lofting*, é comum que nesta etapa o projetista seja consultado para ajustes no dimensionamento ou adequações no projeto, particularmente para embarcações customizadas de produção não seriada.

Este processo guarda grande semelhança com o procedimento (introduzido nesta e detalhado na próxima seção deste trabalho) utilizado pelos construtores artesanais para a armação de uma embarcação; com exceção de que o projeto não necessita ser comunicado entre um projetista e um construtor, visto que estas funções são exercidas por um mesmo indivíduo. A memória de projeto encontra-

11 Nos *softwares* de Desenho Assistido por Computador (CAD), o comando *loft* refere-se justamente à criação de uma superfície a partir do contorno de seções alinhadas sobre um determinado eixo.

se, portanto, no conhecimento tácito do mestre, ou na representação indireta fornecida por modelos, graminhos, etc¹².

Considerando o exposto, é possível definir para fim do andamento da presente tese, que a construção naval caracteriza-se como artesanal quando um grupo de indivíduos atua em cooperação articulando saberes tradicionais tácitos ou explícitos e conhecimento técnico para o projeto, construção e manutenção de embarcações não seriadas ou de pequenas séries adequadas a sua finalidade, região e usuários tanto do ponto de vista prático quanto estético e simbólico.

A definição leva em consideração que o projeto da embarcação não é, neste caso, externo à sua construção, mas sim que estão intimamente relacionados. Considera, também, que se faz uso de, mas não se está limitado a, materiais, técnicas e formas tradicionais. Cabe ressaltar que, do modo proposto, a CNA não se restringe em termos de porte ou função da embarcação¹³; mas sim quanto ao grau de customização e escala de produção; bem como à preservação de seu alto valor cultural.

2.2.4 Processos de fabricação utilizados na construção naval artesanal

Com o objetivo de identificar gargalos e potencialidades, faz-se uma descrição dos atuais processos utilizados na construção artesanal de embarcações aqui classificadas como de médio porte e baixa autonomia, dada a relevância de tais embarcações para composição do valor estimado da frota pesqueira nacional (vide Tabelas 2 e 3 e Figura 15). Para facilitar a compreensão, apresenta-se inicialmente uma descrição geral do processo; seguida do detalhamento de algumas etapas-chave; da discussão de parâmetros considerados relevantes; e do

12 Para fins de registro da embarcação, no Brasil, ao final de sua construção um Engenheiro ou Tecnólogo Naval é solicitado a apresentar um desenho técnico da embarcação, junto de uma Anotação de Responsabilidade Técnica – ART. Tal desenho em geral consiste de uma projeção de vistas ortogonais composto de vista superior, corte da vista superior na linha de convés, vista frontal e uma vista lateral (BRASIL, 2005a, 2005b, 2005c). Ainda que seja utilizado para registro, tal documentação não caracteriza uma documentação de projeto (*strictu sensu*), pois é posterior à execução do objeto e não apresenta informações suficientes para sua replicação.

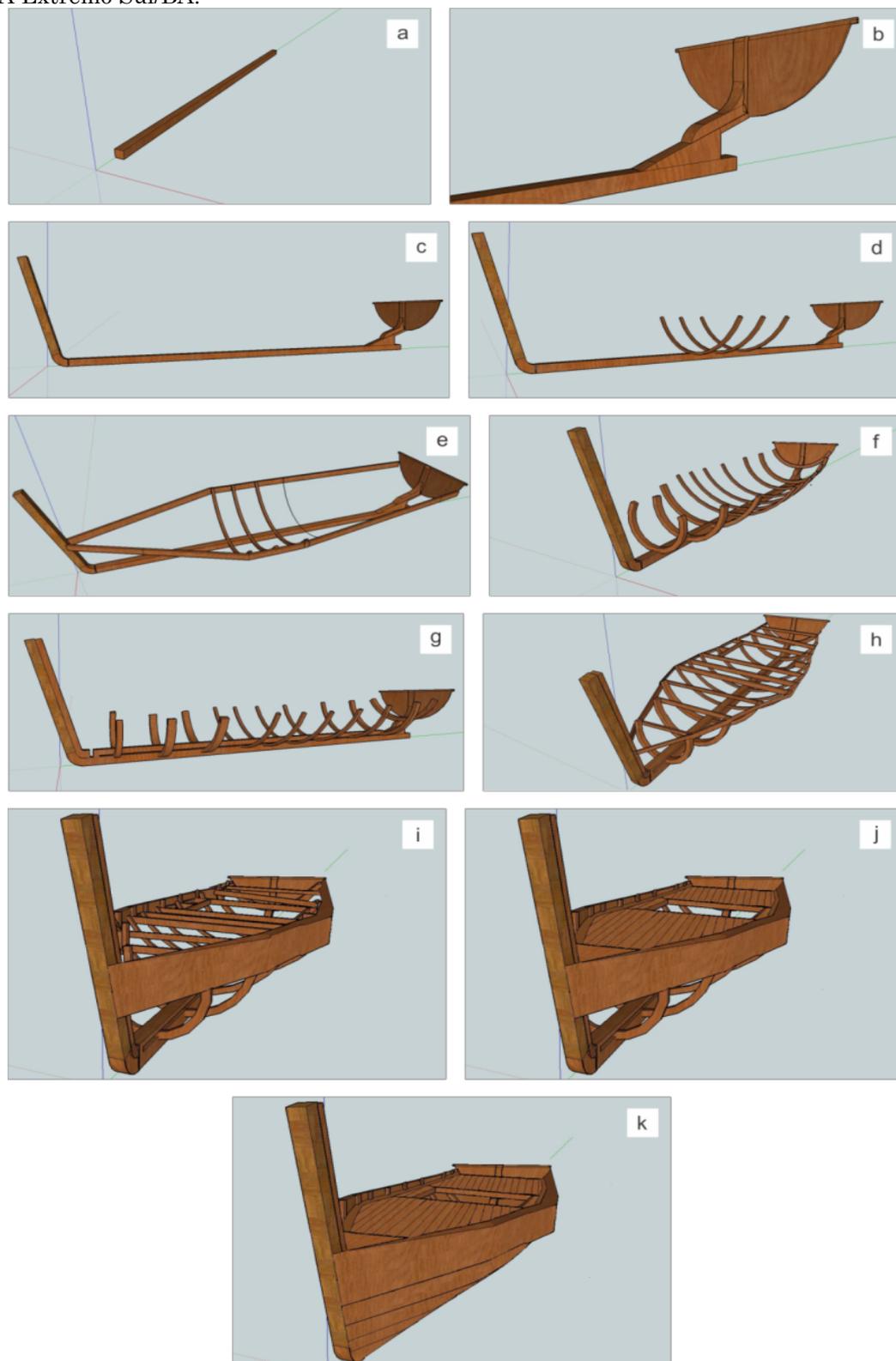
13 Traineeiras para pesca industrial são construídas de modo artesanal em estaleiros de Navegantes/SC, por exemplo.

apontamento de mudanças tecnológicas atualmente em curso.

O processo de fabricação e montagem das embarcações é denominado por Braga (2013) como “esqueleto primeiro”, e por Gerr (1999) como *plank-on-frame*, que pode ser traduzido para “tabuado sobre cavernas”. Consiste da construção de uma armação tridimensional interna sobre a qual são fixados os componentes (costado e convés) que formam a superfície externa do casco. Para cada componente, o processo pode ser dividido nas etapas de mensuração, fabricação da peça, e montagem. Apresenta-se esquematicamente na Figura 19 as etapas gerais de montagem.

O processo inicia pela confecção e nivelamento da quilha (a); seguida das rodas de popa e proa (b e c). São então confeccionadas segundo um modelo ou proporções desejadas algumas cavernas, em geral próxima à meia nau, que serão utilizadas como balizas para as demais (d). O construtor utiliza ripas de madeira suficientemente flexível, denominadas virotes, para unir popa, proa e balizas, em diferentes alturas (linhas d'água), formando um conjunto tridimensional de linhas de referência. A imagem (e) demonstra esquematicamente o virote para o contorno do convés. As demais cavernas são então mensuradas em relação a estas linhas, confeccionadas e instaladas no local (f), para que a estrutura possa receber a sobrequilha (g) e ser completada pelos barrotes (h). O casco então pode ser fechado com a colocação das tábuas do convés (j) e do costado (k). Quando necessária, é adicionada borda falsa acima da linha do convés (i).

Figura 19: Representação esquemática da sequência de armação de um casco conforme observado no TPA Extremo Sul/BA.



(a) Quilha; (b) roda de popa; (c) proa ou talha-mar; (d) balizas; (e) virote do convés; (f) cavernas; (g) sobrequilha; (h) barrotes; (i) linha do convés; (j) convés; e (k) tabuado.

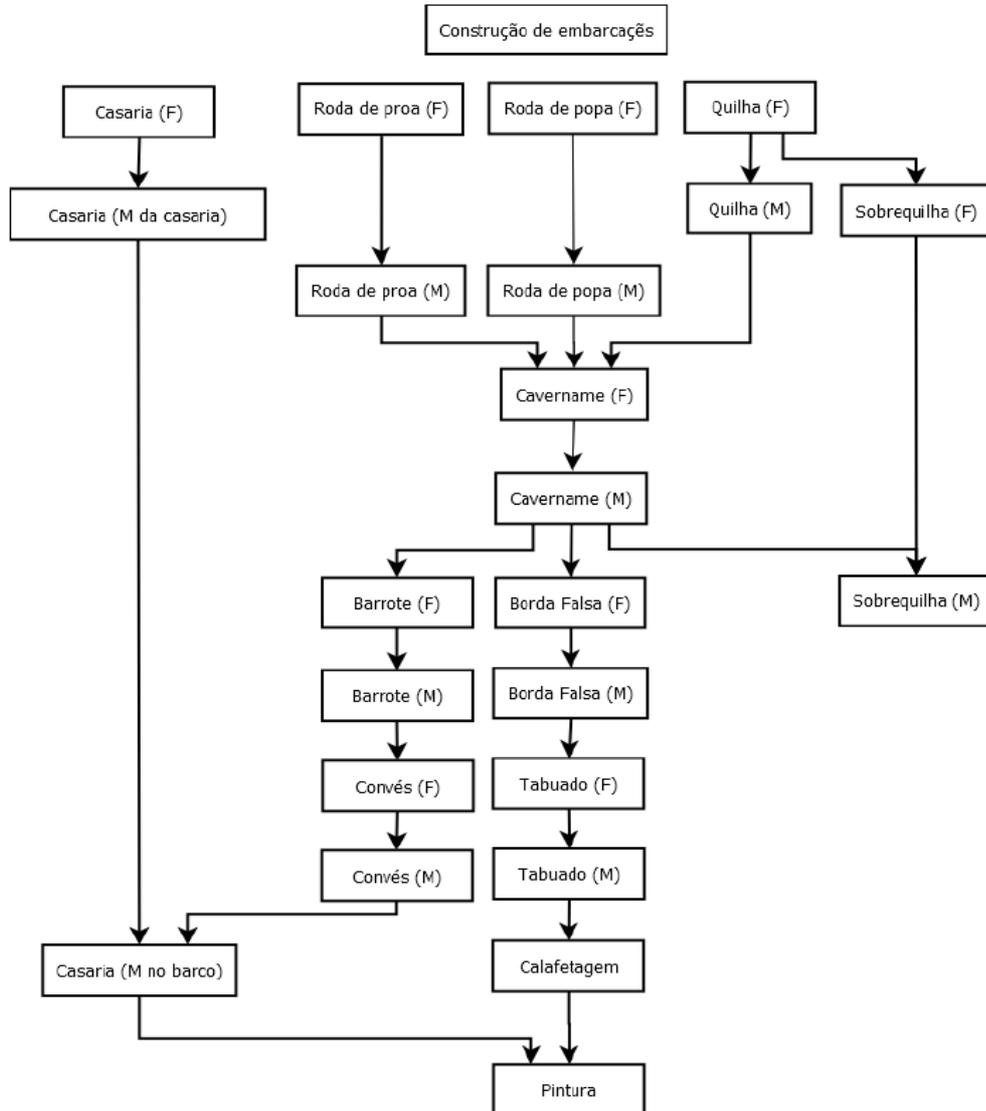
Publicada em WALTER et al. (2017).

Algumas etapas podem ser executadas em ordem distinta da apresentada na Figura 19. Por exemplo, notou-se que os construtores do extremo sul da Bahia preferem confeccionar o convés antes do tabuado do casco, de modo que os cavacos (serragem) gerados nesta operação não fiquem dentro da embarcação. Já em Santa Catarina, observa-se o contrário, sendo o tabuado realizado antes do convés. Em alguns casos, observou-se a execução de tabuado e convés de modo simultâneo por duas equipes de trabalho. Situação semelhante pode ser descrita para os elementos de proa e popa.

Após a instalação dos barrotes, quando é possível verificar a forma e volume do casco, é comum que o cliente seja consultado para que, em conjunto com o construtor naval, possa ser definida a forma e disposição dos demais elementos da embarcação, como casaria, casa de máquinas, porões, etc. A confecção do convés leva em consideração tal disposição, tanto na confecção de aberturas para os compartimentos abaixo do convés, como estruturas (esperas) para posterior fixação das obras mortas. A confecção dos elementos da casaria é então realizada.

O diagrama de precedência da Figura 20 exhibe a lógica de encadeamento das atividades da construção naval artesanal em madeira com base na dependência entre elas. Seu objetivo não é demonstrar a ordem das tarefas, mas sim a dependência entre elas. A atividade que é apontada pela flecha depende da atividade anterior a esta, ou seja, o sentido da seta sai da atividade predecessora e aponta para a sucessora (que depende do término da anterior). Por exemplo, a caverna, não pode ser construída antes que a estrutura formada pela quilha, roda de proa e popa, estiverem posicionadas. Igualmente o tabuado depende da caverna para sua construção. Já na relação do tabuado com o convés não necessariamente precisam seguir a ordem descrita por não dependerem um do outro.

Figura 20: Diagrama de precedência das atividades de construção em madeira de embarcações de médio porte e baixa autonomia segundo observado em campo.



Fonte: Silveira (2013).

No diagrama as atividades estão separadas em fabricação (F) e montagem (M) do componente, e incluem as etapas de calafetagem e pintura externa da embarcação. Algumas etapas de pintura, especialmente em áreas internas, podem ser necessárias durante a construção e não estão demonstradas no diagrama.

No diagrama é visível a relevância da construção do cavername como etapa gargalo na armação de uma embarcação. Destaca-se, também, que a casaria pode ser executada em paralelo com a armação e instalada como um módulo. Tal

arranjo de ordem de produção foi observado nos TPA Extremo Sul/BA e Norte ES (Figura 21).

Figura 21: Casaria sendo confeccionada em paralelo à construção de embarcação.



As imagens da Figura 22 demonstram as etapas iniciais de construção pela confecção do patilhão, quilha e talha-mar para uma embarcação de 15 metros de comprimento para pesca de sardinha em Balneário Barra do Sul/SC. O patilhão (Figura 22a) é um componente maciço que é fixado à quilha e pelo qual passa o eixo do sistema propulsor. Suas dimensões são tais que permitam o posicionamento do hélice o que, neste caso, significa 90cm de altura na face anterior. Sua inclinação (Figura 22b) determinará a inclinação do fundo do barco na popa. Neste caso, a quilha está sendo construída em duas partes, sendo a anterior fixada ao patilhão (Figura 22c) e a posterior fixada ao talha-mar (Figura 22d). O patilhão é parafusado aos demais elementos (Figura 22e), enquanto as duas partes da quilha serão unidas por uma emenda do tipo escava (Figura 22f). Na Figura 22f pode-se observar, além da fixação, um pré-entalhe que indica a futura união com o tabuado do fundo. Já na Figura 22e observa-se, além da emenda, um entalhe longitudinal para a mesma função. Estes componentes são geralmente confeccionados pelo ou com supervisão do mestre e definem uma série de dimensões e características de desempenho do produto final. Há especial cuidado na seleção da madeira para sua confecção, considerando a ausência de defeitos para produção de componentes de dimensões avantajadas.

Figura 22: Componentes iniciais de uma embarcação de 15 metros.



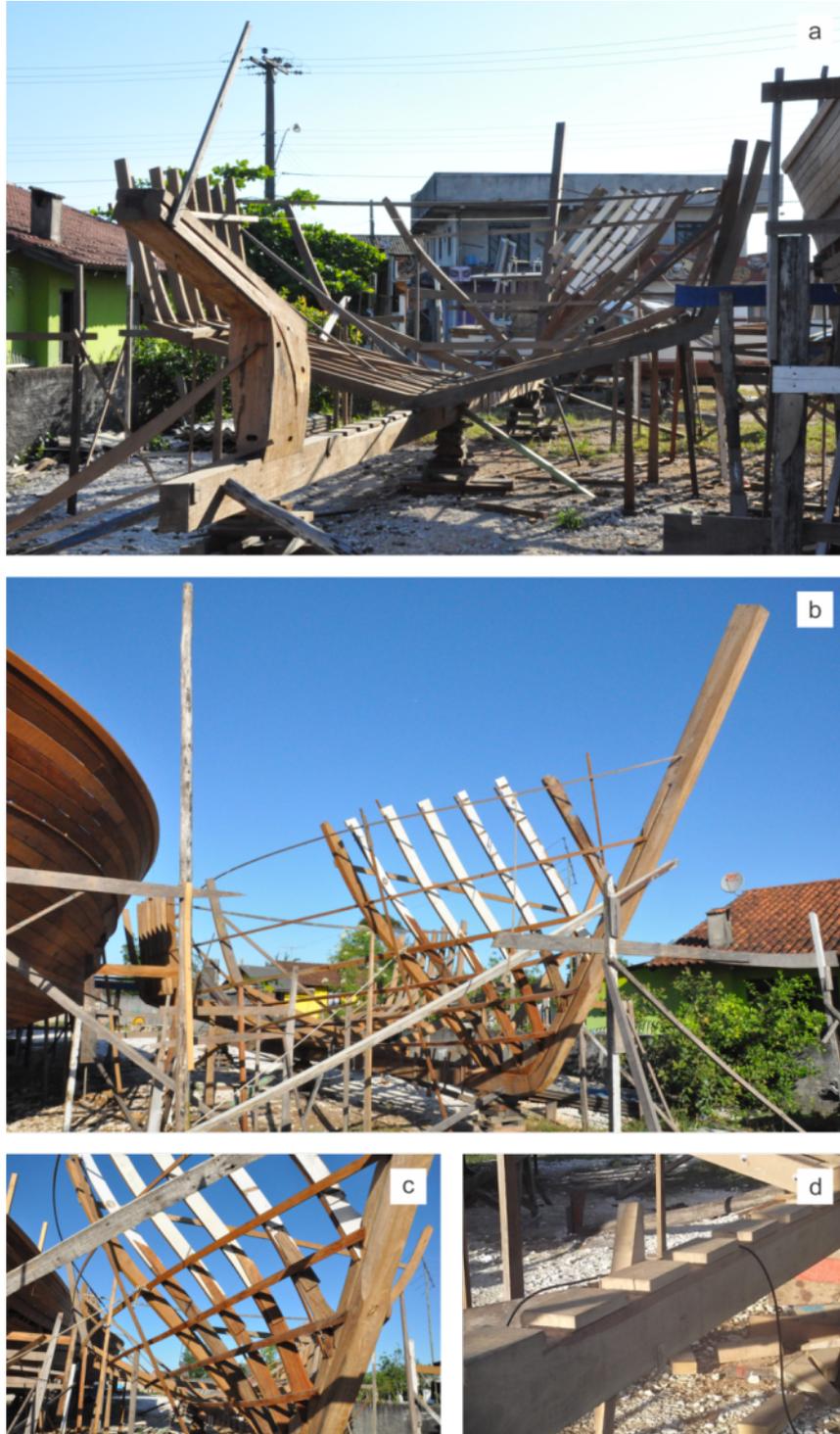
Patilhão em perspectiva (a) e vista lateral (b); montagem de quilha, patilhão e cadaste (c); quilha e talha-mar (d); detalhe de fixação do patilhão (e) e emenda da quilha (f).

Publicada em WALTER et al. (2017).

A Figura 23 apresenta a montagem dos elementos da Figura 22. Na vista de popa (Figura 23a) nota-se o posicionamento de patilhão, cadaste e quilha e o posicionamento de algumas cavernas de dimensões similares quase ao centro da

embarcação, que atuarão como balizas.

Figura 23: Armação com balizas e virotes.



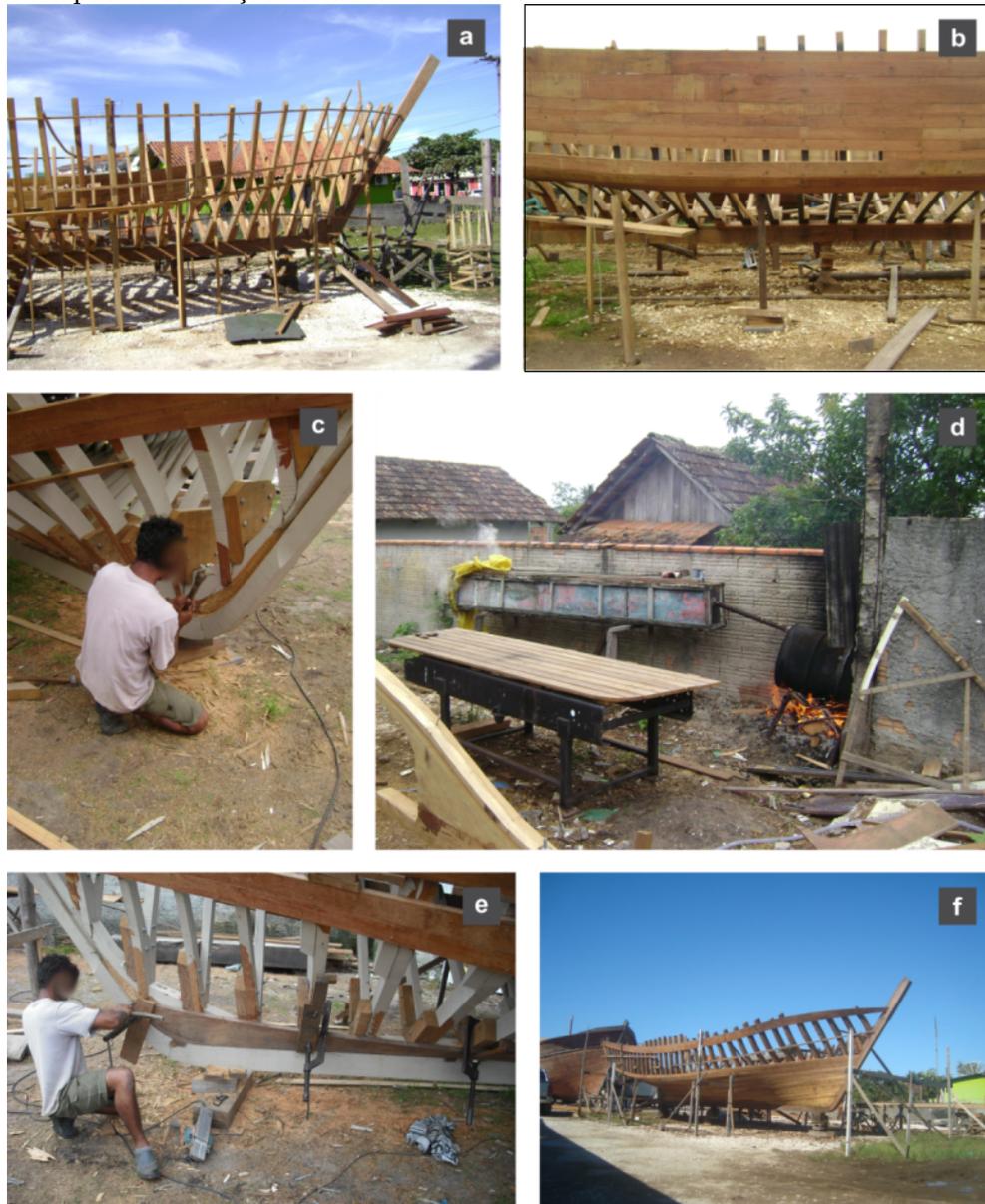
Vista da popa (a), da proa (b) e detalhes dos virotes (c) e entalhes da quilha (d).
Publicada em WALTER et al. (2017).

Este conjunto especial de cavernas é montado sobre entalhe na quilha (detalhe na Figura 23d) a partir de proporções ou modelos do carpinteiro e formam uma seção prismática constante ou quase constante da embarcação. A partir das balizas, e em direção à popa ou à proa, o construtor construirá um conjunto de linhas de referência. Na Figura 23b vê-se as ripas longitudinais com curvatura constante e suave entre as balizas e o talha-mar em seis alturas distintas. A curvatura destes viotes é ajustada para representar a superfície desejada. São então confeccionados modelos (nesta imagem visualizados nos componentes em compensado branco, da 2ª à 6ª caverna da proa para a popa) que permitirão a confecção das cavernas (detalhe na Figura 23c) e posterior colocação do tabuado (Figura 24).

Na Figura 24a observa-se o cavername de uma embarcação de 12 metros, também em Balneário Barra do Sul/SC, pronto e nivelado, ainda com o viote que determina a linha do convés, recebendo a tábua do casco que fará a ligação entre o costado acima e o fundo, abaixo (*chine*). O construtor pode optar por iniciar o tabuado desta peça do meio para cima (Figura 24b) ou para baixo (Figura 24f). Seções do casco cujos componentes apresentam curvatura simples ou curvatura composta muito suave são fixadas diretamente no local e moldadas com grampos e sargentos. Na emenda com cada caverna a tábua será furada e pregada com pregos galvanizados ao fogo. O furo facilita a fixação e evita o fendilhamento da madeira de alta densidade, e é escareado para que a cabeça do prego possa ser posteriormente protegida da corrosão do meio externo.

É reconhecido como boa prática entre os construtores a confecção de um tabuado espelhado, ou seja, com a mesma distribuição de componentes entre os dois lados do casco. Também há cuidado de não acumular emendas (encontro de topo entre duas tábuas) numa mesma caverna.

Figura 24: Etapas da confecção do tabuado do casco.



Cavernas e chine (a); costado (b); entalhe do resbordo (c); aquecimento com vapor (d); fixação do resbordo (e) e fundo (f). Publicada em WALTER et al. (2017).

Para conformar a curvatura do casco as tábuas são medidas e cortadas pelo processo denominado *fasquia*, com auxílio de um compasso de pontas secas e uma régua de referência, que consiste em:

1. Apoiar uma ripa de madeira maleável (régua) abaixo da tábua de referência; nesse processo é preciso deixar que a madeira faça naturalmente a sua curva e deve-se parar quando for necessário forçar a

- régua para que ela se molde à embarcação;
2. Com a régua posicionada é realizada uma marcação na madeira na linha da baliza (ou caverna), e a partir dela, as pontas do compasso devem ser colocadas de maneira que a sua abertura seja equivalente à distância entre a régua e a parte superior da tábua anterior (Figura 25a);
 3. Com a ponta que está sobre a régua fixa, gira-se o compasso, transferindo a abertura para a régua (Figura 25b). As etapas dois e três são realizadas em cada baliza até o ponto em que a régua não realize a curvatura naturalmente.
 4. Com a régua já marcada, essas medidas são transferidas para a tábua onde é desenhada a forma da peça que é finalmente cortada.

Tábuas com curvatura composta ou muito acentuadas precisam ser amolecidas com ação de calor, o que pode ser realizado pela impregnação com óleo combustível (querosene, linhaça, “óleo queimado”, etc.) e aplicação de chama com auxílio de maçarico ou pela aplicação de vapor d'água com dispositivo fabricado localmente e demonstrado na Figura 24d.

Particular atenção é dispensada nas tábuas que configuram a união do casco com a quilha, denominadas resbordo (Figura 24e). O encontro é trabalhado com enxó para produzir uma face paralela entre este e a quilha (Figura 24c).

Figura 25: Etapas da fasquia.



Medição (a), transferência (b) e marcação (c).

Exibe-se na Figura 26 algumas etapas da confecção de casario para este porte de embarcação. Em Figura 26a observa-se a estrutura do casario sendo fixada com a embarcação já contendo convés e borda falsa colocados. Nota-se que

o convés já contém aberturas que serão utilizadas como ligação entre a casaria e os espaços abaixo do convés (galerias, camarotes, porões, etc.). A estrutura espacial que dará forma ao casario é estudada com o auxílio de ripas provisórias, montadas e analisadas pelo construtor e, em alguns casos, discutidas com o cliente. Além da configuração espacial da casaria (que depende dos usos pretendidos para o produto), suas dimensões gerais expressam o compromisso entre a disponibilidade desejada de espaço interno (e, portanto, conforto) e a influência da área exposta acima do convés na navegabilidade da embarcação, especialmente em função da ação de ventos laterais.

É importante notar que o convés não é uma superfície plana, e que a cobertura da casaria deve possuir inclinação para esgotamento da água das chuvas, sendo geralmente levemente abaulada. A embarcação apresentada na Figura 26b possui o assoalho da casaria levantado para incremento do pé direito nos camarotes abaixo do convés. A estrutura tridimensional criada (Figura 26c) recebe assoalho com encaixe do tipo macho e fêmea (Figura 26d) e é fechado com placas de compensado naval, inclusive na cobertura.

Apresenta-se na Figura 27 a aplicação de polímero reforçado com fibra de vidro sobre o compensado da casaria, que tem por objetivo principal aumentar sua durabilidade às intempéries. A aplicação é, em geral, um serviço terceirizado, e consiste da impregnação do compensado com resina poliéster catalisada com auxílio de rolo de lã, sobre a qual são colocadas uma camada de tecido ou manta de fibra de vidro tipo E. A impregnação é completada com resina poliéster novamente com auxílio de rolo de lã (Figura 27a) e, após pré-cura de algumas horas em temperatura ambiente, com resina do tipo *gel coat* (Figura 27b).

Figura 26: Confeção de casario.



Estrutura (a); piso elevado (b); vista interna (c); colocação do assoalho (d) e vista geral (e).

A operação, denominada pelos construtores como “fibragem” do casario impede todas as atividades na embarcação em questão e nas embarcações do entorno para evitar a contaminação do material com serragem ou poeira. É precedida de uma limpeza geral, sucedida por etapa de lixamento e limpeza final.

São revestidos internamente pelo mesmo processo os componentes de “áreas molhadas”, como sanitários, caixas para armazenamento de gelo ou pescado, tampas expostas de porões, etc.

Figura 27: Aplicação de PRFV sobre casaria.



Impregnação de tecido com resina poliéster (a) e vista geral do trabalho concluído (b).
Publicada em WALTER et al. (2017).

Etapa crucial e que requer grande habilidade do construtor é a furação do patilhão para passagem do eixo do sistema propulsor (Figura 28). Um furo guia é realizado cuidadosamente para manter sua centralidade com auxílio de uma régua guia fixada à lateral externa (Figura 28a). Para tanto utiliza-se uma broca adaptada pelo construtor com prolongamento para um furo que terá mais de um metro de comprimento. A régua possui a inclinação que será dada ao eixo e, durante a furação, tal inclinação é conferida por um auxiliar que visualmente compara o alinhamento da broca com a guia. Na Figura 28b observa-se a broca do furo piloto pelo lado interno do patilhão.

Após conferido quanto ao alinhamento, o furo é alargado com outro dispositivo adaptado que consiste de um trilho sobre o qual desliza um motor com mandril sobre um fuso (Figura 28c). A ferramenta de corte, também adaptada, é uma haste metálica a qual é soldada uma faca para, neste caso, a confecção de furo com duas polegadas de diâmetro. Sobre o furo é fixada a cabeça de túnel com embuchamento (Figura 28d).

Figura 28: Furação do patilhão.



Vista externa (a) e interna (b) da confecção do furo piloto (nota-se a broca atravessando o patilhão na área circulado em vermelho); alargamento (c); e fixação da cabeça de túnel (d).

O casco fechado (Figura 29a) recebe entre os vãos das tábuas do casco e do convés uma fibra celulósica compactada que, em contato com água ou umidade, dilatará e, em conjunto com a dilatação da madeira, proporciona vedação. O calafeto pode ser constituído de fibras vegetais extraídas localmente, como a estopa de Biriba (*Rollinia mucosa*) observada no TPA Extremo Sul/BA ou estopa de algodão (Figura 29b), observada em Balneário Barra do Sul/SC, entre outros. Também foram relatados o uso de fio de nylon e corda de seda¹⁴.

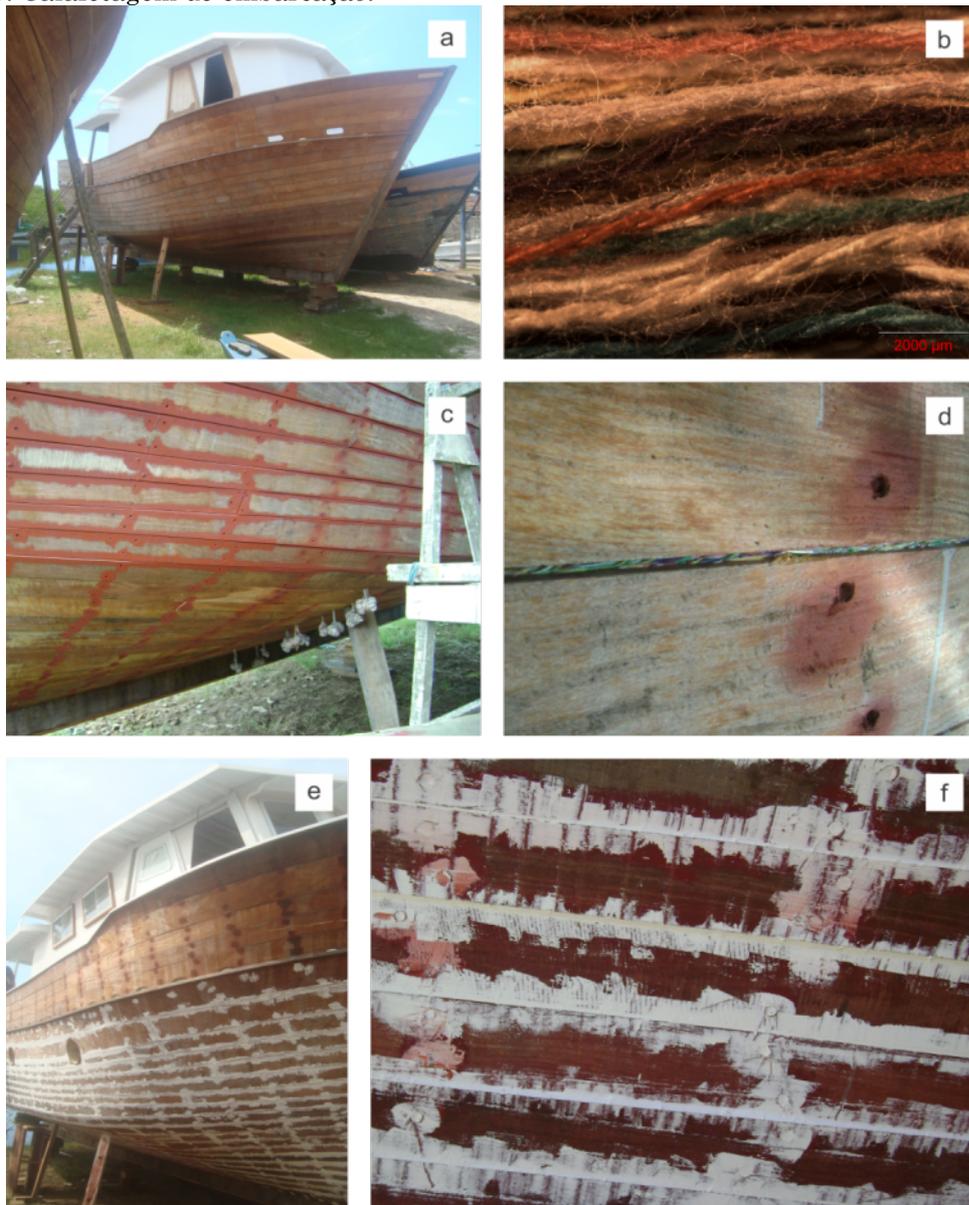
Antes da calafetagem, os construtores recomendam a aplicação de “tinta Zarcão”, com auxílio de pistola de ar comprimido, nas frestas entre as tábuas e nos rebaixos escareados das cabeças dos pregos. Segundo relato, tal ação impede a corrosão dos pregos e aumenta a durabilidade das tábuas do casco.

As tintas popularmente conhecidas como Zarcão eram revestimentos de base alquídica com altos teores de carga de óxido de chumbo, que atuava como inibidor galvânico de corrosão em peças metálicas, particularmente de aço baixo

¹⁴ Estes materiais não foram encontrados e, assim, não foi possível sua caracterização.

carbono. Com cor alaranjada marcante, as tintas Zarcão foram banidas em função da toxicidade do óxido de chumbo. Atualmente, são comercializados revestimentos alquídicos com carga mineral com o mesmo nome que se assemelham apenas na cor alaranjada do “Zarcão” original.

Figura 29: Calafetagem de embarcação.



A embarcação fechada (a) recebe estopa de algodão (b) sobre revestimento alquídico (c), no detalhe em (d); e massa de nivelamento (e), detalhe em (f).

A aplicação de tinta alquídica, entretanto, pode significar um incremento de proteção à madeira pois reveste suas faces laterais, que normalmente não

serão revestidas quando da pintura do casco. O revestimento pode também facilitar a adesão da massa de preenchimento/nivelamento aplicada sobre o calafeto. Na Figura 29c observa-se o casco com aplicação de Zarcão e alguns rolos de estopa de algodão a serem calafetados no fundo do barco. No detalhe na Figura 29d se vê o calafeto aplicado entre duas tábuas.

As frestas e rebaixos das cabeças de pregos recebem massa de nivelamento (Figura 29e), que pode ser “massa corrida” (resina vinílica com cargas minerais e espessantes) ou “massa sintética automotiva”, conhecida pela marca Massa Wanda®, de propriedade da empresa AkzoNobel que, segundo ficha técnica do produto, é constituída de resina alquídica, cargas, solventes, hidrocarbonetos e aditivos. Detalhe da aplicação pode ser observado na Figura 29f.

Até a presente etapa o material não recebeu nenhum tratamento de superfície, tendo sido apenas aplainado antes da fixação das tábuas no casco. Após longo período de exposição ao sol, com algum grau de degradação superficial e eventual empenamento; e considerando que o encaixe e nivelamento das tábuas possui alta tolerância, faz-se necessário um desbaste para promoção de superfície lisa e uniforme no casco. A Figura 30 oferece a comparação entre uma face desbastada e outra aguardando a operação.

O desbaste é realizado com lixadeira rotativa angular portátil de alta potência (1000 a 2000 Watts), com lixa para madeira de grão 20 ou 36. Eventualmente pode ser realizado um lixamento considerado de acabamento com lixa de grão 80. O uso de lixadeira rotativa angular não é ideal para esta aplicação, pois o operador não possui apoio para obter curvaturas suaves. Segundo relatos, esta operação era realizada manualmente com auxílio de tacos de diversos tamanhos, tendo sido estes substituídos pela lixadeira pela praticidade e velocidade de trabalho. Cabe ressaltar que esta operação é realizada sobre cabeça, com um equipamento pesado, grande quantidade de material particulado, em superfícies curvas de grandes dimensões. Além de exaustivo e perigoso, o lixamento requer grande habilidade para a obtenção da curvatura desejada. Tal habilidade é considerada por alguns construtores como a principal qualidade de um pintor naval.

Figura 30: Casco parcialmente lixado.

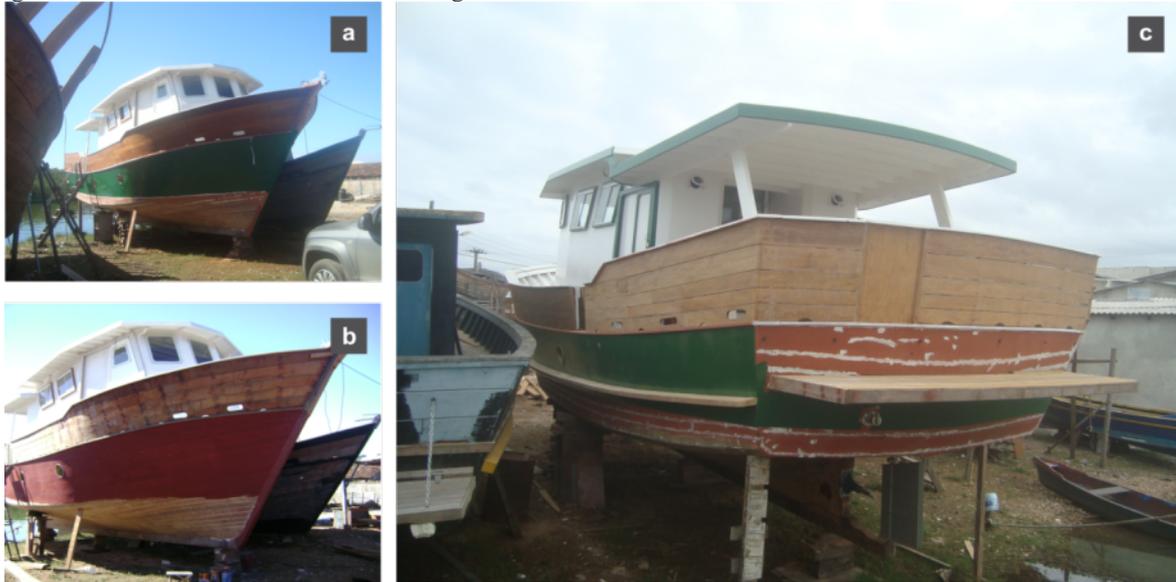


Eventuais defeitos provocados ou revelados pelo lixamento são corrigidos com massa de nivelamento e novamente lixados. O casco é lavado com água corrente e, com auxílio do mestre, é realizada a marcação da linha d'água com fita adesiva. A superfície do casco acima da linha d'água receberá aplicação de um revestimento de fundo e revestimento alquídico (esmalte sintético). Na Figura 31 observa-se a aplicação de tinta de acabamento na cor verde (Figura 31a) sobre fundo com tinta Zarcão (Figura 31b). Segundo os construtores, a tinta Zarcão deve ser utilizada como fundo pois esta variedade de madeira, denominada Ipê Champagne ou Cumarú (*Dipteryx odorata*), com alto teor de resina, produz alteração na coloração do revestimento (por migração de extrativos). Na parte externa da borda falsa aplicou-se revestimento do tipo *Stain* Impregnante de Acabamento (segundo boletim técnico do fabricante, composto de: fungicida, resina alquídica, óleos vegetais, hidrorrepelente, pigmentos, aditivos e solventes alifáticos).

Após lavagem com água sanitária comercial (hipoclorito de sódio à 2% em água) e enxágue com água pressurizada os componentes da casaria que foram

“fibrados” recebem um *primer* de adesão (*primer* epóxi isocianato alifático bicomponente de baixa espessura, segundo ficha técnica do fornecedor) para então receber revestimento alquídico.

Figura 31: Pintura acima da linha d'água.



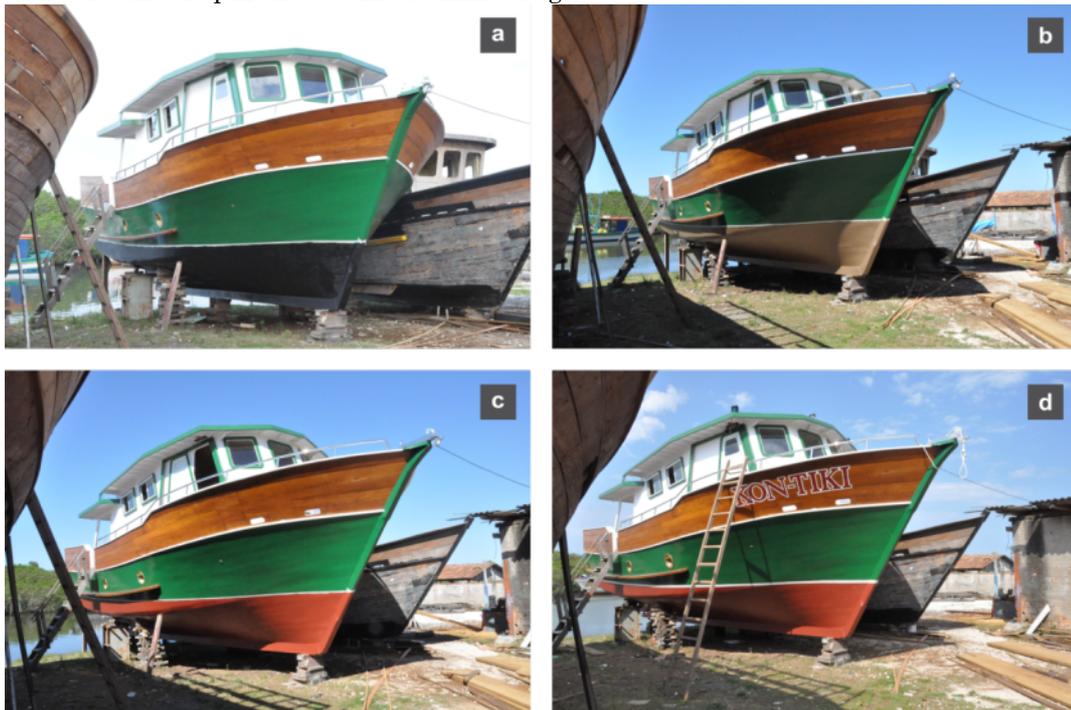
Esmalte sintético e *stain* (a) aplicados sobre fundo de tinta Zarcão (b). Diversos estágios concomitantes de pintura (c).

As diversas etapas de pintura estão sujeitas às condições climáticas, à alta umidade comum aos municípios litorâneos, bem como outras atividades no estaleiro, que geram poeira. É comum que não sejam realizadas de modo sequencial e por completo, como evidencia a imagem em Figura 31c onde se vê diferentes partes da embarcação em distintos estágios de pintura: enquanto a casaria já encontra-se finalizada; parte do casco está com fundo e esmalte sintético; e parte apenas com fundo; plataforma de popa e verdugo estão lixados; parte da borda falsa acabada; e sua porção lateral traseira e da popa aguardam lixamento.

O sistema de pintura aplicado no fundo do casco (Figura 32) e sugerido pelo fabricante dos revestimentos consiste de: (a) fundo epóxi bicomponente poliamida com alto teor de sólidos e alcatrão de hulha; (b) tinta anticorrosiva livre de alcatrão de hulha, de base vinílica (popularmente denominado “bronze”); e (c) tinta antincrustante de matriz solúvel.

O sistema, conforme recomendação do fabricante, possui intervalo de aplicação de 24 a 48 horas entre o fundo epóxi e o *primer* vinílico; de 10 horas a cinco dias entre este e o revestimento antincrustante; e de 4 horas a cinco dias entre as demãos de antincrustante. Caso o revestimento seja aplicado em tempo inferior ao recomendado, é provável a ocorrência de problemas de secagem e cura; enquanto que aplicações realizadas após o limite superior do intervalo terão deficiência de adesão entre camadas. Ainda, deve-se observar intervalo de 5 horas a 5 dias para alagamento da pintura, ou seja, lançamento da embarcação. Os intervalos do sistema de pintura demandam planejamento das operações e requerem condições climáticas estáveis.

Figura 32: Sistema de pintura abaixo da linha d'água.



Epóxi bicomponente com alcatrão de hulha (a); primer vinílico (b); revestimento antincrustante de matriz solúvel (c); e pintura finalizada com linha d'água marcada e aplicação de letreiro (d).
Publicada em WALTER et al. (2017).

2.2.5 Mudanças em Curso

Geralmente descrita apenas pela ótica de seus materiais, processos e formas tradicionais, a Construção Naval Artesanal é uma área viva, com dinâmica própria, sujeita à criação e eventual adoção de novas tecnologias.

No campo da forma, a modificação mais notável tem sido a tentativa de reduzir o calado sem redução da navegabilidade de embarcações sujeitas às bocas de barra que vem sofrendo processo de assoreamento e, portanto, redução da profundidade. Tal fenômeno implica também na alteração da dinâmica de arrebentação de ondas, bem como, em maiores velocidades de correntes de maré. As modificações incluem a adoção de hélices com maior número de pás (4, 5 ou até 6 pás) para compensar o menor diâmetro; instalação de estabilizadores laterais; reforços com chapa de aço inoxidável na quilha; etc.

Em relação aos processos de fabricação, observa-se a incorporação de ferramentas elétricas portáteis e de motosserra na medida que estes equipamentos tornam-se mais acessíveis, principalmente pela disponibilidade de importados.

Como será visto com maiores detalhes no próximo capítulo, os artesãos procuram selecionar madeiras de alta densidade, preferencialmente resinosas, com dimensões generosas e que, simultaneamente, possuam pouco interesse na construção civil e, portanto, menor valor de mercado. Ainda que as referências bibliográficas e as declarações dos construtores apontem para diversas espécies (ipê, oiticica, angelim, etc.) observa-se para embarcações de médio porte e baixa autonomia o uso quase unânime de Garapa (*Apuleia sp.*, também conhecida como Grápia, Garapeira, Amarelinho, entre outros). Nos últimos anos tem-se observado a adoção de Cumaru (*Dipteryx odorata*) nos estados do sul e Jaqueira (*Artocarpus Interglifolia*) no nordeste. Observou-se um estaleiro em Camamu/BA utilizando compósito sanduíche em construção *strip planking* com núcleo de Louro Canela (*Ocotea spp.* ou *Nectandra spp.*) e faces laminadas com tecido de fibra de vidro tipo S e resina epóxi.

Em Itacimirim/BA um armador de pesca relatou a confecção do casco de sua embarcação em Aracaju/SE pela laminação de placas de fibra ou manta de vidro tipo E com resina poliéster e posterior fixação mecânica sobre as cavernas de uma embarcação tradicional, como substituição total às tábuas de madeira. Segundo o entrevistado, tais placas compõem a forma original do casco sobre o qual serão realizadas etapas sucessivas de laminação até que se atinja a

espessura desejada.

Também há vasta incorporação de compensado naval, inclusive para elementos estruturais em embarcações de menores dimensões, além de seu uso tradicional em obras mortas, apesar da queixa generalizada da dificuldade de aquisição deste material com boa qualidade e custo acessível.

Em elementos da casaria observou-se alguns casos de utilização de placas de polietileno carregadas com *flakes* de alumínio oriundas da reciclagem de embalagens do tipo “longa vida” (Tetra Pack®).

Na confecção de elementos internos observou-se a utilização de madeira oriunda da demolição de residências, como no assoalho na Figura 26d. Na lógica de reutilização foi possível notar a aquisição de elementos de fixação usados, particularmente parafusos de aço-carbono zincados para união dos componentes de cavernas, oriundos de empresas de distribuição de energia e adquiridos a quilo.

Ainda do ponto de vista da reutilização de materiais, cabe ressaltar que, apesar da percepção comumente associada à CNA de desperdício de matéria-prima no corte da madeira, com alta geração de sobras e serragem, a atividade de campo permitiu observar uma prática racional de aproveitamento de tais resíduos. Os construtores navais empilham retalhos de madeira segundo sua qualidade e dimensões e, posteriormente, utilizam tais pilhas como estoque de material para a confecção de: réguas de referência, modelos e virotes; calços, cavaletes, escadas e andaimes; e peças menores das embarcações, inclusive aquelas em manutenção fora do estaleiro, quer sejam realizadas pelos construtores navais ou diretamente por pescadores. Retalhos inservíveis são queimados na geração de vapor para curvatura da madeira (Figura 24d) ou doados para alimentar fornos e fogões a lenha da comunidade local. A serragem é coletada regularmente por pequenos agricultores da região para compostagem ou forração de abrigos de animais. Em troca destes materiais, é comum que os construtores navais recebam “presentes” como peixes, hortaliças, carvão, etc. Tais práticas demonstram não apenas a preocupação dos artesãos com o uso eficiente da matéria-prima e da gestão de resíduos, como o caráter tradicional e

comunitário da CNA.¹⁵

O uso de massa de preenchimento como elemento de vedação em diversos componentes (casaria, convés, mastros, etc.) vem sendo agregado da utilização de adesivos seladores monocomponentes de poliuretano, particularmente as marcas Sikaflex®-291 de uso geral e Sikaflex®-290i DC para calafetagem de convés; além da vasta aplicação de “cola náutica”, um adesivo epóxi bicomponente que pode receber serragem de madeira como carga para aumento da viscosidade e redução de custo (incremento de volume/rendimento).

Para reduzir ou evitar o ataque da madeira do casco por organismos perfuradores de madeira, particularmente pelo molusco *Teredo Navalis*, observa-se o desenvolvimento de uma massa de revestimento composta de adesivo epóxi bicomponente (cola náutica), argamassa, massa acrílica e serragem¹⁶; bem como, a aplicação de revestimento externo ao casco com resina poliéster e tecido ou manta de fibra de vidro (Figura 33).

Figura 33: Aplicação de fibra de vidro + poliéster em saveiro em Cacha Pregos/BA.



¹⁵ Entretanto, nota-se que a disposição de outros resíduos, como restos de fibra de vidro, embalagens de tinta, solventes, etc. necessita de melhores práticas de gestão.

¹⁶ A proporção dos componentes varia entre diferentes “receitas”: 3kg de serragem x 0,85Kg de argamassa x 2,5kg de massa acrílica x 0,5kg de resina epóxi catalisada; 12 kg de resina epóxi, 20 kg de argamassa e 60 kg de massa acrílica; ou 1kg de resina para 6 kg de carga mineral.

Nos revestimentos, além da adoção de fundo com tinta tipo Zarcão e de acabamento externo com *Stain* Impregnante de Acabamento relatadas, observa-se a substituição do fundo epóxi bicomponente com alcatrão de hulha recomendado pelo fabricante do sistema de revestimento antincrustante por esmalte sintético oriundo da reciclagem de solventes, denominado pelos artesãos como “tinta reciclada”¹⁷.

Tais mudanças são realizadas pelos próprios construtores navais na tentativa de aprimorar seus processos e produtos e não descaracterizam seu aspecto artesanal, conforme a definição apresentada. Entretanto, é patente a carência de suporte técnico-científico, que pode incorrer em equívocos com prejuízos tanto para artesãos quanto para seus clientes. Por exemplo, a “fibragem” observada na Figura 33 utiliza resina poliéster sobre madeira resinosa, que pode sofrer delaminação, provocada pela migração de extrativos da madeira que interferem na adesão do laminado ao substrato, e absorção de água através do laminado, gerando um espaço entre este e o casco com oxigênio e umidade suficientes para proporcionar um acelerado processo de apodrecimento da madeira.

Particular interesse é despertado pela ação de políticas públicas orientadas à pesca artesanal no sentido de renovação, modernização e ampliação de sua frota (ABDALLAH; SUMAILA, 2007; DE AZEVEDO; PIERRI, 2014). Tais programas acontecem tanto em âmbito federal¹⁸ quanto estadual¹⁹, e consistem: da doação direta de embarcações a associações de pescadores ou colônias de pesca; do financiamento por bancos públicos da aquisição de embarcações previamente projetadas e licitadas; e do empréstimo de recursos financeiros com juros subsidiados para reforma, ampliação ou aquisição de embarcações.

Segundo divulgação destes agentes públicos, há um entendimento de que embarcações de madeira são inerentemente ineficientes e sua construção incentiva o desmatamento ilegal, particularmente do bioma Amazônia. Tais entes

17 Vide website de um dos fornecedores em <http://resicor.com/>

18 Como o Programa ProFrota e o Programa Revitaliza do extinto Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA, por exemplo.

19 Como o Projeto Renovar, da Bahia Pesca, por exemplo.

sugerem a substituição de embarcações tradicionais pela fabricação (algumas vezes seriada) em “fibra de vidro”. Apresentado de modo genérico o termo refere-se à fabricação com resina poliéster reforçada com fibra de vidro tipo E (PRFV) pelo processo de laminação por contato (*hand lay-up*) ou projeção (*spray-up*). Tais embarcações apresentariam as seguintes vantagens: são mais “ecológicas” ou “sustentáveis” pois não degradam as florestas na obtenção de madeira; são mais “leves” e, portanto, consomem menos combustível, carregam maior quantidade de pescado, e são adequadas para navegação em águas rasas (ou seja, possuem menor calado); e são mais “modernas”, proporcionando maior segurança e autonomia de navegação e, em última instância, maior qualidade de vida aos pescadores. Algumas ações propõem a substituição direta de embarcações de madeira por embarcações em PRFV com utilização do mesmo Registro Geral de Pesca (RGP), o que significa a necessidade de destruição da embarcação substituída.

Além de deslocarem a construção naval para um agente externo à comunidade pesqueira, com ameaça à renda dos construtores navais artesanais, tal argumentação carece de análise técnico-científica passível de realização pelos métodos de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação (SMPPF).

3 SELEÇÃO DE MATERIAIS POR ANÁLISE APLICADA À CONSTRUÇÃO NAVAL ARTESANAL

Com o objetivo de auxiliar na orientação do desenvolvimento de alternativas sustentáveis na Construção Naval Artesanal (CNA), bem como, na formulação de políticas públicas que pretendam interferir nesta cadeia produtiva, faz-se necessário um processo formal de seleção de materiais que forneça comparações técnicas entre os materiais e processos disponíveis atualmente e, simultaneamente, respeite o caráter artesanal do setor.

Para tanto, os materiais e processos disponíveis para a fabricação de embarcações são comparados por meio de Mapas de Propriedades dos Materiais (MPM) para avaliação de parâmetros de desempenho e sustentabilidade ambiental.

3.1 MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO NAVAL

Os principais materiais atualmente utilizados para a construção naval de um modo geral podem ser divididos em três famílias principais: naturais, compósitos e metais. A Figura 34 apresenta um diagrama destes grupos desmembrados em função de subcategorias de materiais e de processos de fabricação. Os pares Material/Processo (M/P) comumente utilizados para confecção de embarcações no país são grifados em cinza. As setas tracejadas representam relações entre M/P de diferentes categorias.

O material mais tradicional na confecção de embarcações artesanais é a madeira²⁰, particularmente o uso de toras unidas por cavilhas, como na jangada de piúba (*Apeiba tibourbou*)²¹ ou na jangada de raiz de timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*). Seu desempenho, além da forma, está ligado à baixa densidade das madeiras selecionadas. Diferentes das balsas, cujas toras são dispostas lado a lado e amarradas, as partes da jangada são selecionadas e trabalhadas de modo a

²⁰ Uma descrição detalhada da microestrutura, propriedades e processamento de madeira e seus subprodutos pode ser encontrada em Ferrante e Walter (2010).

²¹ As espécies de madeiras foram identificadas a partir de seus nomes comuns (populares) com auxílio de banco de dados disponível em http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca

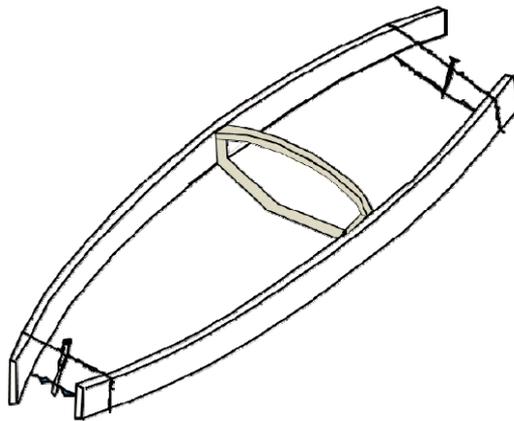
Cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e o Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*), por exemplo, são esculpidas para formar canoas monóxilas, também conhecidas como canoas “de um-pau-só” ou pirogas. Largamente descritas em textos históricos (Câmara, 1888) as canoas necessitam de madeira com rigidez (módulo de elasticidade) e resistência (tensão de escoamento) suficientes para suportar os esforços de flexão, torção e tração/compressão a que são submetidas combinadas com densidade que permita seu encalhe ou “puxada” em praias. Populações ribeirinhas e indígenas utilizam madeiras mais densas e resinosas, como a itaúba (*Mezilaurus itauba*), para aumentar a resistência contra o ataque de organismos xilófagos (fungos apodrecedores e cupins) e, deste modo, permitir que a embarcação permaneça atracada na água. Cabe destacar a técnica de alagar (afundar) completamente a embarcação quando de um longo período sem uso, de modo que fiquem protegidas da degradação pela radiação solar e que as baixas concentrações de oxigênio não permitam a propagação de organismos xilófagos.

Tábuas e vigas unidas por cavilhas ou elementos de fixação metálicos (pregos, grampos, parafusos) são moldados pelo método aqui denominado “caverna e barrote” para fabricação de embarcações miúdas. Em bateiras, jangadas de tábuas e paquetes, após a construção de proa, popa e elementos centrais fixos (como elementos do fundo do bote) ou temporários, as tábuas que formam seu costado são posicionadas aos pares (bombordo e boreste) e tracionadas com um barrote composto de uma corda envolta dos componentes e um elemento rígido para torção (Figura 35). As embarcações resultantes podem ser sem convés (abertas), com convés ocas e com convés preenchidas com material flutuante (poliestireno expandido, por exemplo).

Embarcações de pequeno e médio porte são, atualmente, em geral construídas pelo método de tabuado sobre cavernas (em inglês, *plank on frame*), conforme descrito, com a utilização de madeiras de alta densidade e, preferencialmente, resinosas (resistentes ao ataque de organismos marinhos perfuradores). Duas variações deste método consistem da substituição do calafeto de vedação por um sarrafo de madeira macia montada com interferência nas frestas entre as tábuas, aqui denominado sarrafeado (em inglês, *batten seam*); ou

do preenchimento das frestas chanfradas com resina epóxi com altos teores de carga (serragem de madeira, cargas minerais, fibras vegetais, fibras curtas ou partículas de vidro, etc.), aqui denominado “tabuado sobre cavernas colado”, ou tabuado colado. Este último apresenta a vantagem de redução da frequência de manutenção para substituição de calafeto, além de permitir a total impermeabilização externa do casco com material polimérico termofixo com adição opcional de reforço de tecido ou manta de fibra de vidro tipo E (tabuado colado e revestido). Ambas opções, além de reduzir o ataque de organismos perfuradores e o aporte de umidade na madeira, aumentam a rigidez do casco.

Figura 35: Desenho esquemático de sistema de tração de tábuas com uso de barroto.



Fonte: Lyra (1994).

Em campo observou-se o revestimento da face externa do casco sem a extinção do calafeto, o que pode gerar delaminação do revestimento pela movimentação dos componentes do tabuado, quer seja decorrente da contração e dilatação natural da madeira ou dos esforços de flexão a que são submetidos.

Referências (GERR, 1999; NASSEH, 2000) apontam métodos de fabricação onde o tabuado é realizado em duas camadas intercaladas na horizontal ou na diagonal, sendo que este último pode ser sobreposto ou cruzado. Tais métodos não foram observados em campo.

Embarcações calafetadas quando encalhadas tentem a apresentar redução da efetividade de vedação, resultante da contração e dilatação da madeira, bem como, do calafeto. Tal efeito pode ser reduzido pela construção com tábuas

chanfradas, ligeiramente sobrepostas e calafetadas. Conhecido como tabuado trincado (em inglês, *lapstrake*), tal sistema resulta de um perfil típico, em “degraus”, facilmente identificável nas baleeiras de Santa Catarina (Figura 36) e atualmente em desuso no país.

Figura 36: Baleeira de Santa Catarina no acervo do Museu Nacional do Mar.



Considerando que a dificuldade de conformação de tábuas de madeira à curvatura das embarcações é inversamente proporcional à sua largura e espessura, tal trabalho é facilitado pela sua substituição por ripas, cujas faces laterais são usinadas com tupia para formar um encaixe côncavo/convexo (em inglês, *cove and bed*). Tal sistema, denominado ripado colado, gera um grande número de arestas a serem preenchidas para vedação e, desta forma, utiliza adesivos em vez de calafeto. Tal método não foi observado nas visitas aos estaleiros. Entretanto, a superfície resultante do ripado/colado pode ser revestida interna e externamente com resina e reforço, resultando de um compósito sanduíche com núcleo de madeira denominado *strip-planking*²². Tal método construtivo é adequado para construção de embarcações de diversos portes, desde canoas e caiaques até embarcações de 24m de LOA (GERR, 1999; NASSEH, 2000, 2007). Segundo os autores, apesar do alto emprego de mão de obra especializada, o *strip-planking* resulta em cascos com boa rigidez, sendo adequado para projetos com casco de deslocamento e fundo arredondado com alto grau de customização

22 Não foi possível encontrar tradução do termo para língua portuguesa.

(produção *one-off*). A Figura 37 mostra o exemplo de uma embarcação de pequeno porte sendo construída em *strip planking*.

Figura 37: Casco de embarcação à vela sendo construído em *strip planking*.



Laminação de tecido biaxial de fibra de vidro com resina epóxi sobre o casco composto de ripas de madeira (a) e detalhe do tecido biaxial sobre o casco de ripas antes da laminação (b).

Especial atenção deve ser dispensada na seleção e secagem prévia da madeira, preferencialmente em estufa, bem como na seleção da matriz polimérica e dos reforços para uma adesão consistente. Observou-se a fabricação de embarcações de lazer por *strip planking* em: estaleiro (não-artesanal) de Itajaí/SC que utiliza núcleo de cedro-rosa (*Cedrela spp.*), e cuja técnica é oriunda de referências e intercâmbio internacional; e estaleiro artesanal de Camamu/BA que utiliza núcleo de louro-amarelo (*Ocotea spp. ou Nectandra spp.*) com técnica, segundo o mestre, desenvolvida localmente²³, o que inclui a secagem da madeira em estufa a lenha, alimentada com restos de madeira do estaleiro. Este último concilia o *strip-planking* com métodos tradicionais, como tabuado sobre cavernas e caverna e barrote, e outros compósitos, como a laminação por contato com lâminas de madeira.

A busca por alternativas à madeira inclui a utilização de seus produtos, principalmente o compensado naval. As técnicas de fabricação em compensado

²³ Em entrevista o mestre utiliza três expressões para se referir ao processo de desenvolvimento e/ou aprendizagem da técnica: “aprendi sozinho”; “aprendi conversando com a gente que passa por aqui”; e “eu vou pensando e testando, pra ir melhorando o jeito de fazer”.

são similares às da madeira, podendo ser: calafetado; colado; trincado; ou colado e revestido na face externa. O compensado pode ainda ser utilizado como núcleo na fabricação em sanduíche, pelo método tradicional com confecção do tabuado sobre cavernas e posterior revestimento com resina+reforço; ou pela união de peças de compensado com costura e adesivo náutico, revestimento e posterior remoção da costura, denominado *stich-and-glue*, ou seja, “costura e cola”. A utilização de madeira compensada dificulta a conformação de superfícies de curvatura composta ou de curvaturas simples com pequenos raios, de modo que as embarcações são projetadas com fundo chato ou fundo em V com quinas (*chine*). Mencionado na literatura como de larga aplicação náutica (DOKOS, 2013), a utilização de madeira balsa confeccionada em placas com disposição perpendicular ao grão (*end-grain balsa*) não foi observada nos estaleiros visitados. Já a produção de laminados sólidos com todas ou algumas camadas constituídas em lâminas de madeira (moldagem à frio) é raramente encontrada.

A tecnologia de fabricação de produtos em compósitos do tipo sanduíche com núcleo de espuma ou colmeia polimérica (*honeycomb*), bem como, laminados sólidos (por contato, projeção, transferência de resina, infusão, ou a vácuo) é amplamente disponível em literatura básica (NETO; PARDINI, 2006) e não será pormenorizada neste texto. Cabe mencionar que na indústria náutica (não artesanal) nacional os principais processos utilizados são: laminação por projeção (*spray-up*); laminação por contato (*hand lay-up*); e moldagem a vácuo de estruturas sanduíche.

Igualmente bem fundamentada é a construção naval em aço e alumínio (SIMS, 1993), sendo observadas no Brasil a fabricação de embarcações miúdas em alumínio naval (série AL5000) rebitado (GALANTE, 2003) e de embarcações de médio e grande porte em aço-carbono por calandragem e soldagem (FERRAZ et al., 2002; MOURA, 2008; MOURA; BOTTER, 2011). Mais recentemente e em menor grau, tem-se a adoção da fabricação de embarcações de médio porte em alumínio soldado sobre estrutura espacial longitudinal (*longitudinal framing*) (KLINK, 2006).

3.2 MAPAS DE PROPRIEDADES DOS MATERIAIS PARA EMBARCAÇÕES PESQUEIRAS

Dentre os métodos de SMPF propostos por Ashby & Johnson (2014), a Seleção de Materiais por Análise consiste na comparação simultânea de mais de uma propriedade dos materiais, por meio de um índice de mérito, segundo um objetivo pré-determinado como, por exemplo: redução de massa; aumento da vida útil em fadiga; incremento de resistência à abrasão; etc. A ferramenta mais utilizada de visualização de tais propriedades é composta por Mapas de Propriedades dos Materiais (MPM), também conhecidos como Mapas de Ashby, que são representações gráficas contendo uma ou mais propriedades em seus eixos, dispendo os materiais segundo seus valores. A escolha de um determinado mapa depende do objetivo daquela etapa de seleção, e sua montagem pode ser facilitada com o uso de bancos de dados e *softwares* específicos, como o *Cambridge Engineering Selector* (CES). Tais mapas podem ser gerais, ou seja, com todas as classes de materiais; ou comparativos a um material já em uso (ou forte candidato, quando do projeto de um novo produto).

Os objetivos da SMPF dependem do uso projetado para o objeto em questão. No caso das embarcações artesanais, cuja utilização é principalmente para pesca artesanal, e cujo recorte neste trabalho se dá para embarcações de médio porte e baixa autonomia em função da relevância desta categoria na frota pesqueira artesanal, pode-se destacar como atributos de qualidade desejáveis²⁴:

- baixo consumo relativo de combustível, principal item de custo da atividade pesqueira artesanal;
- longa vida útil, que permita ao proprietário da embarcação obter rentabilidade sobre o investimento realizado na sua construção;
- segurança de navegação, traduzida na capacidade da estrutura de suportar o conjunto de cargas e esforços a que será submetida;
- baixo custo de manutenção; e
- baixa frequência de manutenção.

²⁴ A ordem de apresentação não significa, necessariamente, uma ordem de prioridades.

Diferente de outros meios de transporte, onde a massa do veículo está diretamente relacionada com o consumo de combustível, para uma dada forma da embarcação, e seu correspondente deslocamento (projetado), a massa final do barco indicará sua capacidade de carga, e não necessariamente sua eficiência energética.

Para embarcações de deslocamento o consumo de combustível está atrelado a um conjunto de características, a saber: forma hidrodinâmica, que pode ser resumida na relação entre comprimento, largura e calado; relação comprimento por velocidade de cruzeiro; e correto dimensionamento do sistema de propulsão (motor, câmbio/reversor, eixo de transmissão e hélice). Cabe ressaltar que estes parâmetros não estão diretamente relacionados à massa final da embarcação.

Portanto, a opção por materiais considerados leves, ou seja, aqueles com altos valores de proporção entre propriedades mecânicas (tensão de escoamento, módulo de elasticidade, tenacidade à fratura, etc.) e densidade é relevante para embarcações de alto desempenho (regata, patrulhamento, etc.) e de planeio, mas não é um item crítico para embarcações de serviço (NASSEH, 2000).

Os parâmetros de baixo custo e frequência de manutenção estão, por sua vez, atrelados à resistência do casco ao ambiente marinho, incluindo seus organismos vivos, e são mais facilmente visualizados por parâmetros qualitativos. Desta forma, os parâmetros selecionados para a SMPF por análise no presente trabalho são a durabilidade e a segurança do casco. Sua tradução em propriedades requer o entendimento dos esforços a que os cascos são submetidos durante a navegação.

Os principais tipos de movimento de uma embarcação são: jogo (*roll*), movimento de oscilação em torno do eixo longitudinal; caturro ou arfagem (*pitch*), oscilação vertical em torno do eixo transversal; cabeceio (*yaw*), oscilação horizontal em relação ao eixo longitudinal; deslizamento lateral (*sway*); para vante (*surge*), quando “descendo” uma onda; e deslizamento vertical (*heave*), quando caindo no “cavado de uma onda” (BARROS, 2012).

Tais movimentos geram dois tipos de carregamento de flexão, o alquebramento (*hogging*), quando o cume de uma onda encontra-se atravessando

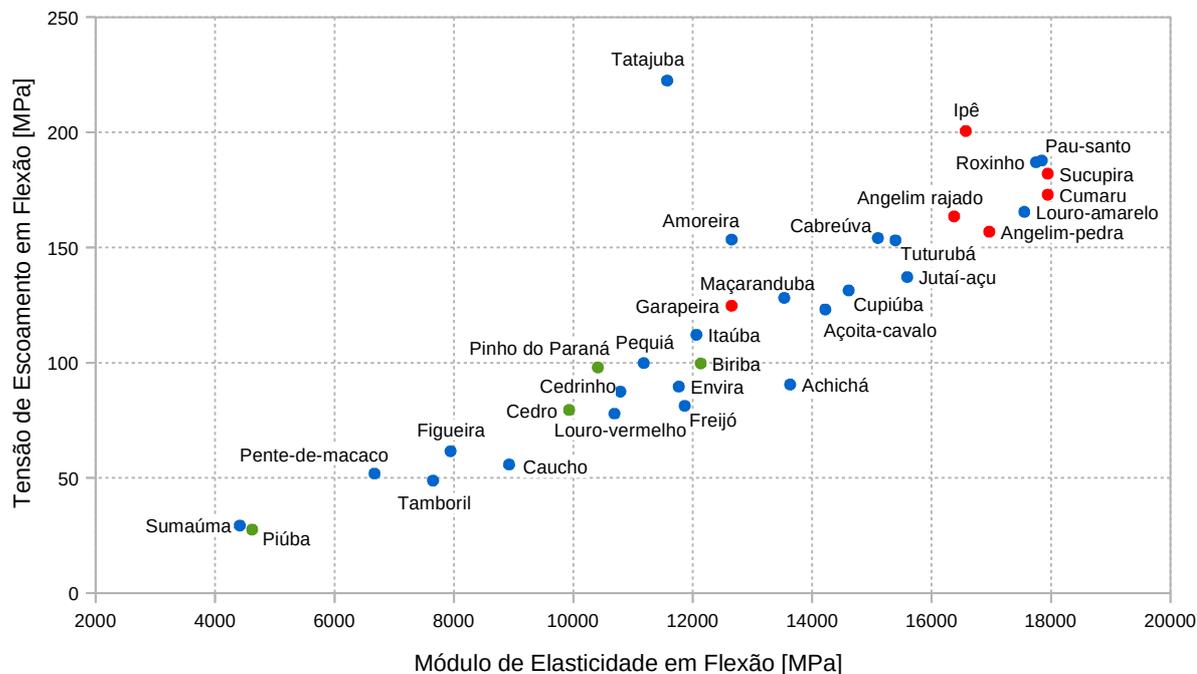
a embarcação, causando esforço de tração na porção superior do casco, e compressão em seus elementos inferiores; e o tosamento (*sagging*), quando da passagem do cavado da onda pela embarcação, causando esforços de mesmo sentido, porém em direção contrária, ou seja, compressão na linha do convés e tração na linha da quilha (OKUMOTO et al., 2009).

O dimensionamento de embarcações usualmente considera-as como uma estrutura espacial (tridimensional) como uma casca (*shell*) com reforços transversais e longitudinais com os parâmetros sequencialmente avaliados: espaçamento dos reforços transversais (cavernas); espaçamento dos reforços longitudinais; critérios de projeto e esquema de esforços; espessura do costado; dimensionamento (escantilhão) dos reforços longitudinais; definição do módulo das seções transversais; dimensionamento dos reforços transversais; cálculo da massa da estrutura; determinação do momento de flexão da embarcação. Tais parâmetros são revistos até que o projeto possa ser considerado otimizado ou satisfatório (MOLLAND, 2011).

Se isolarmos um elemento espacial de tal estrutura, este será composto de uma placa plana retangular (casco) apoiada em todas as suas laterais pelos reforços transversais e longitudinais. Os reforços podem ser compreendidos como vigas bi-engastadas com carga distribuída, enquanto os esforços elementares na placa são de uma chapa em flexão (SOBEY; BLAKE; SHENOI, 2013). Considerando que, em geral, o material do casco é similar ao material dos reforços; e que a condição de chapa em flexão é mais crítica do que para a viga bi-engastada; considerou-se as propriedades mecânicas de módulo de elasticidade e tensão de escoamento em flexão como parâmetro inicial para composição dos MPM. A Figura 38 apresenta tais valores para 31 espécies de madeira nativas escolhidas entre as mais de 160 espécies nativas cujos dados de propriedades mecânicas foram organizadas por Araujo (2002), a partir de 32 referências bibliográfica; e 4 espécies de Chudnoff (1980). Espécies marcadas em vermelho são aquelas reportadas na literatura e em entrevistas com os construtores navais como adequadas à aplicação estrutural na CNA. Em verde são as reportadas para uso não estrutural na CNA. Em azul espécies selecionadas aleatoriamente entre

a vasta disponibilidade de madeiras nativas.

Figura 38: Tensão de escoamento em flexão *versus* Módulo de Elasticidade em flexão para espécies de madeiras brasileiras selecionadas.



Espécies marcadas em vermelho são aquelas reportadas na literatura e em entrevistas com os construtores navais como adequadas à aplicação estrutural na CNA. Em verde são as reportadas para uso não estrutural na CNA. Em azul espécies selecionadas aleatoriamente entre a vasta disponibilidade de madeiras nativas. Fontes dos dados: Araujo (2002); Chudnoff (1980).

Nota-se cinco espécies de madeiras nativas reportadas como de uso estrutural na CNA no canto superior direito do mapa (Ipê, *Tabebuia serratifolia*; Sucupira, *Bowdichia nitida*; Cumaru, *Dipteryx odorata*; Angelim rajado, *Marmaroxylon racemosum*; e Angelim pedra, *Dinizia excelsa*), o que indica a adequação dos parâmetros selecionados para avaliação de desempenho. Como mencionado na seção 2.2.5 (pág. 85), a espécie de madeira mais utilizada atualmente na CNA é a Garapeira (*Apuleia sp.*), reportada como opção de menor custo em relação às espécies ideais. Assim, pode-se afirmar que, em princípio, as espécies posicionadas entre a Garapeira e aquelas do canto superior direito no mapa exemplificam a vasta gama de possibilidades de madeiras nativas para aplicação estrutural na CNA.

Agrupou-se o conjunto completo de 160 espécies organizadas por Araujo (2002) em três categorias segundo suas densidades. Com auxílio do software

Cambridge Engineering Selector (CES)²⁵, tais grupos foram então comparados com as alternativas detalhadas abaixo.

Materiais compósitos de matriz epóxi e matriz poliéster reforçados com fibras de vidro, pois tais materiais são mais adequados à produção em pequena escala com alto grau de customização e baixo investimento em capital, bem como, tem sua utilização na CNA sendo apontada por diferentes iniciativas (POHL, 2007; SHAMSUDDIN, 2003; WIBAWA; BIRMINGHAM; WOODWARD, 2015), além das políticas públicas mencionadas na seção 2.2.5. Diversas combinações de matrizes e reforços foram avaliadas. Por questão de visualização dos mapas, apenas dois compósitos de matriz poliéster e dois compósitos de matriz epóxi são apresentados: poliéster com reforço de fibra de vidro por projeção (*choped glass* ou *spray-up*); poliéster com reforço em fibra de vidro tipo E, biaxial, quase-isotrópico, com 45% em volume de teor de fibras (valor característico para laminação por contato); epóxi com reforço em fibra de vidro tipo E, biaxial, também com 45% em volume de teor de fibras; e epóxi com reforço em fibra de vidro do tipo S, unidirecional, com teor de fibras entre 47 e 55% em volume. Desta forma, os compósitos cobrem desde a produção por *spray-up*, seguramente a mais empregada no país, passando pela laminação por contato em moldes abertos, até a produção por *vacuum bag*, de maior teor tecnológico.

Como alternativa aos PRFV, também foram avaliados compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais (PRFN), uma vez que tais materiais apresentam vantagens em termos de custo e origem (renovável) da matéria-prima. Dentre as diversas possibilidades, optou-se pela avaliação de compósitos de matriz epóxi com reforço de fibra do pseudocaule da bananeira (formado pelas bainhas das folhas) e de sisal, em função de seu bom compromisso entre propriedades e custo; e porquê estão disponíveis ou podem ser rapidamente reflorestadas em áreas costeiras tropicais já degradadas (SHAH, 2014; VENKATESHWARAN; ELAYAPERUMAL, 2010). A matriz epóxi foi selecionada pela sua capacidade de reduzir a absorção de umidade das fibras celulósicas no

²⁵ Licenciado para o Laboratório de Design e Seleção de Materiais | LdSM da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul | UFRGS.

PRFN (ANSELL, 2014; VENKATESHWARAN; ELAYAPERUMAL, 2012). Os modelos do pacote *Hybrid Synthesizer*²⁶ do CES foram utilizados para estimar as propriedades dos laminados de PRFN, considerando-os quase-isotrópicos com 30% em volume de teor de fibras (correspondente à laminação por contato de mantas) com 100% de adesão matriz/reforço, a partir de valores para propriedades do sisal disponíveis no CES e dados de literatura para compósitos de epóxi reforçados com fibra do pseudocaule da bananeira (SHAH, 2014; VENKATESHWARAN; ELAYAPERUMAL; ARWIN RAJ, 2012). Ainda que 100% de adesão matriz/reforço não seja um valor praticável, tal parâmetro representa o melhor desempenho teórico para os PRFN selecionados. Como os PRFN de banana e sisal apresentaram resultados similares, optou-se por mostrar nos MPM apenas os compósitos de sisal.

As madeiras nativas também foram comparadas com madeira reflorestada, *Pinus eliotti* e *Tectona grandis*, e produtos da madeira, compensado de faia com 7 lâminas e Madeira Laminada Colada (MLC, em inglês, *Glulam*); e com bambu, que é facilmente cultivado e do qual podem ser obtidas tiras, fibras ou produtos laminados.

Materiais compósitos sanduíche com núcleo de madeira e de produtos da madeira foram avaliados através de dados estimados pelo *Hybrid Synthesizer* do CES considerando as faces compostas de matriz epóxi com reforço de fibra de vidro e de fibra de sisal combinados com quatro diferentes núcleos (madeira compensada, madeira balsa, *pinus* e louro).

De tal maneira, as opções de sanduíche cobrem a técnica de *stitch and glue* (vidro/compensado); *strip planking* com um produto da madeira (vidro/balsa), uma madeira nativa (vidro/louro) e uma madeira reflorestada (vidro/pinus); e os mesmos processos são comparados com uma opção de fibra natural. Os parâmetros de modelagem são de faces de 3mm de espessura, núcleo de 25mm de espessura, extremidades embutidas e carga uniformemente distribuída. Utilizou-se o modelo *Balanced Sandwich Panels* com 100% de adesão nas interfaces.

²⁶ Licenciado para a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), gentilmente disponibilizado pelo Prof. André Canal Marques para este trabalho.

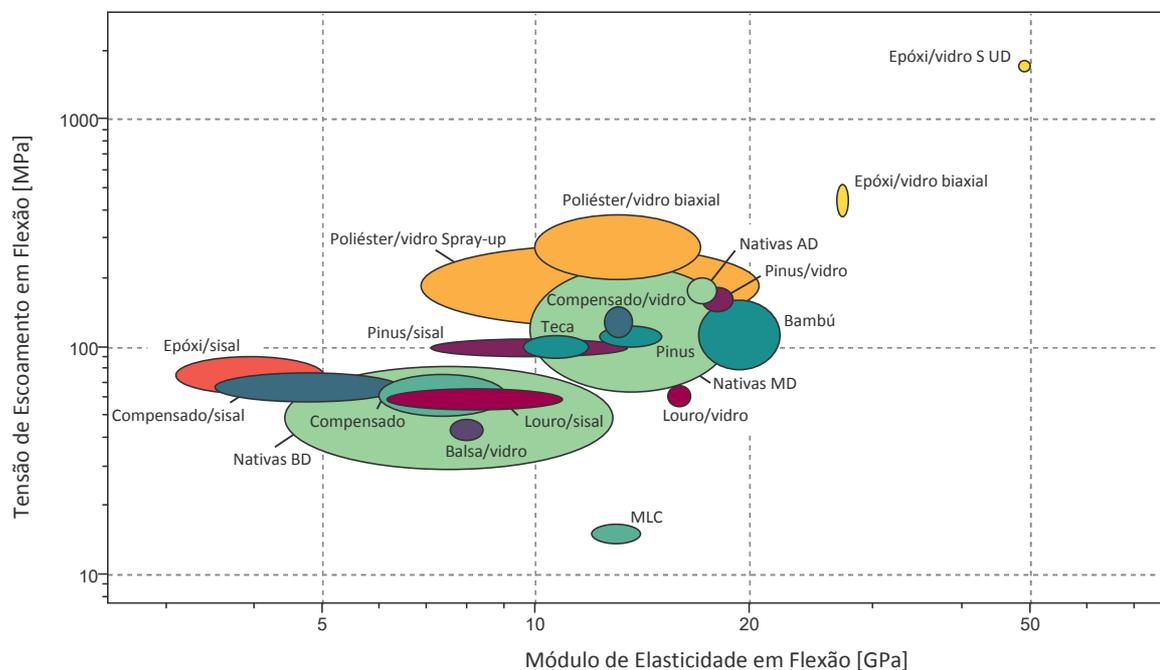
A construção em aço ou alumínio não foi considerada no presente trabalho porque sua adoção não é acessível aos construtores navais artesanais sem investimentos maciços de capital.

3.2.1 Mapa de propriedades dos materiais para desempenho mecânico

Na Figura 39 exibe-se o MPM construído para resistência à flexão (módulo de ruptura, em MPa) contra o módulo de flexão (em GPa). Neste mapa, quanto maiores os valores de ambas as propriedades, melhor o desempenho do material. Observa-se que as diferentes espécies de madeiras brasileiras têm resistência variando de 30 a 200 MPa. O bambu e as espécies de madeira reflorestada têm propriedades semelhantes às da madeira nativa de média densidade. Dentre os produtos da madeira, observa-se um desempenho ligeiramente inferior para madeira compensada e significativamente inferior para a MLC. Compósitos de poliéster com fibras de vidro obtidos por *spray-up* tem resistência similar à madeira de média densidade (50 a 150 MPa). O desempenho dos compósitos evolui para acima dos valores da madeira nativa quando dos reforços quasi isotrópico e biaxial; sendo, como esperado, compósitos epóxi com reforço de fibras unidirecionais a opção de material com melhor desempenho em flexão. Os compósitos banana/epóxi e sisal/epóxi têm uma resistência semelhante ao limite inferior dos compósitos *spray-up*, o que equivale à parte inferior das madeiras de média densidade.

Comportamento semelhante entre compósitos é encontrado para a rigidez em flexão, com epóxi com reforço unidirecional mostrando um desempenho notavelmente maior. Nos produtos de madeira nota-se a baixa rigidez da madeira compensada e o desempenho da MLC semelhante a madeiras de média densidade. Destaca-se a rigidez do bambu, cujo desempenho é superior às madeiras de alta densidade. Os compósitos de banana/epóxi e sisal/epóxi apresentaram menor desempenho de rigidez do que os compósitos *spray-up*.

Figura 39: Mapa de propriedades dos materiais para Desempenho Mecânico – Resistência à flexão [MPa] vs Módulo em flexão [GPa].



Esquema de cores: verde-claro, madeiras nativas brasileiras; verde, produtos de madeira; verde-escuro, madeira reflorestada e bambu; amarelo, laminados de epóxi; laranja claro, laminados de poliéster; laranja, laminado de epóxi reforçado com fibra natural; magenta escuro, compósitos sanduíche com núcleo de *pinus*; magenta, compósitos sanduíche com núcleo de madeira nativa; turquesa, compósitos sanduíche com núcleo de madeira balsa. Fontes dos dados: madeiras nativas, ARAUJO (2002); laminado de epóxi reforçado com fibra natural e compósitos sanduíche estimados com *Hybrid Synthesizer* do CES; demais materiais, CES.

O desempenho dos compósitos sanduíche selecionados varia segundo os materiais constituintes de seus núcleos e faces. Valores tanto de resistência quanto de rigidez são maiores para os sanduíches com núcleo de *pinus*, decrescendo para aqueles com núcleo de louro, compensado e balsa. Com um mesmo núcleo, as faces reforçadas com fibra de vidro apresentam desempenho superior aos sanduíches com faces reforçadas com fibras naturais. Os sanduíches vidro/*pinus* e vidro/compensado apresentam valores de resistência e rigidez similares às madeiras de média densidade.

Assim, é possível inferir que a substituição de madeira nativa por compósitos *spray-up* de poliéster reforçado com fibras de vidro ou compósitos laminados de epóxi reforçados com fibras naturais para construção de embarcações pesqueiras de pequeno e médio porte e baixa autonomia não se justifica do ponto de vista do desempenho mecânico. Além disso, os compósitos

laminados de poliéster e as espécies de madeira de média e alta densidade apresentam parâmetros de desempenho semelhantes; enquanto os laminados de epóxi com fibra de vidro possuem índices de desempenho superiores.

3.2.2 Mapa de propriedades dos materiais para sustentabilidade econômica

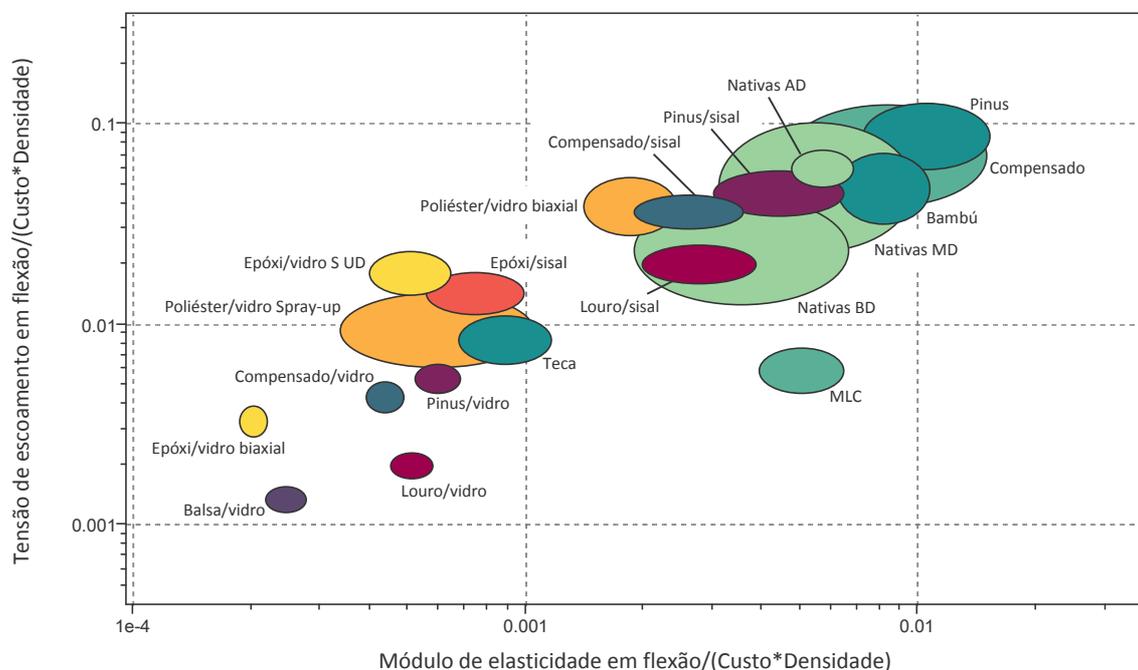
O MPM da Figura 40 apresenta o desempenho dos materiais em relação ao seu custo por unidade de volume. Neste mapa, os materiais com maiores valores tanto em x quanto em y são aqueles que entregam melhor desempenho em flexão para um mesmo aporte financeiro (investimento). Os valores de preço para as madeiras são os observados em atividade de campo durante o ano de 2014. Os demais valores são os disponíveis no CES. Apesar de não serem valores exatos e atualizados para a seleção de um material em específico, tais dados permitem a comparação entre as classes de materiais.

Nota-se que, do ponto de vista da relação custo versus desempenho, as melhores opções são a madeira de reflorestamento, o compensado e o bambu, seguidos das madeiras de média e alta densidade. Também fica evidente a desvantagem, para os quesitos especificados, da madeira teca, mesmo que reflorestada, em função de seu alto valor de mercado.

A relação de custo para os compósitos é praticamente a inversa da apresentada para o desempenho, o que significa que o incremento no desempenho é acompanhado de um incremento ainda maior em custo, resultando de um resultado global inferior. Os compósitos *spay up* apresentam uma relação desempenho/custo ainda menos satisfatória.

Em relação aos compósitos sanduíche, nota-se que a combinação de laminado de fibra de vidro com o núcleo de madeira balsa (obtido no mercado, já com a orientação das fibras perpendiculares ao sentido de laminação) apresenta o maior incremento de custo para o incremento de desempenho. Os demais compósitos sanduíches possuem desempenhos variados, sendo os com núcleo de madeira e revestimento com fibras naturais os de proporção desempenho/custo mais vantajosa.

Figura 40: Mapa de propriedades dos materiais para Sustentabilidade Econômica – Resistência à flexão/custo por unidade de volume $[\text{MPa}]/[\$/\text{kg}]*[\text{kg}/\text{m}^3]$ vs Módulo de flexão por custo por unidade de volume $[\text{GPa}]/[\$/\text{kg}]*[\text{kg}/\text{m}^3]$.



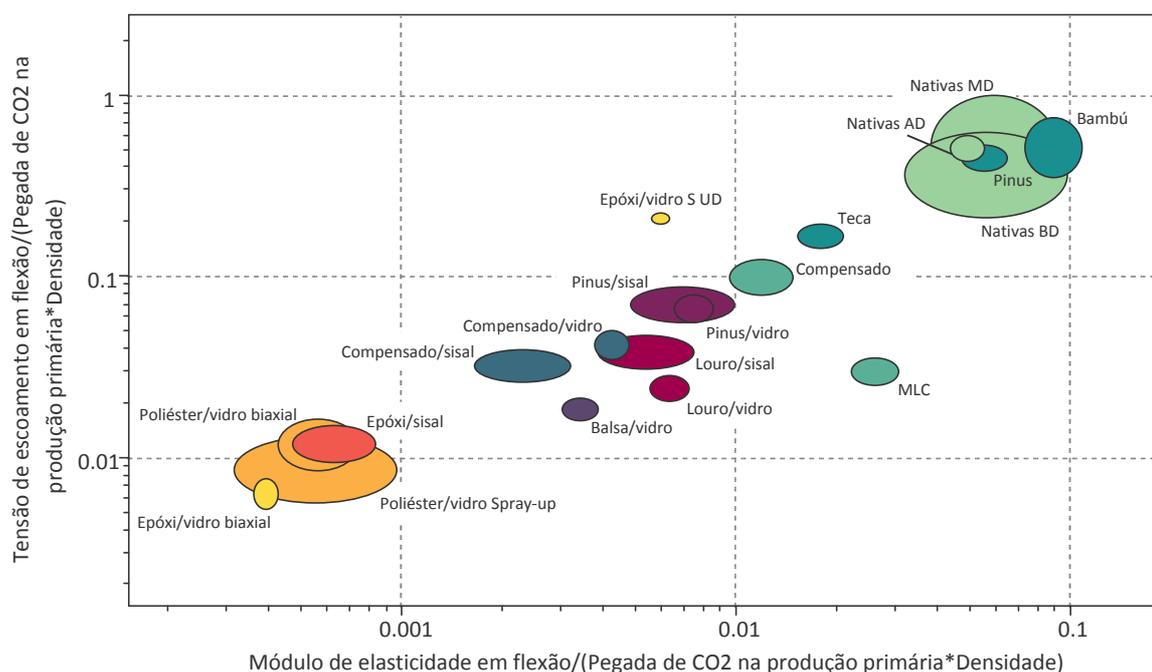
Esquema de cores: verde-claro, madeiras nativas brasileiras; verde, produtos de madeira; verde-escuro, madeira reflorestada e bambu; amarelo, laminados de epóxi; laranja claro, laminados de poliéster; laranja, laminado de epóxi reforçado com fibra natural; magenta escuro, compósitos sanduíche com núcleo de *pinus*; magenta, compósitos sanduíche com núcleo de madeira nativa; turquesa, compósitos sanduíche com núcleo de madeira balsa. Fontes dos dados: madeiras nativas, ARAUJO (2002) e atividade de campo; laminado de epóxi reforçado com fibra natural e compósitos sanduíche estimados com *Hybrid Synthesizer* do CES; demais materiais, CES.

3.2.3 Mapa de propriedades dos materiais para sustentabilidade ambiental

Como medida quantitativa do impacto ambiental de um determinado material, Shah (2014) propõe a avaliação do parâmetro de desempenho desejado dividido por um parâmetro de impacto ambiental em função do volume de material empregado. Como parâmetro de impacto ambiental adotou-se a pegada de carbono, ou seja, a quantidade de dióxido de carbono emitida para a produção primária de certa quantidade (massa) de material. O MPM da Figura 41 apresenta as propriedades dos materiais selecionados segundo a resistência à flexão $[\text{MPa}]$ dividida pela pegada de carbono $[\text{kg de CO}_2 \text{ por kg de material}]$ vezes a densidade $[\text{kg}/\text{m}^3]$ versus o módulo em flexão $[\text{GPa}]$ dividido pela pegada de carbono $[\text{kg}/\text{kg}]$ vezes densidade $[\text{kg}/\text{m}^3]$. Neste mapa, quanto maiores os

valores em ambos os eixos, ou seja, quanto mais próximos os materiais estiverem do canto superior direito da imagem, melhor o desempenho entregue pelo material para um dado impacto ambiental na produção primária.

Figura 41: Mapa de propriedades dos materiais para Sustentabilidade Ambiental – Resistência à flexão por pegada de carbono por unidade de volume $[\text{MPa}]/[\text{kg}/\text{kg}]*[\text{kg}/\text{m}^3]$ vs Módulo de flexão por pegada de carbono por unidade de volume $[\text{GPa}]/[\text{kg}/\text{kg}]*[\text{kg}/\text{m}^3]$.



Esquema de cores: verde-claro, madeiras nativas brasileiras; verde, produtos de madeira; verde-escuro, madeira reflorestada e bambu; amarelo, laminados de epóxi; laranja claro, laminados de poliéster; laranja, laminado de epóxi reforçado com fibra natural; magenta escuro, compósitos sanduíche com núcleo de *pinus*; magenta, compósitos sanduíche com núcleo de madeira nativa; turquesa, compósitos sanduíche com núcleo de madeira balsa. Fontes dos dados: madeiras nativas, ARAUJO (2002) e CES; laminado de epóxi reforçado com fibra natural e compósitos sanduíche estimados com *Hybrid Synthesizer* do CES; demais materiais, CES.

As madeiras são oriundas de extrativismo e seu beneficiamento primário requer operações de baixa tecnologia e baixa quantidade de energia (desdobro, corte e desengrosso) e, portanto, baixas emissões de dióxido de carbono. Associadas ao desempenho satisfatório verificado nos mapas anteriores, estes materiais são marcadamente superiores em relação a estes critérios, quando comparados aos materiais compósitos, cuja produção primária requer exploração e refino de petróleo para obtenção de resinas e mineração e uso de fornos para obtenção de fibras de vidro. Pegada intermediária percebe-se para as madeiras

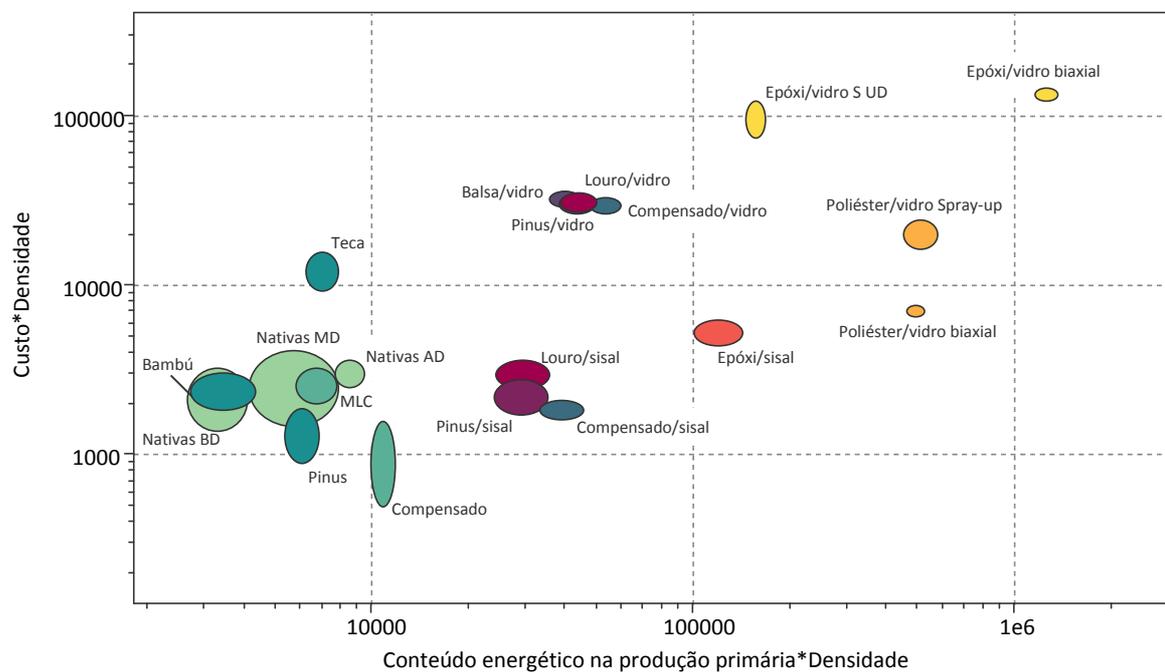
reflorestadas, dado o consumo de combustível no seu plantio e colheita; bem como para os produtos beneficiados a partir da madeira, resultando na sequência: madeiras reflorestadas, produtos da madeira, sanduíches e PRFN.

3.2.4 Mapa de propriedades dos materiais para custo ambiental

O mapa da Figura 42 demonstra a influência do conteúdo energético para a produção primária, ou seja, da quantidade de energia consumida para a produção de matéria-prima, em relação ao custo por unidade de volume de cada opção de material selecionada. Sendo o consumo de energia diretamente relacionado à questões ambientais (por exemplo, aquecimento global, consumo de recursos não renováveis, uso e poluição de águas) e ao custo industrial, tal mapa pode ser interpretado como um indicativo do custo ambiental dos materiais avaliados.

Analisando o mapa de custo ambiental (Figura 42) é possível compreender que o desempenho econômico apresentado no mapa da Figura 40 está relacionado com o desempenho ambiental apresentado no mapa da Figura 41. Deste modo, o custo dos compósitos elencados não está associado somente ao seu conteúdo tecnológico (propriedade intelectual, baixo número de produtores mundiais, eventual importação, etc.), mas sim à quantidade de energia necessária para obtê-los. Significa dizer que mesmo com a redução de custos dos materiais compósitos proveniente da entrada de concorrentes no mercado, da redução de impostos de importação ou do desenvolvimento de tecnologia local (apropriada) provavelmente não haveria redução de custos o suficiente para uma vantagem econômico-financeira sobre as madeiras. O conjunto dos mapas também permite supor que certo aumento de custo no fornecimento de madeira, pela regulação ambiental ou manejo sustentável, provavelmente ainda as manteriam em vantagem competitiva.

Figura 42: Mapa de propriedades dos materiais para Custo Ambiental – Preço por unidade de volume $[\$/\text{kg}] * [\text{kg}/\text{m}^3]$ versus Conteúdo energético por unidade de volume $[\text{MJ}/\text{kg}] * [\text{kg}/\text{m}^3]$.



Esquema de cores: verde-claro, madeiras nativas brasileiras; verde, produtos de madeira; verde-escuro, madeira reflorestada e bambu; amarelo, laminados de epóxi; laranja claro, laminados de poliéster; laranja, laminado de epóxi reforçado com fibra natural; magenta escuro, compósitos sanduíche com núcleo de *pinus*; magenta, compósitos sanduíche com núcleo de madeira nativa; turquesa, compósitos sanduíche com núcleo de madeira balsa. Fontes dos dados: madeiras nativas, ARAUJO (2002), CES e atividade de campo; laminado de epóxi reforçado com fibra natural e compósitos sanduíche estimados com *Hybrid Synthesizer* do CES; demais materiais, banco de dados do CES.

Produtos da madeira, compósitos sanduíche e PRFN permanecem como opções intermediárias. Exceção acontece para a madeira teca, cujo conteúdo energético é similar às demais madeiras, mas com preço muito mais elevado em função, provavelmente, do valor percebido de mercado.

Os parâmetros de desempenho mecânico, custo e sustentabilidade ambiental combinados explicam a extensividade e continuidade do emprego das madeiras brasileiras pelos artesãos da construção naval, apesar das dificuldades relatadas de aumento de preço e redução de disponibilidade da matéria-prima.

Obviamente, não se pode ignorar os problemas relacionados ao desmatamento de florestas nativas. Entretanto, os resultados demonstram que migrar da produção de embarcações pesqueiras em madeira para PRFV pode ser ainda menos sustentável, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

Provavelmente, seria mais efetivo direcionar tais esforços para o incremento da sustentabilidade dos estaleiros artesanais existentes através, por exemplo, do incremento da durabilidade da madeira no ambiente marinho²⁷ e da otimização do dimensionamento dos componentes da embarcação, com eventual adoção de madeiras oriundas de manejo sustentável ou de compósitos madeira/epóxi²⁸.

27 O incremento da durabilidade da madeira em ambiente marinho vem sendo desenvolvido no âmbito da presente pesquisa pela modificação superficial da madeira com o intuito de reduzir sua hidrofobicidade utilizando-se de catalisadores de origem natural e polimerização por enxerto. Tal desenvolvimento resultou em abertura de processo de depósito de patente, processo número 23078.015971/2016-21, junto à Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico (SEDETEC) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e não será pormenorizado na presente tese.

28 O trabalho descrito no presente capítulo foi aceito para publicação na forma do artigo Walter, Y., Kindlein Junior, W., Silva, F.P., **Assessing small craft's boatbuilding sustainability: a Materials Selection chart's approach**, pela Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Materials Science and Engineering Technology), ISSN: 1521-4052, em 22 de Janeiro de 2018.

4 ANÁLISE DA RELAÇÃO FORMA|MATERIAL NA CONSTRUÇÃO NAVAL ARTESANAL

Partindo dos resultados obtidos na Seleção de Materiais por análise (apresentados no capítulo 3), aponta-se para a possibilidade de incremento da sustentabilidade econômica e ambiental da CNA por meio: da otimização dos escantilhões tradicionalmente empregados, reduzindo a quantidade de madeira nativa empregada; da utilização de madeiras nativas alternativas, reduzindo a pressão pelo desmatamento de um conjunto reduzido de espécies-alvo; e da introdução de compósitos sanduíche com núcleo de madeira, o que poderia permitir o uso de espécies nativas alternativas e, simultaneamente, reduzir a quantidade de madeira utilizada, mas introduziria resinas epóxi e reforços de fibra de vidro ao processo de fabricação atual (detalhado na seção 2.2.4), aumentando custos e impacto ambiental (ou seja, sendo, hipoteticamente, uma opção de compromisso). Para considerar essas possibilidades, é necessário realizar uma investigação mais detalhada da forma, estrutura e desempenho das embarcações artesanais.

Embarcações são sistemas complexos cujos elementos característicos são interdependentes. O projeto e construção de embarcações no campo da Engenharia e Arquitetura Naval leva em consideração diversos princípios físico-mecânicos, dados empíricos e a experiência acumulada pelo setor que, atualmente, são traduzidos em regras, normas e recomendações (TUPPER, 2013). A maioria das regras disponíveis, como aquelas publicadas pela *International Maritime Organization* (IMO) e as sociedades classificadoras, são direcionadas à embarcações de grande porte e estruturas *offshore*. Entretanto, há um interesse crescente em embarcações de pequeno porte, tanto de lazer quanto de trabalho, incluindo aquelas utilizadas na pesca artesanal (WIBAWA; BIRMINGHAM; WOODWARD, 2015). As principais publicações com tal foco podem ser consideradas: o conjunto de normas técnicas para avaliação da construção e desempenho de embarcações de esporte e recreio publicadas pela *International Organization for Standardization* (ISO), sob seu Comitê Técnico ISO/TC 188, *Small craft*, a saber: BS EN ISO 12215, *Small craft — Hull construction and*

scantlings; e BS EN ISO 12217, *Small craft — Stability and buoyancy assessment and categorization*; e um conjunto de recomendações elaborados em cooperação entre a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), a Organização Internacional do Trabalho (ILO, do inglês *International Labour Organization*) e a IMO, publicadas sob o título *Safety Recommendations for Decked Fishing Vessels of Less than 12 metres in Length and Undecked Fishing Vessels*. No Brasil, a ABNT, através do Comitê Brasileiro de Navios, Embarcações e Tecnologia Marítima (ABNT/CB-07), em sua Comissão de Estudo de Pequenas Embarcações (CE-07:100.15) publica, desde 2012, a norma ABNT NBR 14574:2012, “Embarcações de recreio em plástico reforçado com fibra de vidro – Requisitos para construção”.

O conteúdo destas referências pode, grosso modo, ser dividido em alguns conjuntos de informações: boas práticas de fabricação; regras de escantilhão; critérios de desempenho; e detalhamento de tipos e requerimentos mínimos de desempenho de subsistemas. Dentre estas, as regras de escantilhão permitem ao leitor determinar as dimensões mínimas aceitáveis dos componentes de uma embarcação, desde espessura do casco, afastamento entre as cavernas até a bitola de pregos e parafusos. Em geral parte-se do porte, ou seja, das dimensões gerais da embarcação (comprimento, boca, calado, etc.), do deslocamento, da velocidade de cruzeiro projetada e da área (classe) de navegação desejada. As normas BS EN ISO 12215 utilizam tais parâmetros para a estimativa da pressão exercida sobre cada uma das regiões do casco da embarcação (fundo, laterais, convés, popa, proa, etc.). As seções do casco serão subdivididas em painéis com dimensões máximas desejáveis formados pela distância entre seus reforços longitudinais e transversais. Cada painel, bem como os reforços, podem ser então dimensionados considerando as propriedades do material empregado, incluindo sua resistência, deflexão máxima permitida e fatores de segurança. Também são considerados parâmetros como a curvatura dos painéis (que aumentam sua rigidez), fatores de forma, como a presença de dobras ou reentrâncias, etc. As propriedades dos materiais podem ser obtidas diretamente por meio de ensaios normatizados de amostras dos materiais empregados na fabricação da embarcação ou estimados

utilizando-se de modelos, normas e tabelas de valores típicos admissíveis.

Deste modo, o conjunto de normas BS EN ISO 12215 permite a avaliação da integridade estrutural de um grande número de tipos de embarcação, quer sejam de esporte, lazer, trabalho, etc.; construídas com diversas possibilidades de materiais, como aços, ligas de alumínio, produtos da madeira, laminados sólidos, compósitos sanduíche, etc.; bem como a combinação de diferentes materiais (casco laminado sólido em fibra de vidro com reforços transversais em compensado, por exemplo).

A norma brasileira ABNT NBR 14574:2012 é um esforço pioneiro na padronização da fabricação de embarcações de recreio pela indústria náutica do país, focada em PRFV. Além de boas práticas industriais e do apontamento para normas de ensaios dos laminados e demais compósitos utilizados por tal indústria, a norma aponta para valores mínimos admissíveis de resistência e deflexão dos painéis sem, entretanto, determinar o modo de previsão dos esforços a que estão submetidas cada região do casco.

O desenvolvimento das BS EN ISO 12215 durou mais de 20 anos e, além dos princípios técnico-científicos empregados, utilizou das diversas regras disponíveis em sociedades classificadoras como Lloyds, Bureau Veritas, Det Norske Veritas, etc; e de associações como o *American Boat and Yacht Council* (ABYC) e, especialmente, o *Royal Institute of Naval Architects* (RINA) (CURRY, 2005). Deste modo, alguns valores calculados conforme a metodologia proposta pelas normas podem ser duplamente verificados quanto a valores mínimos praticados pela indústria, por exemplo, para espessura mínima do casco, rigidez mínima de reforços longitudinais e transversais, etc. Cabe destacar que a BS EN ISO 12215 não indica como projetar a embarcação, mas sim como verificar se o projeto proposto atende aos requisitos mínimos de integridade estrutural. Assim, o documento não impede o desenvolvimento e adoção de inovações em novas estratégias de projeto, soluções estruturais, materiais ou processos de fabricação. Por outro lado, sua utilização requer capacitação e conhecimento técnico prévios.

Cabe ainda ressaltar a interdependência entre diversos fatores necessários para o projeto e dimensionamento de embarcações. Por exemplo, para estimar o

deslocamento de uma embarcação e, assim, calcular as pressões exercidas sobre o casco, é necessário o conhecimento prévio das massas dos equipamentos e subsistemas a serem instalados na mesma, incluindo o sistema de propulsão (motores, câmbios, eixos, hélices, etc.). Entretanto, para dimensionar tais sistemas é necessário, entre outros, o conhecimento prévio do deslocamento da embarcação. O mesmo vale para os próprios materiais e processos de fabricação, que são determinados pelas cargas totais, mas também as determinam. Tal paradigma projetual é solucionado por uma metodologia iterativa denominada “espiral de projeto” (do inglês *design spiral*) que parte da estimativa de componentes e cargas totais, baseadas na experiência do projetista ou em regras gerais (em inglês, *rules of thumb*), como as disponíveis em Gerr (1999, 2001) para pequenas embarcações, por exemplo, que permitem a estimativa do dimensionamento inicial da embarcação e seus subsistemas. O dimensionamento é então convertido em valores de cargas e utilizados para refinar o projeto, gerando novos valores, que podem ser novamente utilizados para refinar ainda mais o projeto, até que este seja considerado satisfatório (MOLLAND, 2011; OKUMOTO et al., 2009; TUPPER, 2013). Tal sistemática permite o refinamento de cada item de projeto, atingindo uma relação ótima entre desempenho, fatores de segurança, durabilidade e custo de fabricação de cada componente segundo o uso a que se pretende para a embarcação.

Considerando que a pesca é uma atividade de risco, com alto índice de acidentes e vítimas fatais, bem como a crescente mecanização da frota pesqueira e a necessidade de navegação para áreas de pesca cada vez mais distantes da costa, em função da redução dos estoques pesqueiros, as recomendações de FAO/ILO/IMO (2012) adotam estratégias mais conservadoras no projeto e avaliação de embarcações. Neste documento as regras de construção são baseadas no deslocamento da embarcação carregada, incluindo o peso da própria embarcação, da tripulação, apetrechos de pesca, combustível, água, pescado, gelo, provisões e equipamentos²⁹. De posse do deslocamento e área de navegação, por

29 Alternativamente, as dimensões totais da embarcação podem ser utilizadas para calcular o parâmetro indicativo do porte da embarcação, denominado *Cubic Numeral* (CuNo).

meio de tabelas com valores previamente calculados, pode-se obter valores mínimos dos escantilhões para construção da embarcação em madeira, laminados sólidos de poliéster reforçado com fibra de vidro, aço ou ligas de alumínio³⁰. O conjunto de regras baseia-se tanto em regras e recomendações anteriores, das quais destaca-se as regras de construção de embarcações publicadas pela *United Kingdom Sea Fish Industry Authority* (Seafish) e o *Nordic Boat Standard*, publicado em conjunto pelos países escandinavos, quanto na BS EN ISO 12215. Além de mais simples de serem consultadas, as recomendações adotam, por exemplo, uma espessura uniforme para todo o casco, independente da região, que condiz aproximadamente com os valores adotados para o fundo do casco (*bottom hull*) na BS EN ISO 12215; apontam tamanhos máximos aceitáveis para os painéis, pela indicação da distância máxima entre cavernas e entre reforços longitudinais; determinam a adoção de anteparas estanques (*watertight bulkheads*) para garantir a flutuabilidade mesmo em caso de colisão ou alagamento de seções do porão; entre outros.

Quanto aos critérios de desempenho, tanto as recomendações em FAO/ILO/IMO (2012) quanto as normas BS EN ISO 12217 propõem critérios mínimos de estabilidade e navegabilidade, considerando diferentes situações de carregamento, para: borda livre mínima, altura metacêntrica inicial (GM_0), braço de endireitamento para ângulos de inclinação de 30 e 40 graus, ângulo de máximo braço de endireitamento, e área abaixo da curva de braço de endireitamento *versus* inclinação transversal da embarcação. Tais valores podem ser acessados por meio de um teste de inclinação realizado com a embarcação depois de pronta, através de estimativas e cálculos simplificados ou com auxílio de *softwares* específicos. Todos estes fatores dependem da forma da embarcação, que determinará seu centro de flutuação, bem como restringirá a disposição das diversas cargas (tripulação, tanques, pescado, etc.) em seu interior, e da própria distribuição de massas oriunda de cada elemento estrutural e sua disposição. Assim, a estabilidade irá variar não somente em função dos componentes

30 FAO/ILO/IMO (2012) não considera a fabricação em compósitos sanduíche nem outras alternativas em matrizes e reforços para laminados sólidos.

estruturais (e seus respectivos materiais) e da disposição de seus subsistemas, como também durante o uso da embarcação nas suas atividades de trabalho.

De modo a representar as diferentes condições de carregamento a que uma embarcação é submetida durante a faina da pesca, as recomendações em FAO/ILO/IMO (2012) propõem que os critérios de estabilidade acima sejam avaliados para cada uma das seguintes situações:

- a) partida do porto de origem para a área de pesca, com tanques de combustível e água potável cheios e porão de armazenamento do pescado carregado com gelo em escamas;
- b) partida da área de pesca para o porto de origem com captura total (gelo e pescado) e tanques de combustível e água potável à 30% da capacidade total;
- c) chegada ao porto de origem com captura total e 10% de combustíveis e água;
- d) chegada ao porto de origem com captura mínima (20%) e 10% de combustíveis e água; e
- e) totalmente carregado (carga máxima).

As normas e recomendações não estão disponíveis ou não são acessadas pelos construtores navais artesanais que (como visto no capítulo 2) articulam saberes tácitos e explícitos, herdados e aprimorados por gerações, para atender a demanda dos pescadores locais por embarcações econômicas e seguras, adequadas a uma grande gama de áreas de navegação, artes de pesca, condições de ancoragem, autonomia, tripulação, faina, etc.; enquanto lidam com recursos financeiros limitados, escassez de matéria-prima e pressão da legislação ambiental. Deste modo, interessa saber até que ponto as embarcações produzidas na CNA são adequadas às regras, normas e recomendações nacionais e internacionais disponíveis, e como o setor poderia se beneficiar de tal corpo de conhecimento, de modo a criar sinergia positiva entre conhecimento vernacular e técnico/acadêmico.

Para tal, optou-se pelo estudo de caso de uma embarcação tradicional

brasileira (cujo processo de fabricação foi descrito na seção 2.2.4) com o objetivo de comparar sua construção e desempenho em diferentes materiais e processos de fabricação, a saber: construção tradicional de tabuado sobre cavernas em madeira, laminação manual em poliéster reforçado com fibra de vidro e *strip planking* com resina epóxi, reforço em fibra de vidro biaxial e núcleo de madeira.

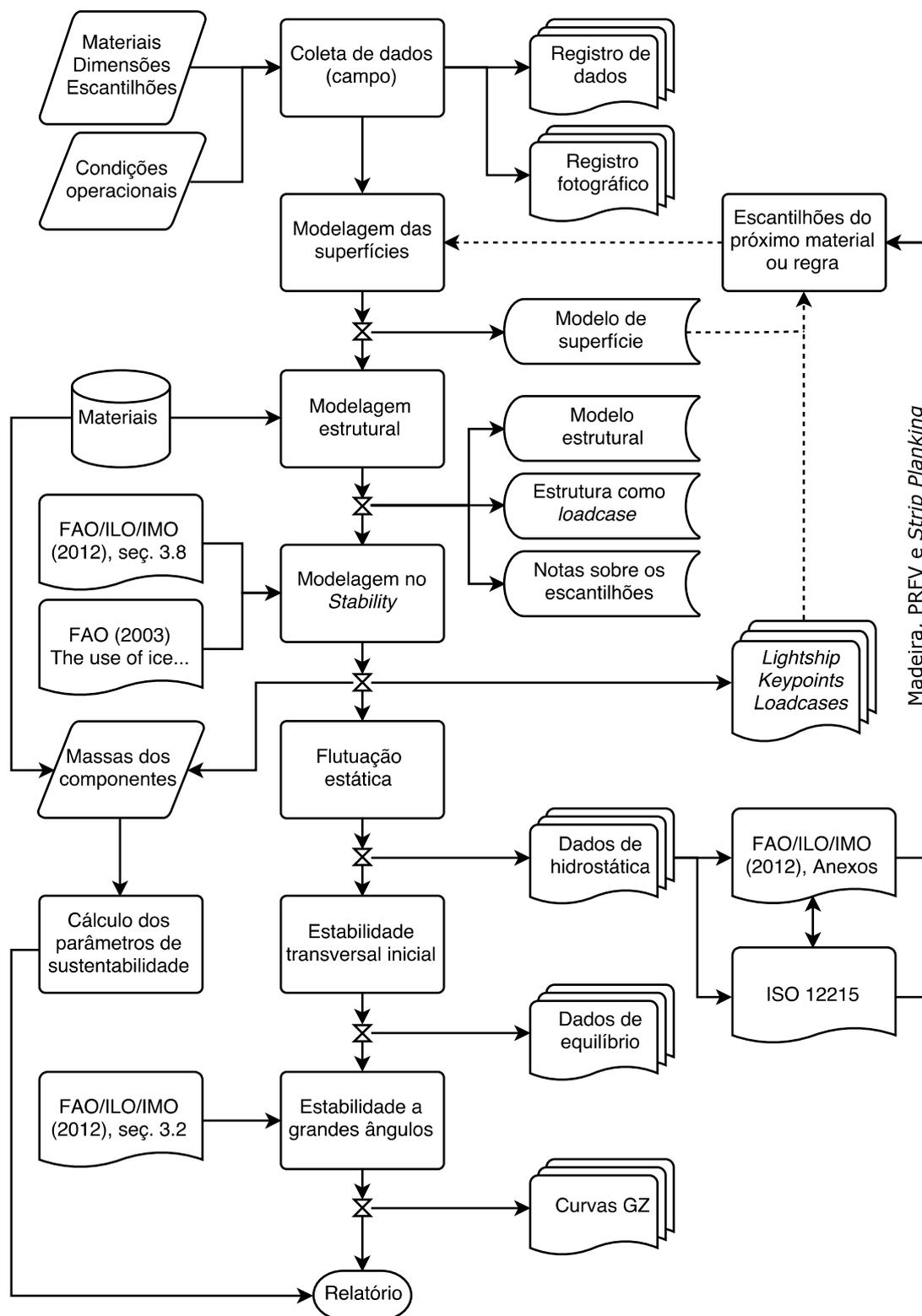
Para atingir tal objetivo, são objetivos específicos:

- a) verificar se tal embarcação atende aos requisitos de construção e desempenho recomendados em FAO/ILO/IMO (2012);
- b) propor projetos (escantilhões) para o mesmo casco com os demais materiais sugeridos atendendo às normas BS EN ISO 12215, BS EN ISO 12217 e às recomendações em FAO/ILO/IMO (2012);
- c) avaliar o desempenho de cada embarcação projetada segundo os critérios de estabilidade, flutuação e equilíbrio para todas as condições de carregamento sugeridas em FAO/ILO/IMO (2012);
- d) quantificar os materiais aplicados em cada embarcação projetada e na embarcação original, bem como os parâmetros de sustentabilidade econômica e ambiental sugeridos; de modo a
- e) discutir as vantagens e desvantagens de cada opção de projeto e material analisados.

4.1 PROCEDIMENTOS DE ESTUDO DE CASO DE PROJETO

No diagrama da Figura 43 apresenta-se o procedimento adotado para estudo de caso de projeto. Os dados foram coletados no estaleiro artesanal de Balneário Barra do Sul/SC durante as atividades detalhadas na seção 2.1.3. As dimensões representam um modelo tradicional da costa norte de Santa Catarina, o “Bote de Popa Torada”, utilizado tradicionalmente para embarcações de pesca com redes de espera, cerco, arrasto, e pesca de linha, e mais recentemente adaptado para embarcações de turismo de pesca esportiva e embarcações de lazer, em comprimentos totais (LOA) variando de 8 à 15 m.

Figura 43: Diagrama do procedimento de estudo de caso adotado.



As dimensões foram obtidas com fita métrica em diferentes estágios de construção, que permitiram acesso à sua estrutura (Figuras 22 à 32). As medidas

foram convertidas em coordenadas espaciais (x, y, z) e utilizadas como marcadores de entrada com um *software* de modelagem de superfícies baseado em *Non Uniform Rational Basis Spline* (NURBS), o pacote *Maxsurf*³¹. A coleta de dados incluiu as dimensões (escantilhões) dos componentes e informações sobre os materiais empregados, equipamentos e subsistemas instalados e seus arranjos, bem como o registro fotográfico para consulta futura. Tais informações foram acrescentadas daquelas fornecidas pelos artesãos acerca de suas decisões de projeto, das condições de operação da embarcação, detalhes construtivos e dados complementares (como o custo da matéria-prima, entre outros). As condições de operação deste tipo de embarcação também foram obtidas junto a pescadores em diferentes localidades do mesmo TPA. Todos os dados foram organizados em notas e arquivos de campo.

O pacote *Maxsurf* é constituído de diversos subsistemas que executam cálculos e previsões para diferentes características de embarcações a partir de um modelo da superfície do casco. No presente trabalho foram utilizados os subsistemas: *Modeler*, para geração do modelo da superfície; *Structure*, para geração do modelo dos componentes estruturais, sua distribuição, massa, volume, etc.; e o *Stability*, para o cálculo de flutuação estática, estabilidade transversal inicial e a grandes ângulos de inclinação e equilíbrio.

No *Modeler* utilizou-se as coordenadas tridimensionais como marcadores (e não como pontos exatos da malha) para criar superfícies com curvaturas suaves que representem a superfície do casco da embarcação, incluindo o convés, espelho de popa e borda falsa. A cabine (superestrutura) foi modelada considerando-se suas dimensões totais e um arranjo de instalação típica. O modelo de superfície foi armazenado digitalmente e utilizado para a geração do modelo estrutural no *Structure*, incluindo o cavername, reforços longitudinais, vigas do convés, pisos, assoalhos, quilha, patilhão, cadaste, berço do motor, etc. O modelo estrutural e anotações acerca de seus escantilhões foram digitalmente armazenados e convertidos em modos de carregamento (*loadcases*), utilizados então como valores de entrada (*input*) para o *Stability* na determinação das condições de

31 Licenciado para o Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Malta.

deslocamento leve (*lightship*). A modelagem do deslocamento leve incluiu: as áreas das superfícies da embarcação multiplicadas por suas espessuras e densidades; as massas e posições dos elementos estruturais; e tanques e compartimentos observados como prática comum junto aos construtores e pescadores artesanais. O modelo também inclui a massa e posições estimadas de: leme e sistema de governo; lastro fixo; banco de baterias; motor e transmissão; hélice; eixo de transmissão; roda do leme; galerias; camarotes; sanitário; sistema elétrico; sistema hidráulico-sanitário; âncoras e cabos. A coleta de tais dados incluiu a consulta a catálogos de fornecedores de tais equipamentos, além de informações dos próprios construtores e pescadores artesanais. Às condições de deslocamento leve foram adicionadas as diferentes condições de carregamento, conforme as recomendações de FAO/ILO/IMO (2012) em sua seção 3.8: partida do porto de origem, partida da área de pesca, chegada com captura total e mínima e carga máxima.

Nas condições de carregamento também foram consideradas cargas representando: tripulação, equipamento básico e pessoal, equipamento de segurança, bote salva vidas e motor de popa para o bote salva vidas. A tripulação considerada foi a máxima normalmente registrada junto à autoridade marítima para este tipo e tamanho de embarcação, que equivale à 12 pessoas com média de 75 kg por pessoa. Para fins de simplificação, a tripulação foi considerada como uniformemente espalhada ao longo da linha de centro da embarcação na altura do convés principal.

Para estimar a carga do porão de armazenamento de pescado considerou-se a metodologia de cálculo de carga de gelo necessária para a atividade pesqueira e as densidades de diferentes formas de armazenamento de gelo e pescado indicadas em Shawyer e Pizzali (2003). Na modelagem, o porão de armazenamento de pescado foi considerado como um tanque, abastecido com gelo em escamas acondicionado em caixas e prateleiras, com densidade igual a 0,45 t/m³; ou como peixes médios e grandes misturados com gelo em escamas e igualmente acondicionados em caixas e prateleiras, e densidade 0,35 t/m³. Descontou-se 14% da capacidade (volume) do tanque para o isolamento térmico e

12% para o volume das prateleiras, caixas e divisória, resultando em 74% de permeabilidade intacta. A partir do relato dos pescadores e construtores navais artesanais da região estimou-se uma captura máxima de 5 t por viagem de uma semana. Considerando a quantidade de gelo necessária para refrigerar o pescado de 30 para 10 °C na razão de 3,4 kg de gelo para cada 10 kg de pescado (1,7 t de gelo para 5 t de pescado); acrescida de 1 kg de gelo para mistura com cada 2 kg de pescado para conservação (2,5 t de gelo); e 30% de perda ($0,3 \cdot (1,7 + 2,5) = 1,26$ t de gelo) tem-se a quantidade de gelo na partida igual à 5,46 t. Tal valor resulta de 273 caixas com 20 kg de gelo em escamas cada, o que condiz com a prática local para barcos pesqueiros deste porte (entre 250 e 300 caixas, segundo relato dos pescadores). Tal quantidade de gelo na partida do porto de origem para a área de pesca, na densidade de $0,45 \text{ t/m}^3$ equivale à 45% do volume do porão de acondicionamento de pescado. Como a perda de gelo pode ser considerada de 50% na ida e 50% na volta, a carga de partida da área de pesca para o porto de origem resulta de 5 t de pescado somada de 2,5 t de gelo para mistura e 1,26 t de gelo para as perdas, totalizando 8,13 t. A carga total do porão de acondicionamento de pescado com densidade de $0,35 \text{ t/m}^3$ e permeabilidade de 74% é de 9,4 t. Como a carga estimada representa em torno de 90% da carga máxima projetada para o porão de armazenamento, e há certa variação nas atividades de pesca, considerou-se que a carga de máxima captura equivale à 100% do volume do porão de armazenamento (na densidade de $0,35 \text{ t/m}^3$). A captura mínima considerada foi de 20% da capacidade total do porão de armazenamento.

Os tanques foram modelados considerando-se a prática comum dos construtores e pescadores de adaptar tanques de combustível de caminhões para armazenamento de óleo diesel e água doce, posicionando-os na sala de máquinas. Assim, considerou-se capacidade de carga de água doce em 600 l, divididos em dois tanques de 300 l cada; dois tanques de armazenamento de óleo diesel com 300 l cada, e mais um tanque de uso diário de óleo diesel com 250 l.

O modelo do *Stability* e seus diversos carregamentos (*loadcases*) foram utilizados para rodar as análises de flutuação estática (*upright hydrostatics*), equilíbrio (*trim*) e estabilidade transversal a grandes ângulos de inclinação

(Curvas GZ). Para todos os tanques, inclusive o porão de armazenamento de pescado, os modelos foram rodados considerando o efeito de superfície livre (ESL). Tal cálculo, sugerido em FAO/ILO/IMO (2012), considera o deslocamento do conteúdo de tanques não totalmente preenchidos, o que muda a posição do centro de gravidade da embarcação, reduzindo a estabilidade calculada (e aproximando os cálculos da realidade). No caso do porão de armazenamento de pescado, considerou-se para fins de movimentação das cargas que este estivesse dividido transversalmente em três seções, reduzindo o ESL, dada a presença de divisórias e prateleiras, conforme sugerido por Shawyer e Pizzali (2003). Os cálculos também consideraram a carga resultante dos apetrechos de pesca, secos e molhados, dispostos no convés. A disposição de pescado no convés não foi considerada. As entradas de ar para a sala de máquinas foram consideradas como pontos de alagamento, ou seja, pontos por onde a água pode entrar para os porões, causando alagamento dos mesmos (*flooding point*). As definições dos compartimentos, tanques e pontos de alagamento foram repetidas nas análises de todas as embarcações estudadas.

Os valores resultantes de deslocamento, dimensões da embarcação, carga leve (*lightship*) e área de navegação foram utilizados como valores de entrada para determinar os escantilhões mínimos de acordo com as recomendações de FAO/ILO/IMO (2012) e as normas BS EN ISO 12215 e BS EN ISO 12217 para a construção de um barco de pesca semelhante em madeira; poliéster reforçado com fibra de vidro; e compósito sanduíche *strip planking* com núcleo de madeira nativa e faces de epóxi reforçado com fibra de vidro. Para cada caso determinou-se a espessura e densidade do casco, convés e casaria; e o espaçamento e escantilhões de reforços transversais e longitudinais. Tais valores foram utilizados como *input* para modelar no *Stability* os diversos *loadcases* e, assim, avaliar os parâmetros de estabilidade dos projetos de embarcações propostos segundo os critérios adotados.

As massas de cada componente modelado em cada projeto sugerido foram decompostas por matéria-prima, e agrupadas em totais de cada matéria-prima para cada embarcação proposta. Os valores agrupados foram utilizados para

estimar a quantidade total dos parâmetros de sustentabilidade econômica e ambiental adotados neste trabalho: custo das matérias-primas [US \$], conteúdo energético para a produção primária [MJ] e pegada de dióxido de carbono para a produção primária [t]. Os dados de referência foram obtidos da base de dados do CES e complementados com dados de campo para custos de madeira nativa e referência bibliográfica para densidade de madeira nativa (ARAÚJO, 2002).

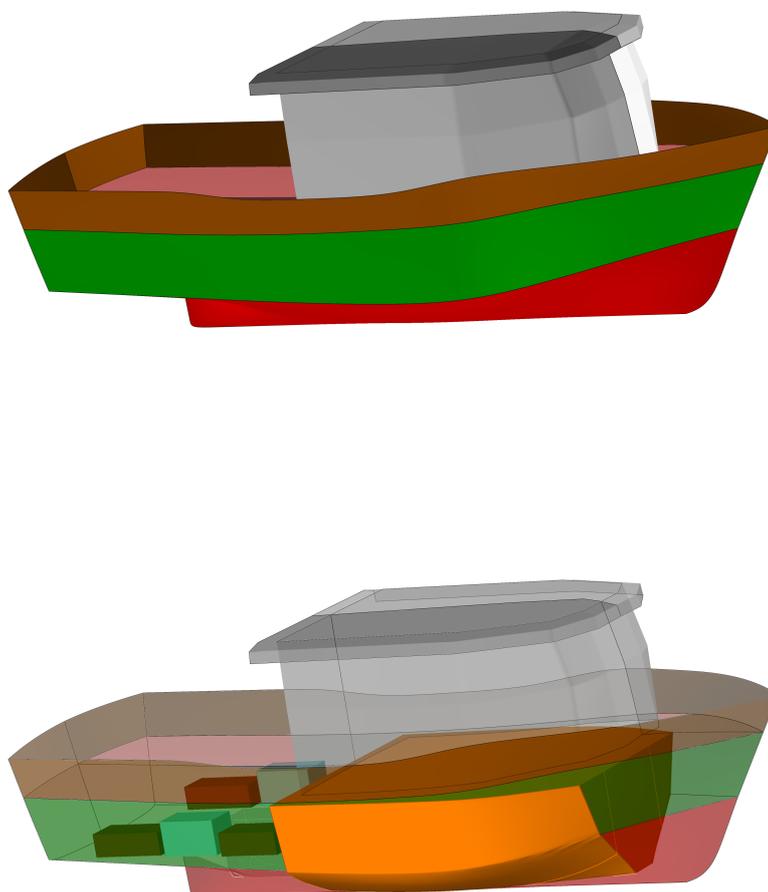
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão organizados de modo a apresentar as características de construção e estabilidade da embarcação estudada e, então, as propostas de projeto de embarcações de acordo com as normas e recomendações adotadas para a construção de uma embarcação similar em madeira, PRFV e *strip planking*. As características de estabilidade de tais propostas são apresentadas de modo agrupado. Os dados são então reunidos para a discussão em torno dos critérios de sustentabilidade econômica e ambiental.

4.2.1 Escantilhões e parâmetros de estabilidade do Bote de Popa Torada

Na Figura 44 apresenta-se o modelo gerado a partir da coleta de dados para representar o Bote de Popa Torada, com suas superfícies externas e seus compartimentos e tanques internos. A embarcação possui 12,6 m de LOA e 11,98 m de comprimento na linha d'água projetada (DWL); 1,2 m de calado projetado; 27,54 t de deslocamento na linha d'água projetada; 4,67 m de boca máxima no cintado do convés; e 4,30 m de boca máxima na linha d'água projetada. O pontal (altura entre a parte interna da quilha e a borda do convés) é de 2,14 m. A embarcação pertence à categoria de design C da BS EN ISO 12215, ou seja, adequada para operar em mares com ondas de até 2 m de altura e ventos de até 6 na escala Beufort (o que equivale à velocidade do vento de 12 m/s).

Figura 44: Modelo de superfície da embarcação atual.



A imagem superior apresenta em vermelho a superfície do fundo do casco, verde para as laterais, em marrom a borda falsa, marrom claro a superfície do convés, e branco para as paredes e cobertura da cabine. A renderização sombreada da imagem inferior permite a visualização dos compartimentos e tanques interiores da embarcação, sendo representado em laranja o porão de armazenamento de pescado, em azul-claro os tanques de água potável e em vermelho-escuro os tanques de combustível.

A embarcação analisada possui elementos estruturais e o costado construídos de Cumarú (*Dipteryx odorata*), com densidade de 1090 kg/m^3 . Esta madeira pertence à categoria D70 da norma EN 338:2016, *Structural timber. Strength classes*. Tal categoria é indicada como a melhor para a fabricação de componentes estruturais de embarcações, acima da categoria recomendada para a confecção do tabuado (FAO/ILO/IMO, 2012). Outras espécies de madeira observadas sendo utilizadas para o mesmo tipo de

embarcação incluem: Ipê (*Tabebuia serratifolia*), D70; Piquia (*Cariocar villosum*), D50; e Garapa (*Apuleia sp.*), D60. Todas as espécies de madeira cumprem as recomendações, sendo Garapa a mais empregada no período de estudo de campo.

As práticas de construção observadas em campo estão, de modo geral, em conformidade com as recomendações em FAO/ILO/IMO (2012), incluindo: número, bitola e qualidade de parafusos e pregos; dimensões dos vãos para calafetagem; materiais e técnicas de calafetagem; método para união de tábuas; distribuição das emendas das tábuas no costado; orientação das fibras da madeira nos membros estruturais serrados; emenda de quilhas; patilhão; berço do motor; etc. O mesmo pode ser afirmado para as saídas de água, escotilhas e outras aberturas do convés³².

O casco possui a mesma espessura no fundo, laterais, popa e borda falsa (35 mm). A espessura do convés é 15% menor que a do casco (30 mm). As paredes e cobertura da cabine são de compensado naval revestido com uma camada leve de tecido de fibra de vidro e resina poliéster (12 mm). O assoalho da cabine é similar ao convés. A Tabela 4 apresenta os escantilhões utilizados para a modelagem de superfície e estrutural da embarcação.

As cavernas possuem espaçamento homogêneo ao longo da embarcação de 360 mm. Considerou-se que as cavernas possuíam espessura e profundidade constantes (60x130 mm). As laterais das cavernas são fixadas com parafusos passantes aos membros inferiores que, por sua vez, são unidos pelos pisos. Os pisos são dispostos entre a quilha e a sobrequilha, ao lado das cavernas, unindo seus membros inferiores; e possuem espessura considerada constante de 60 mm, e profundidade e largura variando segundo a posição da caverna. A cada caverna é parafusado um barrote (ou viga do convés). Os barrotes possuem a mesma espessura das cavernas (60 mm) e profundidade de 120 mm. A estrutura da borda falsa é feita de elementos com as mesmas dimensões das cavernas, unidos ao lado do topo de uma a cada duas cavernas.

Não foi observado o uso de reforços longitudinais, como escoas e longarinas. Entretanto, observou-se a utilização de verdugos superdimensionados (120x240 mm), dispostos do lado externo das cavernas ao longo de cerca de $\frac{3}{4}$ da extensão do casco, acima da linha d'água. Verdugos, em geral, podem ser considerados como elementos de sacrifício, dispostos de modo a proteger o costado quando a embarcação encosta lateralmente em uma estrutura (como um trapiche, por exemplo) ou em outra embarcação. Porém, como observou-se que tais elementos são firmemente fixados às cavernas com parafusos passantes, para fins

32 Instalações mecânicas e elétricas estão fora do escopo do presente trabalho.

da análise de conformidade com as recomendações de FAO/ILO/IMO (2012) optou-se por considerá-los como reforços longitudinais.

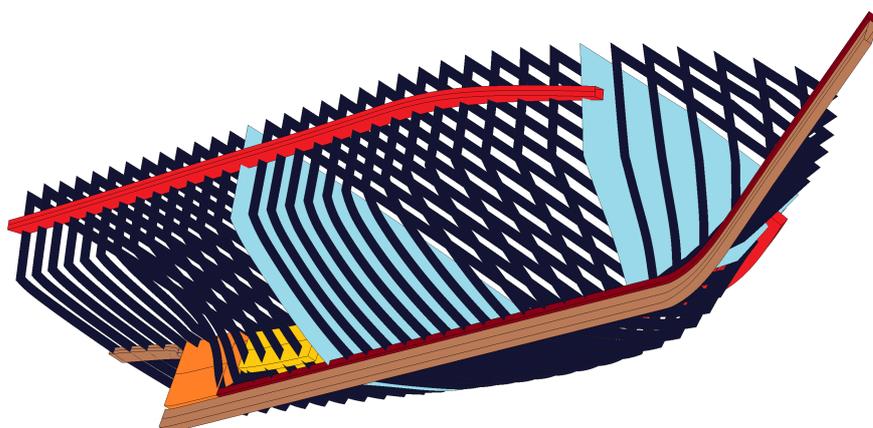
Tabela 4: Escantilhões da embarcação de madeira conforme observado em campo.

| Componente | Material | Dimensões | Quant | Espaçamento |
|---|-------------------------|--|-------|-------------|
| Tabuado do Casco (fundo, costado, popa e borda falsa) | <i>Dipteryx odorata</i> | 35 mm de espessura | - | - |
| Tabuado do convés | | 30 mm de espessura | - | - |
| Paredes e cobertura da cabine | Compensado revestido | 12 mm de espessura | - | - |
| Cavernas | <i>Dipteryx odorata</i> | 60x130 mm | 33 | 360 mm |
| Pisos | | 60 mm de espessura, profundidade e largura variáveis | 33 | |
| Barrotes (vigas do convés) | | 60x120 mm | 33 | |
| Anteparas | | 60 mm de espessura | 2 | - |
| Estrutura da borda falsa | | 60x130 mm | 2x19 | 720 mm |
| Verdugo | | 120x240 mm | 2 | - |
| Berço do motor | | 120x500x1500 mm | 2 | 900 mm |
| Patilhão | | 220x900 mm | 1 | - |
| Estrutura da cabine | | 50x50 mm | 8 | 720 mm |
| Vigas da cobertura da cabine | | 50x50 mm | 7 | |
| Anéis horizontais da cabine | | 50x50 mm | 3 | - |
| Sobrequilha | | 87x220 mm | 1 | - |
| Quilha | | 150x250 mm | 1 | - |

As anteparas que separam a sala de máquinas do porão para armazenamento de pescado, e deste para o paiol de cabos da âncora são construídas revestindo os dois lados de uma caverna com o mesmo tabuado utilizado no convés, formando uma parede dupla. Ainda que tais anteparas sejam de valor estrutural, as mesmas não são calafetadas e, portando, não podem ser consideradas estanques. O tabuado interno do porão de armazenamento de pescado e seu isolamento térmico não foram considerados na modelagem estrutural. O berço do motor é constituído de duas peças de madeira, dispostas longitudinalmente ao longo de quatro cavernas. O patilhão possui 900 mm de altura e 220 mm de largura. Na modelagem, quilha (150x250 mm) e sobrequilha

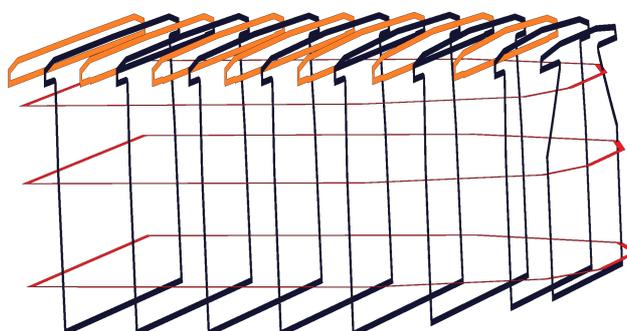
(87x220 mm) foram consideradas com dimensões constantes ao longo de toda a embarcação, inclusive na proa (talha-mar). Na Figura 45 apresenta-se o modelo estrutural do Bote de Popa Torada estudado, enquanto a modelagem estrutural da casaria da embarcação é apresentada na Figura 46.

Figura 45: Modelo estrutural da embarcação atual.



Observa-se em azul-escuro as cavernas e barrotes; em azul-claro as anteparas; em vermelho os verdugos, considerados aqui como reforços longitudinais; em marrom claro a quilha; marrom escuro a sobrequilha; laranja para o patilhão; e amarelo para o berço do motor. Borda falsa, popa e estrutura da cabine não estão representadas nesta imagem.

Figura 46: Modelo estrutural da casaria da embarcação.



Elementos em azul-escuro representam vigas e colunas de madeira em forma de anéis; em laranja as vigas extra para reforço da cobertura posicionadas entre os anéis verticais; em vermelho os anéis horizontais para travamento longitudinal.

A estrutura da cabine é composta de vigas e colunas de madeira dispostas na forma de anéis posicionadas junto a uma de cada duas cavernas. Entre cada um destes anéis, é posicionado um elemento estrutural extra para a cobertura. Um anel extra é construído na parede à vante da cabine. O travamento longitudinal se dá por três anéis horizontais, sendo um próximo do assoalho, um a meia altura e o terceiro próximo da cobertura. Todos elementos possuem a mesma espessura e profundidade (50x50 mm).

Todos os escantilhões mencionados estão em conformidade com as recomendações de FAO/ILO/IMO (2012) sendo ligeiramente superdimensionados em casos como, por exemplo: a espessura do casco, 3 mm (~10%) maior que o mínimo recomendado (32 mm); o espaçamento das cavernas, 10% menor que o máximo recomendado (400 mm); a profundidade das cavernas, ~30% maior que o mínimo recomendado (97 mm), e assim em diante. A massa total de matéria-prima utilizada para a construção da embarcação foi calculada em 11,116 t, incluindo o tabuado e elementos estruturais em madeira, bem como o compensado naval fibrado. Apesar de ser possível afirmar que os construtores navais artesanais estão produzindo embarcações robustas, nota-se a ausência de reforços longitudinais e anteparas estanque.

Tanto as recomendações em FAO/ILO/IMO (2012) como referências bibliográficas mais clássicas na construção naval em madeira (CÂMARA, 1888; CASTANHEIRA, 1979; GAASBEEK, 1919; LOWELL, 2002) mencionam o uso de reforços longitudinais, que promovem o travamento dos elementos estruturais do casco. Por exemplo, o cintado, posicionado abaixo da junção entre as cavernas e as vigas do convés, ao redor de toda a embarcação. Tal elemento deve ser pregado (ou parafusado) a cada caverna, e serve de apoio para o posicionamento e posterior fixação de cada viga do convés (daí em inglês serem denominados *deck beam shelves*, prateleiras das vigas do convés). Do mesmo modo, na junção entre os elementos do fundo e as laterais das cavernas, posiciona-se uma longarina. Deste modo, apesar de tais elementos possuírem a função estrutural de um reforço longitudinal, na prática da construção naval, eles atuam como elementos de apoio para a junção de dois elementos que, caso contrário, seriam unidos de

topo. Atualmente, entretanto, observa-se a prática de posicionar os elementos das cavernas e os barrotes lado a lado, e uni-los por parafusos passantes, eliminando a necessidade deste elemento de apoio (mas não de sua função estrutural). O uso combinado de reforços transversais (cavernas) com reforços longitudinais (cintados, longarinas, etc.) e o revestimento do tabuado comporiam uma estrutura monocoque, reduzindo as deformações consequentes do tosamento e alquebramento da embarcação durante a navegação e, assim, prolongando sua vida útil.

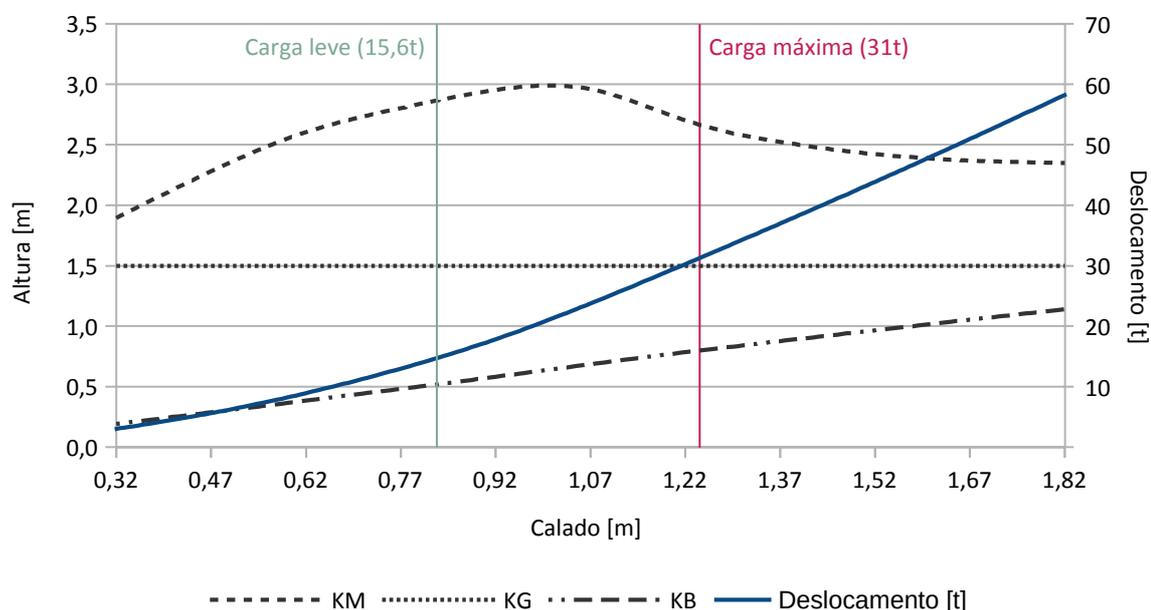
Já as anteparas estanque (*watertight bulkheads*) permitem a divisão do casco em compartimentos não comunicáveis para o fluxo de água oriundo de um possível alagamento. Deste modo, tais dispositivos permitem que a embarcação mantenha certa flutuabilidade mesmo após uma colisão ou outro acidente que comprometa a estanqueidade de uma ou mais seções do casco. Cabe mencionar que a falha na estanqueidade das anteparas é uma das causas apontadas para o naufrágio do HMS Titanic e que este, por sua vez, motivou a organização da *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) em 1914, que seria uma dos pilares que levaria à criação da própria IMO, décadas depois, em 1984.

FAO/ILO/IMO (2012) recomenda a instalação de uma antepara estanque ligeiramente à ré da emenda entre a quilha e o talha-mar, evitando o naufrágio da embarcação no caso de uma colisão frontal; bem como duas anteparas estanque, uma à vante e outra à ré, da sala de máquinas, tornando a sala de máquinas um compartimento estanque. Tal estratégia permite: que os diversos sistemas no interior da sala de máquinas possam continuar operando mesmo que outras seções da embarcação estejam alagadas; facilitar o controle de um eventual incêndio na sala de máquinas pela redução da quantidade de oxigênio disponível para a combustão; e ainda cria uma seção estanque na popa da embarcação, que pode atuar como reserva de flutuabilidade em caso de alagamento e como proteção no caso de uma colisão à ré.

Os parâmetros de estabilidade (íntacta) inicial da embarcação de estudo podem ser observados na Figura 47. A escala da esquerda apresenta valores das distâncias (em metros) entre a quilha da embarcação e seus centro vertical de

flutuação (KB, do inglês *keel to buoyancy centre*); centro de gravidade (KG); e metacentro transversal (KM). A escala da direita apresenta o deslocamento (em toneladas). O eixo horizontal apresenta a variação do calado (em metros) desde uma imersão mínima de 0,32 m até a imersão máxima de 1,82 m. Tal valor de imersão máxima corresponde à 85% do pontal máximo (2,14 m), considerado como um limite até onde se possa garantir a flutuabilidade da embarcação.

Figura 47: Estabilidade inicial e deslocamento *versus* calado para a embarcação atual.

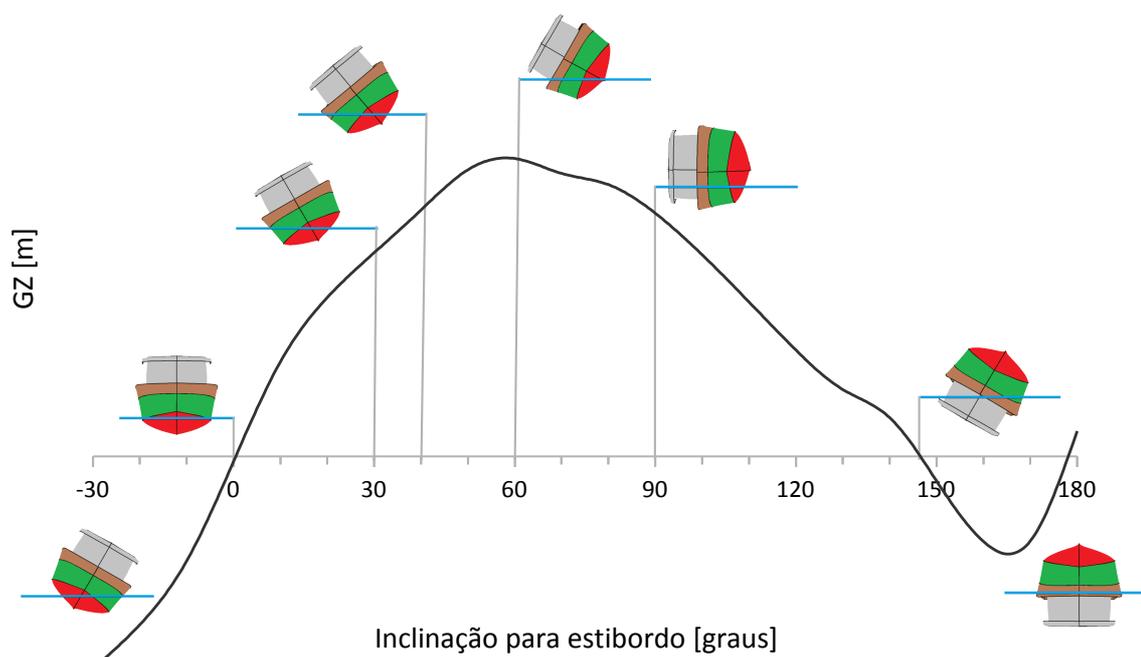


As condições de deslocamento leve e carga máxima para a embarcação estudada estão representadas na Figura 47 pelas linhas verticais verde e vermelha, respectivamente. Todas as condições de carregamento estão entre estes valores. Como o valor da altura metacêntrica inicial (GM_0) pode ser obtido pela distância entre a curva de KG e KM, pode-se observar que a embarcação está em conformidade com o critério de GM_0 mínimo de 0,35 m (FAO/ILO/IMO, 2012) para todas as condições de carregamento.

A estabilidade em grandes ângulos de inclinação foi simulada para valores de -30 à 180 graus de inclinação para todas as condições de carregamento, incluindo o efeito de superfície livre para os tanques e para o porão de armazenamento de pescado. Os valores detalhados de cada condição de

carregamento são apresentados no APÊNDICE A. A Figura 48 é uma representação esquemática da Curva GZ para a condição de carregamento de partida do porto de origem para a área de pesca.

Figura 48: Representação esquemática da Curva GZ para a condição de carregamento de partida do porto de origem para a área de pesca.



Nesta condição de carregamento, a embarcação tem estabilidade positiva entre 0 e 146,6 graus de inclinação, atingindo o valor máximo de alavanca de endireitamento aos 58,2°. GZ à 30° é 492 mm, com a área abaixo da curva GZ até 30° igual à 0,151 m-rad; área abaixo da curva GZ até 40° igual à 0,246 m-rad; e, portanto, área abaixo da curva GZ entre 30 e 40° de 0,095 m-rad. O ângulo de inclinação que permite a entrada de água para os porões através das tomadas de ar da casa de máquinas (*downflooding angle*) é de 49 graus. Todos estes valores estão em conformidade com os critérios de FAO/ILO/IMO (2012). Do mesmo modo, foram encontrados valores em conformidade para todas as demais condições de carregamento. Os critérios e resultados de estabilidade transversal a grandes ângulos para a embarcação atual e para os projetos propostos podem ser consultado na Tabela 8, pág. 151.

4.2.2 Projeto proposto para embarcação em madeira

Na Tabela 5 apresenta-se de modo resumido os escantilhões propostos para projeto de um Bote de Popa Torada em madeira nativa em conformidade com as recomendações de FAO/ILO/IMO (2012). Optou-se, para fins de comparação, pelo uso da mesma espécie de madeira observada em campo (Cumarú, *Dipteryx odorata*).

Tabela 5: Escantilhões da embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| Componente | Material | Dimensões | Quant | Espaçamento |
|---|-------------------------|---|-------|-------------|
| Tabuado do Casco (fundo, costado, popa e borda falsa) | <i>Dipteryx odorata</i> | 32 mm de espessura | - | - |
| Tabuado do convés | | 32 mm de espessura | - | - |
| Paredes e cobertura da cabine | Compensado revestido | 12 mm de espessura | - | - |
| Cavernas | <i>Dipteryx odorata</i> | 60x97 mm | 29 | 400 mm |
| Pisos | | 60 mm de espessura, 144 mm de profundidade e largura variável | 29 | |
| Barrotes (vigas do convés) | | 60x90 à 60x140 mm | 29 | |
| Cintado | | 47x120 mm | 2 | - |
| Longarina do <i>chine</i> | | 35x144 mm | 2 | - |
| Anteparas estanques | | 60 mm de espessura | 3 | - |
| Estrutura da borda falsa | | 60x97 mm | 2x16 | 800 mm |
| Berço do motor | | 120x500x1500 mm | 2 | 900 mm |
| Patilhão | | 228x900 mm | 1 | - |
| Estrutura da cabine | | 50x50 mm | 8 | 720 mm |
| Vigas da cobertura da cabine | | 50x50 mm | 7 | |
| Anéis horizontais da cabine | | 50x50 mm | 3 | - |
| Sobrequilha | | 87x219 mm | 1 | - |
| Quilha | | 120x194 mm | 1 | - |

O casco foi projetado com espessura constante de 32 mm tanto para o fundo como para laterais, popa, borda falsa e tabuado do convés. A casaria foi considerada com as mesmas características e dimensões observadas em campo, inclusive para sua estrutura.

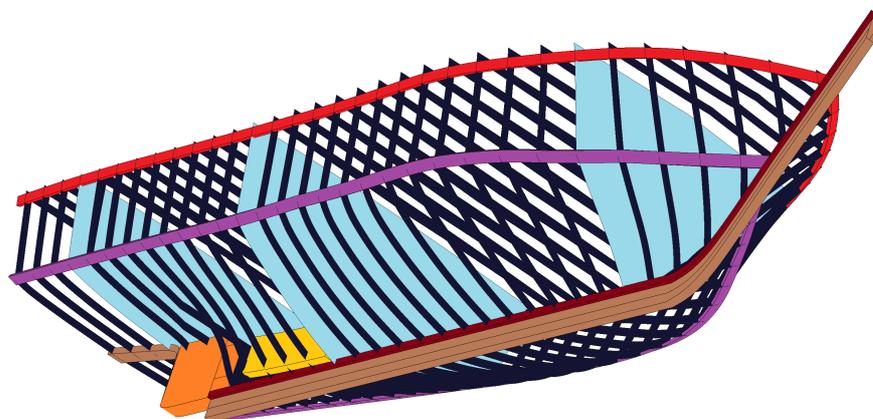
As cavernas foram projetadas considerando espessura e profundidade

constantes 60x97 mm, unidas sobre as quilhas com pisos de 60x144 mm. O espaçamento entre cavernas é de 400 mm. A estrutura da borda falsa é feita por elementos com as mesmas dimensões das cavernas, posicionadas ao lado de uma a cada duas cavernas. As vigas do convés (barrotes) foram projetadas com espessura constante (60 mm) mas com altura variando de 90 mm nas extremidades, onde estão unidas às cavernas por parafusos passantes; à 140 mm no centro, onde os esforços de flexão são maiores. Foram adicionados como reforços longitudinais o cintado, unido às cavernas e às vigas do convés, com 47x120 mm; e longarinas de 35x144 mm no *chine*, a linha de dobra da lateral do casco, fixado aos membros do fundo e laterais das cavernas.

A construção das anteparas foi considerada como sendo a mesma observada em campo, ou seja, de uma caverna tabuada em ambos os lados com o mesmo material e espessura do convés. Se ao menos uma face do tabuado for calafetada pode-se considerar tal antepara como antepara estanque. Adicionou-se uma antepara estanque à ré da sala de máquinas. As dimensões do berço do motor foram mantidas. Ajustou-se as dimensões do patilhão para 900x228 mm; da quilha para 120x194 mm; e da sobrequilha para 219x87 mm. Desconsiderou-se o verdugo como elemento estrutural.

Na Figura 49 apresenta-se o modelo gerado para a embarcação projetada em madeira em conformidade com as recomendações de FAO/ILO/IMO (2012). A massa total de matéria-prima prima foi estimada em 10,581 t, ligeiramente (2%) inferior à estimada para a embarcação atual, o que indica que a adição de novos componentes, como os reforços longitudinais e uma antepara estanque, foi compensada pela redução nos escantilhões que se encontravam superdimensionados.

Figura 49: Modelo estrutural da embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).



Observa-se em azul escuro as cavernas e barrotos; em azul-claro as anteparas estanque; em vermelho o cintado; em roxo as longarinas do *chine*; em marrom claro a quilha; marrom escuro a sobrequilha; laranja para o patilhão; e amarelo para o berço do motor. Borda falsa, popa e estrutura da cabine não estão representadas nesta imagem.

4.2.3 Projeto proposto para embarcação em PRFV

Na proposta de projeto de embarcação de pesca em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012) optou-se por laminado de matriz poliéster com reforçado combinado de manta e tecido (Combi-mat) de fibra de vidro E (com proporção em massa de manta por tecido de 0,40) laminado manualmente em molde aberto com teor de fibras no laminado final considerado como 39% em massa. Considerou-se a adição de véu de superfície com $0,6 \text{ kg/m}^2$ para todos os laminados, exceto os reforços longitudinais, para evitar o defeito de visualização do tecido de reforço na superfície (*print through*), bem como para promover uma região rica em resina, protegendo o reforço. O véu de superfície não foi considerado como reforço estrutural do laminado. A Tabela 6 apresenta de modo resumido os escantilhões propostos.

Tabela 6: Escantilhões da embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

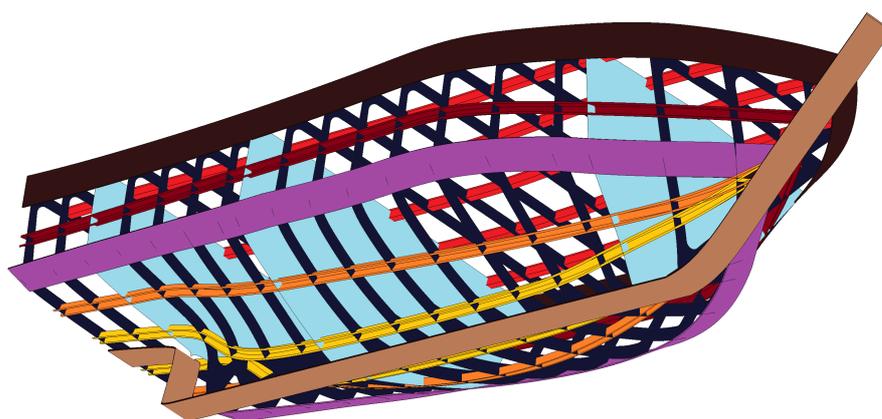
| Componente | Material | Dimensões | Quant | Espaçamento |
|---|---|--|-------|---------------------|
| Laminado do casco (fundo, laterais e popa) | Poliéster reforçado com Combi-mat 24-15 de fibra de vidro + véu de superfície | 10,19 mm de espessura 5,684 kg/m ² de vidro seco 4 x Combi-mat 24-15 + véu de superfície | - | - |
| Laminado do convés, borda falsa, paredes e cobertura da casaria | | 5,89 mm de espessura 3,142 kg/m ² de vidro seco 2 x Combi-mat 24-15 + véu de superfície | - | - |
| Molduras | Compensado revestido | 50x150 mm no fundo à 50x90 mm nas laterais à 50x140 mm nos barrotes | 15 | 720 mm |
| Anteparas estanque | | 50 mm de espessura | 3 | - |
| Estrutura da borda falsa | | 50x90mm | 2x15 | 720 mm |
| Molduras da casaria | | | 8 | |
| Vigas extra para cobertura da casaria | | | 7 | |
| Molduras horizontais da casaria | | | 3 | - |
| Reforços longitudinais | Poliéster reforçado com Combi-mat 24-15 de fibra de vidro + véu de superfície | Seção <i>top hat</i> quadrada 100x100x85 mm 4,30 mm de espessura 2,542 kg/m ² de vidro seco 2 x Combi-mat 24-15 | 11 | Máximo de 800 mm |
| Laminado de reforço da borda (cintado) e do <i>chine</i> | | 400 mm de largura 15 mm de espessura 8,897 kg/m ² de vidro seco 7 x Combi-mat 24-15 | 4 | |
| Laminado de reforço da quilha e do talha-mar | | 400 mm de largura 20 mm de espessura 11,439 kg/m ² de vidro seco 9 x Combi-mat 24-15 | 1 | - |

O laminado do casco possui a mesma espessura para o fundo, laterais e espelho da popa, com 10,19 mm, equivalente à 5,684 kg/m² de reforço antes da impregnação com resina (vidro seco), composto de 4 camadas de Combi-mat 24-15 e uma camada de véu de superfície. O laminado do convés possui espessura de 5,89 mm, equivalente à 3,142 kg/m² de vidro seco, composto de 2 camadas de Combi-mat 24-15 e o véu de superfície. Laterais, cobertura e assoalho da casaria, bem como a borda falsa, são laminados com a mesma especificação do convés.

Para a confecção dos reforços transversais, em substituição às cavernas, optou-se por molduras em forma de anéis (*ring frames*), que compreendem em

uma única peça os reforços transversais do convés e do fundo e laterais do casco. Considerando-se o menor custo e a facilidade de fabricação (GERR, 1999; NASSEH, 2000, 2007), optou-se por molduras e anteparas de compensado naval revestidos com uma leve camada de resina poliéster e fibra de vidro, unidos ao casco por abas de fibra de vidro biaxial laminada em poliéster. Como as recomendações de FAO/ILO/IMO (2012) não fornecem o dimensionamento de tais elementos, estes foram dimensionados em conformidade com a norma BS EN ISO 12215-5:2008. Para tanto, utilizou-se o módulo da seção transversal para os elementos de reforço transversal do casco e do convés requeridos em FAO/ILO/IMO (2012, tabelas 7 e 8, pág. 118-119), resultando em molduras com 50 mm de espessura e 720 mm de espaçamento. A profundidade das molduras varia de 150 mm no fundo do casco para 90 mm nas laterais do casco e 140 mm nas vigas do convés. A estrutura da borda falsa é projetada com o mesmo material e dimensões da seção da lateral do casco das molduras, ou seja, 50x90 mm. Na Figura 50 observa-se a representação do modelo estrutural proposto.

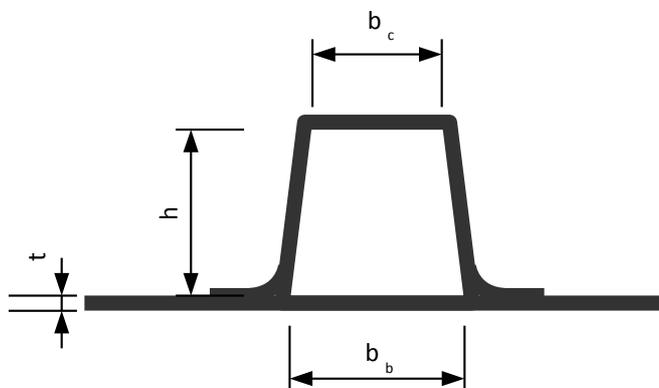
Figura 50: Modelo estrutural da embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).



Observa-se em azul escuro as molduras transversais; em azul-claro as anteparas estanque; os reforços longitudinais do tipo *top hat* estão representados em vermelho para o convés, vermelho escuro para as laterais, laranja para as longarinas do porão e amarelo para o berço do motor; em roxo está o laminado de reforço extra do *chine*; em marrom claro para o reforço da quilha; e marrom escuro para o reforço do cintado. Borda falsa, popa e estrutura da cabine não estão representadas nesta imagem.

Os reforços longitudinais se dão pela aplicação de um laminado extra sobre o laminado do caso nas regiões da quilha, *chine* e da junção casco-convés (cintado) e pela colocação de perfis com seção tipo *top hat* quadrado (Figura 51). Os laminados extra de reforço são: 9 camadas de Combi-mat 24-15 para a quilha e talha-mar, resultando no incremento da espessura em 20 mm, equivalente à $11,439 \text{ kg/m}^2$ de vidro seco, com 400 mm de largura (200 mm para cada lado); 7 camadas de Combi-mat 24-15 para o *chine* e o cintado, resultando em 15 mm a mais na espessura e $8,897 \text{ kg/m}^2$ de vidro seco, também com 400 mm de largura. Os reforços do tipo *top hat* são “quadrados”, ou seja, com base e altura iguais (100 mm) e face superior de 85 mm. São laminados com 2 camadas de Combi-mat 24-15, resultando em $2,542 \text{ kg/m}^2$ de vidro seco e 4,30 mm de espessura. Os reforços são posicionados de forma que nenhum painel tenha mais do que 800 mm de largura, resultando de: uma longarina em cada lateral do casco, entre o cintado e o *chine*; dois pares de longarinas no fundo do casco, sendo um par posicionado de modo que possa também servir de berço do motor e um par entre este e o *chine*; e 5 longarinas distribuídas uniformemente abaixo da superfície do convés. A estrutura da cabine também é composta de molduras de compensado naval revestido, com 50x90 mm e espaçamento de 720 mm, com uma viga extra entre cada par de molduras para reforço da cobertura, uma moldura extra na face frontal da casaria e três molduras horizontais.

Figura 51: Vista esquemática em corte de seção *top hat* do tipo quadrada.



As dimensões selecionadas para a embarcação são de 100 mm de altura (h), 100 mm na base (b_b) e 85 mm na face superior (b_c). A espessura do laminado (t) é 10,19 mm no casco e 5,89 mm no convés. Adaptado de: FAO/ILO/IMO (2012).

A massa de matéria-prima total, incluindo todos os laminados e o compensado naval, foi calculada em 6,909 t, valor 38% menor que para a embarcação atualmente construída em madeira. A estrutura e os laminados propostos seguem algumas estratégias reconhecidas como “boas práticas industriais” na construção de embarcações em PRFV (GERR, 1999; NASSEH, 2000, 2007). A adoção de um único tipo de tecido combinado para a laminação de todos os painéis e reforços longitudinais reduz a complexidade da aquisição e estoque de matéria-prima, as perdas de material na forma de aparas, bem como evita equívocos na sequência de laminação. Para reduzir a possibilidade de *print through* e osmose (*blistering*) e proteger a fibra de vidro da eventual absorção de umidade por microtrincas no casco, a laminação deve ser iniciada com o véu de superfície, seguido de uma camada de reforço combinado de manta e tecido com a face da manta aderindo na direção do véu (ou seja, com a manta “para baixo”), e assim sucessivamente até completar o laminado. Deste modo produz-se uma região rica em resina na superfície externa do casco, cujo teor de fibra aumenta gradativamente até a primeira camada de tecido. Além disso, a colocação do Combi-mat com a manta para baixo nas camadas subsequentes facilita seu posicionamento e a adesão do novo reforço ao laminado já impregnado de resina. O reforço combinado de manta e tecido sugerido pode ser substituído por outros modelos ou até por camadas de tecido e manta separadas, segundo a disponibilidade de mercado, desde que a proporção de manta por tecido (0,40) seja mantida.

Os reforços da quilha e do *chine* são laminados diretamente sobre o laminado do casco utilizando fitas cortadas previamente na largura calculada (400 mm). Os reforços do tipo *top hat* podem ser laminados diretamente no casco, seguindo a sequência de laminação, sobre perfis de espuma pré extrudados. A espuma atua apenas como molde para a laminação, não sendo considerada estrutural. Opcionalmente, pode-se laminar tais reforços separadamente e uni-los à superfície interna do casco com adesivo e reforço de fita de fibra de vidro (abas) com pelo menos 25 mm de largura em cada lado. As dimensões dos reforços tipo *top hat* foram selecionadas de modo que estes não se sobrepusessem às molduras

transversais. Deste modo, além de economizar espaço nos porões, os reforços longitudinais atuam como elementos secundários na grelha estrutural do tipo monocoque, sendo as molduras transversais os elementos primários.

As molduras transversais em compensado naval podem ser fabricadas com ferramentas convencionais de marcenaria ou pré cortadas em CNC de uma placa com 50 mm de espessura ou duas de 25 mm posteriormente coladas com adesivo naval (poliéster ou epóxi, por exemplo). Como algumas das dimensões das molduras são maiores que as dimensões totais das placas de compensado disponíveis no mercado, a utilização de duas placas de 25 mm coladas permite intercalar as emendas, aumentando a resistência do conjunto. Novamente, a seleção de uma única espessura para todos os elementos transversais facilita a aquisição e gestão de matéria-prima.

Numa sequência regular de construção o casco e o convés podem ser laminados em moldes separados, recebendo os respectivos reforços longitudinais (laminados no local ou laminados em separado e posteriormente colados). O casco recebe, então, as molduras transversais, o que lhe dará rigidez suficiente para ser removido do molde. Deste modo, o casco ainda sem o convés oferece amplo acesso para a instalação de seus diversos componentes e subsistemas, enquanto que o molde está livre para que se inicie a laminação de uma nova embarcação. Uma vez terminadas as instalações o convés pode ser posicionado sobre a embarcação, unido ao laminado do casco e às molduras transversais, e então retirado do molde. A casaria pode ser laminada no mesmo molde do convés ou em molde separado, sendo posteriormente fixada sobre a embarcação. Adotadas em conjunto ou separadas, tais práticas podem reduzir significativamente o tempo e o custo de fabricação.

4.2.1 Projeto proposto para embarcação em *strip planking*

Como FAO/ILO/IMO (2012) não disponibiliza escantilhões para embarcações em *strip planking*, a embarcação foi projetada em conformidade com as normas BS EN ISO 12215, seguindo as estratégias de construção

anteriormente apontadas e discutidas. A Tabela 7 apresenta de modo resumido os escantilhões resultantes.

Tabela 7: Escantilhões da embarcação em *strip planking* em conformidade com BS EN ISO 12215.

| Componente | Material | Dimensões | Quant | Espaçamento |
|---|---|--|-------|------------------|
| Laminado do casco (fundo, laterais, popa e borda falsa) | Núcleo de <i>Ocotea rubra</i> , faces de tecido de vidro biaxial +45/-45 e resina epóxi | 25 mm de espessura do núcleo 1 mm de espessura cada face 0,823 kg/m ² vidro seco 1 x +45/-45 biaxial cada face | - | - |
| Laminado do convés, paredes e cobertura da casaria | Compensado revestido | 25 mm de espessura do núcleo 1 mm de espessura cada face 0,823 kg/m ² vidro seco 1 x +45/-45 biaxial cada face | - | - |
| Molduras | <i>Ocotea rubra</i> (serrada ou laminada no local) | 50x150 mm no fundo do casco à 50x100 mm nas laterais à 50x150 mm nas vigas do convés | 15 | 760 mm |
| Estrutura da borda falsa | | | 2x19 | 760 mm |
| Molduras da casaria | | | 8 | 720 mm |
| Vigas extra para cobertura da casaria | | 50x100 mm | 7 | |
| Molduras horizontais da casaria | | | 3 | - |
| Anteparas estanque | Compensado | 50 mm de espessura | 3 | - |
| Reforços longitudinais | <i>Ocotea rubra</i> (serrada ou laminada no local) | 50x100 mm | 11 | Máximo de 800 mm |
| Cintado e longarina do <i>chine</i> | | | 4 | |
| Sobrequilha | | 125x75 mm | 1 | - |
| Quilha e talha-mar | | 75x100 mm | 1 | - |

A BS EN ISO 12215-5:2008 foi utilizada para o cálculo da pressão exercida sobre o casco considerando um deslocamento leve de 15,5 t e máximo de 31 t. A especificação do compósito sanduíche com núcleo de madeira foi determinada para o fundo do casco, e tais valores foram aplicados também para suas laterais, popa e borda falsa. Para o núcleo optou-se pelo Louro Gamela (*Ocotea rubra*), denominado *Red Louro* em inglês. Ambas as faces são revestidas com resina epóxi e reforço em tecido biaxial +45/-45 laminado manualmente com teor de fibra de 0,50 em massa. O núcleo de madeira tem 25 mm de espessura, enquanto as faces possuem 1 mm de espessura do laminado em cada face, correspondendo à 0,823 kg/m² de vidro seco. Deste modo, o casco possui 27 mm de espessura com

19,43 kg/m². A largura das ripas é, em geral, entre uma e três vezes sua espessura. Ripas mais estreitas aumentam a quantidade de mão de obra, enquanto que ripas mais largas dificultam a conformação da curvatura do casco. De todo modo, a largura das ripas não influencia a presente análise.

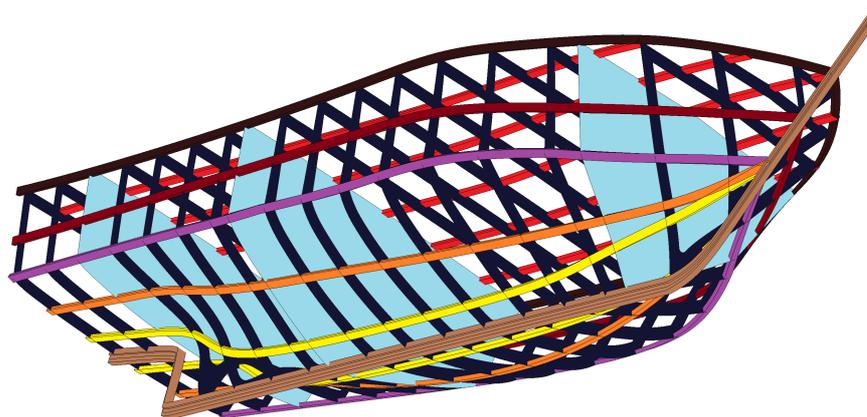
Louro Gamela foi escolhido como material do núcleo porque é uma espécie nativa amplamente disponível, atualmente não observada sendo empregada tanto na construção civil quanto na construção naval. É uma madeira de densidade média (640 kg/m³), com baixo conteúdo de resina, o que é adequado para colagem e laminação de revestimento. Pertence à categoria D30 da norma EN 338: 2016 e é considerada pelas recomendações de FAO/ILO/IMO (2012) como adequadas para confecção de tabuado, mesmo sem o revestimento de fibra de vidro. Os resultados da análise seriam semelhantes para quaisquer espécies entre as categorias D25 a D35, o que significa uma ampla gama de espécies de madeira para seleção dependendo da disponibilidade e de aspectos de desmatamento ou conservação.

O convés foi projetado em compensado naval, com 12 mm de espessura, revestido com laminado de 1 mm de espessura de tecido biaxial de vidro e resina epóxi (o mesmo laminado do casco, porém apenas na face externa), colado e parafusado às vigas do convés. As paredes, cobertura e assoalho da cabine seguem a mesma especificação do convés.

Os painéis foram calculados para terem o mesmo vão máximo do que o projeto proposto em PRFV (800 mm). Os reforços longitudinais e as molduras transversais foram projetadas em Louro Gamela, podendo ser serradas ao modo tradicional ou laminadas e coladas no local, calculadas de modo similar às molduras de compensado para a embarcação em PRFV, ou seja, utilizando a BS EN ISO 12215-5:2008 para dimensionar elementos que atendam ao módulo da seção mínimo recomendado por FAO/ILO/IMO (2012). Assim, a espessura projetada para as molduras transversais é de 50 mm, com sua profundidade variando de 150 mm no fundo do casco para 100 mm nas laterais e 150 mm nos barotes. O espaçamento das molduras é de 760 mm. A estrutura da borda falsa possui dimensões similares às das molduras na lateral do casco, ou seja, 50x100

mm. As anteparas estanques foram projetadas para serem construídas em compensado naval com 50 mm de espessura e unidas ao casco com abas do mesmo reforço e resina utilizados para o revestimento do casco. Os reforços longitudinais foram calculados como uma viga chata (barra de seção retangular) com 100 mm de largura e 50 mm de altura. O espaçamento das longarinas foi projetado de modo a impedir a ocorrência de painéis com vão maior do que 800 mm, resultando em cinco longarinas abaixo do convés, um par de longarinas nas laterais do casco, e dois pares no fundo do casco, além das longarinas do *chine* e do cintado. Assim como as molduras, a quilha e a sobrequilha podem ser de madeira serrada ou laminadas no local. As dimensões projetadas para a quilha são de 75x100 mm, e para a sobrequilha, 125x75 mm. Na Figura 52 observa-se a representação do modelo estrutural proposto. A estrutura da cabine seguiu o mesmo arranjo de molduras e vigas extra para a cobertura da cabine proposto para os demais modelos, porém construída em Louro Gamela (serrado ou laminado e colado) com dimensões de 50x100 mm.

Figura 52: Modelo estrutural da embarcação em *strip planking* em conformidade com as normas técnicas BS EN ISO 12215.



Observa-se em azul escuro as molduras transversais; em azul-claro as anteparas estanque; os reforços longitudinais de seção retangular estão representados em vermelho para o convés, vermelho-escuro para as laterais, laranja para as longarinas do porão, amarelo para as longarinas do berço do motor; em roxo para as longarinas do *chine*; e em marrom escuro para o cintado; em marrom claro observa-se a quilha e sobrequilha, incluindo o talha-mar. Borda falsa, popa e estrutura da cabine não estão representadas nesta imagem.

A embarcação resultante emprega 5,681 t de matéria-prima, incluindo madeira, compensado naval, reforços em fibra de vidro e resina epóxi. A massa total de matéria-prima é 49% menor que para a embarcação atual e 17% menor que para a embarcação em PRFV. Do ponto de vista da gestão e aquisição de matéria-prima, todos os componentes de madeira podem ser derivados de uma única espessura de prancha (50 mm). As pranchas, adquiridas com 50 mm de espessura (ou ligeiramente mais grossas e aplainadas para 50 mm) podem ser desdobradas em ripas de 25x50 mm para o *strip planking* ou serradas para confecção das molduras transversais (50x100 mm, 50x140 mm, 50x150 mm) e reforços longitudinais (50x100 mm). A sequência de construção pode se dar de dois modos: seguindo o método tradicional de armação de quilha e cavernas, ou com o uso de gabaritos.

Seguindo o método tradicional, fabrica-se a quilha e o talha-mar e as cavernas de referência (balizas) à meia nau, utilizando-se as proporções ou os modelos de referência desenvolvidos pelos mestres, definindo a forma da embarcação. Virotas e modelos são utilizados para a confecção das demais cavernas. O processo será distinto do já aplicado hoje a partir das cavernas prontas pois, em vez de iniciar o tabuado, deve-se fabricar e posicionar os reforços longitudinais da lateral, *chine*, fundo do casco e cintado, com encaixe entalhado, parafusados e colados em cada caverna. Nesta etapa pode-se também fabricar todos ou alguns dos barrotas e as anteparas estanque. Este conjunto estrutural já apresentará a forma da embarcação, de modo que as escoras utilizadas para posicionar as cavernas podem ser completamente removidas. Para reduzir o número de encaixes a serem executados, as cavernas que não sejam essenciais para compor a curvatura da superfície do casco podem ser laminadas diretamente na superfície interna do casco, após a confecção e revestimento do tabuado.

Na confecção do tabuado do casco, ao invés das tábuas de madeira de alta densidade com vão para o calafeto, são aplicadas ripas de madeira de média densidade, coladas umas às outras. Para facilitar a composição de curvas compostas e agilizar o processo de fabricação, o casco de ripas pode ser executado em seções, do *chine* para a quilha e do *chine* para a borda do convés, e por

diferentes equipes dos dois lados do casco. Com ripas mais estreitas, o trabalho de fasquia para acomodá-las na superfície curva do casco é bastante reduzido se comparado às tábuas do *plank on frame*. Assim, é praticável que as ripas sejam pré-produzidas ao mesmo tempo em que a quilha e as cavernas estão sendo construídas, em outra área do estaleiro. As mesmas práticas já utilizadas de produção de um casco espelhado e com as emendas longitudinais das ripas intercaladas devem ser aplicadas.

Uma vez completo o ripado, suas superfícies externa e interna devem ser plainadas e lixadas para produzir uma superfície suave e, então, serem revestidas com resina epóxi e o reforço de fibra de vidro biaxial. A aplicação do revestimento é similar ao já praticado para “fibragem” de casarias, porém com resina epóxi (em vez de poliéster), e com um tecido biaxial +45/-45 mais espesso (de maior gramatura). A superfície é impregnada com uma camada de resina, permitindo que o reforço seja posicionado e, então, impregnado com mais resina onde for necessário. O uso de resina epóxi requer equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas e óculos de proteção. Entretanto, a emissão de compostos orgânicos voláteis e a toxicidade da resina epóxi é menor do que os sistemas em poliéster. Dada a dificuldade de aplainamento e lixamento da superfície interna do casco, com a presença das cavernas e dos reforços longitudinais, e seu menor requisito de acabamento, pode-se optar por não dar tal acabamento nestas superfícies, apenas preenchendo suas imperfeições com resina epóxi com cargas minerais ou fibrosas. Todos os elementos de madeira, mesmo aqueles que não são reforçados com fibra de vidro, deverão ser impregnados com resina, selando seu teor de umidade para impedir o processo de dilatação e contração da madeira, bem como para aumentar sua durabilidade.

Segue-se, então, para a fabricação dos barrotes restantes, fixados às cavernas, e dos reforços longitudinais do convés. Do mesmo modo que na fabricação em PRFV, pode ser interessante nesta etapa instalar os componentes e subsistemas da embarcação, aproveitando o amplo acesso aos porões. O mesmo se dá para a estrutura da casaria e da borda falsa. Quando se julgar conveniente, convés e casaria são cobertos com compensado naval, colados e parafusados (ou

pregados) aos elementos estruturais e revestidos externamente com o mesmo sistema de epóxi e fibra de vidro do casco. Como, em geral, a borda falsa apresenta superfícies de dupla curvatura acompanhando a curvatura do casco, o que não pode ser executado em compensado, seu revestimento também se dá com ripas coladas, revestidas nas duas superfícies.

A sequência de construção com o uso de gabaritos para a moldagem do casco de ripas e posterior laminação das cavernas facilita o processo de revestimento do casco com resina epóxi e tecido biaxial de fibra de vidro, produzindo uma estrutura mais próxima de um monocoque. A Figura 53 apresenta um exemplo de tal sistema para construção de um bote a remo na *Boat Building Academy*, em Lyme Regis/UK.

Figura 53: Exemplo de estrutura e gabaritos para construção em *strip planking*.



Neste método, o casco é inicialmente produzido invertido, com o fundo para cima. Constrói-se um suporte principal, geralmente no formato de uma caixa (para evitar torções), sobre o qual serão posicionados gabaritos na mesma posição e com a mesma curvatura externa que seriam fabricadas as cavernas na fabricação tradicional. Tais gabaritos podem ser construídos em materiais mais baratos (como compensado naval, chapas OSB, madeira de menor valor comercial

ou retalhos de madeira do próprio estaleiro) e, junto com o caixote da estrutura principal, são reaproveitados na fabricação de mais de uma embarcação. A forma dos gabaritos pode ser determinada a partir de um projeto (como no exemplo da Figura 53) ou do mesmo modo que os construtores artesanais projetam as cavernas, ou seja, com proporções ou modelos para as balizas, e virotes para delimitação das demais seções. No exemplo da Figura 53 observa-se o caixote da estrutura principal, sobre o qual estão fixados os gabaritos de cinco seções transversais construídos em OSB e o conjunto de quilha, talha mar, sobrequilha e espelho da popa (este último não está visível na imagem). Um conjunto de ripas está posicionado temporariamente a distâncias regulares para verificação do posicionamento dos gabaritos e, conseqüentemente, da curvatura do casco que será obtida ao final do processo.

O conjunto de gabaritos receberá, então, as ripas de madeira, fixadas temporariamente aos gabaritos, coladas umas às outras e coladas e fixadas permanentemente à sobrequilha e ao espelho da popa. O ripado completo, aplainado e lixado, receberá o revestimento externo de resina epóxi e tecido biaxial de fibra de vidro, como no exemplo da Figura 37 (pág. 96). O casco é então invertido e os gabaritos retirados para o acabamento (raspagem e lixamento) e aplicação do revestimento em sua superfície interna de modo praticamente contínuo, sem interrupção do tecido de reforço nas cavernas e reforços longitudinais.

Uma vez curada a resina, os reforços longitudinais serão laminados e colados diretamente em suas posições finais, sobre o revestimento interno, com tiras de madeira (com 50 mm de largura e 10 mm de espessura, por exemplo) fixadas e coladas uma às outras até se atingir a profundidade desejada (no projeto proposto, 10 tiras, resultando em longarinas de 50x100 mm). Com os elementos secundários da grelha estrutural fabricados e posicionados, pode-se laminar e colar seus elementos primários, as cavernas, com a profundidade desejada para cada região do casco (neste caso, 15 tiras no fundo e 10 tiras nas laterais, resultando em 150 e 100 mm, respectivamente). As cavernas são laminadas entre as longarinas, junto à superfície interna do casco, até que suas

profundidades sejam a mesma, e então de modo contínuo sobre estas, até atingir a profundidade projetada das cavernas. Deste modo, pode-se considerar que todos os elementos da grelha estrutural estão acoplados entre si, acompanhando a superfície interna do casco.

Para que o tecido de fibra de vidro possa ser posicionado continuamente de um lado a outro do casco, de modo que toda a superfície do casco seja um compósito sanduíche com núcleo de madeira e faces de resina epóxi reforçada com fibra de vidro, a quilha também pode ser fixada temporariamente aos gabaritos, removida para a laminação, e reposicionada posteriormente (vide Figura 37a, pág. 96).

Para aumentar a rigidez do casco no momento de sua inversão, evitando deformações, as anteparas estanques em compensado naval podem ser fabricadas e posicionadas junto com os gabaritos, antes do fechamento do casco, sendo o ripado fixado permanentemente a estes elementos estruturais. Se necessário, algumas cavernas, longarinas e barrotes também podem ser construídas e fixadas deste modo.

Uma vez fabricado o casco, as etapas de confecção dos demais barrotes, instalação de equipamentos e subsistemas, fabricação de convés, casaria e borda falsa seguem os mesmos procedimentos descritos anteriormente.

Apesar de aparentemente mais complexo, uma vez construídos os gabaritos, além da melhor distribuição dos esforços entre os elementos estruturais do casco, tal método pode reduzir o tempo total de fabricação, aumentando sua sustentabilidade econômica. Entretanto, há que se considerar a redução na capacidade de customização das embarcações produzidas. De todo modo, se comparado ao uso de moldes na construção em PRFV, o sistema de gabaritos demanda menos investimento em capital; pode ser elaborado pelos próprios construtores navais, preservando assim o conhecimento embutido nas formas tradicionais de suas embarcações; e ainda preserva certo grau de customização, pela combinação de diferentes gabaritos ou diferentes quantidades de gabaritos para modificação das dimensões finais da embarcação.

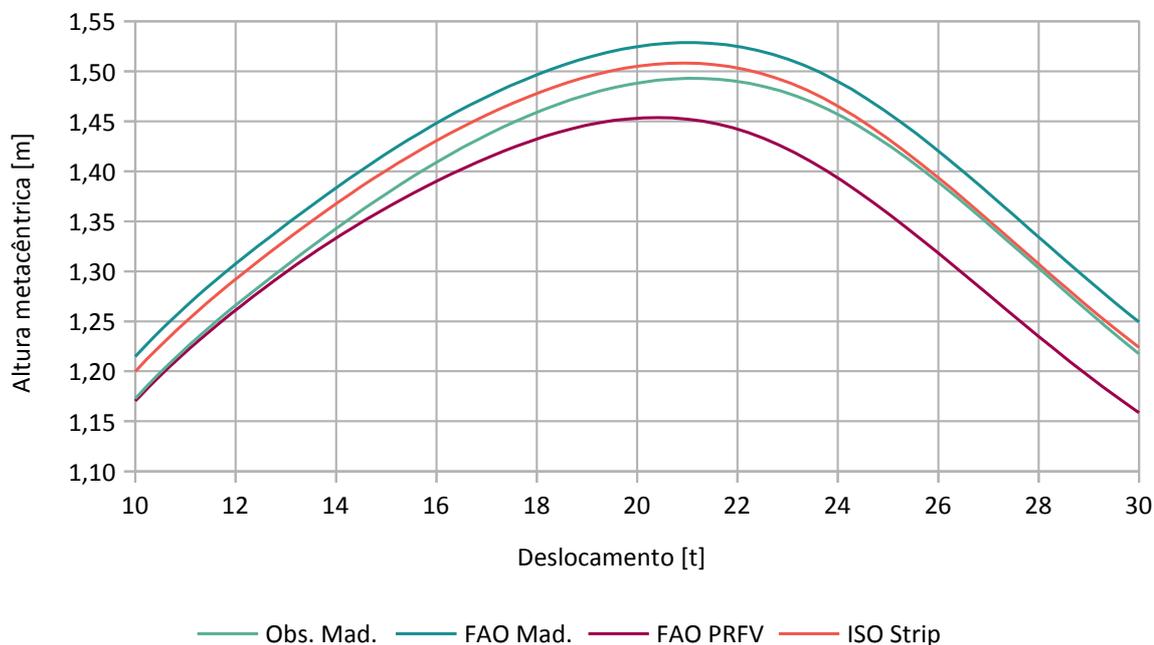
4.2.2 Análise das embarcações propostas segundo critérios de estabilidade

Além de terem massa diferente da embarcação inicial, a distribuição dos pesos dos diferentes componentes das embarcações projetadas modificam a distribuição de cargas e, conseqüentemente, seus centro de gravidade, podendo alterar sua flutuação e estabilidade. Deste modo, os projetos propostos foram analisados em relação à altura inicial do metacentro (GM_0), aos parâmetros de estabilidade para grandes ângulos de inclinação e trim, considerando as diferentes condições de carregamento, e comparados aos critérios de estabilidade de FAO/ILO/IMO (2012).

O gráfico da Figura 54 apresenta GM_0 versus deslocamento para as quatro embarcações. A escala de deslocamento compreende valores desde o deslocamento leve da embarcação mais leve, em *strip planking* (10,3 t), até a carga máxima da embarcação mais pesada, a embarcação atual (31,0 t). Observa-se que GM_0 está em conformidade com o valor mínimo recomendado em FAO/ILO/IMO (2012), de 0,35 m, para todas as embarcações em todas as condições de carregamento.

As variações de GM_0 entre as embarcações projetadas com diferentes materiais e em diferentes condições de carregamento tem relação com as diferentes alturas do centro de gravidade (KG) em relação à posição do metacentro (KM), que é um fator geométrico e, portanto, se mantém constante. Pode-se observar no gráfico que a altura metacêntrica inicial para a embarcação em PRFV é cerca de 3% inferior do que para a embarcação atual. Uma variação igualmente pequena (~3%), porém de aumento do valor de GM_0 pode ser observada para a embarcação projetada em madeira. Apesar de 5,4 t mais leve, o GM_0 para a embarcação em *strip planking* é praticamente o mesmo que para a embarcação atual.

Figura 54: Altura metacêntrica inicial (GM_0) versus Deslocamento para a embarcação atual e os projetos propostos.



Identificadores: a embarcação observada em campo em madeira (Obs. Mad.) e os projetos propostos construídos em conformidade com: FAO/ILO/IMO (2012) em madeira (FAO Mad.); e em laminado de poliéster reforçado com fibra de vidro (FAO PRFV); e em conformidade com as normas BS EN ISO 12215 em *strip planking* (ISO Strip).

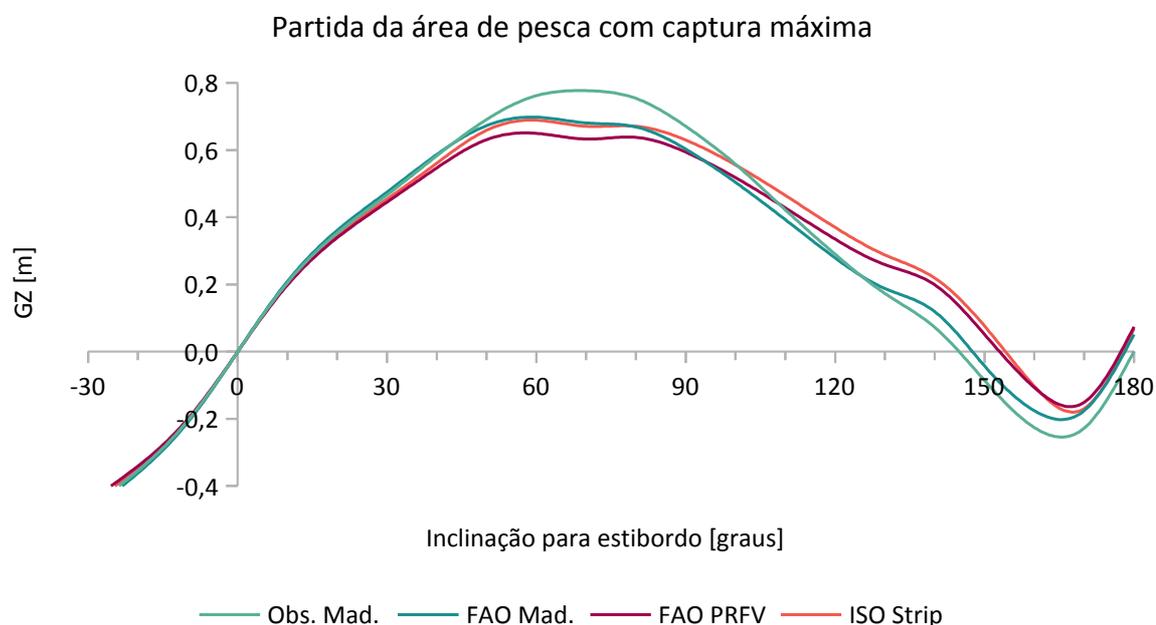
Os efeitos das mudanças na distribuição de massas ao longo da embarcação na estabilidade lateral em grandes ângulos de inclinação são melhor visualizados em Curvas GZ. A Figura 55 apresenta as curvas GZ para as quatro embarcações na condição de carregamento de partida da área de pesca para o porto de origem com captura máxima. Os valores dos critérios e os obtidos para todas as condições de carregamento em todas as embarcações são apresentados na Tabela 8, enquanto que as curvas GZ para os demais modos de carregamento estão no APÊNDICE B.

Tabela 8: Critérios e resultados de estabilidade transversal a grandes ângulos para a embarcação atual e os projetos propostos.

| Material | Carregamento | Ângulo de perda de estab. | GZ à 30° [m] | Área até 30° [m-rad] | Área até 40° [m-rad] | Área entre 30 e 40° [m-rad] | Ângulo de máximo GZ | Ângulo de inundação |
|--------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| Obs. Mad. | Carga leve | 152,8 | 0,507 | 0,170 | 0,266 | 0,096 | 63,6 | 56,0 |
| | Partida do porto | 146,6 | 0,492 | 0,151 | 0,246 | 0,095 | 58,2 | 49,0 |
| | Partida área de pesca | 145,5 | 0,466 | 0,140 | 0,231 | 0,091 | 69,1 | 49,0 |
| | Chegada captura máxima | 145,0 | 0,466 | 0,140 | 0,231 | 0,092 | 69,1 | 49,6 |
| | Chegada captura mínima | 144,5 | 0,454 | 0,149 | 0,235 | 0,086 | 64,5 | 53,5 |
| | Carga máxima | 144,7 | 0,476 | 0,137 | 0,231 | 0,094 | 68,2 | 45,9 |
| FAO Mad. | Carga leve | 156,4 | 0,527 | 0,176 | 0,275 | 0,100 | 60,0 | 55,9 |
| | Partida do porto | 142,3 | 0,481 | 0,148 | 0,241 | 0,093 | 65,5 | 49,0 |
| | Partida área de pesca | 147,3 | 0,475 | 0,143 | 0,235 | 0,093 | 59,1 | 49,1 |
| | Chegada captura máxima | 147,6 | 0,475 | 0,143 | 0,236 | 0,093 | 59,1 | 49,7 |
| | Chegada captura mínima | 150,0 | 0,470 | 0,153 | 0,243 | 0,090 | 59,1 | 53,4 |
| | Carga máxima | 146,8 | 0,483 | 0,139 | 0,234 | 0,095 | 59,1 | 46,0 |
| FAO PRFV | Carga leve | 169,0 | 0,493 | 0,161 | 0,255 | 0,094 | 59,1 | 62,3 |
| | Partida do porto | 153,0 | 0,461 | 0,143 | 0,232 | 0,089 | 57,3 | 53,8 |
| | Partida área de pesca | 153,0 | 0,445 | 0,134 | 0,221 | 0,087 | 58,2 | 53,7 |
| | Chegada captura máxima | 153,0 | 0,444 | 0,134 | 0,221 | 0,087 | 58,2 | 54,6 |
| | Chegada captura mínima | 159,0 | 0,426 | 0,138 | 0,220 | 0,081 | 58,2 | 59,5 |
| | Carga máxima | 151,5 | 0,457 | 0,133 | 0,222 | 0,089 | 58,2 | 49,6 |
| ISO Strip | Carga leve | n/a | 0,527 | 0,167 | 0,269 | 0,101 | 60,9 | 65,0 |
| | Partida do porto | 155,0 | 0,475 | 0,148 | 0,239 | 0,091 | 57,3 | 56,5 |
| | Partida área de pesca | 154,0 | 0,454 | 0,138 | 0,226 | 0,088 | 59,1 | 56,0 |
| | Chegada captura máxima | 154,0 | 0,454 | 0,138 | 0,226 | 0,088 | 59,1 | 56,8 |
| | Chegada captura mínima | 161,0 | 0,444 | 0,142 | 0,227 | 0,085 | 59,1 | 62,2 |
| | Carga máxima | 152,0 | 0,465 | 0,136 | 0,227 | 0,091 | 59,1 | 51,8 |
| FAO/ILO/IMO | Critério | - | >=0,200 | >=0,055 | >=0,090 | >=0,030 | >=30 | >=40 |

Identificadores: a embarcação observada em campo em madeira (Obs. Mad.) e os projetos propostos construídos em conformidade com: FAO/ILO/IMO (2012) em madeira (FAO Mad.); e em laminado de poliéster reforçado com fibra de vidro (FAO PRFV); e em conformidade com as normas BS EN ISO 12215 em *strip planking* (ISO Strip).

Figura 55: Alavanca de endireitamento (GZ) *versus* Ângulo de inclinação transversal para a embarcação atual e os projetos propostos considerando o carregamento de partida da área de pesca para o porto de origem.



Identificadores: a embarcação observada em campo em madeira (Obs. Mad.) e os projetos propostos construídos em conformidade com: FAO/ILO/IMO (2012) em madeira (FAO Mad.); e em laminado de poliéster reforçado com fibra de vidro (FAO PRFV); e em conformidade com as normas BS EN ISO 12215 em *strip planking* (ISO Strip).

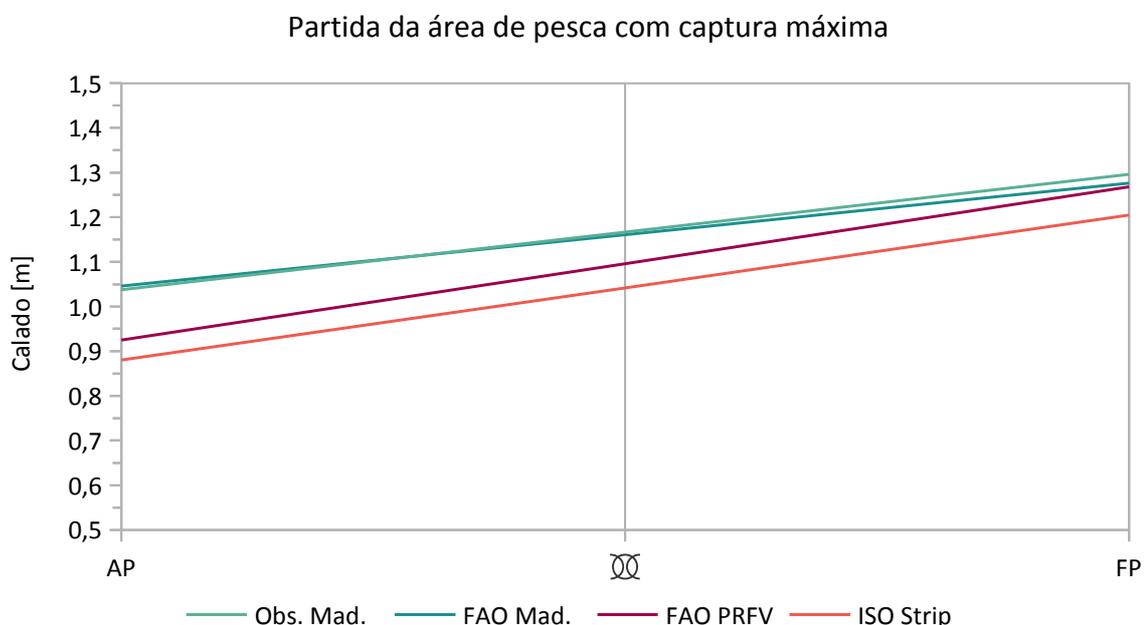
Observa-se uma ligeira redução na alavanca de endireitamento de todas as embarcações propostas em relação à embarcação atual. Além disso, pode-se observar um ligeiro aumento na extensão de estabilidade positiva para as embarcações projetadas em PRFV e *strip planking*. Apesar dessas variações, todos os projetos de embarcação propostos e a embarcação de madeira observada, para todas as condições de carga, estão em conformidade com os critérios de estabilidade das recomendações em FAO/ILO/IMO (2012).

Simulou-se, também, o teste de carga deslocada da linha de centro da embarcação, sugerido em FAO/ILO/IMO (2012), de onde se verifica o ângulo para o qual a embarcação se inclina e a borda livre resultante quando da aplicação de uma carga em quilogramas de $25 \times \text{LOA} \times \text{boca}$, no nível do convés principal, à meia nau e o mais próximo possível da borda do convés. Tal teste verifica a reserva de estabilidade em situações de esforços fora do alinhamento, como o recolhimento de uma rede de pesca pela lateral da embarcação, por exemplo. Para tanto rodou-se no *Maxsurf* a análise de equilíbrio com a carga adicional, na

condição de águas calmas (sem ondas), e anotou-se o ângulo de inclinação resultante, bem como a borda livre medida entre a linha d'água e a borda do convés. Todas as embarcações propostas e a embarcação atual em todas as condições de carregamento estão em conformidade com os critérios de FAO/ILO/IMO (2012) de 15° de inclinação máxima e mínimo de 0,75 m de borda livre.

As condições de carregamento, como a presença de tanques parcialmente preenchidos, bem como a distribuição das massas dos diferentes elementos estruturais podem alterar também o equilíbrio longitudinal da embarcação, ou seja, a inclinação longitudinal desta na água, expresso pelo *trim*. O diagrama da Figura 56 apresenta o calado da embarcação na perpendicular à vante (de proa), à ré (de popa) e à meia nau para a mesma condição de carregamento das figuras anteriores.

Figura 56: Diagrama de Trim para a embarcação atual e os projetos propostos considerando o carregamento de partida da área de pesca para o porto de origem.



Identificadores: a embarcação observada em campo em madeira (Obs. Mad.) e os projetos propostos construídos em conformidade com: FAO/ILO/IMO (2012) em madeira (FAO Mad.); e em laminado de poliéster reforçado com fibra de vidro (FAO PRFV); e em conformidade com as normas BS EN ISO 12215 em *strip planking* (ISO Strip). Perpendicular à ré (AP, de *aft perpendicular*), perpendicular à vante (FP, de *forward perpendicular*) e meia nau.

Neste tipo de diagrama, a embarcação está equilibrada sem inclinação longitudinal (em águas parelhas, ou sem compasso) quando os valores do calado são contantes nas três posições. Se o calado é, por exemplo, maior na perpendicular da proa (à vante), significa que a embarcação está inclinada para a frente, o que se denomina trimada à vante. Diagramas semelhantes foram confeccionados para todas as condições de carregamento e estão apresentados no APÊNDICE B.

Observou-se que as embarcações ficam trimadas para a popa nas condições em que o porão de armazenamento de pescado está parcialmente preenchido, ou seja, na partida do porto de origem para a área de pesca e na condição de chegada ao porto de origem com captura mínima. De modo contrário, as embarcações ficam trimadas à vante quanto o porão de pescado encontra-se cheio, ou seja, nas condições de partida da área de pesca e de chegada ao porto de origem com a captura máxima. O trim tende a ser mais pronunciado na embarcação de PRFV, mas em nenhum caso o valor de trim foi superior a dois graus. Apesar de FAO/ILO/IMO (2012) não apresentar um critério para análise do trim, tais valores podem ser considerados satisfatórios. Entretanto, cabe notar uma diminuição geral do calado das embarcações em PRFV e *strip planking*, como resultado da redução de sua massa total. Em alguns casos o calado na popa é menor do que 0,9 m, o que deixará a popa completamente acima da linha d'água e pode emergir o hélice (cujo diâmetro é de 0,86 m), comprometendo seu rendimento.

De modo geral, apesar de algumas variações no trim, nas curvas GZ e em GM_0 , todas as embarcações propostas e a embarcação atual estão em conformidade com os critérios de estabilidade de FAO/ILO/IMO (2012) para todas as condições de carregamento estudadas. As variações observadas podem ser corrigidas, caso se julgue necessário, com diferentes estratégias, como por exemplo: aumento do lastro já utilizado ou seu posicionamento de modo a corrigir a posição de CG; redistribuição dos tanques; aumento da capacidade do porão de armazenamento de pescado; aumento dos tanques de água doce e sua construção de modo integrado ao casco; etc.

4.2.3 Parâmetros de sustentabilidade econômica e ambiental

As massas das superfícies e dos elementos estruturais das embarcações modeladas foram decompostas nas massas de cada material empregado e então multiplicadas pelas suas propriedades (apresentadas na Tabela 9) de modo a se quantificar os parâmetros de sustentabilidade econômica e ambiental de cada opção de material e processo de fabricação, apresentados na Tabela 10.

Tabela 9: Propriedades dos materiais selecionados.

| Material | Densidade [t/m ³] | Custo estimado [US\$/Kg] | Pegada de CO ₂ p/ produção primária [t/t] | Conteúdo energético p/ produção primária [MJ/Kg] |
|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|--|--|
| <i>Dipteryx odorata</i> | 1,090 | 0,96 – 1,18* | 0,84 – 0,93 | 9,82 – 10,90 |
| <i>Ocotea rubra</i> | 0,640 | 1,37 – 2,05 | 0,84 – 0,93 | 9,82 – 10,90 |
| Compensado | 0,600 | 0,33 – 1,01 | 0,79 – 0,87 | 13,80 – 15,20 |
| Fibra de vidro | 2,575 | 1,63 – 3,26 | 3,34 – 3,69 | 62,20 – 68,80 |
| Epóxi | 1,255 | 3,30 – 3,63 | 6,83 – 7,55 | 127,00 – 140,00 |
| Poliéster | 1,220 | 2,30 – 2,53 | 2,53 – 2,83 | 67,70 – 74,90 |

Propriedades dos materiais do banco de dados do CES, *Cambridge Engineering Selector*, exceto * da atividade de campo.

Tabela 10: Parâmetros de sustentabilidade e desempenho estimados.

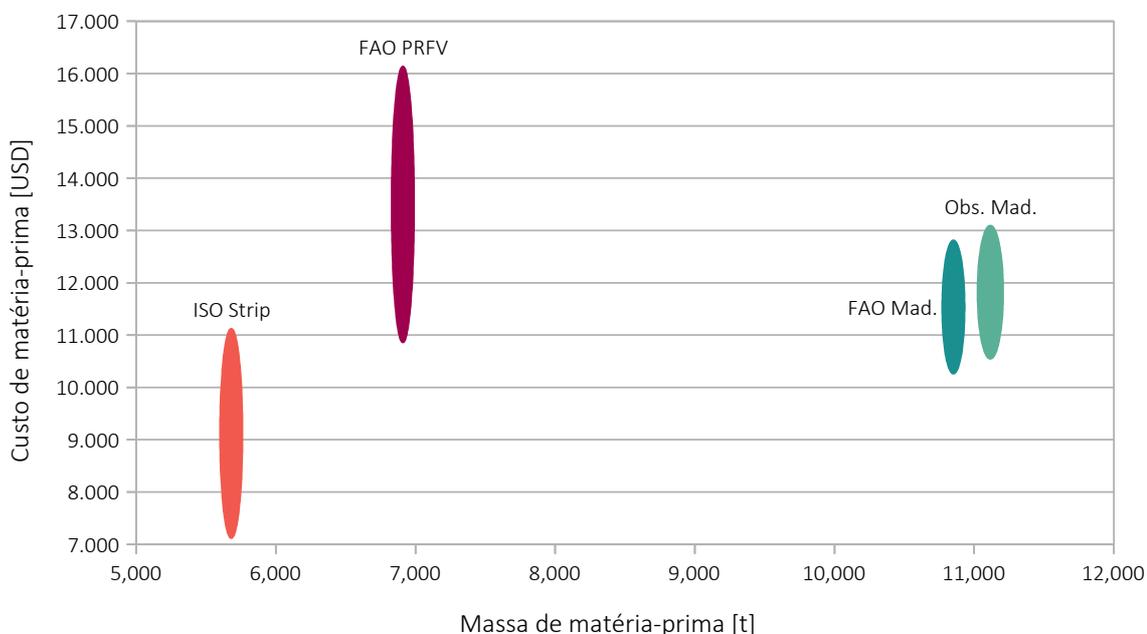
| Emb. | Material | M [t] | (%) | Custo [US\$] | (%) | CO ₂ [t] | (%) | CE [MJ] | (%) |
|-----------|----------------------------|---------------|-------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------|----------------|-------------|
| ISO Strip | <i>Ocotea rubra</i> | 3,909 | 69% | 6684,81 | 73% | 3,462 | 47% | 40.500 | 36% |
| | Compensado (7 cam., faixa) | 1,232 | 22% | 825,40 | 9% | 1,019 | 14% | 17.863 | 16% |
| | Resina epóxi | 0,286 | 5% | 990,45 | 11% | 2,055 | 28% | 38.160 | 34% |
| | Fibra de vidro biaxial | 0,253 | 4% | 619,77 | 7% | 0,891 | 12% | 16.603 | 15% |
| | Total | 5,681 | 51% | 9120,43 | 77% | 7,427 | 66% | 113.126 | 77% |
| FAO PRFV | Compensado (7 cam., faixa) | 1,861 | 27% | 1246,87 | 9% | 1,540 | 9% | 26.985 | 7% |
| | Resina poliéster | 3,079 | 45% | 7436,46 | 55% | 9,161 | 52% | 219.553 | 58% |
| | Combi-mat fibra de vidro | 1,969 | 28% | 4813,52 | 36% | 6,920 | 39% | 128.951 | 34% |
| | Total | 6,909 | 62% | 13496,85 | 114% | 17,621 | 157% | 375.488 | 256% |
| FAO Mad. | <i>Dipteryx odorata</i> | 10,291 | 95% | 11011,12 | 95% | 9,112 | 83% | 106.612 | 74% |
| | Compensado (7 cam., faixa) | 0,462 | 4% | 309,41 | 3% | 0,382 | 3% | 6.696 | 5% |
| | Combi-mat + Poliéster | 0,099 | 1% | 216,04 | 2% | 1,485 | 14% | 30.531 | 21% |
| | Total | 10,851 | 98% | 11536,57 | 98% | 10,979 | 98% | 143.840 | 98% |
| Obs. Mad. | <i>Dipteryx odorata</i> | 10,555 | 95% | 11293,94 | 96% | 9,347 | 83% | 109.351 | 75% |
| | Compensado (7 cam., faixa) | 0,462 | 4% | 309,41 | 3% | 0,382 | 3% | 6.696 | 5% |
| | Combi-mat + Poliéster | 0,099 | 1% | 216,04 | 2% | 1,485 | 13% | 30.531 | 21% |
| | Total | 11,116 | 100% | 11819,39 | 100% | 11,213 | 100% | 146.578 | 100% |

Cabeçalho: Embarcação (Emb.); Massa (M); Custo de matéria-prima (Custo); Pegada de dióxido de carbono para a produção primária (CO₂); Conteúdo energético para a produção primária (CE).

Identificadores: a embarcação observada em campo em madeira (Obs. Mad.) e os projetos propostos construídos em conformidade com: FAO/ILO/IMO (2012) em madeira (FAO Mad.); e em laminado de poliéster reforçado com fibra de vidro (FAO PRFV); e em conformidade com as normas BS EN ISO 12215 em *strip planking* (ISO Strip).

Os resultados da Tabela 10 são apresentados em valores médios e em porcentagem. Para o material de cada embarcação, a porcentagem indica a relevância de cada material na composição do parâmetro para a embarcação em questão, enquanto que a porcentagem total indica a proporção para cada embarcação proposta em relação à embarcação de referência, observada em campo. Por exemplo, a soma de todo o compensado naval utilizado na embarcação projetada em *strip planking* em conformidade com as normas BS EN ISO 12215 é responsável por 22% da massa de matéria-prima, 9% do custo de matéria-prima, 14% da pegada de carbono e 34% do conteúdo energético desta embarcação; enquanto que a embarcação em *strip planking* proposta possui 51% da massa de matéria-prima, 77% do custo, 66% da pegada de carbono e 77% do conteúdo energético em relação à embarcação atual em madeira. O desempenho geral pode ser observado nos mapas da Figura 57 e da Figura 58. As dimensões das elipses nos mapas representam a tolerância das propriedades dos materiais.

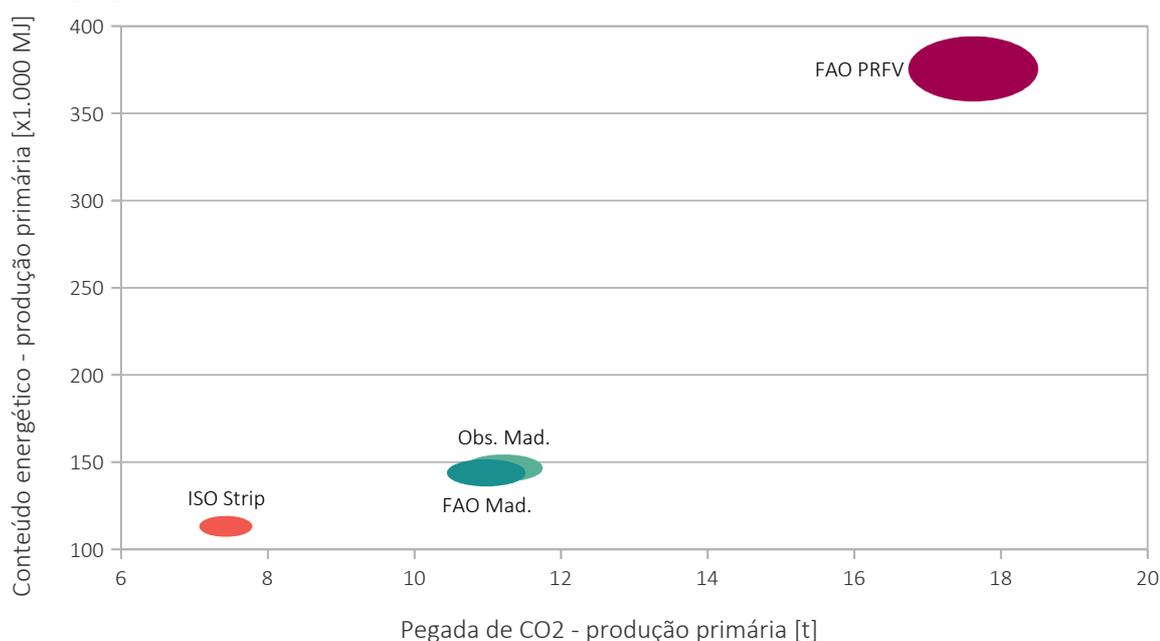
Figura 57: Mapa de massa *versus* custo de matéria-prima para a embarcação atual e os projetos propostos.



Identificadores: a embarcação observada em campo em madeira (Obs. Mad.) e os projetos propostos construídos em conformidade com: FAO/ILO/IMO (2012) em madeira (FAO Mad.); e em laminado de poliéster reforçado com fibra de vidro (FAO PRFV); e em conformidade com as normas BS EN ISO 12215 em *strip planking* (ISO Strip).

No mapa de massa *versus* custo de matéria-prima pode-se observar uma pequena redução (2%) tanto de massa quanto de custo entre a embarcação atual e a projetada em madeira em conformidade com as recomendações de FAO/ILO/IMO (2012). Já a embarcação projetada em PRFV, apesar da redução de 38% de massa de matéria-prima, apresenta um custo de aquisição destes materiais em média 14% superior. A embarcação projetada em *strip planking* apresentou reduções tanto em custo quanto em massa, de 33 e 49%, respectivamente.

Figura 58: Mapa de pegada de carbono *versus* conteúdo energético para a embarcação atual e os projetos propostos.



Identificadores: a embarcação observada em campo em madeira (Obs. Mad.) e os projetos propostos construídos em conformidade com: FAO/ILO/IMO (2012) em madeira (FAO Mad.); e em laminado de poliéster reforçado com fibra de vidro (FAO PRFV); e em conformidade com as normas BS EN ISO 12215 em *strip planking* (ISO Strip).

Como esperado, os parâmetros de pegada de carbono e conteúdo energético são mais diretamente relacionados. A embarcação projetada em madeira apresenta novamente pequena redução (2%) dos valores tanto para pegada de carbono quanto para conteúdo energético em relação à embarcação original. A embarcação em PRFV apresenta um significativo aumento do impacto ambiental na produção primária, apresentando 157% do valor de referência para pegada de

carbono e 256% do valor de referência de conteúdo energético. Já a embarcação em *strip planking* apresenta redução de 44 e 33% em relação aos valores de referência para os mesmos parâmetros.

É importante ressaltar que os parâmetros selecionados possuem algumas limitações na avaliação da sustentabilidade econômica e ambiental. A pegada de carbono e o conteúdo energético consideram apenas a produção primária das matérias-primas e não consideram o consumo de energia nem as emissões no processo de fabricação das embarcações. Da mesma forma, o custo das matérias-primas são valores aproximados e não consideram reduções de custos devido ao aumento da produtividade ou aumento da eficiência da gestão de materiais durante a fabricação. No entanto, as diferenças dos valores são suficientemente grandes para permitir a afirmação de que a substituição da construção naval artesanal de embarcações de pesca de pequeno e médio porte em madeira pela construção em PRFV é menos sustentável, tanto da perspectiva ambiental quanto econômica; e que a construção em *strip planking* parece ser uma alternativa mais sustentável, e não uma opção de compromisso, conforme esperado segundo os resultados obtidos no capítulo 3. Tal diferença entre os resultados obtidos com as propostas de projeto de embarcações em relação aos obtidos com o uso de mapas de propriedades de materiais pode ter sido causada por um conjunto de fatores, de onde pode-se destacar que:

- as normas e recomendações têm embutidos fatores de segurança diferentes para cada tipo de material e processo de fabricação, não presentes quando da observação direta das propriedades destes materiais nos MPM;
- nos MPM, considera-se a fabricação de toda a embarcação com um mesmo material, enquanto que na prática se dá a combinação de materiais diferentes para a superfície do casco, a superfície do convés e da casaria, bem como para os diversos elementos estruturais (cavernas, longarinas, anteparas, etc.); e que
- a aplicação de fatores de forma, principalmente no dimensionamento e número de elementos de reforço longitudinal e transversal, altera a quantidade total de cada material empregada em cada embarcação.

Deste modo, os métodos de pesquisa empregados, partindo do estudo de campo e gradualmente incorporando ferramentas analíticas de maior especificidade, mostraram-se bastante efetivos na compreensão e análise do problema de pesquisa, bem como na proposição de soluções técnicas e projetuais à Construção Naval Artesanal (CNA). O processo iterativo de análise ora da forma, ora dos materiais e processos de fabricação, e ora do produto e seus diversos usos, permitiu o detalhamento das complexas relações entre os elementos e características das embarcações, tão habilmente manipulados pelos construtores navais.

Tal abordagem está presente não só nos métodos mais amplamente aceitos de design de produtos (SANTOS, 2006) e nos métodos específicos para o projeto de embarcações (MOLLAND, 2011; TUPPER, 2013), como concorda com (e explicita para o caso da CNA) a metodologia de Design & Seleção de Materiais (ASHBY; JOHNSON, 2014) esquematizada na Figura 1 (pág. 25). Mais do que apresentar um único material e processo de fabricação “vencedor” para uma dada aplicação, a SM&D permite uma abordagem multidisciplinar, com aplicação de métodos diferentes, concorrentes e complementares, que permitem avaliar uma grande gama de opções de materiais/processos, eliminando alguns, e elencando um conjunto de possibilidades de compromisso entre um conjunto de requisitos e critérios de projeto, com suas respectivas vantagens e desvantagens.

5 CONCLUSÃO

O conjunto dos resultados apresentados permite concluir que a substituição da construção tradicional de embarcações de pesca de médio porte e baixa autonomia em madeira nativa, no litoral brasileiro, por laminados sólidos de resina poliéster reforçada com fibra de vidro não se justifica, quer seja em termos de desempenho estrutural, do ponto de vista econômico ou ambiental. Além da toxicidade das resinas, da dispersão de partículas de vidro, do investimento em capital para a confecção dos moldes e da redução da capacidade de customização das embarcações, observou-se que, para uma mesma embarcação, a fabricação em PRFV apresenta incremento de custo de matéria-prima da ordem de 14%, de emissão de CO₂ para a produção primária da ordem de 57%, e de consumo de energia para a produção primária da ordem de 156%. Em vez de tal substituição, conclui-se que seria mais eficiente trabalhar em colaboração com os construtores navais artesanais, a fim de otimizar os projetos, técnicas e materiais já utilizados.

O presente trabalho mostrou que, de modo geral, os construtores navais artesanais no litoral brasileiro já produzem embarcações robustas, seguras e eficientes, e que seus projetos e práticas estão em conformidade com regras, normas e recomendações internacionais. Observa-se, ainda, que os construtores navais, bem como os demais profissionais envolvidos na CNA, já realizam ações no sentido de incrementar o desempenho de suas embarcações, minimizar o impacto ambiental de seus processos e de desenvolver ou adotar novos materiais e técnicas de fabricação.

Havendo condições financeiras e assessoria técnica para tal, acredita-se que há possibilidade de implementação de um conjunto de ações para o aperfeiçoamento da CNA, quer seja na gestão dos estaleiros, seu ferramental, estratégias de descarte de resíduos, etc.; ou com melhorias nas próprias embarcações, como a adoção de anteparas estanques ou o retorno ao emprego de longarinas e outros reforços longitudinais. Essas melhorias, associadas à otimização de alguns escantilhões, em vez de aumentar os custos e o impacto

ambiental, conforme esperado, resultam em um ligeiro aumento nos parâmetros de sustentabilidade econômica e ambiental.

A partir de tais ações, aponta-se para a perspectiva de desenvolvimento conjunto e adoção de materiais e processos de fabricação adequados à artesanidade do setor e capazes de também colaborar para o incremento concomitante de sua sustentabilidade econômica e ambiental. Dentre as possibilidades estudadas, destaca-se a fabricação em *strip planking*, com núcleo de madeira (nativa ou reflorestada) de média densidade e faces de resina epóxi reforçadas com tecido biaxial de fibra de vidro. A semelhança entre as ferramentas e as técnicas já aplicadas na CNA, além da compatibilidade com critérios de estabilidade e navegabilidade; e de considerável melhoria nos parâmetros de sustentabilidade econômica e ambiental, sugerem a introdução gradual deste método de construção de embarcações entre os artesãos brasileiros.

Propõe-se o desenvolvimento de estudos futuros na laminação e ensaio de tais compósitos madeira-epóxi, de modo que se possa confirmar os escantilhões calculados com dados experimentais e, assim, a execução de protótipos para prova de conceito e quantificação mais precisa dos parâmetros de desempenho e sustentabilidade econômica e ambiental; bem como, para o aprimoramento e demonstração das técnicas propostas.

A metodologia de SM&D aplicada e, particularmente, a análise e proposição projetual de embarcações tradicionais mostrou-se factível e pode ser replicada para outras embarcações de pesca da costa brasileira, bem como, para as embarcações pesqueiras de outros países em desenvolvimento. Destaca-se a necessidade de análise específica de embarcações de pequeno porte, particularmente daquelas sem convés, o que implicaria na avaliação de conformidade com outras seções das normas e recomendações utilizadas, não abordadas no presente estudo. Do mesmo modo, com a adoção de critérios relevantes para cada caso, é possível replicar a metodologia do presente trabalho para embarcações de lazer, turismo, transporte ou outras finalidades diversas da pesca artesanal.

Apesar do atual distanciamento entre os saberes tradicionais e os centro de

produção de conhecimento técnico-científico, é digno de nota que os construtores navais artesanais, ainda que sofrendo pressões de toda sorte e sendo muitas vezes alijados dos processos decisivos que regulam sua atividade, articulem com tanta destreza e adaptabilidade as complexas relações entre forma, função, materiais e processos de fabricação. Trazê-los, e aos seus saberes, para o centro da análise parece ser uma maneira de colaborar não só com a preservação de tão relevante patrimônio histórico-cultural, como para a melhoria das condições de trabalho destes artesãos e dos diversos atores que têm nas embarcações artesanais seu meio de vida.

REFERÊNCIAS

AASHEIM, I.; WERENSKIOLD, P. Application of IMO HSC Standards For Small Craft. **The International Journal of Small Craft Technology**, [s. l.], v. 146, n. b2, p. 15, 2004.

ABDALLAH, Patrícia R.; SUMAILA, Ussif R. An historical account of Brazilian public policy on fisheries subsidies. **Marine Policy**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 444–450, 2007.

ALLIONE, Cristina et al. From ecodesign products guidelines to materials guidelines for a sustainable product. Qualitative and quantitative multicriteria environmental profile of a material. **Energy**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 90–99, 2012.

ANDRÈS, Luiz Phelipe de Carvalho Castro. **Embarcações do Maranhão: recuperação das técnicas construtivas tradicionais populares**. São Paulo: Audichromo Editora, 1998.

ANSELL, M. P. Natural fibre composites in a marine environment. In: HODZIC, Alma; SHANKS, Robert (Eds.). **Natural Fibre Composites**. 1. ed. Sawston: Woodhead Publishing Ltd., 2014. p. 365–374.

ARAUJO, Henrique José Borges De. **Agrupamento das espécies madeiras ocorrentes em pequenas áreas sob manejo florestal do Projeto de Colonização Pedro Peixoto (AC) por similaridade das propriedades físicas e mecânicas**. 2002. Universidade de São Paulo, [s. l.], 2002.

ASHBY, M. F. Overview No. 80: On the engineering properties of materials. **Acta Metallurgica**, [s. l.], v. 37, n. 5, p. 1273–1293, 1989.

ASHBY, M. F. et al. The Mechanical Properties of Natural Materials. I. Material Property Charts. **Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, [s. l.], v. 450, n. 1938, p. 123–140, 1995.

ASHBY, M. F. et al. Selection strategies for materials and processes. **Materials & Design**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 51–67, 2004.

ASHBY, M. F.; CEBON, D. Materials selection in mechanical design. **Le Journal de Physique IV**, [s. l.], v. 3, n. C7, p. C7-1-C7-9, 1993.

ASHBY, Michael F. **Materials Selection in Mechanical Design Third Edition**. 3. ed. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2005.

ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. **Materials and Design**. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2014.

BALEY, Christophe et al. Mechanical Properties of Composites Based on Low Styrene Emission Polyester Resins for Marine Applications. **Applied Composite Materials**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 1–22, 2005.

BARROS, Geraldo Luiz Miranda De. **Navegar é fácil**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

BATTAGLIA, Pietro et al. Characterization of the artisanal fishery and its socio-economic aspects in the central Mediterranean Sea (Aeolian Islands, Italy). **Fisheries Research**, [s. l.], v. 102, n. 1–2, p. 87–97, 2010.

BERGERET, Lorraine; BASSEREAU, Jean-François; AOUSSAT, Améziane. Designing identity of a new material: a new product design approach. In: (Art and Design Research Centre, Ed.) **UNDISCIPLINED! PROCEEDINGS OF THE DESIGN RESEARCH SOCIETY CONFERENCE 2008 2009**, Sheffield. **Anais...** Sheffield: Sheffield Hallam University, 2009.

BORGES, L. M. S. Biodegradation of wood exposed in the marine environment: Evaluation of the hazard posed by marine wood-borers in fifteen European sites. **International Biodeterioration and Biodegradation**, [s. l.], v. 96, p. 97–104, 2014.

BOVEA, M. D.; GALLARDO, A. The influence of impact assessment methods on materials selection for eco-design. **Materials & Design**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 209–215, 2006.

BRAGA, Miguel Savio De Carvalho. **Embarcações à Vela do Litoral do Estado do Ceará - Construção, Construtores, Navegação e Aspectos Pesqueiros**. 2013. Universidade Federal do Ceará, [s. l.], 2013.

BRASIL. Lei n. 11.959/09. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Pesca e Aqüicultura e revoga o Decreto-Lei no 221/67. . 2009, p. 9.

BRASIL, Marinha Do. Normas da Autoridade Marítima para Amadores, Embarcações de Esporte e/ou Recreio e para Cadastramento e Funcionamento das Marinas, Clubes e Entidades Desportivas Náuticas Rio de Janeiro, Brasil, 2005a. p. 142. Disponível em: <<https://www.dpc.mar.mil.br/normas/normam>>

BRASIL, Marinha Do. Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação em Mar AbertoBrasil, 2005b. p. 542. Disponível em: <<https://www.dpc.mar.mil.br/normas/normam>>

BRASIL, Marinha Do. Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação InteriorBrasil, 2005c. p. 412. Disponível em: <<https://www.dpc.mar.mil.br/normas/normam>>

CÂMARA, A. A. **Ensaio Sobre As Construções Navaes Indigenas Do Brasil**. Reimpress. ed. Rio de Janeiro: G. Leuzinger & Filhos, 1888.

CARVALHO, Natacha; EDWARDS-JONES, Gareth; ISIDRO, Eduardo. Defining scale in fisheries: Small versus large-scale fishing operations in the Azores. **Fisheries Research**, [s. l.], v. 109, n. 2–3, p. 360–369, 2011.

CASTANHEIRA, Edmundo. **Construção de pequenas embarcações**. 2. ed. Lisboa: DINALIVRO, 1979.

CASTRO, Filipe; GOMES-DIAS, Denise. Moulds, Graminhos and Ribbands: a pilot study of the construction of saveiros in Valença and the Baía de Todos os Santos area, Brazil. **International Journal of Nautical Archaeology**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 1–13, 2015.

CEMBRA. **O Brasil e o Mar no Século XXI: Relatório aos Tomadores de Decisão do País** (Luiz Philipe da Costa Fernandes, Lucimar Luciano de Oliveira, Eds.). Niterói: Cembra, 2012.

CHATTERJEE, Prasenjit; CHAKRABORTY, Shankar. Material selection using preferential ranking methods. **Materials & Design**, [s. l.], v. 35, p. 384–393, 2012.

CHUDNOFF, Martin. **Tropical Timbers of the World**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1980.

COLLOCA, Francesco et al. Structure and evolution of the artisanal fishery in a southern Italian coastal area. **Fisheries Research**, [s. l.], v. 69, n. 3, p. 359–369, 2004.

CRILLY, R.; ESTEBAN, A. Small versus large-scale, multi-fleet fisheries: The case for economic, social and environmental access criteria in European fisheries. **Marine Policy**, [s. l.], v. 37, p. 20–27, 2013.

CURRY, Robert. An Assessment of ISO 12215 Small Craft Hull Construction With Classification Society Rules. **The International Journal of Small Craft Technology**, London, v. 147, n. b1, p. 15, 2005.

DA CÂMARA CASCU DO, L. **Jangada - Uma pesquisa Etnográfica**. 2. ed. São Paulo: Global, 2002.

DE AZEVEDO, Natália Tavares; PIERRI, Naína. A política pesqueira no Brasil (2003-2011): a escolha pelo crescimento produtivo e o lugar da pesca artesanal. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 32, p. 61–80, 2014.

DENADAI, M. R. et al. **Com quantas memórias se faz uma canoa: a cultura do uso e feitiço das canoas de “um só pau” no município de Ubatuba, SP**. São Paulo: Edição do Autor, 2009.

DESMET, Pieter; HEKKERT, Paul. Framework of product experience. **International Journal of Design**, [s. l.], v. 1, p. 57–66, 2007.

DOKOS, Leonidas. Adoption of marine composites – a global perspective. **Reinforced Plastics**, [s. l.], v. 57, n. 3, p. 30–32, 2013.

EDWARDS, K. L. Selecting materials for optimum use in engineering components. **Materials and Design**, [s. l.], v. 26, n. 5, p. 469–473, 2005.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all**. Rome.

FAO/ILO/IMO. **Safety Recommendations for Decked Fishing Vessels of Less than 12 metres in Length and Undecked Fishing Vessels**. Rome: FAO, 2012.

FERRANTE, Maurizio; WALTER, Yuri. **A Materialização da Ideia: noções de materiais para Design de Produto**. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos, 2010.

FERRAZ, João Carlos et al. Cadeia: Indústria Naval. In: COUTINHO, Luciano G. et al. (Eds.). **ESTUDO DA COMPETITIVIDADE DE CADEIAS INTEGRADAS NO BRASIL: Impactos nas zonas de livre comércio**. Campinas: UNICAMP-IE-NEIT, 2002. p. 54.

FLECK, N. A.; KANG, K. J.; ASHBY, M. F. The cyclic properties of engineering materials. **Acta Metallurgica Materialia**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 365–381, 1994.

FOGAÇA, Edson; FRANCI, Niven. **A Jangada de Raiz**. 1. ed. Curitiba: Autores Paranaenses, 2012.

FYSON, John F. Fishing boat designs: 3 Small Trawlers. **FAO Fisheries Technical Paper**, Rome, v. 188, p. 51, 1991.

GAASBEEK, Richard M. Van. **A Practical Course in Wooden Boat and Ship Building**. Chicago: Frederick J. Drake & Company, 1919.

GALANTE, Henrique Augusto. **Seleção de materiais no design e indústria náuticos**. 2003. Universidade Federal de Ouro Preto, [s. l.], 2003.

GERR, D. **The Elements of Boat Strength: for builders, designers, and owners**. Camden: International Marine, 1999.

GERR, D. **The Propeller Handbook: The Complete Reference for Choosing, Installing, and Understanding Boat Propellers**. Reprint ed. New York: McGraw-Hill Education, 2001.

GOMES-DIAS, Denise. **Os segredos da arte: um olhar etnolinguístico sobre os carpinteiros navais do Baixo Sul da Bahia**. Feira de Santana: UEFS Editora, 2009.

GOMES-DIAS, Denise. Sheltered Bays: Linguistic and ethnographic approach to maritime communities of Bahia-Brazil. In: TRIPATI, Sila (Ed.). **Maritime Contacts of the Past: Deciphering Connections amongst communities**. 1. ed. New Delhi: Delta Book World, 2014. p. 627–640.

GULBRANDSEN, Ø. et al. **Fuel savings for small fishing vessels - a manual**. Rome: FAO, 2012.

HENRIKS-ECKERMAN, Maj-Len et al. Role of dermal exposure in systemic intake of methylenediphenyl diisocyanate (MDI) among construction and boat building workers. **Toxicology letters**, [s. l.], v. 232, n. 3, p. 595–600, 2015.

HUTTER, L. M. **A madeira do Brasil na construção e reparos de embarcações**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1985.

JAHAN, Ali et al. An aggregation technique for optimal decision-making in materials selection. **Materials & Design**, [s. l.], v. 32, n. 10, p. 4918–4924, 2011.

JOHN TEALE. **How To Design a Boat**. 2. ed. London: A&C Black, 2006.

KINDLEIN, Wilson Junior et al. Development of Junction Elements from Study of the Bionics. **Journal of Bionic Engineering**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 41–46, 2007.

KINDLEIN, Wilson Junior; GUANABARA, Andréa Seadi. Methodology for product design based on the study of bionics. **Materials & Design**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 149–155, 2005.

KLINK, A. **Linha d'água: entre estaleiros e homens do mar**. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

KUBOTA, LC. Indústria naval: um cenário dos principais players mundiais. **Nota Técnica IPEA**, Brasília, n. 7, p. 23, 2013.

LANZIOTTI, Marcelo. Tipologia da Canoa Monóxila do Estado de Santa Catarina. In: 23O CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE 2010, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SOBENA, 2010.

LIU, Hu-Chen et al. A novel hybrid multiple criteria decision making model for material selection with target-based criteria. **Materials & Design**, [s. l.], v. 60, p. 380–390, 2014.

LJUNGBERG, Lennart Y. Materials selection and design for structural polymers. **Materials & Design**, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 383–390, 2003.

LJUNGBERG, Lennart Y. Materials selection and design for development of sustainable products. **Materials & Design**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 466–479, 2007.

LJUNGBERG, Lennart Y.; EDWARDS, Kevin L. Design, materials selection and marketing of successful products. **Materials and Design**, [s. l.], v. 24, n. 7, p. 519–529, 2003.

LOWELL, R. **Boatbuilding Down East: How Lobsterboats Are Built**. 2. ed. Washington: The Woodrow Wilson Center Press, 2002.

LYRA, Paulo Andrade de Castro. **Construção Naval em Madeira na Região Norte: propostas para seu aprimoramento**. 1994. Universidade Federal do Rio de Janeiro, [s. l.], 1994.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. A strategic design approach to develop sustainable product service systems: Examples taken from the “environmentally friendly innovation” Italian prize. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 11, p. 851–857, 2003.

MOLLAND, Anthony F. Ship design, construction and operation. In: MOLLAND, Anthony F. (Ed.). **The Maritime Engineering Reference Book**:

A Guide to Ship Design, Construction and Operation. Revised ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2011. p. 920.

MOURA, Delmo Alves De. **Análise dos principais segmentos da indústria marítima brasileira: estudo das dimensões e fatores críticos de sucesso inerentes à sua competitividade.** 2008. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MOURA, Delmo Alves De; BOTTER, Rui Carlos. Uma visão geral do segmento da construção náutica , turismo e lazer no Brasil. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL, TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA PORTUARIA 2011, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Instituto Panamericano de Ingenieros Navales, 2011.

NASSEH, Jorge. **Manual de Construção de Barcos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Booklook, 2000.

NASSEH, Jorge. **Métodos Avançados de Construção em Composites.** Rio de Janeiro: Edição do Autor, 2007.

NATALE, Fabrizio; CARVALHO, Natacha; PAULRUD, Anton. Defining small-scale fisheries in the EU on the basis of their operational range of activity The Swedish fleet as a case study. **Fisheries Research**, [s. l.], v. 164, p. 286–292, 2015.

NETO, F. L.; PARDINI, L. C. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

NETTO, Ricardo De Freitas; BENEDITTO, APM Di. Diversidade de artefatos da pesca artesanal marinha do Espírito Santo. **Biotemas**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 107–119, 2007.

OKUMOTO, Yasuhisa et al. **Design of ship hull structures: A practical guide for engineers.** Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2009.

PAPAIIOANNOU, Eva A. et al. Using indicators based on primary fisheries' data for assessing the development of the German Baltic small-scale fishery and reviewing its adaptation potential to changes in resource abundance and management during 2000–09. **Ocean & Coastal Management**, [s. l.], v. 98, p. 38–50, 2014.

PASMANN, Gert. **Designing With Precedents.** Delft: Delft University of Technology, 2003.

PENG, An-Hua; XIAO, Xing-Ming. Material selection using PROMETHEE combined with analytic network process under hybrid environment. **Materials & Design**, [s. l.], v. 47, p. 643–652, 2013.

PHILLIPSON, Jeremy; SYMES, David. Science for sustainable fisheries management: An interdisciplinary approach. **Fisheries Research**, [s. l.], v. 139, p. 61–64, 2013.

POHL, Henrik. From the kattumaram to the Fibre-Teppa - Changes in boatbuilding traditions on India's east coast. **International Journal of Nautical Archaeology**, [s. l.], v. 36, p. 382–408, 2007.

PRADO, Deborah Santos; SEIXAS, Cristiana Simão; BERKES, Fikret. Looking back and looking forward: Exploring livelihood change and resilience building in a Brazilian coastal community. **Ocean & Coastal Management**, [s. l.], v. 113, p. 29–37, 2015.

PRASAD, Kanika; CHAKRABORTY, Shankar. A quality function deployment-based model for materials selection. **Materials & Design**, [s. l.], v. 49, p. 525–535, 2013.

PROZEE/SEAP/IBAMA, FUNDAÇÃO. **Monitoramento da Atividade Pesqueira no Litoral do Brasil – Relatório Técnico Final**. Tamandaré.

RAMIRES, Milena; MOLINA, Silvia Maria Guerra; HANAZAKI, Natalia. Etnoecologia caiçara: o conhecimento dos pescadores artesanais sobre aspectos ecológicos da pesca. **Biotemas**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 101–113, 2007.

ROSKILLY, A. P. et al. The performance and the gaseous emissions of two small marine craft diesel engines fuelled with biodiesel. **Applied Thermal Engineering**, [s. l.], v. 28, n. 8–9, p. 872–880, 2008.

ROSS, Natalie. Exploring concepts of fisheries “dependency” and “community” in Scotland. **Marine Policy**, [s. l.], v. 37, p. 55–61, 2013.

RUTTAN, L. M.; SUMAILA, U. R.; PAULY, D. Small Versus Large - Scale Fisheries: a Multi-Species, Multi-Fleet Model for Evaluating Their Interactions and Potential Benefits. **Sea Around Us Methodology Review**, [s. l.], p. 64–78, 2000.

SALLES, Rodrigo De. **Avaliação Econômica e Ambiental dos Sistemas de Pesca Utilizados nos Municípios de Aracati e Icapuí - CE: Subsídios para Gestão**. 2011. Universidade Federal do Ceará, [s. l.], 2011.

SANTOS, Flávio Anthero Nunes Vianna Dos. Método aberto de projeto para uso no ensino de Design Industrial. **Revista Design em Foco**, [s. l.], v. III, n. 1, p. 33–49, 2006.

SAPUAN, M. A Knowledge-Based System for Materials in Mechanical Engineering Design. **Materials & Design**, [s. l.], v. 22, n. 8, p. 687–695, 2001.

SHAH, Darshil U. Natural fibre composites: Comprehensive Ashby-type materials selection charts. **Materials & Design**, [s. l.], v. 62, n. May, p. 21–31, 2014.

SHAMSUDDIN, Mohamad Zawahid Bin. **A conceptual design of a fibre reinforced plastic fishing boat for traditional fisheries in malaysia**. 2003. The United Nations University, Reykjavik, 2003.

SHAWYER, Michael; PIZZALI, Avilio F. Medina. The use of ice on small fishing vessels. **FAO Fisheries Technical Paper**, Rome, n. 436, p. 108, 2003.

SILVEIRA, Sara Batista. **Descrição geral de processos de fabricação da Construção Naval Artesanal nos Territórios Prioritários da Pesca e Aquicultura Norte/ES e Extremo Sul/BA**. 2013. Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2013.

SIMS, Ernest H. **Aluminium boatbuilding**. 2. ed. London: Adlard Coles Nautical, 1993.

SINGH, M. M.; WITTAMORE, K. Disposal of composite boats and other marine composites. In: GRAHAM-JONES, Jasper; SUMMERSCALES, John (Eds.). **Marine Applications of Advanced Fibre-Reinforced Composites**. Sawston: Woodhead Publishing Ltd., 2015. p. 185–213.

SIVRIKAYA, H. et al. Evaluation of wooden materials deteriorated by marine-wood boring organisms in the Black Sea. **Maderas. Ciencia y tecnología**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 79–90, 2012.

SOBEY, A. J.; BLAKE, J. I. R.; SHENOI, R. A. Optimisation of composite boat hulls using first principles and design rules. **Ocean Engineering**, [s. l.], v. 65, p. 62–70, 2013.

SPERANZA, Chinwe Ifejika; WIESMANN, Urs; RIST, Stephan. An indicator framework for assessing livelihood resilience in the context of social–ecological dynamics. **Global Environmental Change**, [s. l.], v. 28, p. 109–119, 2014.

TCHERTCHIAN, Nicolas; YVARIS, Pierre-Alain; MILLET, Dominique. Benefits and limits of a Constraint Satisfaction Problem/Life Cycle Assessment approach for the ecodesign of complex systems: a case applied to a hybrid passenger ferry. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 42, p. 1–18, 2013.

THERKILDSEN, Nina O. Small- versus large-scale fishing operations in New England, USA. **Fisheries Research**, [s. l.], v. 83, n. 2–3, p. 285–296, 2007.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TOMÁS, Acácio Ribeiro Gomes; OLIVEIRA, Vanildo Souza De. Aspectos da tecnologia de pesca na América Latina: Uruguai, Argentina, Chile, Peru, Equador, Colômbia e México. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 5, n. 1, p. 45–56, 1997.

TONOLE, Waleska Botacim. **Diagnóstico socioeconômico dos artesãos navais dos TPA Norte/ES e Extremo Sul/BA**. 2013. Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2013.

TRIMBLE, Micaela; JOHNSON, Derek. Artisanal fishing as an undesirable way of life? The implications for governance of fishers' wellbeing aspirations in coastal Uruguay and southeastern Brazil. **Marine Policy**, [s. l.], v. 37, p. 37–44, 2013.

TUPPER, E. C. **Introduction to Naval Architecture**. 5. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013.

TURNER, Andrew; REES, Aldous. The environmental impacts and health hazards of abandoned boats in estuaries. **Regional Studies in Marine Science**, [s. l.], v. 6, p. 75–82, 2016.

VENKATESHWARAN, N.; ELAYAPERUMAL, A. Banana Fiber Reinforced Polymer Composites - A Review. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, [s. l.], v. 29, n. 15, p. 2387–2396, 2010.

VENKATESHWARAN, N.; ELAYAPERUMAL, A. Mechanical and water absorption properties of woven jute/banana hybrid composites. **Fibers and Polymers**, [s. l.], v. 13, n. 7, p. 907–914, 2012.

VENKATESHWARAN, N.; ELAYAPERUMAL, A.; ARWIN RAJ, R. H. Mechanical and Dynamic Mechanical Analysis of Woven Banana/Epoxy Composite. **Journal of Polymers and the Environment**, [s. l.], v. 20, p. 565–572, 2012.

WALTER, Tatiana. **Novos Usos e Novos Mercados: Qual sua influência na dinâmica da cadeia produtiva dos frutos do mar oriundos da pesca artesanal?** 2010. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

WALTER, Yuri. **O Conteúdo Da Forma: subsídios para Seleção de Materiais e Design.** 2006. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho,” Bauru, 2006.

WALTER, Yuri et al. Artisanal boatbuilding in Brazilian shores: craftsmen, boatyards, and manufacturing process. **International Journal of Advances in Engineering & Technology**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 572–584, 2017.

WIBAWA, P. A.; BIRMINGHAM, R. W.; WOODWARD, M. D. Design of Sustainable Fishing Vessels, Future Challenges for the Indonesian Fisheries. In: **12TH INTERNATIONAL MARINE DESIGN CONFERENCE 2015**, Tokyo. **Anais...** Tokyo: IMDC 2015, 2015.

APÊNDICE A – CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO

Tabela A01: Condição de carregamento leve para embarcação observada em campo em madeira.

| Obs. Wood | | | | | | |
|------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Lightship | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Upper_Hull | 32,704 | 0,038 | 1,243 | 6,424 | 0,000 | 1,666 |
| Bottom | 49,574 | 0,038 | 1,884 | 5,585 | 0,000 | 0,561 |
| Stern | 7,945 | 0,038 | 0,302 | -0,250 | 0,000 | 2,138 |
| Deck | 32,101 | 0,033 | 1,050 | 4,423 | 0,000 | 2,269 |
| Bulwark | 19,355 | 0,038 | 0,735 | 6,468 | 0,000 | 2,614 |
| Cabin | 40,784 | 0,007 | 0,306 | 7,355 | 0,000 | 3,483 |
| Cabin_roof | 23,356 | 0,007 | 0,175 | 7,617 | 0,000 | 4,713 |
| Structure | 1 | 3,888 | 3,888 | 5,631 | 0,000 | 1,362 |
| Structure Floors | 1 | 0,375 | 0,375 | 5,601 | 0,000 | 0,416 |
| Structure Cabin | 1 | 0,779 | 0,779 | 7,527 | 0,000 | 3,506 |
| Structure Bulwark | 1 | 0,213 | 0,213 | 5,737 | 0,000 | 2,626 |
| Rudder | 1 | 0,040 | 0,040 | 0,000 | 0,000 | 0,600 |
| Rudder Steering System | 1 | 0,100 | 0,100 | 0,000 | 0,000 | 1,400 |
| Ballast_Stbd | 1 | 1,150 | 1,150 | 7,000 | 1,400 | 0,500 |
| Ballast_Port | 1 | 1,150 | 1,150 | 7,000 | -1,400 | 0,500 |
| Tank_Stbp | 0% | 0,252 | 0,000 | 1,525 | 1,500 | 1,200 |
| Day Tank | 0% | 0,212 | 0,000 | 3,975 | 1,700 | 1,200 |
| Batt. bank Weight | 1 | 0,200 | 0,200 | 3,975 | -1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 0% | 0,360 | 0,000 | 2,800 | 1,600 | 1,200 |
| Tank_Port | 0% | 0,252 | 0,000 | 1,525 | -1,500 | 1,200 |
| Water_Port | 0% | 0,360 | 0,000 | 2,800 | -1,600 | 1,200 |
| Engine Weight | 1 | 0,800 | 0,800 | 3,400 | 0,000 | 0,900 |
| Propeler Weight | 1 | 0,050 | 0,050 | 1,000 | 0,000 | 0,530 |
| Shaft Weight | 1 | 0,050 | 0,050 | 1,800 | 0,000 | 0,600 |
| Helm Station | 1 | 0,200 | 0,200 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Galley | 1 | 0,200 | 0,200 | 7,200 | -1,700 | 2,500 |
| Berths (sleeping) | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Toilet | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,000 | 1,700 | 2,150 |
| Electric Instalation | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,926 | 0,000 | 1,400 |
| Plumbing | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,926 | 0,000 | 1,400 |
| Anchor set | 1 | 0,300 | 0,300 | 11,500 | 0,000 | 1,750 |
| Fish Hold_Stdb | 0% | 3,604 | 0,000 | 6,581 | 0,915 | 0,250 |
| Fish Hold_Centre | 0% | 5,286 | 0,000 | 7,156 | 0,000 | 0,250 |
| Fish Hold_Port | 0% | 3,604 | 0,000 | 6,581 | -0,915 | 0,250 |
| Total Loadcase | | | 15,590 | 5,872 | -0,022 | 1,498 |

Tabela A02: Condição de carregamento partindo do porto de origem para a área de pesca para embarcação observada em campo em madeira.

| Obs. Wood | | | | | | |
|---|---------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Departure FOR the fishing ground | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,590 | 15,590 | 5,872 | -0,022 | 1,498 |
| Tank_Stbp | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | 1,500 | 1,400 |
| Tank_Port | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | -1,500 | 1,400 |
| Day Tank | 100% | 0,212 | 0,212 | 3,975 | 1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | 1,600 | 1,500 |
| Water_Port | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | -1,600 | 1,500 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 45% | 3,604 | 1,622 | 7,026 | 1,351 | 0,875 |
| Fish Hold_Centre | 45% | 5,286 | 2,379 | 7,344 | 0,000 | 0,675 |
| Fish Hold_Port | 45% | 3,604 | 1,622 | 7,026 | -1,351 | 0,875 |
| Fishing gear (dry, on deck) | 1 | 0,100 | 0,100 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 23,998 | 6,025 | 0,011 | 1,395 |

Tabela A03: Condição de carregamento partindo da área de pesca para o porto de origem com captura máxima para embarcação observada em campo em madeira.

| Obs. Wood | | | | | | |
|--|---------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Departure FROM the fishing ground with full catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,590 | 15,590 | 5,872 | -0,022 | 1,498 |
| Tank_Stbp | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | 1,500 | 1,260 |
| Tank_Port | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | -1,500 | 1,260 |
| Day Tank | 30% | 0,212 | 0,064 | 3,975 | 1,700 | 1,260 |
| Water_Stbd | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | 1,600 | 1,290 |
| Water_Port | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | -1,600 | 1,290 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 2,803 | 2,803 | 7,129 | 1,425 | 1,327 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,111 | 4,111 | 7,364 | 0,000 | 1,181 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,803 | 2,803 | 7,129 | -1,425 | 1,327 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 27,188 | 6,332 | 0,001 | 1,472 |

Tabela A04: Condição de carregamento de chegada ao porto de origem com captura máxima para embarcação observada em campo em madeira.

| Obs. Wood | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Arrival at port with MAX catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,590 | 15,590 | 5,872 | -0,022 | 1,498 |
| Tank_Stbp | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | 1,500 | 1,220 |
| Tank_Port | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | -1,500 | 1,220 |
| Day Tank | 10% | 0,212 | 0,021 | 3,975 | 1,700 | 1,220 |
| Water_Stbd | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | 1,600 | 1,230 |
| Water_Port | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | -1,600 | 1,230 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 2,803 | 2,803 | 7,129 | 1,425 | 1,327 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,111 | 4,111 | 7,364 | 0,000 | 1,181 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,803 | 2,803 | 7,129 | -1,425 | 1,327 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 26,901 | 6,373 | -0,002 | 1,474 |

Tabela A05: Condição de carregamento de chegada ao porto de origem com captura mínima para embarcação observada em campo em madeira.

| Obs. Wood | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Arrival at port with MIN catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,590 | 15,590 | 5,872 | -0,022 | 1,498 |
| Tank_Stbp | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | 1,500 | 1,220 |
| Tank_Port | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | -1,500 | 1,220 |
| Day Tank | 10% | 0,212 | 0,021 | 3,975 | 1,700 | 1,220 |
| Water_Stbd | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | 1,600 | 1,230 |
| Water_Port | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | -1,600 | 1,230 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 20% | 2,803 | 0,561 | 6,890 | 1,255 | 0,630 |
| Fish Hold_Centre | 20% | 4,111 | 0,822 | 7,300 | 0,000 | 0,443 |
| Fish Hold_Port | 20% | 2,803 | 0,561 | 6,890 | -1,255 | 0,630 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 19,127 | 6,009 | -0,003 | 1,486 |

Tabela A06: Condição de carregamento máxima para embarcação observada em campo em madeira.

| Obs. Wood | | | | | | |
|-----------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Fully loaded | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,590 | 15,590 | 5,872 | -0,022 | 1,498 |
| Tank_Stbp | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | 1,500 | 1,400 |
| Tank_Port | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | -1,500 | 1,400 |
| Day Tank | 100% | 0,212 | 0,212 | 3,975 | 1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | 1,600 | 1,500 |
| Water_Port | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | -1,600 | 1,500 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stdb | 100% | 3,604 | 3,604 | 7,129 | 1,425 | 1,327 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 5,286 | 5,286 | 7,364 | 0,000 | 1,181 |
| Fish Hold_Port | 100% | 3,604 | 3,604 | 7,129 | -1,425 | 1,327 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 30,969 | 6,289 | 0,009 | 1,455 |

Tabela A07: Condição de carregamento para teste de carga deslocada para embarcação observada em campo em madeira.

| Obs. Wood | | | | | | |
|------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Offset load test | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,590 | 15,590 | 5,872 | -0,022 | 1,498 |
| Tank_Stbp | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | 1,500 | 1,260 |
| Tank_Port | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | -1,500 | 1,260 |
| Day Tank | 30% | 0,212 | 0,064 | 3,975 | 1,700 | 1,260 |
| Water_Stbd | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | 1,600 | 1,290 |
| Water_Port | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | -1,600 | 1,290 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stdb | 100% | 2,803 | 2,803 | 7,129 | 1,425 | 1,327 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,111 | 4,111 | 7,364 | 0,000 | 1,181 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,803 | 2,803 | 7,129 | -1,425 | 1,327 |
| Fishing gear (wet - on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Offset load | 1 | 1,472 | 1,472 | 6,332 | 2,200 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 28,660 | 6,332 | 0,114 | 1,515 |

Tabela A08: Condição de carregamento leve para embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO Wood | | | | | | |
|------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Lightship | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Upper_Hull | 32,704 | 0,035 | 1,141 | 6,424 | 0,000 | 1,666 |
| Bottom | 49,574 | 0,035 | 1,729 | 5,585 | 0,000 | 0,561 |
| Stern | 7,945 | 0,035 | 0,277 | -0,250 | 0,000 | 2,138 |
| Deck | 32,101 | 0,035 | 1,120 | 4,423 | 0,000 | 2,269 |
| Bulwark | 19,355 | 0,035 | 0,675 | 6,468 | 0,000 | 2,614 |
| Cabin | 40,784 | 0,009 | 0,356 | 7,355 | 0,000 | 3,483 |
| Cabin_roof | 23,356 | 0,009 | 0,204 | 7,617 | 0,000 | 4,713 |
| Structure (YW) | 1 | 4,466 | 4,466 | 5,715 | 0,000 | 1,218 |
| Structure (YW) Floors | 1 | 0,188 | 0,188 | 3,925 | 0,000 | 0,559 |
| Structure (YW) Cabin | 1 | 0,523 | 0,523 | 7,549 | 0,000 | 3,888 |
| Structure (YW) Bulwark | 1 | 0,172 | 0,172 | 5,745 | 0,000 | 2,624 |
| Rudder | 1 | 0,040 | 0,040 | 0,000 | 0,000 | 0,600 |
| Rudder Steering System | 1 | 0,100 | 0,100 | 0,000 | 0,000 | 1,400 |
| Ballast_Stbd | 1 | 1,150 | 1,150 | 7,000 | 1,400 | 0,500 |
| Ballast_Port | 1 | 1,150 | 1,150 | 7,000 | -1,400 | 0,500 |
| Tank_Stbp | 0% | 0,252 | 0,000 | 1,525 | 1,500 | 1,200 |
| Day Tank | 0% | 0,212 | 0,000 | 3,975 | 1,700 | 1,200 |
| Batt. bank Weight | 1 | 0,200 | 0,200 | 3,975 | -1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 0% | 0,360 | 0,000 | 2,800 | 1,600 | 1,200 |
| Tank_Port | 0% | 0,252 | 0,000 | 1,525 | -1,500 | 1,200 |
| Water_Port | 0% | 0,360 | 0,000 | 2,800 | -1,600 | 1,200 |
| Engine Weight | 1 | 0,800 | 0,800 | 3,400 | 0,000 | 0,900 |
| Propeler Weight | 1 | 0,050 | 0,050 | 1,000 | 0,000 | 0,530 |
| Shaft Weight | 1 | 0,050 | 0,050 | 1,800 | 0,000 | 0,600 |
| Helm Station | 1 | 0,200 | 0,200 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Galley | 1 | 0,200 | 0,200 | 7,200 | -1,700 | 2,500 |
| Berths (sleeping) | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Toilet | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,000 | 1,700 | 2,150 |
| Electric Instalation | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,926 | 0,000 | 1,400 |
| Plumbing | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,926 | 0,000 | 1,400 |
| Anchor set | 1 | 0,300 | 0,300 | 11,500 | 0,000 | 1,750 |
| Fish Hold_Stdb | 0% | 3,447 | 0,000 | 6,587 | 0,873 | 0,250 |
| Fish Hold_Centre | 0% | 5,272 | 0,000 | 7,100 | 0,000 | 0,250 |
| Fish Hold_Port | 0% | 3,447 | 0,000 | 6,587 | -0,873 | 0,250 |
| Total Loadcase | | | 15,491 | 5,852 | -0,022 | 1,462 |

Tabela A09: Condição de carregamento partindo do porto de origem para a área de pesca para embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO Wood | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Departure FOR the fishing ground | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,491 | 15,491 | 5,852 | -0,022 | 1,462 |
| Tank_Stbp | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | 1,500 | 1,400 |
| Tank_Port | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | -1,500 | 1,400 |
| Day Tank | 100% | 0,212 | 0,212 | 3,975 | 1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | 1,600 | 1,500 |
| Water_Port | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | -1,600 | 1,500 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 45% | 3,447 | 1,551 | 7,014 | 1,337 | 0,895 |
| Fish Hold_Centre | 45% | 3,447 | 1,551 | 7,014 | -1,337 | 0,895 |
| Fish Hold_Port | 45% | 5,272 | 2,372 | 7,331 | 0,000 | 0,678 |
| Fishing gear (dry, on deck) | 1 | 0,100 | 0,100 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 23,751 | 6,003 | 0,012 | 1,377 |

Tabela A10: Condição de carregamento partindo da área de pesca para o porto de origem com captura máxima para embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO Wood | | | | | | |
|---|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Departure FROM the fishing ground with full catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,491 | 15,491 | 5,852 | -0,022 | 1,462 |
| Tank_Stbp | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | 1,500 | 1,260 |
| Tank_Port | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | -1,500 | 1,260 |
| Day Tank | 30% | 0,212 | 0,064 | 3,975 | 1,700 | 1,260 |
| Water_Stbd | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | 1,600 | 1,290 |
| Water_Port | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | -1,600 | 1,290 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,100 | 4,100 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 26,833 | 6,312 | 0,001 | 1,456 |

Tabela A11: Condição de carregamento de chegada ao porto de origem com captura máxima para embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO Wood | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Arrival at port with MAX catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,491 | 15,491 | 5,852 | -0,022 | 1,462 |
| Tank_Stbp | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | 1,500 | 1,220 |
| Tank_Port | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | -1,500 | 1,220 |
| Day Tank | 10% | 0,212 | 0,021 | 3,975 | 1,700 | 1,220 |
| Water_Stbd | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | 1,600 | 1,230 |
| Water_Port | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | -1,600 | 1,230 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,100 | 4,100 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 26,546 | 6,353 | -0,002 | 1,457 |

Tabela A12: Condição de carregamento de chegada ao porto de origem com captura mínima para embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO Wood | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Arrival at port with MIN catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,491 | 15,491 | 5,852 | -0,022 | 1,462 |
| Tank_Stbp | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | 1,500 | 1,220 |
| Tank_Port | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | -1,500 | 1,220 |
| Day Tank | 10% | 0,212 | 0,021 | 3,975 | 1,700 | 1,220 |
| Water_Stbd | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | 1,600 | 1,230 |
| Water_Port | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | -1,600 | 1,230 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 20% | 2,681 | 0,536 | 6,875 | 1,242 | 0,653 |
| Fish Hold_Centre | 20% | 4,100 | 0,820 | 6,875 | -1,242 | 0,653 |
| Fish Hold_Port | 20% | 2,681 | 0,536 | 7,273 | 0,000 | 0,446 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 18,977 | 5,989 | -0,003 | 1,461 |

Tabela A13: Condição de carregamento máxima para embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO Wood | | | | | | |
|-----------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Fully loaded | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,491 | 15,491 | 5,852 | -0,022 | 1,462 |
| Tank_Stbp | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | 1,500 | 1,400 |
| Tank_Port | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | -1,500 | 1,400 |
| Day Tank | 100% | 0,212 | 0,212 | 3,975 | 1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | 1,600 | 1,500 |
| Water_Port | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | -1,600 | 1,500 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 3,447 | 3,447 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 5,272 | 5,272 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 3,447 | 3,447 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 30,542 | 6,268 | 0,009 | 1,442 |

Tabela A14: Condição de carregamento para teste de carga deslocada para embarcação de madeira em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO Wood | | | | | | |
|------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Offset load test | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 15,590 | 15,590 | 5,872 | -0,022 | 1,498 |
| Tank_Stbp | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | 1,500 | 1,260 |
| Tank_Port | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | -1,500 | 1,260 |
| Day Tank | 30% | 0,212 | 0,064 | 3,975 | 1,700 | 1,260 |
| Water_Stbd | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | 1,600 | 1,290 |
| Water_Port | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | -1,600 | 1,290 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,100 | 4,100 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet - on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Offset load | 1 | 1,472 | 1,472 | 6,332 | 2,200 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 28,404 | 6,323 | 0,115 | 1,519 |

Tabela A15: Condição de carregamento leve para embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO GFRP | | | | | | |
|------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Lightship | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Upper_Hull | 32,704 | 0,016 | 0,513 | 6,424 | 0,000 | 1,666 |
| Bottom | 49,574 | 0,016 | 0,777 | 5,585 | 0,000 | 0,561 |
| Stern | 7,945 | 0,016 | 0,125 | -0,250 | 0,000 | 2,138 |
| Deck | 32,101 | 0,009 | 0,291 | 4,423 | 0,000 | 2,269 |
| Bulwark | 19,355 | 0,009 | 0,175 | 6,468 | 0,000 | 2,614 |
| Cabin | 40,784 | 0,009 | 0,370 | 7,355 | 0,000 | 3,483 |
| Cabin_roof | 23,356 | 0,009 | 0,212 | 7,617 | 0,000 | 4,713 |
| Structure (YW) | 1 | 3,748 | 3,748 | 5,939 | 0,000 | 1,472 |
| Structure (YW) Floors | 1 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Structure (YW) Cabin | 1 | 0,619 | 0,619 | 7,524 | 0,000 | 3,775 |
| Structure (YW) Bulwark | 1 | 0,081 | 0,081 | 5,737 | 0,000 | 2,623 |
| Rudder | 1 | 0,040 | 0,040 | 0,000 | 0,000 | 0,600 |
| Rudder Steering System | 1 | 0,100 | 0,100 | 0,000 | 0,000 | 1,400 |
| Ballast_Stbd | 1 | 1,150 | 1,150 | 7,000 | 1,400 | 0,500 |
| Ballast_Port | 1 | 1,150 | 1,150 | 7,000 | -1,400 | 0,500 |
| Tank_Stbp | 0% | 0,252 | 0,000 | 1,525 | 1,500 | 1,200 |
| Day Tank | 0% | 0,212 | 0,000 | 3,975 | 1,700 | 1,200 |
| Batt. bank Weight | 1 | 0,200 | 0,200 | 3,975 | -1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 0% | 0,360 | 0,000 | 2,800 | 1,600 | 1,200 |
| Tank_Port | 0% | 0,252 | 0,000 | 1,525 | -1,500 | 1,200 |
| Water_Port | 0% | 0,360 | 0,000 | 2,800 | -1,600 | 1,200 |
| Engine Weight | 1 | 0,800 | 0,800 | 3,400 | 0,000 | 0,900 |
| Propeler Weight | 1 | 0,050 | 0,050 | 1,000 | 0,000 | 0,530 |
| Shaft Weight | 1 | 0,050 | 0,050 | 1,800 | 0,000 | 0,600 |
| Helm Station | 1 | 0,200 | 0,200 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Galley | 1 | 0,200 | 0,200 | 7,200 | -1,700 | 2,500 |
| Berths (sleeping) | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Toilet | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,000 | 1,700 | 2,150 |
| Electric Instalation | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,926 | 0,000 | 1,400 |
| Plumbing | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,926 | 0,000 | 1,400 |
| Anchor set | 1 | 0,300 | 0,300 | 11,500 | 0,000 | 1,750 |
| Fish Hold_Stdb | 0% | 3,447 | 0,000 | 6,593 | 0,873 | 0,250 |
| Fish Hold_Centre | 0% | 5,272 | 0,000 | 7,100 | 0,000 | 0,250 |
| Fish Hold_Port | 0% | 3,447 | 0,000 | 6,593 | -0,873 | 0,250 |
| Total Loadcase | | | 11,550 | 6,129 | -0,029 | 1,530 |

Tabela A16: Condição de carregamento partindo do porto de origem para a área de pesca para embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO GFRP | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Departure FOR the fishing ground | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 11,550 | 11,550 | 6,129 | -0,029 | 1,530 |
| Tank_Stbp | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | 1,500 | 1,400 |
| Tank_Port | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | -1,500 | 1,400 |
| Day Tank | 100% | 0,212 | 0,212 | 3,975 | 1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | 1,600 | 1,500 |
| Water_Port | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | -1,600 | 1,500 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 45% | 3,447 | 1,551 | 7,015 | 1,337 | 0,895 |
| Fish Hold_Centre | 45% | 5,272 | 2,372 | 7,015 | -1,337 | 0,895 |
| Fish Hold_Port | 45% | 3,447 | 1,551 | 7,331 | 0,000 | 0,678 |
| Fishing gear (dry, on deck) | 1 | 0,100 | 0,100 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 19,811 | 6,195 | 0,014 | 1,400 |

Tabela A17: Condição de carregamento partindo da área de pesca para o porto de origem com captura máxima para embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO GFRP | | | | | | |
|---|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Departure FROM the fishing ground with full catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 11,550 | 11,550 | 6,129 | -0,029 | 1,530 |
| Tank_Stbp | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | 1,500 | 1,260 |
| Tank_Port | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | -1,500 | 1,260 |
| Day Tank | 30% | 0,212 | 0,064 | 3,975 | 1,700 | 1,260 |
| Water_Stbd | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | 1,600 | 1,290 |
| Water_Port | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | -1,600 | 1,290 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,100 | 4,100 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 22,894 | 6,531 | 0,001 | 1,489 |

Tabela A18: Condição de carregamento de chegada ao porto de origem com captura máxima para embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO GFRP | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Arrival at port with MAX catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 11,550 | 11,550 | 6,129 | -0,029 | 1,530 |
| Tank_Stbp | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | 1,500 | 1,220 |
| Tank_Port | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | -1,500 | 1,220 |
| Day Tank | 10% | 0,212 | 0,021 | 3,975 | 1,700 | 1,220 |
| Water_Stbd | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | 1,600 | 1,230 |
| Water_Port | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | -1,600 | 1,230 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,100 | 4,100 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 22,607 | 6,582 | -0,002 | 1,491 |

Tabela A19: Condição de carregamento de chegada ao porto de origem com captura mínima para embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO GFRP | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Arrival at port with MIN catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 11,550 | 11,550 | 6,129 | -0,029 | 1,530 |
| Tank_Stbp | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | 1,500 | 1,220 |
| Tank_Port | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | -1,500 | 1,220 |
| Day Tank | 10% | 0,212 | 0,021 | 3,975 | 1,700 | 1,220 |
| Water_Stbd | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | 1,600 | 1,230 |
| Water_Port | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | -1,600 | 1,230 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 20% | 2,681 | 0,536 | 6,875 | 1,242 | 0,653 |
| Fish Hold_Centre | 20% | 4,100 | 0,820 | 6,875 | -1,242 | 0,653 |
| Fish Hold_Port | 20% | 2,681 | 0,536 | 7,274 | 0,000 | 0,446 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 15,036 | 6,237 | -0,003 | 1,513 |

Tabela A20: Condição de carregamento máxima para embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO GFRP | | | | | | |
|-----------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Fully loaded | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 11,550 | 11,550 | 6,129 | -0,029 | 1,530 |
| Tank_Stbp | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | 1,500 | 1,400 |
| Tank_Port | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | -1,500 | 1,400 |
| Day Tank | 100% | 0,212 | 0,212 | 3,975 | 1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | 1,600 | 1,500 |
| Water_Port | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | -1,600 | 1,500 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stdb | 100% | 3,447 | 3,447 | 7,058 | 1,364 | 1,031 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 5,272 | 5,272 | 7,058 | -1,364 | 1,031 |
| Fish Hold_Port | 100% | 3,447 | 3,447 | 7,358 | 0,000 | 1,174 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 26,603 | 6,450 | 0,011 | 1,468 |

Tabela A21: Condição de carregamento para teste de carga deslocada para embarcação em PRFV em conformidade com FAO/ILO/IMO (2012).

| FAO GFRP | | | | | | |
|------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Offset load test | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 11,550 | 11,550 | 6,129 | -0,029 | 1,530 |
| Tank_Stbp | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | 1,500 | 1,260 |
| Tank_Port | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | -1,500 | 1,260 |
| Day Tank | 30% | 0,212 | 0,064 | 3,975 | 1,700 | 1,260 |
| Water_Stbd | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | 1,600 | 1,290 |
| Water_Port | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | -1,600 | 1,290 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stdb | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,100 | 4,100 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet - on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Offset load | 1 | 1,472 | 1,472 | 6,332 | 2,200 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 24,366 | 6,519 | 0,134 | 1,538 |

Tabela A22: Condição de carregamento leve para embarcação em *strip planking* em conformidade com BS EN ISO 12215.

| ISO Strip | | | | | | |
|------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Lightship | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Upper_Hull | 32,704 | 0,019 | 0,635 | 6,424 | 0,000 | 1,666 |
| Bottom | 49,574 | 0,019 | 0,963 | 5,585 | 0,000 | 0,561 |
| Stern | 7,945 | 0,019 | 0,154 | -0,250 | 0,000 | 2,138 |
| Deck | 32,101 | 0,009 | 0,286 | 4,423 | 0,000 | 2,269 |
| Bulwark | 19,355 | 0,019 | 0,376 | 6,468 | 0,000 | 2,614 |
| Cabin | 40,784 | 0,009 | 0,363 | 7,355 | 0,000 | 3,483 |
| Cabin_roof | 23,356 | 0,009 | 0,208 | 7,617 | 0,000 | 4,713 |
| Structure (YW) | 1 | 2,201 | 2,201 | 6,062 | 0,000 | 1,394 |
| Structure (YW) Floors | 1 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Structure (YW) Cabin | 1 | 0,417 | 0,417 | 7,224 | 0,000 | 3,726 |
| Structure (YW) Bulwark | 1 | 0,087 | 0,087 | 5,737 | 0,000 | 2,623 |
| Rudder | 1 | 0,040 | 0,040 | 0,000 | 0,000 | 0,600 |
| Rudder Steering System | 1 | 0,100 | 0,100 | 0,000 | 0,000 | 1,400 |
| Ballast_Stbd | 1 | 1,150 | 1,150 | 7,000 | 1,400 | 0,500 |
| Ballast_Port | 1 | 1,150 | 1,150 | 7,000 | -1,400 | 0,500 |
| Tank_Stbp | 0% | 0,252 | 0,000 | 1,525 | 1,500 | 1,200 |
| Day Tank | 0% | 0,212 | 0,000 | 3,975 | 1,700 | 1,200 |
| Batt. bank Weight | 1 | 0,200 | 0,200 | 3,975 | -1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 0% | 0,360 | 0,000 | 2,800 | 1,600 | 1,200 |
| Tank_Port | 0% | 0,252 | 0,000 | 1,525 | -1,500 | 1,200 |
| Water_Port | 0% | 0,360 | 0,000 | 2,800 | -1,600 | 1,200 |
| Engine Weight | 1 | 0,800 | 0,800 | 3,400 | 0,000 | 0,900 |
| Propeler Weight | 1 | 0,050 | 0,050 | 1,000 | 0,000 | 0,530 |
| Shaft Weight | 1 | 0,050 | 0,050 | 1,800 | 0,000 | 0,600 |
| Helm Station | 1 | 0,200 | 0,200 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Galley | 1 | 0,200 | 0,200 | 7,200 | -1,700 | 2,500 |
| Berths (sleeping) | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Toilet | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,000 | 1,700 | 2,150 |
| Electric Instalation | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,926 | 0,000 | 1,400 |
| Plumbing | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,926 | 0,000 | 1,400 |
| Anchor set | 1 | 0,300 | 0,300 | 11,500 | 0,000 | 1,750 |
| Fish Hold_Stdb | 0% | 3,447 | 0,000 | 6,593 | 0,873 | 0,250 |
| Fish Hold_Centre | 0% | 5,272 | 0,000 | 7,100 | 0,000 | 0,250 |
| Fish Hold_Port | 0% | 3,447 | 0,000 | 6,593 | -0,873 | 0,250 |
| Total Loadcase | | | 10,332 | 6,125 | -0,033 | 1,481 |

Tabela A23: Condição de carregamento partindo do porto de origem para a área de pesca para embarcação em *strip planking* em conformidade com BS EN ISO 12215.

| ISO Strip | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Departure FOR the fishing ground | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 10,332 | 10,332 | 6,125 | -0,033 | 1,481 |
| Tank_Stbp | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | 1,500 | 1,400 |
| Tank_Port | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | -1,500 | 1,400 |
| Day Tank | 100% | 0,212 | 0,212 | 3,975 | 1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | 1,600 | 1,500 |
| Water_Port | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | -1,600 | 1,500 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 45% | 3,447 | 1,551 | 7,015 | 1,337 | 0,895 |
| Fish Hold_Centre | 45% | 5,272 | 2,372 | 7,015 | -1,337 | 0,895 |
| Fish Hold_Port | 45% | 3,447 | 1,551 | 7,331 | 0,000 | 0,678 |
| Fishing gear (dry, on deck) | 1 | 0,100 | 0,100 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 18,593 | 6,197 | 0,015 | 1,364 |

Tabela A24: Condição de carregamento partindo da área de pesca para o porto de origem com captura máxima para embarcação em *strip planking* em conformidade com BS EN ISO 12215.

| ISO Strip | | | | | | |
|---|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Departure FROM the fishing ground with full catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 10,332 | 10,332 | 6,125 | -0,033 | 1,481 |
| Tank_Stbp | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | 1,500 | 1,260 |
| Tank_Port | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | -1,500 | 1,260 |
| Day Tank | 30% | 0,212 | 0,064 | 3,975 | 1,700 | 1,260 |
| Water_Stbd | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | 1,600 | 1,290 |
| Water_Port | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | -1,600 | 1,290 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,100 | 4,100 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 21,676 | 6,552 | 0,001 | 1,463 |

Tabela A25: Condição de carregamento de chegada ao porto de origem com captura máxima para embarcação em *strip planking* em conformidade com BS EN ISO 12215.

| ISO Strip | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Arrival at port with MAX catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 10,332 | 10,332 | 6,125 | -0,033 | 1,481 |
| Tank_Stbp | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | 1,500 | 1,220 |
| Tank_Port | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | -1,500 | 1,220 |
| Day Tank | 10% | 0,212 | 0,021 | 3,975 | 1,700 | 1,220 |
| Water_Stbd | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | 1,600 | 1,230 |
| Water_Port | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | -1,600 | 1,230 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,100 | 4,100 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 21,389 | 6,606 | -0,002 | 1,465 |

Tabela A26: Condição de carregamento de chegada ao porto de origem com captura mínima para embarcação em *strip planking* em conformidade com BS EN ISO 12215.

| ISO Strip | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Arrival at port with MIN catch | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 10,332 | 10,332 | 6,125 | -0,033 | 1,481 |
| Tank_Stbp | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | 1,500 | 1,220 |
| Tank_Port | 10% | 0,252 | 0,025 | 1,525 | -1,500 | 1,220 |
| Day Tank | 10% | 0,212 | 0,021 | 3,975 | 1,700 | 1,220 |
| Water_Stbd | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | 1,600 | 1,230 |
| Water_Port | 10% | 0,360 | 0,036 | 2,800 | -1,600 | 1,230 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 20% | 2,681 | 0,536 | 6,875 | 1,242 | 0,653 |
| Fish Hold_Centre | 20% | 4,100 | 0,820 | 6,875 | -1,242 | 0,653 |
| Fish Hold_Port | 20% | 2,681 | 0,536 | 7,274 | 0,000 | 0,446 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 13,818 | 6,244 | -0,004 | 1,474 |

Tabela A27: Condição de carregamento máxima para embarcação em *strip planking* em conformidade com BS EN ISO 12215.

| ISO Strip | | | | | | |
|-----------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Fully loaded | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 10,332 | 10,332 | 6,125 | -0,033 | 1,481 |
| Tank_Stbp | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | 1,500 | 1,400 |
| Tank_Port | 100% | 0,252 | 0,252 | 1,525 | -1,500 | 1,400 |
| Day Tank | 100% | 0,212 | 0,212 | 3,975 | 1,700 | 1,400 |
| Water_Stbd | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | 1,600 | 1,500 |
| Water_Port | 100% | 0,360 | 0,360 | 2,800 | -1,600 | 1,500 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 3,447 | 3,447 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 5,272 | 5,272 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 3,447 | 3,447 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet, on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 25,385 | 6,464 | 0,011 | 1,445 |

Tabela A28: Condição de carregamento para teste de carga deslocada para embarcação em *strip planking* em conformidade com BS EN ISO 12215.

| ISO Strip | | | | | | |
|------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Offset load test | | | | | | |
| Item Name | Quant. | Unit Mass (t) | Total Mass (t) | Long. Arm (m) | Trans. Arm (m) | Vert. Arm (m) |
| Lightship | 1 | 10,332 | 10,332 | 6,125 | -0,033 | 1,481 |
| Tank_Stbp | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | 1,500 | 1,260 |
| Tank_Port | 30% | 0,252 | 0,076 | 1,525 | -1,500 | 1,260 |
| Day Tank | 30% | 0,212 | 0,064 | 3,975 | 1,700 | 1,260 |
| Water_Stbd | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | 1,600 | 1,290 |
| Water_Port | 30% | 0,360 | 0,108 | 2,800 | -1,600 | 1,290 |
| Crew (designed) | 12 | 0,075 | 0,900 | 7,500 | 0,000 | 2,500 |
| Pers. & Bas. equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 7,200 | 1,700 | 2,500 |
| Safety equipment | 1 | 0,100 | 0,100 | 10,000 | 0,000 | 2,500 |
| Dinghy | 1 | 0,100 | 0,100 | 5,600 | 0,000 | 4,750 |
| Dinghy outboard | 1 | 0,050 | 0,050 | -0,350 | 1,700 | 2,900 |
| Fish Hold_Stbd | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,120 | 1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Centre | 100% | 4,100 | 4,100 | 7,120 | -1,409 | 1,340 |
| Fish Hold_Port | 100% | 2,681 | 2,681 | 7,358 | 0,000 | 1,183 |
| Fishing gear (wet - on deck) | 1 | 0,200 | 0,200 | 1,400 | 0,000 | 2,300 |
| Offset load | 1 | 1,472 | 1,472 | 6,332 | 2,200 | 2,300 |
| Total Loadcase | | | 23,148 | 6,538 | 0,141 | 1,516 |

APÊNDICE B – CURVAS GZ E DIAGRAMAS DE TRIM

Figura B01: Curvas GZ para todos os modos de carregamento analisados.

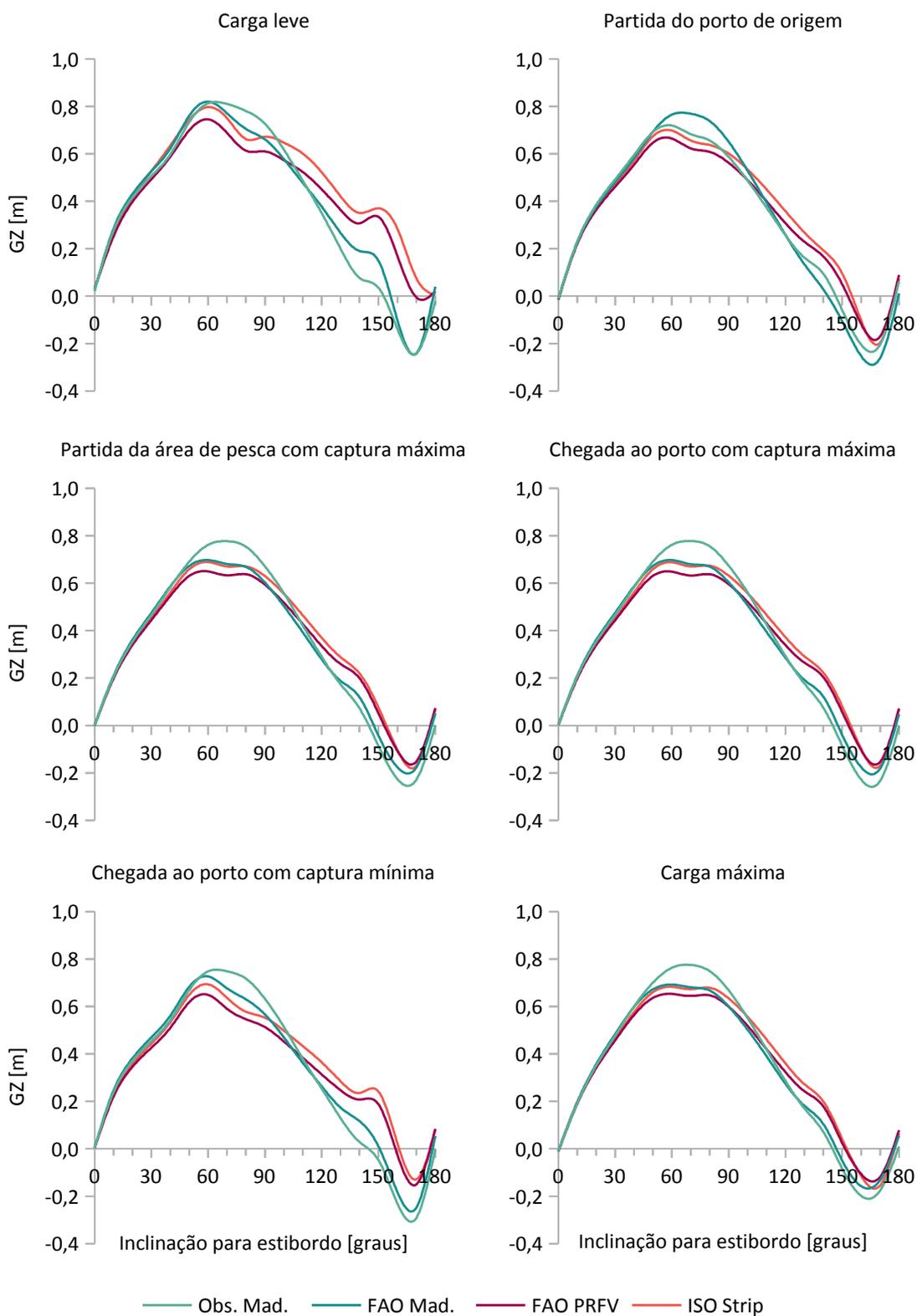
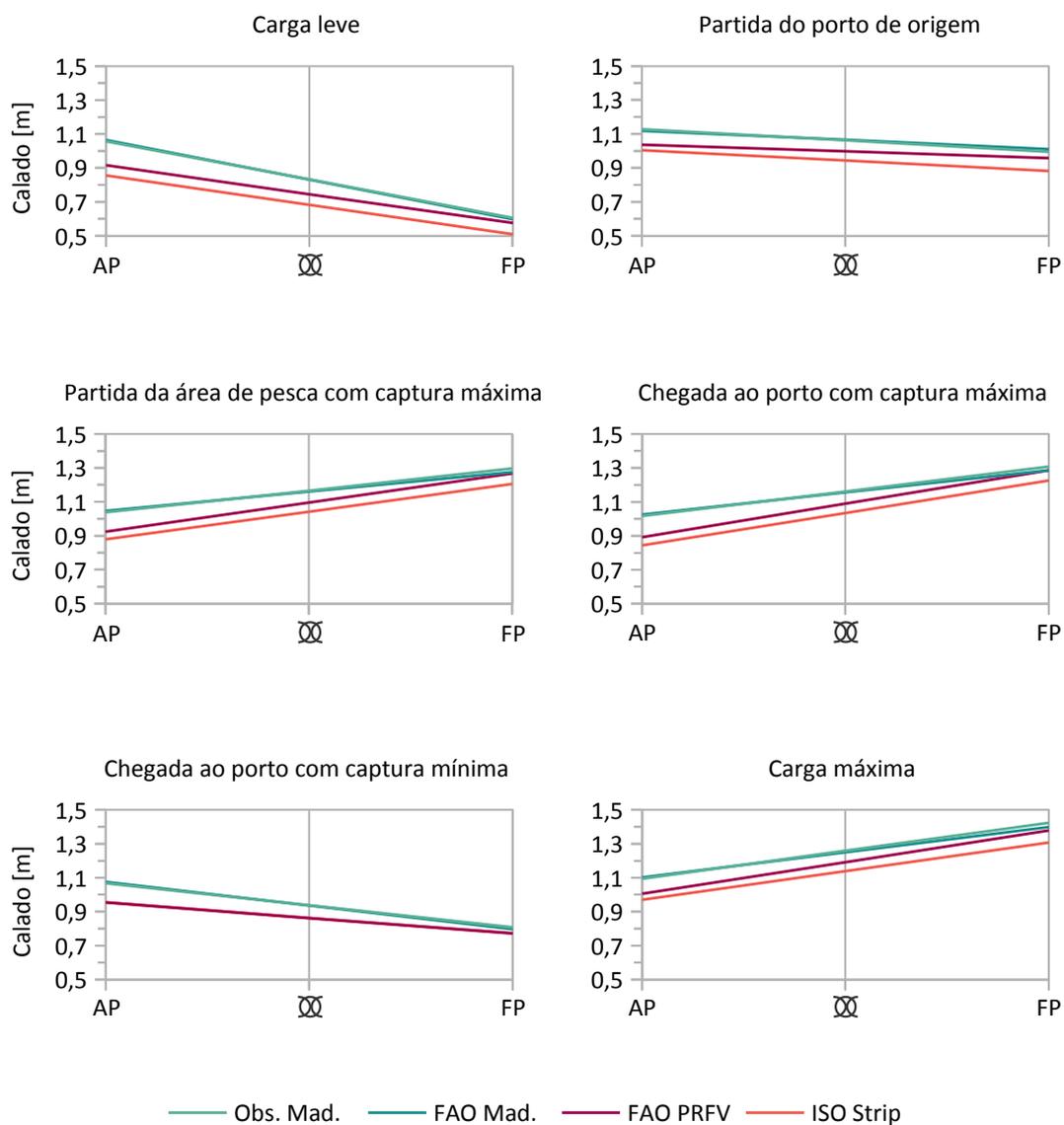


Figura B02: Diagramas de *trim* para todos os modos de carregamento analisados.



GLOSSÁRIO DE TERMOS SELECIONADOS

Área vélica: soma das áreas de todas as velas de uma embarcação.

Armação: pode referir-se ao processo de construção da embarcação, ao financiamento da construção da embarcação, ou ao financiamento da atividade pesqueira.

Arte de Pesca: combinação entre tipo de petrecho, espécie(s) alvo e forma de captura.

Balizas: conjunto de cavernas, geralmente próximos à meia nau, que definem um conjunto de seções transversais aproximadamente constantes da embarcação e servem como referência para a determinação das demais cavernas.

Barrotes: vigas do convés.

Batelões: plural de batelão, embarcação utilizada para transporte de carga, geralmente em águas abrigadas, geralmente com fundo chato.

Berço do motor: elemento sobre o qual o motor é apoiado e fixado.

Boca: em inglês, *beam*, largura, maior dimensão transversal da embarcação.

Boiadeira: diz-se da embarcação que possui boa estabilidade lateral.

Bombordo: de um observador dentro da embarcação, olhando para a proa, diz-se de seu lado esquerdo.

Borda falsa: em inglês, *bulwark*, borda da embarcação acima do convés.

Boreste: de um observador dentro da embarcação, olhando para a proa, diz-se de seu lado direito.

Cabine: porção fechada da casaria, em geral onde ficam os controles da embarcação.

Calado: em inglês *draft* ou *drought*, dimensão entre a linha d'água e o fundo da embarcação. Indica a profundidade mínima necessária para que a embarcação possa navegar sem encalhar.

Calafeto: material, geralmente fibroso, disposto nas frestas entre os componentes de uma embarcação com fim de torná-la estanque.

Canoa de voga: canoa monóxila de grandes dimensões para transporte de passageiros e carga.

Canoa monóxila: ou canoa-de-um-pau-só, embarcação cujo casco é construído de um único tronco de madeira.

Casa de máquinas: ou praça de máquinas, ou sala de máquinas. Compartimento da embarcação onde são instalados os propulsores e outros equipamentos.

Casaria: estrutura acima do convés.

Casco: toda a superfície exterior da embarcação abaixo da linha do convés ou da borda, pode ser dividido em costado e fundo.

Caverna: reforço transversal estrutural de uma embarcação.

Cavername: o conjunto das cavernas de uma embarcação.

Chine: aresta entre o fundo do casco e suas laterais superiores (costado).

Cluster: agrupamento de empresas que atuam numa mesma cadeia produtiva.

Comprimento na linha d'água: em inglês, *waterline length* (LWL), comprimento do casco da embarcação na altura da linha d'água.

Comprimento total: em inglês *length overall* (LOA), maior dimensão longitudinal da embarcação, desconsiderando eventuais plataformas de popa e de proa.

Convés: superfície que promove o fechamento (total ou parcial) do casco.

Costado: porções laterais superiores do casco.

Curvatura composta: diz-se da superfície que possui curvatura em mais de um eixo transversal, como uma sela, por exemplo.

Deslocamento: massa de água que a embarcação desloca para flutuar em equilíbrio estático. Indica a massa total da embarcação.

Equilibrada: diz-se da embarcação que está sem inclinação longitudinal (em águas parelhas, ou sem compasso).

Escantilhões: conjunto de medidas dos componentes de uma embarcação como, por exemplo, espessura do casco, espaçamento entre cavernas, largura e altura dos elementos das cavernas, etc.

Escoas: elementos estruturais, em geral tábuas, fixados à face interna das cavernas, ligando-as e promovendo rigidez longitudinal.

Fasquia: procedimento de medição e transferência de linhas curvas.

Galerias: cozinha da embarcação, em geral quando são instaladas abaixo do convés.

Gaxeta: componente mecânico que permite a passagem do eixo propulsor para fora da embarcação sem permitir o alagamento da mesma.

Largura máxima: maior dimensão transversal da embarcação.

Linha d'água: plano horizontal de flutuação da embarcação em equilíbrio estático. Pode se referir também à linha pintada no casco que indica tal plano.

Linha d'água projetada: em inglês *designed waterline* (DWL), linha d'água estimada para a embarcação durante seu projeto.

Lofting: processo de transferência das medidas de uma embarcação de um plano de linhas e de uma tabela de cotas para a escala verdadeira (1:1).

Meia nau: ou meia nave, seção transversal da embarcação na metade de seu comprimento.

Milha náutica: 1.852 metros. Considerando a terra como uma esfera perfeita, a milha náutica equivale a um minuto de arco de sua superfície, ou seja, à distância em minutos entre duas latitudes ou duas longitudes.

Motor de centro: em inglês, *centreboard*, modelo de motor que é instalado dentro da embarcação.

Motor de popa: em inglês, *outboard*, modelo de motor que é fixado na popa da embarcação.

Nós: unidade de medida comumente utilizada para indicar a velocidade de uma embarcação. 1 nó = 1 milha náutica por hora.

Obras mortas: partes da embarcação que estão abaixo da linha d'água.

Obras vivas: partes da embarcação que estão acima da linha d'água.

Osmose: processo de migração de um solvente, através de uma membrana semipermeável, para uma região de maior concentração de soluto, na direção que tende a equalizar as concentrações deste último. Quando relacionado à embarcações de PRFV, trata do fenômeno de absorção de água pelo compósito laminado, tendo a resina como membrana semipermeável, resultando em bolhas superficiais (em inglês, *blistering*) e, se muito severo, em danos permanentes ao laminado.

Paiol: compartimento, em geral nos porões, destinado ao armazenamento de carga ou equipamentos.

Petrechos: o mesmo que tralha, conjunto de artefatos de pesca.

Pisos: elementos estruturais que unem as metades das cavernas, sobre os quais pode ser instalado um assoalho.

Pontal: profundidade do casco.

Popa: porção traseira da embarcação.

Porões: todos os compartimentos fechados abaixo do convés.

Proa: porção frontal da embarcação.

Profundidade do casco: dimensão entre o convés e a face interna da quilha. É utilizada como referência do volume interno da embarcação e, assim, como estimativa de sua capacidade de carga.

Quilha: componente estrutural longitudinal central de uma embarcação.

Resbordo: primeira fileira de tábuas do casco, em contato com a quilha.

Roda de popa/proa: componente que dá forma à popa/proa. Se for uma superfície transversal à embarcação pode ser denominado espelho de popa/proa.

Tabuada: diz-se da embarcação que recebeu o revestimento de tábuas de madeira que compõe o casco.

Talha-mar: porção da quilha na proa da embarcação.

Tralha: conjunto de artefatos de pesca.

Trim: inclinação longitudinal da embarcação. Quando a embarcação não está nivelada na longitudinal, diz-se que ela está trimada (à vante ou à ré).