

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

RODRIGO MARQUES VIDAL

ESTUDO SOBRE AS POSSIBILIDADES DE EXTENSÃO DA VIDA ÚTIL DE
EMBARCAÇÕES

Joinville

2025

RODRIGO MARQUES VIDAL

ESTUDO SOBRE AS POSSIBILIDADES DE EXTENSÃO DA VIDA ÚTIL DE
EMBARCAÇÕES

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

Orientador: Msc. Luiz Eduardo Bueno Minioli

Joinville

2025

RODRIGO MARQUES VIDAL

ESTUDO SOBRE AS POSSIBILIDADES DE EXTENSÃO DA VIDA ÚTIL DE
EMBARCAÇÕES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Naval, no Curso de Engenharia Naval, do Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville (SC), 3 de julho de 2025.

Banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
Luiz Eduardo Bueno Minioli
Data: 14/07/2025 12:04:59-0300
CPF: ***.645.318-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Msc. Luiz Eduardo Bueno Minioli
Orientador/Presidente
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Viviane Lilian Soethe Parucker
Membra
Universidade Federal de Santa Catarina

Vidal, Rodrigo Marques

Estudo sobre as possibilidades de extensão da vida útil de embarcações / Rodrigo Marques Vidal ; orientador, Luiz Eduardo Bueno Minioli, 2025.

98 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville,
Graduação em Engenharia Naval, Joinville, 2025.

Inclui referências.

1. Engenharia Naval. 2. Contextos, exemplos e análises do tema de extensão de vida útil em embarcações em geral no mundo e no Brasil. I. Minioli, Luiz Eduardo Bueno. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Naval. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha mãe, Susana, e ao meu pai, Paulo, pelo amor e apoio incondicional em todas as etapas da minha vida.

À minha irmã, Caroline, e ao meu irmão, Gabriel, pelo carinho e pela parceria ao longo de todo o meu crescimento.

Aos meus amigos que foram — e continuam sendo — fundamentais não apenas na minha trajetória acadêmica, mas principalmente na jornada pessoal.

Ao professor Luiz Eduardo Bueno Minioli, meu sincero agradecimento por ter me acolhido como orientando e por todo o amparo durante a elaboração deste trabalho.

À professora Viviane Soethe, por ter aceitado participar da banca examinadora e pelo suporte prestado ao longo de toda a graduação.

Ao professor Ricardo Aurélio, pelo conhecimento transmitido ao longo dos anos da graduação e por ter aceitado participar da banca examinadora do presente trabalho.

Agradeço fortemente ao Gustavo Leal pelo apoio essencial na construção deste trabalho, e aos senhores Heros Silvério, Ricardo Nachbar e Umca, por gentilmente me receberem em seus estaleiros e disponibilizarem materiais fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por ter me acolhido e pelos valiosos aprendizados que moldaram minha formação profissional.

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho uma investigação sobre as possibilidades de extensão da vida útil de embarcações, considerando o contexto da sustentabilidade, e reaproveitamento de ativos navais. Diante do problema da baixa reutilização de embarcações que atingem o fim de sua operação original, busca-se compreender os fatores que limitam sua continuidade e explorar alternativas técnicas e econômicas que viabilizem sua permanência em uso. Justifica-se o estudo pela existência de infraestrutura naval subutilizada no sul do Brasil, mão de obra qualificada e cenário de construção naval inativo, o que torna a reutilização uma oportunidade estratégica. O objetivo principal é avaliar as motivações, métodos e viabilidades associadas à extensão da vida útil de embarcações, abordando conceitos como reforma, conversão e reclassificação. Adota-se uma metodologia qualitativa baseada em revisão bibliográfica, entrevistas, análises estatísticas e estudo de casos reais de embarcações que tiveram sua vida útil prolongada. Os resultados indicam que técnicas como jumborização, conversões funcionais e reformas estruturais podem contribuir significativamente para a continuidade de operação de diversas embarcações, com ganhos econômicos relevantes e redução de impactos ambientais. Conclui-se que, com planejamento adequado e critérios técnicos bem definidos, a extensão da vida útil de embarcações é uma estratégia viável e benéfica no sentido de reutilização de materiais e consequentemente poupando a natureza na exploração de matérias primas, especialmente em regiões com capacidade industrial instalada e demanda por soluções navais de menor custo.

Palavras-chave: extensão; vida útil; embarcações; reforma; conversão.

ABSTRACT

This study presents an investigation into the possibilities of extending the service life of vessels, considering the context of sustainability and the reuse of naval assets. In light of the low rate of vessel reutilization after the end of their original operational life, this research aims to understand the factors that limit their continued use and to explore technical and economic alternatives that enable their prolonged operation. The study is justified by the existence of underutilized naval infrastructure in southern Brazil, the availability of skilled labor, and an inactive shipbuilding sector, which together make reuse a strategic opportunity. The main objective is to assess the motivations, methods, and feasibility related to extending the service life of ships, addressing concepts such as refurbishment, conversion, and reclassification. A qualitative methodology was adopted, based on a literature review, interviews, statistical analyses, and case studies of vessels whose service life has been extended. The results indicate that techniques such as jumboization, functional conversions, and structural refurbishments can significantly contribute to the continued operation of various vessels, yielding economic benefits and reducing environmental impacts. It is concluded that, with proper planning and well-defined technical criteria, extending the service life of vessels is a viable and beneficial strategy for the reuse of materials, which in turn helps conserve natural resources by reducing the need for raw material extraction—especially in regions with existing industrial capacity and demand for lower-cost naval solutions.

Keywords: extension; service life; vessels; reform; conversion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cemitério de navios em centro de desmanche na Turquia	12
Figura 2 – Metodologia em forma esquemática	16
Figura 3 – Vida útil x Ciclo de vida de uma embarcação.....	19
Figura 4 – Navios em reforma em doca seca.....	22
Figura 5 – Dimensões principais de um navio genérico	23
Figura 6 – Fluxograma de EVU	24
Figura 7 – Rebocador Craig Eric Reinauer	27
Figura 8 – Lancha de serviço portuário de 32 pés no Espírito Santo	28
Figura 9 – Bateau Mouche em doca seca, após sua retirada do fundo do mar	30
Figura 10 – Fotos do USCGC Matagorda antes e após o alongamento de seu casco	30
Figura 11 – Navio CCGS SIR Wilfrid Laurier em doca seca	31
Figura 12 – Abertura no casco	32
Figura 13 – Conversão de um VLCC para a FPSO Maria Quitéria	34
Figura 14 – Jumborização de um navio de cruzeiro	35
Figura 15 – Divisão do casco do navio Star Breeze.....	35
Figura 16 – Navio Arleigh Burke DDG 51	38
Figura 17 – Baobab Ivoirien em alto-mar	38
Figura 18 – MV Africa Mercy em doca seca.....	40
Figura 19 – MV Africa Mercy após reformas	41
Figura 20 – Diagrama de agrupamento dos fatores que abreviam a VU	56
Figura 21 – Diagrama de tipologias concebíveis de mudanças estruturais.....	57
Figura 22 – Casco original da Embarcação 1.....	59
Figura 23 – Montagem dos gabaritos da nova borda livre	60
Figura 24 – Posicionamento dos novos vaus.....	61
Figura 25 – Casco reformado e pintado	62
Figura 26 – Interior do barco já convertido	62
Figura 27 – Embarcação II atracada em reforma	63
Figura 28 – Esquadria da janela refeita com fibra de vidro	64
Figura 29 – Convés em reforma.....	65
Figura 30 – Área interna do convés em modificação	66

Figura 31 – Sala de máquinas reformada da escuna.....	67
Figura 32 – Trecho do cavernamento da embarcação.....	67
Figura 33 – Otimização da duração de uma embarcação	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Delimitadores da vida útil de uma embarcação	20
Quadro 2 – Melhorias adicionais no rebocador Craig Eric Reinauer	27
Quadro 3 – Embarcações de grande porte selecionadas	43
Quadro 4 – Possíveis interpretações do Gráfico 4	49
Quadro 5 – Fatores que abreviam a VU.....	55
Quadro 6 – Componentes reformados na escuna.....	65
Quadro 7 – Particularidades na EVU em determinados tipos de embarcação.....	69
Quadro 8 – Recorrência da EVU por porte de embarcação	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação das modificações das embarcações analisadas	39
Tabela 2 – Etapas da VU do MV Africa Mercy	42
Tabela 3 – Dados do tempo de VU de navios do tipo <i>petroleiro</i>	44
Tabela 4 – Dados de entrada para o estudo	51
Tabela 5 - Resultados	52

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABS – American Buereau of Shipping;
ATB - Articulated Tug-Barge;
B – Boca;
B_{SE} – Largura da superestrutura;
BV – Bureau Veritas;
CSN – Certificado de Segurança da Navegação;
END – Ensaio Não Destrutivo;
EVU – Extensão da vida útil;
FMEA – Failure Mode and Effects Analysis;
FOW - Floating Offshore Wind;
FPSO – Floating Production Storage and Offloading;
FSIM – Floating Structure Integrity Management;
FSO – Floating Storage and Offloading;
H – Pontal;
H_{SE} – Altura da superestrutura;
ICCP - Impressed Current Cathodic Protection;
L – Comprimento total;
LCA - Life Cycle Assessment;
LIFEX - Life Extension Program;
L_{SE} – Comprimento da superestrutura;
LWL – Comprimento na linha d'água;
LWT – Peso leve;
MIC – Corrosão induzida microbiologicamente;
NORMAM - Normas da Autoridade Marítima;
PCS - Sistema de controle e propulsão (Propulsion control system);
RCB – Razão custo-benefício;
SIM – Structure Integrity Management;
SRA – Structural Reliability Analysis;
VLCC – Very Large Crude Carrier;
VPL – Valor Presente Líquido;
VU – Vida útil;

TEU – Twenty Equivalent Unit.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	13
1.1.1. Objetivo Geral	13
1.1.2. Objetivos Específicos	13
1.2. ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA.....	13
2. METODOLOGIA	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1. DEFINIÇÃO DE VIDA ÚTIL.....	18
3.1.1. Vida útil x Ciclo de vida	19
3.2. AGENTES QUE DETERMINAM O ENCERRAMENTO DA VIDA ÚTIL DE UMA EMBARCAÇÃO.....	19
3.3. MÉTODOS DE INTERVENÇÃO PARA PROLONGAR A VIDA EM SERVIÇO DA EMBARCAÇÃO.....	21
3.3.1. Reforma.....	21
3.3.2. Conversão.....	22
3.4. RECLASSIFICAÇÃO	23
3.5. CATEGORIZAÇÃO DO PORTE DAS EMBARCAÇÕES.....	25
4. DISCUSSÃO DOS MÉTODOS DE EVU	26
4.1. REFORMA EM EMBARCAÇÕES DE MÉDIO PORTE	26
4.2. CONVERSÃO DE EMBARCAÇÕES DE MÉDIO PORTE.....	28
4.2.1. Conversão de função de embarcações de médio porte	28
4.2.2. Conversão de dimensões de embarcações de médio porte	29
4.3. REFORMA DE EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE	31
4.4. CONVERSÃO DE EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE	32
4.4.1. Conversão funcional de embarcações de grande porte	32
4.4.2. Conversão dimensional de embarcações de grande porte	34
5. EVU NO RAMO MILITAR E OFFSHORE	37
5.1. CONTRATORPEDEIROS DA CLASSE ARLEIGH BURKE FLIGHT I	37
5.2. FPSO BAOBAB IVOIRIEN	38
6. CASO DE MÚLTIPLAS EXTENSÕES DE VU - MV AFRICA MERCY	40
7. LEVANTAMENTO ESTATÍSTICO DA IDADE OPERACIONAL DE EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE EM ATIVIDADE.....	43

8. ANÁLISE SOBRE TIPOS DE EMBARCAÇÕES MAIS SUBMETIDAS À EVU ...	48
9. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA EVU	50
9.1. ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO DA EVU	50
9.1.1. Exemplo de jumborização de um contêiner	51
9.2. PONTOS DE ATENÇÃO ANTES DE DECIDIR REALIZAR UMA EVU.....	52
9.2.1. Custos associados a riscos técnicos.....	52
9.2.2. Volatilidade do mercado	53
9.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA EVU EM EMBARCAÇÕES NO GERAL	53
10. FATORES TÉCNICOS QUE INFLUENCIAM A DURAÇÃO DA VU.....	55
10.1. FATORES TÉCNICOS ACELERADORES DO FINAL DA VU	55
10.2. FATORES TÉCNICOS RETARDANTES DO FINAL DA VU	56
10.2.1. Capacitação de mão de obra.....	56
10.2.2. Inspeção, monitoramento e manutenção.....	56
10.2.3. Proteções dos efeitos limitantes temporais	58
10.2.4. Conformidade normativa e regulatória.....	58
11. ESTUDOS DE CASOS DE EXTENSÕES DA VU DE EMBARCAÇÕES DE MÉDIO PORTE	59
11.1. TRAVESSIA CONVERTIDA EM BARCO DE RECREIO.....	59
11.2. ESCUNA DE PASSAGEIROS CONVERTIDA PARA ESCUNA DE RECREIO.....	63
12. SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	69
13. CONCLUSÃO	71
13.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	71
REFERÊNCIAS.....	73
APÊNDICE A – ENTREVISTAS	77
APÊNDICE B – DURAÇÃO DA VU DAS EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE	85
APÊNDICE C – DISPERSÕES DOS DADOS EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE EM SERVIÇO.....	88
APÊNDICE D – FOTOS EMBARCAÇÃO I.....	92
APÊNDICE E – FOTOS DA EMBARCAÇÃO II.....	93

1. INTRODUÇÃO

A ideia do fim da vida útil de uma embarcação geralmente está associada ao desmantelamento seguido da reciclagem de seus materiais, muitas vezes destinados à indústria siderúrgica. No entanto, alternativas que envolvem a reutilização dessas estruturas navais ainda recebem pouca atenção acadêmica e industrial. Em um cenário em que a sustentabilidade, a economia circular e a otimização de recursos se tornam pautas centrais, repensar o destino de embarcações consideradas obsoletas representa uma oportunidade promissora (Dinu; Ile, 2015).

A duração da vida útil de um navio não é exata, sendo influenciada por fatores como obsolescência tecnológica, aumento dos custos de manutenção, mudanças regulatórias e até mesmo às incertezas inerentes à operação ao longo dos anos. A literatura aponta para uma média de 20 a 30 anos de tempo de vida de embarcações de médio e grande porte, mas essa faixa não significa que necessariamente a inviabilidade de continuidade de uso (Dinu; Ile, 2015).

Em diversos mercados internacionais, a prática de estender a vida útil de embarcações tem se intensificado nos últimos anos, especialmente em momentos de crise logística e alta nos preços de construção naval. Armadores têm postergado a compra de novas unidades e investido em manutenções para manter navios em operação por períodos adicionais, muitas vezes de dois a cinco anos, aproveitando docagens programadas e melhorias de sistemas a bordo. Esse movimento é particularmente forte entre grandes frotas de cabotagem, que enfrentam prazos de entrega de novos navios de até três anos e custos em alta (Marzochi, 2022).

É pertinente questionar a real necessidade do desmantelamento de ativos navais assim que sua vida útil supostamente termina, sendo relevante investigar alternativas que possibilitem o reaproveitamento desses ativos ainda como embarcações, antes de se optar pelo descarte definitivo. Esse questionamento torna-se ainda mais notável ao se observar uma aparente integridade estrutural em muitas embarcações descomissionadas, conforme é possível observar na Figura 1.

Figura 1 – Cemitério de navios em centro de desmanche na Turquia



Fonte: Mesquita (2020).

No Brasil, o mercado de extensão de vida útil também ganhou fôlego durante a pandemia, sobretudo na região Norte e no segmento de cabotagem. Estaleiros locais vêm realizando reformas complexas — que incluem modernização de sistemas de propulsão e reforço estrutural de cascos em bom estado — para atender à demanda de operadores que, diante do alto custo do aço e da valorização cambial, encontram nesse caminho uma alternativa mais rápida e econômica que encomendas de navios novos. Ainda que o setor careça de incentivos para projetos em grande escala, observa-se crescente interesse de armadores por soluções de modernização (Sinaval, 2022).

Para os engenheiros navais em formação, conhecer o tema da extensão da vida útil de embarcações é essencial diante dos desafios atuais e futuros da indústria marítima. Em um cenário onde a sustentabilidade, a escassez de recursos e a busca por soluções mais econômicas ganham protagonismo, é cada vez mais necessário repensar modelos tradicionais baseados apenas na substituição por novas embarcações. Estar por dentro das práticas que valorizam o reaproveitamento de ativos e o uso inteligente da infraestrutura já existente permite ao futuro engenheiro desenvolver uma visão mais estratégica, crítica e alinhada com as necessidades reais do setor. Além disso, o domínio desse tema amplia o campo de atuação profissional e estimula a formação de profissionais mais preparados para lidar com as transformações do mercado naval.

Nesse contexto, o presente trabalho buscou explorar o potencial de reutilização de embarcações ao final de sua vida útil, com foco de estendê-la. Técnicas de reaproveitamento, como jumborização e mudanças de classe, foram discutidas, apresentando exemplos reais e as vantagens ou desvantagens associadas. Além disso, o estudo propôs-se a discutir a viabilidade dessa prática no cenário do sul brasileiro, que atualmente é marcado por um cenário de construção naval subutilizado, mão de obra qualificada e infraestrutura metalúrgica robusta.

1.1. OBJETIVOS

Para compreender a problemática da baixa reutilização de embarcações atualmente, foram propostos os seguintes objetivos.

1.1.1. Objetivo Geral

Investigar as motivações, alternativas e critérios de viabilidade para a extensão da vida útil de embarcações.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar os conceitos e critérios que determinam o fim da vida útil de uma embarcação;
- Apresentar as técnicas de extensão da vida útil de embarcações;
- Analisar exemplos de extensão de vida útil encontrados na literatura;
- Avaliar o potencial e os desafios para aplicação dessa prática no contexto brasileiro;
- Descrever casos práticos para ilustrar como ocorre a extensão da vida útil em estaleiros catarinenses.

1.2. ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA

A estrutura deste trabalho foi concebida de forma a garantir a apresentação lógica, sequencial e coesa dos conteúdos abordados. Inicialmente, no Capítulo 1, é realizada uma introdução à temática, seguida da definição dos objetivos do estudo.

Na sequência, o Capítulo 2 apresenta a metodologia empregada. Diferentemente da disposição convencional — na qual a metodologia costuma ser apresentada após a fundamentação teórica —, optou-se por sua antecipação. Isso ocorre porque parte dos conceitos discutidos na fundamentação já corresponde a interpretações e, portanto, pode ser considerada como parte dos resultados obtidos por meio da análise da literatura. A partir dos conceitos estabelecidos na fundamentação teórica, os capítulos subsequentes desenvolvem a apresentação e análise dos dados. Por fim, o Capítulo 13 contempla as conclusões do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2. METODOLOGIA

Para este trabalho foi adotada uma abordagem qualitativa, fundamentada na pesquisa bibliográfica, entrevistas e estudos de caso. Segundo Zanatta e Costa (2012), a pesquisa qualitativa caracteriza-se por buscar a compreensão aprofundada de fenômenos a partir da interpretação de percepções e experiências do fenômeno a ser estudado, valorizando descrições sobre situações e acontecimentos. Ao contrário da pesquisa quantitativa, que se baseia em dados numéricos e análises estatísticas, a abordagem qualitativa prioriza o entendimento das particularidades de cada situação, levando em consideração os contextos nos quais os objetos de estudo estão inseridos.

Nesse sentido, para o presente trabalho se utilizou a pesquisa qualitativa como meio de interpretar e analisar as múltiplas dimensões que envolvem a extensão da vida útil de embarcações, tanto sob a ótica técnica quanto sob a perspectiva econômica e operacional. O contato direto com documentos técnicos, normas, estudos de caso e dados regionais permitiu compreender os fatores que influenciam a decisão por prolongar o tempo de operação de uma embarcação, bem como os contextos que tornam essa escolha viável ou não.

Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre os principais fatores que determinam o fim da vida útil de embarcações, bem como sobre as práticas internacionais de extensão dessa vida útil, com base em artigos científicos, normas e publicações técnicas. Em seguida, foram apresentados exemplos extraídos da literatura referentes a embarcações submetidas a processos de readequação operacional, modificações no arranjo geral e modernizações.

Em paralelo à pesquisa na literatura, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com profissionais no contexto do estado de Santa Catarina, com levantamento sobre a infraestrutura naval disponível e as capacidades produtivas dos locais visitados, bem como a aplicabilidade econômica da reutilização em comparação à construção de novas unidades. Os profissionais entrevistados foram: Gustavo Leal, Heros Silvério, Ricardo Nachbar e Umca, e as transcrições das entrevistas de cada um podem ser vistas no Apêndice A.

Na etapa seguinte, foi conduzida uma análise de dados estatísticos — representando uma etapa pontualmente quantitativa dentro da abordagem qualitativa

que estrutura o presente trabalho. Para isso, utilizou-se a plataforma VesselFinder, desenvolvida pela empresa Astra Paging e amplamente empregada no setor naval, além da aplicação de strings de busca para coletar registros de veículos de comunicação que mencionam casos de extensão da vida útil de embarcações para posterior análise estatística.

Por fim, dois estudos de caso in loco de extensão da vida útil de embarcações foram analisados, buscando-se interpretar os fatores que influenciaram sua durabilidade, os métodos adotados para prolongar seu tempo de operação e os benefícios ou limitações observadas. Através dessa análise crítica, esperou-se contribuir para uma compreensão mais ampla das possibilidades e desafios que envolvem a prática de extensão da vida útil no setor naval. Na Figura 2 a metodologia está organizada de uma forma visual para complementar o entendimento.

Figura 2 – Metodologia em forma esquemática



Fonte: Autor (2025).

No âmbito deste trabalho, o conceito de extensão da vida útil será compreendido como a prolongação do período operacional da embarcação,

mantendo-se sua natureza como unidade náutica. Isso significa que, ainda que a nova fase de operação apresente características distintas da fase inicial, a embarcação continuará sendo utilizada como tal — ou seja, como um barco, navio ou plataforma oceânica. Estão, portanto, excluídas desta definição as abordagens que envolvem o reaproveitamento da estrutura da embarcação para finalidades alheias à navegação, como sua transformação em museus, habitações fixas em terra ou monumentos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Devido às variadas definições de determinados conceitos que serão abordados, foram estabelecidas convenções internas a respeito de cada um.

3.1. DEFINIÇÃO DE VIDA ÚTIL

A compreensão acerca da reutilização de um componente ao final de sua vida útil depende do entendimento do conceito de vida útil. Segundo Sivaprasad e Nandakumar (2012), a vida útil é o tempo durante o qual algo pode ser usado economicamente ou o tempo durante o qual é usado por um proprietário. Para Bragg (2025), define-se a vida útil como “período de tempo durante o qual se espera que um ativo seja usado”. Já para Langston (2011) e LSD (2025), a vida útil é o período durante o qual um bem permanece útil e produtivo, podendo ser utilizado para gerar renda em um negócio ou atividade econômica. Essa estimativa considera tanto a capacidade física do bem quanto sua obsolescência prevista, ou seja, o tempo até que ele deixe de ser funcional ou vantajoso devido ao desgaste ou à perda de relevância tecnológica ou econômica.

Com base nas definições apresentadas, foi possível definir que a vida útil de um ativo combina dois aspectos fundamentais: o seu valor econômico residual — que justifica sua permanência em operação do ponto de vista do retorno financeiro — e a sua adequação técnica ao uso previsto, ou seja, sua capacidade de continuar cumprindo satisfatoriamente as funções para as quais foi projetado. A intersecção desses fatores permite avaliar o momento em que o ativo deixa de ser vantajoso ou seguro para uso, servindo como base para decisões de descartar ou executar modificações para extensão de sua operação, de forma que esta última será o foco do presente trabalho. Assim, a vida útil pôde ser definida como o tempo que o navio está apto a operar, e os termos como “vida em serviço” e “vida operacional” foram adotados como sinônimos de vida útil.

3.1.1. Vida útil x Ciclo de vida

O conceito de vida útil é, por vezes, tratado como sinônimo de ciclo de vida, como no caso de Dinu e Ile (2015), que apresenta ambos os termos se referindo ao período de serviço da embarcação. No entanto, Sivaprasad e Nandakumar (2012) propõe uma distinção entre os dois, definindo o ciclo de vida como o conjunto sequencial de fases que compreendem a concepção, a operação e o desmonte do navio, sendo a vida útil apenas uma dessas etapas. Para fins deste trabalho, adotou-se a convenção de que a vida útil corresponde ao intervalo em que a embarcação está operacionalmente apta, enquanto o ciclo de vida será compreendido conforme a definição apresentada em Sivaprasad e Nandakumar (2012). A Figura 3 ilustra, em uma linha temporal, a relação entre o ciclo de vida e a vida útil de uma embarcação, conforme os critérios estabelecidos neste estudo.

Figura 3 – Vida útil x Ciclo de vida de uma embarcação



Fonte: Autor (2025).

3.2. AGENTES QUE DETERMINAM O ENCERRAMENTO DA VIDA ÚTIL DE UMA EMBARCAÇÃO

Para Nachbar (2025), a obsolescência de um barco em suas atividades originais é o fator limitante para a vida útil (VU) do mesmo. Como exemplo, o autor cita os casos de rebocadores que se tornam obsoletos com o passar do tempo devido aos seus valores de tração estática (bollard pull) não atenderem mais às exigências atuais, o que se configura como o fim da VU desse ativo.

Já para Dinu e Ile (2015), há um grande número de obstáculos ao tentar prever a vida útil de projeto das embarcações, incluindo incertezas relacionadas ao clima e às variáveis que influenciam a deterioração, o conhecimento até então limitado sobre

os mecanismos de degradação dos navios, a falta de informações suficientes e a complexidade inerente ao problema.

De acordo com Leal (2025), seja no uso recreativo ou no uso profissional, o que determina o fim da vida útil de uma embarcação é, fundamentalmente, a relação entre custo e benefício para o proprietário. Também explica que quantificar os custos — tanto diretos quanto indiretos — é uma tarefa relativamente simples, uma vez que se trata de somar todas as despesas envolvidas na operação e manutenção. No entanto, a avaliação do benefício pode ser mais complexa, pois nem sempre se restringe a critérios financeiros. Em muitos casos, o benefício também pode incluir fatores subjetivos, como o status associado à posse de uma embarcação nova em detrimento de uma reformada, além de aspectos práticos como o tempo que o equipamento permanece parado em manutenção. Dessa forma, o benefício envolve tudo aquilo que, no momento da aquisição, motivou a empresa ou o indivíduo a investir capital na embarcação (Leal, 2025).

Enfatiza-se que a noção de vida útil é relativa e varia de acordo com o perfil e os objetivos de cada usuário. Assim, a vida de uma embarcação, ou de qualquer outro equipamento, só chega efetivamente ao fim quando essa relação entre custo e benefício deixa de compensar para qualquer tipo de uso. Nesse ponto, o único valor remanescente da embarcação passa a ser o de seu desmanche e a venda separada dos componentes (Leal, 2025).

Ao sintetizar no Quadro 1 todos os tópicos descritos pelos autores, foi possível identificar cinco agentes limitantes que representam o fim da VU.

Quadro 1 – Delimitadores da vida útil de uma embarcação

AGENTE LIMITANTE		DESCRIÇÃO
I	Obsolescência tecnológica	Tecnologia embarcada passa a ser insuficiente para manter a operação plena do barco.
II	Obsolescência funcional	Função da embarcação deixa de ser necessária para o local onde opera.
III	Degradação estrutural	Degradação devido à corrosão ou fadiga.
IV	Razão custo-benefício	Benefícios não compensam os custos com manutenção e operação da embarcação.
V	Descontinuidade voluntária	Proprietário deliberadamente se desfaz da embarcação, seja por término de interesse do usufruto da mesma (em caso de barcos de lazer e esporte), ou por almejar possuir uma unidade recém fabricada, independente das condições da atual.

Fonte: Autor (2025).

O entendimento dos conceitos de corrosão e fadiga, citados na descrição do agente limitante III do Quadro 1, são fundamentais para o entendimento dos mecanismos e estratégias de extensão de vida útil sob o ponto de vista técnico.

Segundo Fontana (1987), a corrosão é definida como a deterioração de um material metálico resultante de reações eletroquímicas com o meio ambiente, levando à perda gradual de suas propriedades mecânicas e estruturais. Esse processo compromete a integridade das estruturas metálicas ao reduzir a espessura dos elementos, provocar fissuras, enfraquecer conexões e, em casos avançados, causar falhas críticas. Em contextos navais, os tipos de corrosão mais comuns, conforme descrito por Schøn (2020), são a corrosão por oxigênio, por dióxido de carbono e corrosão microbiologicamente induzida (MIC), e contribuem significativamente na redução da vida útil dos ativos e no aumento dos custos de manutenção e reparo.

Em paralelo, o modo de falha por fadiga é a forma mais recorrente de danos em cascos de navios em geral, podendo gerar desde falhas localizadas até colapsos estruturais (Constantinis, 2025). A fadiga é, segundo Norton (2013), o processo de degradação progressiva e localizada que ocorre em materiais submetidos a cargas cíclicas, levando a trincas e, eventualmente, à fratura.

3.3. MÉTODOS DE INTERVENÇÃO PARA PROLONGAR A VIDA EM SERVIÇO DA EMBARCAÇÃO

Uma vez definidos os agentes que determinam o final da VU de uma embarcação, foi possível listar todas as intervenções que visam contornar pelo menos um desses agentes limitantes, sendo elas: reforma, conversão de função, conversão de dimensões. Cada uma das alternativas foi brevemente contextualizada nas subseções a seguir.

3.3.1. Reforma

O conceito de reforma abrange de maneira geral qualquer modificação ou restauração em uma estrutura, seja no setor naval ou em qualquer outro. Todavia, a fim de evitar ambiguidades, o termo *reforma* será direcionado para embarcações que, mesmo após a intervenção, mantiverem as suas dimensões principais e funções

originais. Esta diferenciação foi necessária para distinguir do conceito de conversão, o qual será explicado no tópico subsequente.

A reforma, conforme definida no parágrafo anterior, contempla soluções sobretudo para os agentes limitantes I, III e IV, podendo variar desde reparos pontuais na estrutura do barco até uma restauração completa de uma embarcação abandonada, por exemplo. Uma ilustração de um processo de reforma pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Navios em reforma em doca seca

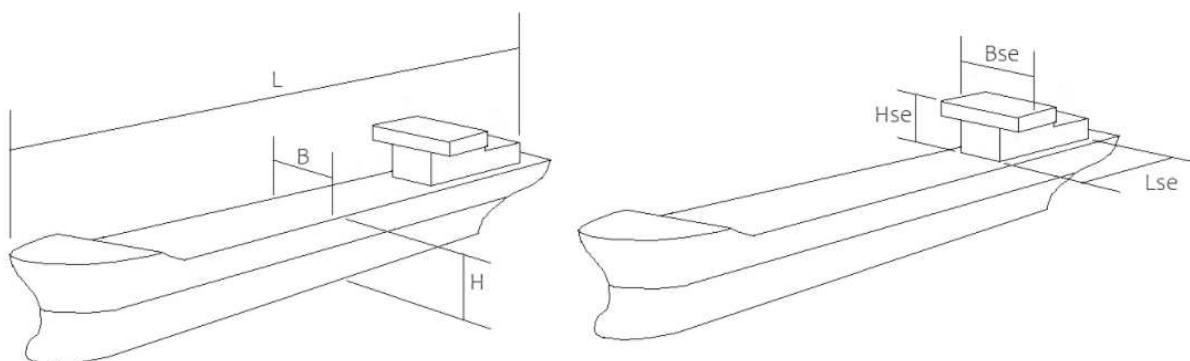


Fonte: BRIJ GAWDE (2024).

3.3.2. Conversão

O conceito de conversão, conforme apresentado Sivaprasad e Nandakumar (2012) e Rehling e Perakis (1994), abrange tanto a alteração da função original da embarcação quanto a modificação de suas dimensões principais. Embora algumas fontes possam empregar o termo “conversão” como sinônimo de reforma naval de modo geral, neste trabalho se adotou uma definição mais restrita: conversão foi entendida exclusivamente como a mudança de função da embarcação ou a alteração de suas dimensões principais. Entende-se por dimensões principais os parâmetros L (comprimento), B (boca) e H (pontal), bem como as dimensões da superestrutura (caso houver) — L_{SE} (comprimento da superestrutura), B_{SE} (largura da superestrutura) e H_{SE} (altura da superestrutura) — conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Dimensões principais de um navio genérico



Fonte: Autor (2025).

3.4. RECLASSIFICAÇÃO

No Brasil, a reclassificação de embarcações não configura uma alternativa à Extensão de Vida Útil (EVU), mas sim uma consequência decorrente desse processo, sendo obrigatória conforme as diretrizes estabelecidas pelas Normas da Autoridade Marítima (NORMAM). Essas normas compõem o arcabouço regulatório que orienta a operação, inspeções, certificações e alterações em embarcações. Conforme Leal (2025), cada embarcação possui um número de inscrição e uma área de navegação previamente definida, e enquanto suas características técnicas e operacionais permanecerem compatíveis com o documento de inscrição, não há exigência de reclassificação.

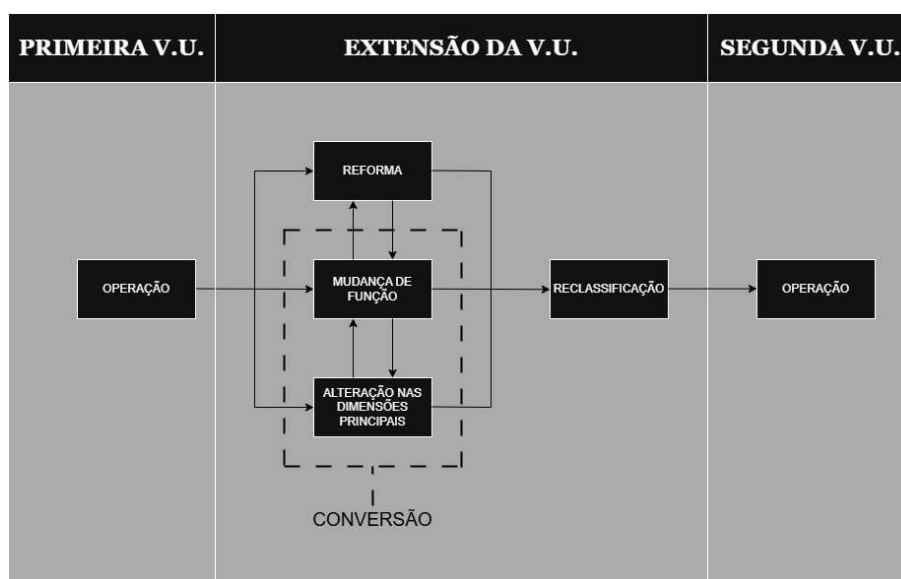
No entanto, intervenções que alterem características como dimensões principais, motorização, propulsão ou função implicam a obrigatoriedade de reclassificação formal. Como exemplo, lanchas com comprimento inferior a seis metros, originalmente classificadas como “embarcações miúdas”, não podem operar legalmente em mar aberto sem adequação dimensional e reclassificação correspondente (Leal, 2025).

A norma também prevê a dupla classificação, regime que permite alternância entre diferentes áreas de navegação ou atividades, desde que o Certificado de Segurança da Navegação (CSN) reflita as exigências da condição mais restritiva. Em uma vistoria específica, é obrigatória a declaração de engenheiro naval sobre estabilidade e resistência estrutural, e eventual readequação da tripulação mínima exigida (NORMAM-201, 2023).

Especificamente para o ramo offshore, essas mesmas normas mencionam o processo de obtenção de Licença de Alteração para navios de mar aberto transformados para se tornarem Unidades Estacionárias de Produção, Armazenagem e Transferência de Óleo (FPSO) ou Unidades Estacionárias de Armazenagem e Transferência (FSO), sendo essas unidades classificadas como plataformas móveis (NORMAM-201, 2023). Essa é uma forma de conversão onde um tipo de embarcação (navio, frequentemente petroleiro) é transformado em outro tipo com uma função diferente (unidade de produção/armazenamento offshore), conforme já apresentado anteriormente.

A partir da apresentação das possíveis alternativas de intervenções para contornar os fatores limitantes da VU de unidades navais, foi concebível defini-las como *processos de extensão da vida útil* de um barco ou navio. Com base nestes, traçou-se um esquema que ilustra a cronologia de etapas que a embarcação pode ser submetida ao ter sua vida útil prolongada, que pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Fluxograma de EVU



Fonte: Autor (2025).

A EVU pode conter um ou mais processos de intervenção em sequenciamentos variados, pois a execução de um não impossibilita a execução de outro. Isto é, uma única embarcação pode mudar de função, ter alteração de suas dimensões principais e ainda ser submetida a reformas e reparos adicionais para os

casos em que a associação dessas etapas mostre-se ser a alternativa mais otimizada de prolongar a sua durabilidade total.

Após uma embarcação ter passado por uma EVU, pode-se afirmar que a mesma passou a operar em sua vida útil estendida, ou que iniciou uma segunda (nova) vida útil. Ambos os conceitos descrevem o mesmo processo e são tecnicamente corretos e aceitos na literatura especializada.

3.5. CATEGORIZAÇÃO DO PORTE DAS EMBARCAÇÕES

De acordo com a NORMAM-03/DPC (2003), embarcações de comprimento L de até seis metros representam as embarcações de pequeno porte (ou miúdas), enquanto que as de L igual ou superior a 24 metros são classificadas como grande porte. Por fim, as que possuem comprimento intermediário entre esses limites enquadram-se na categoria de médio porte.

No entanto, a diferença entre uma embarcação de 23 metros (médio porte) para uma de 25 metros (grande porte), embora significativa na definição normativa, é bastante sutil na prática. Portanto, para fins de clareza neste estudo, adotou-se uma convenção própria: embarcações com L igual ou superior a 100 metros foram consideradas de grande porte, e embarcações com L de 6 a 99 metros, de médio porte. Essa convenção alinha-se, de forma aproximada, à distinção popular entre barcos (médio porte) e navios (grande porte).

Embarcações miúdas não foram contempladas na presente análise em virtude de se tratarem de unidades frequentemente utilizadas por milhares de usuários em contextos informais ou individuais, o que dificulta a obtenção de dados estatísticos confiáveis. Ademais, essas embarcações raramente estão sujeitas aos mesmos critérios regulatórios e ciclos de vida que caracterizam embarcações de médio e grande porte, o que comprometeria a uniformidade dos critérios adotados.

4. DISCUSSÃO DOS MÉTODOS DE EVU

Uma vez conceituados os tipos de intervenções de EVU, as mesmas foram contextualizadas em exemplos reais, conforme apresentado nas subseções do atual capítulo.

4.1. REFORMA EM EMBARCAÇÕES DE MÉDIO PORTE

Para Leal (2025), Nachbar (2025) e Silvério (2025), um dos exemplos mais recorrentes de embarcações frequentemente reformadas, tanto no Brasil quanto em outros países, são os rebocadores. Com o avanço das exigências de tração estática (bollard pull), muitos rebocadores tornam-se obsoletos para sua função original. Como alternativa mais econômica e ágil em comparação à construção de novas unidades, alguns rebocadores são modernizados com novos sistemas de motorização ou propulsão.

Um exemplo de intervenção desse tipo é a reforma do rebocador Craig Eric Reinauer, que foi modernizado de sua forma tradicional de acoplamento para o sistema articulado do tipo ATB (Articulated Tug-Barge), que permite movimento independente de pitch¹ entre o rebocador e a barça rebocada pelo mesmo, conforme descrito por JMS (2015). Uma foto desta embarcação após a intervenção pode ser vista na Figura 7.

¹ Movimento oscilatório longitudinal da embarcação, marcado pela alternância de subida e descida da proa e da popa em resposta às ondas do fluido em que flutua.

Figura 7 – Rebocador Craig Eric Reinauer



Fonte: JMS (2015).

Além da modificação principal do sistema de acoplamento, o barco também recebeu diversas melhorias que estão listadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Melhorias adicionais no rebocador Craig Eric Reinauer

ÁREA/SISTEMA	MODIFICAÇÃO REALIZADA
Convés exterior	Substituição de todas aberturas, escotilhas e dos baluartes
Guincho de reboque e molinete	Substituição por guincho Almon Johnson e substituição do molinete da âncora
Sistema de resfriamento	Revisão dos 10 resfriadores Fernstrum
Casco	Remoção de tinta até aço nu e aplicação de primer e tinta de fundo
Geradores	Substituição dos geradores originais por dois novos grupos geradores John Deere de 125kW
Apêndices e contenções	Substituição por novos tubos de aço inoxidável
Sistema de navegação	Instalação de novo painel de luz e suíte eletrônica Simrad
Motores principais	Substituição dos motores originais Burmeister & Wayne 14V23LU por dois motores EMD 12-645E7C (4.000 HP)
Sistema propulsor	Substituição das hélices de passo variável por hélices de passo fixo; remoção dos tubulões
Redução	Instalação de engrenagens Reintjes WAV-3450 (relação 5:1)
Cabrestante de popa e acoplamento	Instalação de cabrestante JonRie e sistema de acoplamento INTERcon

Fonte: Adaptado de Tugboat Information (2015).

4.2. CONVERSÃO DE EMBARCAÇÕES DE MÉDIO PORTE

A maioria das lanchas de apoio portuário no Brasil também são casos de aplicação de EVU, representando uma aplicação significativa para embarcações originalmente projetadas para recreação, sendo comercializadas principalmente pelo seu potencial de rentabilidade. Esse mercado é expressivo em regiões como Angra dos Reis, Paraty, Salvador e Porto Belo, onde é comum encontrar embarcações anteriormente de recreio atuando em atividades de apoio nos portos, como em transporte de tripulações ou pequenos serviços logísticos. Nessas localidades, observa-se que praticamente nenhuma lancha em serviço é nova, evidenciando a adoção de uma "segunda vida" operacional para embarcações de lazer. Lanchas esportivas e de recreio das décadas de 1970 e 1980, por exemplo, após deixarem o serviço de transporte de passageiros, frequentemente são convertidas para o apoio portuário, quando a estética deixa de ser uma prioridade para os operadores (Leal, 2025).

4.2.1. Conversão de função de embarcações de médio porte

Na Figura 8 é possível visualizar uma lancha de 32 pés de serviço portuário no estado do Espírito Santo, que originalmente operava como embarcação de recreio.

Figura 8 – Lancha de serviço portuário de 32 pés no Espírito Santo



Fonte: Oceanic (2024).

Embora não tenha sido possível obter acesso a fotos da lancha da Figura 8 antes de sua reforma, é bem notável a pouca intervenção em seu casco, visto que o mesmo ainda assemelha-se com casco de lancha esportiva. Evidenciou-se apenas a instalação de escada de serviço posicionada na proa, retirada do guarda mancebo, colocação de tapete antiderrapante no corredor e no solarium, bem como adição de proteção de borracha no verdugo².

Há ainda uma via oposta de reaproveitamento: embarcações originalmente empregadas em atividades profissionais, como pesca ou transporte de passageiros, são adquiridas por novos proprietários que as reformam para uso particular. Um exemplo citado e acompanhado por Leal (2025) envolve a conversão de uma traineira de pesca em uma embarcação de lazer com piscina integrada, o que exige considerável investimento, porém ainda assim menos dispendioso que a compra de uma embarcação equivalente nova (Leal, 2025). Casos de conversão de barcos de serviço para barcos de recreio serão abordados na Seção 11.1 e Seção 11.2.

4.2.2. Conversão de dimensões de embarcações de médio porte

Os dois casos relatados a seguir de embarcações de médio porte sendo submetidas a conversões dimensionais acabaram não obtendo sucesso. O primeiro refere-se ao Bateau Mouche, embarcação fluvial brasileira utilizada para turismo que passou por uma conversão dimensional voltada à ampliação de seus espaços internos, com o objetivo de aumentar a capacidade de passageiros. Apesar dos ganhos esperados, a intervenção comprometeu o desempenho da embarcação, pois as modificações alteraram o centro de gravidade, afetando sua estabilidade transversal. A ausência de modelagem estrutural e hidrostática adequadas contribuiu para a perda de desempenho e segurança (Nascimento, 2024). Uma foto da embarcação após o naufrágio pode ser vista na Figura 9.

² Perfil de alumínio que é fixado na junção do casco e convés. Em embarcações de serviço ele é coberto por uma mangueira de borracha ou de compósito para proteger o costado contra impactos.

Figura 9 – Bateau Mouche em doca seca, após sua retirada do fundo do mar



Fonte: David (1989).

O segundo caso é do USCGC Matagorda, embarcação de patrulha da Guarda Costeira dos EUA, que foi submetido a uma extensão de casco de 110 para 123 pés como parte de um programa de modernização. A conversão incluiu novas instalações, equipamentos e melhorias internas, porém ao mesmo tempo o projeto apresentou falhas estruturais relevantes, como rachaduras no convés e desalinhamento de sistemas mecânicos. Os problemas foram atribuídos à integração inadequada entre a estrutura original e a nova seção, além de deficiências nos cálculos estruturais. O caso tornou-se um exemplo clássico de conversão dimensional malsucedida (Mitchell-Jones, 2012). A Figura 10 mostra imagens da embarcação antes da conversão (à esquerda) e após a conversão (à direita).

Figura 10 – Fotos do USCGC Matagorda antes e após o alongamento de seu casco



Fonte: Adaptado de Island-Class (1995) e USCG (2004).

Ambos os casos evidenciam os riscos de alterações mal planejadas, destacando a importância de avaliações técnicas rigorosas nesse tipo de intervenção.

4.3. REFORMA DE EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE

Um exemplo de reforma de embarcação de grande porte é o navio do tipo quebra-gelo da Guarda Costeira Canadense comissionado em 1986, o CCGS SIR Wilfrid Laurier, mostrado na Figura 11. Em 2023, iniciou-se um longo programa de extensão de sua vida útil em Vancouver/CA (Seaspan, 2023). Entre as intervenções técnicas realizadas estão:

- Substituição de três geradores de 2100 kW;
- Troca dos ciclo-conversores da propulsão;
- Reforma completa do leme e eixo;
- Instalação de novo engate de reboque com reforço estrutural abaixo do convés;
- Implementação de sistema integrado de comunicação;
- Modernização do sistema de controle de propulsão (PCS) e instalação de um novo Sistema de Gerenciamento de Energia;
- Substituição completa da tubulação e cabeamento elétrico para integração dos novos sistemas.

Figura 11 – Navio CCGS SIR Wilfrid Laurier em doca seca



Fonte: Seaspan (2023).

Conforme Seaspan (2023), o navio está agora apto a retomar operações críticas em águas costeiras e do Ártico, como missões de pesquisa e busca e

salvamento. O momento da retirada de um de seus motores originais pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12 – Abertura no casco



Fonte: Adaptado de Seaspan (2023).

4.4. CONVERSÃO DE EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE

De acordo com Senturk (2011), conversões estão se tornando cada vez mais populares, à medida que os armadores buscam contornar os altos preços de novas construções e os longos prazos de entrega, adaptando embarcações existentes para funções diferentes — já que o tempo relativamente curto necessário para uma conversão é, em muitos casos, preferível aos prazos de entrega de até quatro anos para a construção de um novo graneleiro, por exemplo. Isso incentivou a conversão de petroleiros de casco simples para operar no transporte de granéis sólidos, onde há menos preocupações ambientais com suas cargas e que atualmente apresentam altas taxas de frete. Se uma conversão futura for prevista no projeto inicial, ajustes como modularidade e acessibilidade podem facilitar o processo. Isso é especialmente relevante para navios de guerra, embarcações de pesquisa e navios offshore, que frequentemente precisam de reconfigurações (Venkatesh, 2016).

4.4.1. Conversão funcional de embarcações de grande porte

O processo de conversão dos petroleiros para as FPSO's é uma prática bastante comum no Brasil e no mundo, de forma que, segundo Ogbonnaya, Orji e Nitonye (2013), o reaproveitamento apresenta vantagens em relação à construção de

novas unidades. Isso ocorre porque os cascos de Very Large Crude Carriers (VLCC's)³ oferecem uma plataforma estrutural que pode ser adaptada com menor custo e em tempo reduzido quando comparada à construção de novos ativos (Liu *et al*, 2023). Estima-se que aproximadamente 25% dos FPSO's em operação tenham mais de 40 anos de uso, e cerca de 70% tenham mais de 20 anos, o que evidencia uma crescente demanda por estratégias de EVU (Constantinis, 2025).

Um exemplo desse tipo de conversão foi a conversão recente das cinco FPSO's que operam no Campo de Búzios, a P-74, P-75, P-76 e P-77, que são cascos de antigos VLCC's reaproveitados. Conforme apresentado por Portos e Navios (2023), durante o processo de conversão foram realizados:

- *Inspeção e substituição estrutural*: Foram realizadas inspeções detalhadas nas chapas do casco, com substituição integral dos equipamentos originais por novos sistemas, mais compatíveis com os requisitos operacionais de uma unidade FPSO.
- *Engenharia e fabricação*: Foram fabricadas e instaladas aproximadamente 13 mil toneladas de estruturas adicionais, necessárias para a adequação do casco à instalação de módulos da planta de produção e à nova configuração de ancoragem.
- *Preparação para integração de módulos*: Após a conclusão da conversão estrutural, o casco foi encaminhado para a etapa de integração dos módulos de processamento de petróleo e gás, além da interligação dos sistemas de produção e segurança.

As plataformas, juntas, têm capacidade de produção de até 150 mil barris de petróleo por dia e compressão de sete milhões de metros cúbicos de gás natural por dia (Portos e Navios, 2023). Um registro fotográfico de tal processo pode ser visto na Figura 13, que se trata da FPSO Maria Quitéria, na China.

³ Subgrupo dos navios petroleiros, referindo-se a petroleiros de maior tamanho que podem transportar até 250 mil toneladas de petróleo bruto.

Figura 13 – Conversão de um VLCC para a FPSO Maria Quitéria

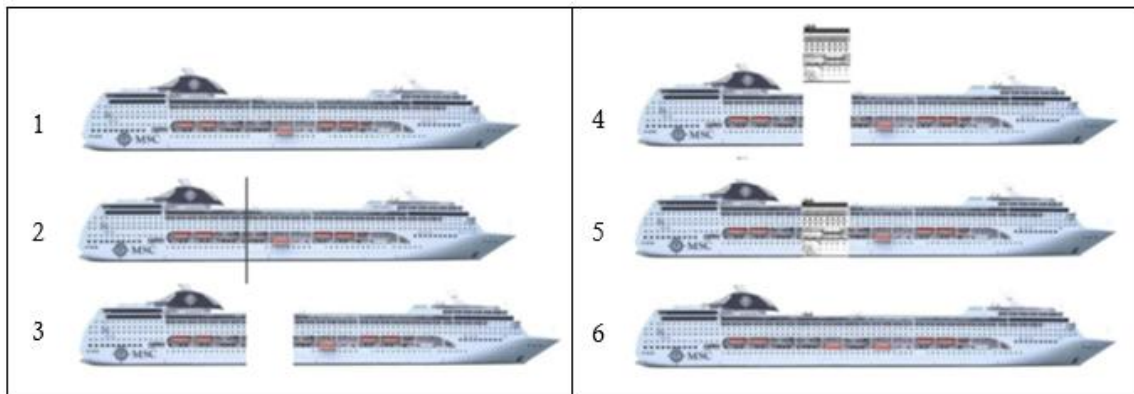


Fonte: Baird Maritime (2021).

4.4.2. Conversão dimensional de embarcações de grande porte

Quando se trata de conversões de dimensões principais, a jumborização surge como a técnica mais popular dentro da construção naval com este objetivo. A jumborização é um processo que envolve a adição de uma seção intermediária a navios. O processo consiste no corte e separação do casco original em duas seções, entre as quais é inserido um novo segmento estrutural, resultando no aumento do comprimento total (L) da embarcação (Kucuksayacigil; Min, 2021). A posição da nova seção varia conforme as especificações do projeto. Uma vez alongada, a embarcação passa a ter mais espaço de carga e acomodações nos casos de navios comerciais e de lazer, respectivamente. O processo pode ser visto na Figura 14.

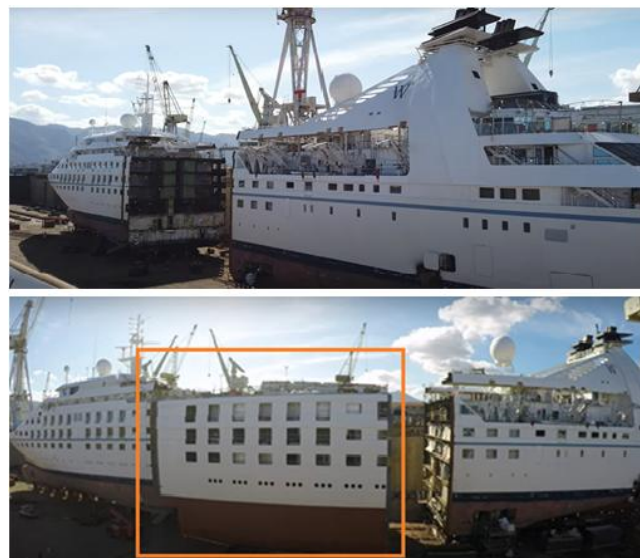
Figura 14 – Jumborização de um navio de cruzeiro



Fonte: Adaptado de Cruise Miss (2014).

Os trabalhos de alongamento têm sido aplicados predominantemente em balsas (ferries), navios de cruzeiro, cargueiros gerais — estes últimos frequentemente em preparação para alteração do tipo de operação — petroleiros e embarcações offshore (El-Kilani; Ramadan, 2003). IAMSP (2025) destaca a expressiva economia de custos, na ordem de bilhões de dólares, bem como a redução significativa no tempo de execução — de dois anos para apenas dois meses — observada na jumborização do navio antigo convertido no cruzeiro Villa Odyssey. Um outro exemplo é o navio de passageiros Star Breeze, submetido à jumborização a fim de aumentar o número de cabines e, conseqüentemente, passageiros por viagem. Registros desse processo podem ser vistos na Figura 15.

Figura 15 – Divisão do casco do navio Star Breeze



Fonte: Adaptado de Popular Cruising (2019).

De acordo com Kucuksayacigil e Min (2021), a jumborização promove economia de combustível devido à redução da resistência ao avanço causada pelas ondas, resultado do aumento do comprimento na linha d'água (L_{WL}). Essa relação pode ser demonstrada matematicamente pela Equação (1), que expressa a velocidade crítica de onda — a velocidade máxima que um navio pode atingir antes que a resistência de ondas aumente de forma significativa. Em outras palavras, embarcações com maior comprimento de linha d'água são capazes de navegar a velocidades superiores antes de alcançarem esse limite crítico.

$$V = \sqrt{\frac{L_{WL} \cdot g}{2\pi}} \quad (1)$$

onde V é a velocidade do navio, L_{WL} é o comprimento em linha d'água da embarcação e g é a gravidade.

5. EVU NO RAMO MILITAR E OFFSHORE

A Marinha dos Estados Unidos já realizou a jumborização de treze navios petroleiros de reabastecimento (replenishment oilers), mesmo que esses não tenham sido originalmente projetados para tal procedimento, sendo o USS Willamette (Kucuksayacigil; Min, 2021) um exemplo notório. Enquanto isso, no ramo offshore muitas FPSO's são reformadas para terem sua vida estendida em virtude de serem um dos tipos de embarcações mais complexas do mundo, sendo que a maioria delas já foi convertida de um casco de VLCC, conforme já apresentado. Com isso, as plataformas FPSO's representam uma classe de embarcação que, em sua maioria, passa por no mínimo dois processos de EVU.

5.1. CONTRATORPEDEIROS DA CLASSE ARLEIGH BURKE FLIGHT I

No ramo militar, a Marinha dos Estados Unidos decidiu promover a extensão da vida útil de doze contratorpedeiros, lançados entre 1991 e 1997, da classe Arleigh Burke Flight, ultrapassando o limite original de 35 anos de serviço previsto para essas unidades. Tal decisão baseou-se em avaliações individualizadas da integridade estrutural e das condições materiais de cada casco, bem como em análises técnicas da capacidade de combate, da viabilidade de continuidade operacional e no planejamento de manutenção de longo prazo. O objetivo principal foi assegurar a operacionalidade dos navios evitando intervenções dispendiosas associadas à docagem não programada (TWZ, 2024).

O programa de extensão contemplou um conjunto de modernizações estruturais e sistêmicas:

- Reparos no casco;
- Atualizações dos sistemas mecânicos e de engenharia;
- Modernização dos sistemas de combate.

As projeções indicam que as extensões previstas para cada unidade resultarão, de forma acumulada, em um acréscimo de 48 anos adicionais de operação entre os anos de 2028 e 2035 (TWZ, 2024). Uma foto do modelo da embarcação em questão pode ser vista na Figura 16.

Figura 16 – Navio Arleigh Burke DDG 51



Fonte: TWZ (2024).

5.2. FPSO BAOBAB IVOIRIEN

No ramo offshore, pode-se citar o exemplo da plataforma Baobab Ivoirien, que está sendo reformada em Dubai após 49 anos em operação. Após a finalização da extensão de sua vida útil, a perspectiva é de que continue operando até 2038, sendo o objetivo da reforma garantir continuidade da produção de energia na África Ocidental (Modec, 2023). Na Figura 17 é possível visualizar a embarcação em operação antes de entrar para reforma. As modificações foram:

- Renovação de 1.000 toneladas de aço.
- Aplicação de revestimento anticorrosivo em 250.000 m² de tanques.
- Instalação de 11.500 metros de novas tubulações.
- Modernização dos alojamentos da tripulação.
- Integração de tecnologias avançadas para eficiência e confiabilidade.

Figura 17 – Baobab Ivoirien em alto-mar



Fonte: Modec (2023).

A Tabela 1 compara os tempos de vida das embarcações citadas.

Tabela 1 – Relação das modificações das embarcações analisadas

Nome	Tipo	Duração da primeira vida útil (anos)	Tempo de V.U. adicionado (anos)	Taxa de aumento
CCGS Sir Wilfrid Laurier	Quebra-gelo	37	15	41%
Classe Arleigh Burke Flight I	Contratorpedeiros	19 (em média)	4 (por navio)	21%
Baobab Ivoirien	FPSO	49	15	31%

Fonte: Autor (2025).

6. CASO DE MÚLTIPLAS EXTENSÕES DE VU - MV AFRICA MERCY

Construído na Dinamarca em 1986, o navio de L = 152m inicialmente operou como uma balsa ferroviária até o ano de 2007, quando foi convertido de balsa para navio-hospital. De 2007 a 2023 forneceu atendimento médico gratuito para comunidades africanas com saúde precária, quando sua vida útil foi estendida em doze anos a partir de 2023. A Figura 18 mostra a embarcação durante as reformas. Atualmente, essa embarcação é considerada como um dos maiores hospitais flutuantes do mundo (Universidade de Huddersfield, 2025).

Figura 18 – MV Africa Mercy em doca seca



Fonte: MercyShips (2024).

Segundo Universidade de Huddersfield (2025) as motivações para a extensão da vida útil da embarcação em questão estão fundamentadas em três aspectos principais. Em primeiro lugar, destaca-se o caráter humanitário da missão desempenhada pelo navio, cuja continuidade é essencial para a oferta de cirurgias e cuidados médicos especializados, frequentemente transformadores, em regiões com acesso limitado ou inexistente a serviços de saúde. Em segundo lugar, observa-se que os custos envolvidos na construção de uma nova unidade hospitalar flutuante são significativamente elevados, tornando economicamente mais viável a manutenção e modernização da embarcação existente. Por fim, a crescente demanda por serviços médicos em comunidades carentes reforça a importância da permanência da embarcação em operação, uma vez que ela representa, para muitas populações, o

único recurso disponível de atendimento médico especializado. A embarcação após as modificações pode ser vista na Figura 19.

Figura 19 – MV Africa Mercy após reformas



Fonte: Universidade de Huddersfield (2025).

A estratégia adotada para a continuidade operacional da embarcação consistiu na implementação de um Programa de Extensão da Vida Útil (*Life Extension Program – LIFEX*), visando garantir a segurança, a eficiência e a conformidade da unidade até o ano de 2035. A abordagem metodológica empregada baseou-se na Avaliação do Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment - LCA*), complementada por inspeções estruturadas e técnicas minuciosas. Essas inspeções concentraram-se em quatro áreas fundamentais: casco e estrutura, sistemas de propulsão e máquinas, acomodações e áreas comuns, bem como conformidade ambiental e regulatória (Universidade de Huddersfield, 2025).

Como resultado do programa, espera-se uma extensão de doze anos da vida útil da embarcação, com garantia de segurança e confiabilidade operacional ao longo dos próximos anos. Além disso, prevê-se a manutenção do impacto social positivo, por meio da continuidade da prestação de serviços médicos essenciais em regiões desprovidas de alternativas de atendimento especializado. Do ponto de vista econômico, a iniciativa representa uma alternativa eficiente, uma vez que maximiza o aproveitamento do investimento previamente realizado, com custos substancialmente inferiores aos de construção de uma nova embarcação hospitalar. Esse caso destacou-se frente aos demais pois trata-se de um navio que passou por ambos os

processos de conversão e de reforma, de forma que ambos contribuíram para a extensão de sua vida útil (Universidade de Huddersfield, 2025). A Tabela 2 apresenta as etapas da vida útil da embarcação MV Africa Mercy.

Tabela 2 – Etapas da VU do MV Africa Mercy

MV Africa Mercy		
Período	Duração (em anos)	Função
Primeira VU	21	Balsa ferroviária
Segunda VU	16	Navio-hospital
Terceira VU	12 (previsão)	Navio-hospital

Fonte: Autor (2025).

Somadas, as etapas totalizam 49 anos de operação esperados para a embarcação, o que não exclui a possibilidade de uma nova EVU futuramente.

Além do MV Africa Mercy, outro exemplo de embarcação submetida a duas técnicas de EVU foi o rebocador Mossoró, o qual passou por uma modernização de equipamentos e conversão de dimensões, sendo esta última um aumento da sua boca (B). Este caso está descrito na entrevista com Nachbar (2025), presente no Apêndice A do presente trabalho.

Por último, as FPSO's também se enquadram neste quesito, uma vez que, conforme apresentado anteriormente no Capítulo 5, a maioria das embarcações dessa categoria são oriundas de conversão de antigos petroleiros e, posteriormente, são submetidas a reforma.

7. LEVANTAMENTO ESTATÍSTICO DA IDADE OPERACIONAL DE EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE EM ATIVIDADE

Nesse capítulo será apresentado um levantamento de dados a respeito do tempo de vida de embarcações de grande porte, a fim de apurar a distribuição das idades das mesmas. Estabelecer um espaço amostral de registros ao longo do tempo da duração da VU de barcos, navios e plataformas é fundamental para analisar tendências e padrões no tempo de operação de embarcações comissionadas ao longo do tempo.

Em virtude da alta variedade de tipos de embarcações existentes, foram selecionadas as 10 de maiores em unidade em operação no tráfego marítimo global. A relação dos tipos eleitos para análise encontra-se no Quadro 3.

Quadro 3 – Embarcações de grande porte selecionadas

1	GRANELEIRO
2	REEFER
3	FSO/FPSO
4	ROLL-ON ROLL-OFF
5	CARGA GERAL
6	GASEIRO LNG E LPG
7	CONTEINEIRO
8	CRUZEIRO
9	PETROLEIRO
10	LIVESTOCK

Fonte: Autor (2025).

Para cada tipo de embarcação selecionado, realizou-se uma pesquisa na plataforma VesselFinder visando identificar a quantidade de unidades construídas antes de 2000 que ainda se encontram em operação. A escolha da plataforma ocorreu devido às suas ferramentas de filtragem por função, ano de construção e status operacional, permitindo distinguir embarcações ativas das desativadas. Inicialmente, foram considerados os registros mais antigos disponíveis, datados de 1870; no entanto, devido à baixa confiabilidade dos dados mais antigos — como erros de digitação ou status desatualizados —, optou-se por adotar 1961 como marco inicial, ano a partir do qual a amostragem se torna mais representativa. O limite superior de 2000 foi definido com base no objetivo do estudo: avaliar embarcações com vida útil superior à média. Segundo Dinu e Ile (2015), navios de grande porte têm vida útil

média de 25 anos. Assim, embarcações construídas a partir de 2000 foram excluídas, pois, em 2025, ainda não atingem esse critério. Dessa forma, o intervalo considerado compreende embarcações construídas entre 1961 e 2000.

Com o intervalo temporal definido, aplicou-se os filtros da plataforma VesselFinder para segmentar os dados por década, de 1961–1970 até 1991–2000. A partir dos resultados, foi elaborada uma tabela específica para cada um dos dez tipos de embarcações analisados. A Tabela 3, por exemplo, apresenta os dados referentes aos petroleiros, indicando a quantidade de unidades construídas por década, quantas permanecem em operação e, na última coluna, a proporção de aproveitamento — ou seja, o percentual de navios daquela década que ainda estão em serviço.

Tabela 3 – Dados do tempo de VU de navios do tipo *petroleiro*

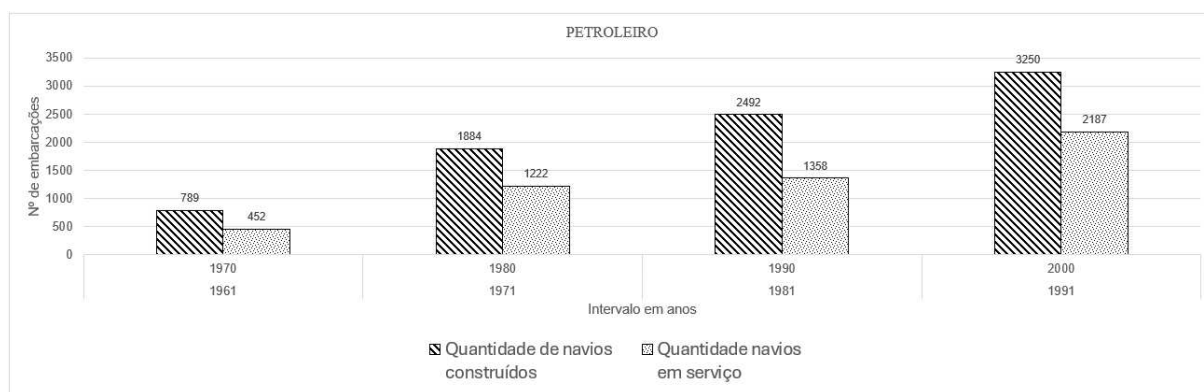
Tipo	Limite inferior (ano)	Limite superior (ano)	Quantidade de navios construídos	Quantidade de navios em serviço	Proporção (%)
Petroleiro	1961	1970	789	452	57,3
	1971	1980	1884	1222	64,9
	1981	1990	2492	1358	54,49
	1991	2000	3250	2187	67,29

Fonte: Autor (2025).

É importante assumir que parte das embarcações incluídas no banco de dados teve a vida útil reduzida por naufrágios, avarias graves ou outros motivos, de forma que a exclusão dessas unidades aumentaria o número de embarcações em operação. Todavia, ao mantê-las na amostra, adota-se uma abordagem mais conservativa, otimizando a pesquisa. Com base nos dados da Tabela 3, foi elaborado um gráfico em barras para cada tipo de navio, sendo o.

Gráfico 1 referente aos petroleiros. Os gráficos em barras dos demais tipos de embarcações encontram-se no Apêndice B.

Gráfico 1 – Tempo de VU ao longo dos anos de navios do tipo petroleiro



Fonte: Autor (2025).

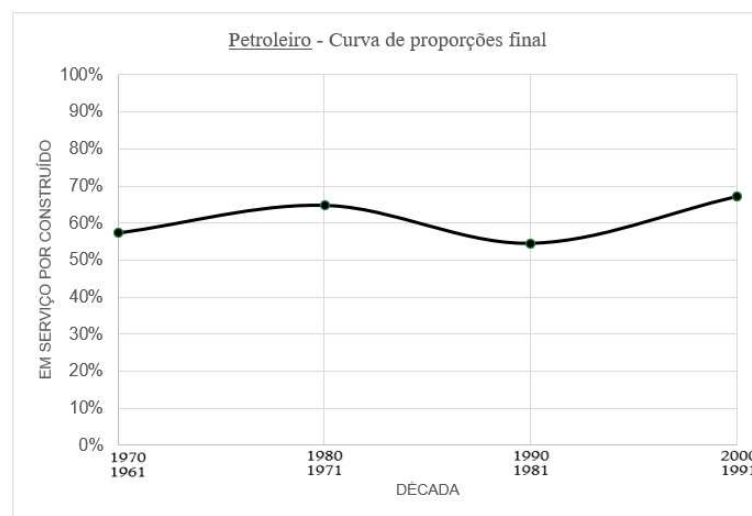
Além dos valores absolutos apresentados no .

Gráfico 1, foi elaborado um segundo gráfico com as taxas proporcionais por década, representando o percentual de navios construídos em cada período que ainda permanecem em operação. O Gráfico 2 ilustra essa distribuição para os petroleiros, sendo cada ponto correspondente à porcentagem da respectiva década.

É importante assumir uma imprecisão dos dados decorrente de possíveis erros nos registros da plataforma VesselFinder, especialmente em relação a embarcações mais antigas, cuja documentação pode ter sido perdida ou deteriorada. Apesar dessa limitação, assumiu-se que tais inconsistências não comprometeriam

significativamente os resultados, permitindo o uso dos dados como base confiável para a análise.

Gráfico 2 – Pontos de dispersão conectados para navio petroleiro

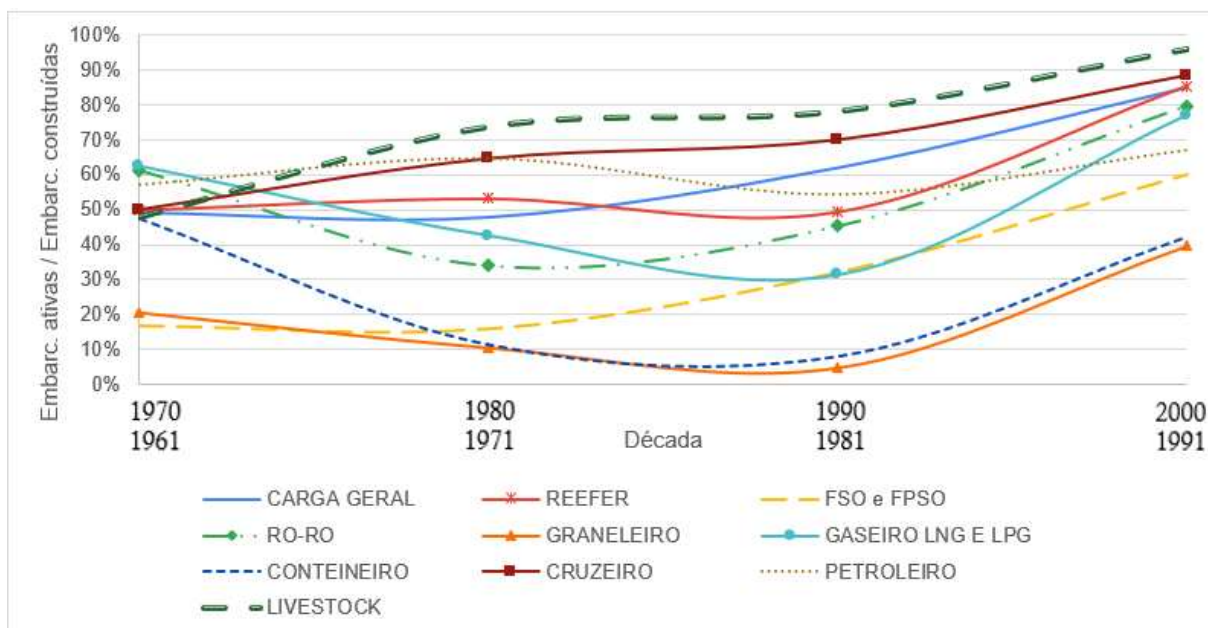


Fonte: Autor (2025).

O mesmo procedimento foi aplicado para os outros nove tipos de navios, de forma que os gráficos individuais de dispersão de proporções de cada tipo podem ser visualizados no Apêndice C.

Ao sobrepor os gráficos de dispersões de proporções de todos os dez tipos de navios analisados em um único sistema de coordenadas, gerou-se o que pode ser visualizado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Síntese das dispersões



Fonte: Autor (2025).

O Gráfico 3 evidencia que todas as curvas apresentam crescimento nas décadas de 1961-1970 ou 1971-1980, seguido de um declínio no intervalo 1981-1990, com nova elevação até a década 1991-2000. Esses dados sugerem uma possível menor durabilidade das embarcações construídas entre os anos de 1981 e 1990 em comparação às das décadas anteriores e posteriores.

As possíveis hipóteses para esse comportamento podem estar associadas ao desenvolvimento tecnológico intensificado no período pós-Segunda Guerra Mundial, cujos efeitos podem ter se estendido até as décadas de 1960 e 1970. Esse período pode ter sido seguido, a partir da década de 1980, por um movimento de otimização de custos e materiais, o que pode ter resultado na concepção de estruturas menos robustas a longo prazo. Ressalta-se, contudo, que essas considerações são apenas suposições que demandam uma investigação rigorosa e específica para serem devidamente comprovadas, a qual não foi contemplada no presente estudo em função da ampla variedade de temas abordados.

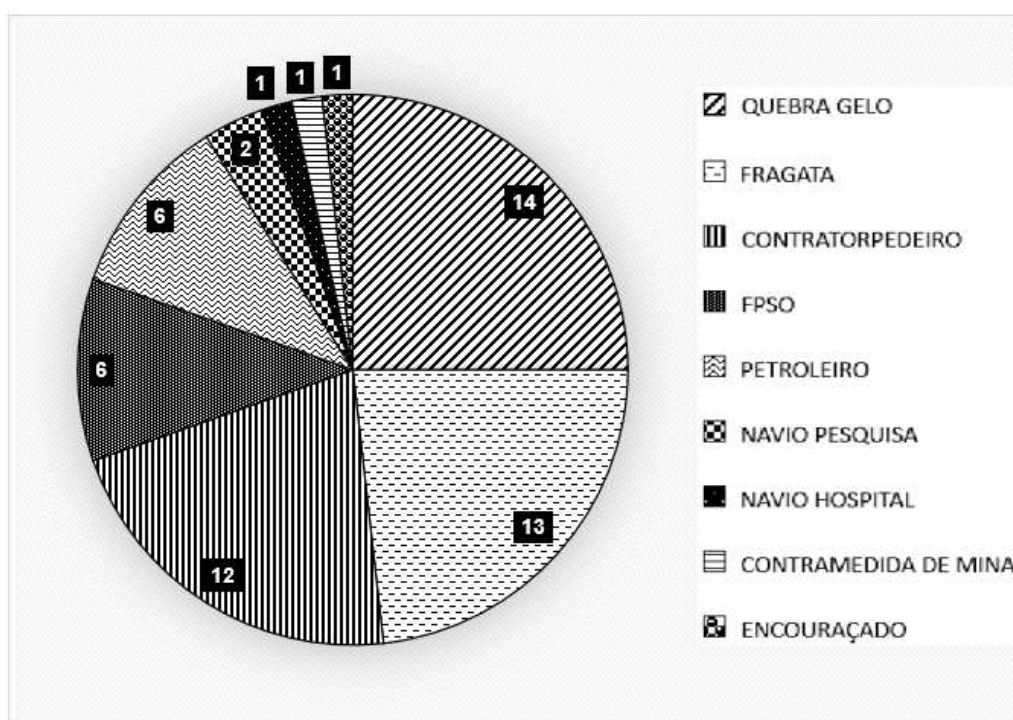
A análise estatística restringiu-se às embarcações de grande porte devido à maior rastreabilidade e confiabilidade dos registros disponíveis comparado com as embarcações de médio porte, de acordo com a análise preliminar feita na plataforma VesselFinder.

8. ANÁLISE SOBRE TIPOS DE EMBARCAÇÕES MAIS SUBMETIDAS À EVU

As análises de EVU em sistemas navais foram realizadas através da própria literatura, que para este caso não contempla artigos acadêmicos, e sim reportagens e publicações ao redor do mundo. As buscas por essas fontes ocorreram de fevereiro a junho de 2025 através da aplicação de strings de busca contendo os termos-chave em inglês: *life extension*, *naval*, *vessel* e *offshore* em notícias de variados veículos de comunicação da área naval, tais como Marine Insight, Naval Today, Seatrade Maritime, WorkBoat, entre outros, além de fontes jornalísticas da área militar, a exemplo do SAAB e The Defense Post, bem como em páginas governamentais, como Gov.UK e Government of Canada.

O Gráfico 4 apresenta a relação de embarcações submetidas a EVU entre os anos de 2015 e 2025, intervalo de tempo dentro do qual ocorreram as EVU's das embarcações encontradas nas páginas supracitadas. Todas foram apenas reformadas, isto é, não tiveram suas funções originais alteradas, nem alteração em suas dimensões principais.

Gráfico 4 – Embarcações submetidas a EVU entre 2015 e 2025



Fonte: Autor (2025).

Com base nos dados apresentados no Gráfico 4, é possível levantar algumas hipóteses, que estão listadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Possíveis interpretações do Gráfico 4

CONSTATAÇÃO	HIPÓTESE
1. Ambientes exigentes	As classes mais recorrentes — quebra-gelo, fragatas e FPSO's — operam, em geral, em condições severas ou estratégicas, indicando que a EVU é preferida em casos de alto custo de substituição ou complexidade logística.
2. Ênfase no setor estatal e militar	Há predominância de embarcações vinculadas a marinhas, pesquisa e defesa, o que sugere a adoção da EVU como alternativa técnica à renovação da frota.
3. Ausência de embarcações comerciais convencionais	A não inclusão de graneleiros ou porta-contêineres pode indicar menor aplicação da EVU no setor privado tradicional ou dificuldade de acesso a registros sobre esse segmento.

Fonte: Autor (2025).

9. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA EVU

O elevado custo e o extenso prazo necessário para a construção de novos navios contribuem significativamente para tornar a reutilização de embarcações existentes uma alternativa viável. Adicionalmente, a escassez de opções adequadas no mercado para substituir determinadas embarcações reforça a viabilidade da reutilização como solução estratégica (Nachbar, 2025) e (Miranda; Dos Santos; Nardi, 2023).

A convergência desses fatores — custos elevados, prazos prolongados e limitações no mercado — posiciona a extensão da vida útil de embarcações como uma medida racional e vantajosa, tanto sob a perspectiva econômica quanto operacional (Nachbar, 2025) e (Miranda *et al.*, 2023). Outro aspecto relevante é o vínculo afetivo que o proprietário pode manter com sua embarcação, especialmente em casos de unidades personalizadas ou com valor simbólico, o que pode influenciar diretamente na decisão pela sua manutenção e reaproveitamento (Silvério, 2025).

9.1. ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO DA EVU

Conforme Liu *et al.* (2023), a avaliação econômica da extensão da vida útil é realizada por meio de análises de custo-benefício que ponderam os seguintes fatores:

- Benefício econômico da continuidade da operação;
- Custos diretos, como inspeções e reparos;
- Custos indiretos, como períodos de parada e perda de receita;
- Riscos operacionais e ambientais decorrentes de possíveis falhas estruturais.

A estimativa dos custos de um bem apresenta, em geral, menor complexidade, podendo ser realizada com relativa facilidade. Para essa finalidade, é comum a utilização de indicadores como a Razão Custo-Benefício (RCB), que expressa a relação entre os benefícios esperados e os custos totais de um projeto, e o Valor Presente Líquido (VPL), que corresponde ao valor presente dos fluxos de caixa futuros descontados pela taxa de custo de capital. Em contrapartida, a mensuração dos benefícios e dos riscos operacionais envolve maior complexidade, conforme apontado por Liu *et al.* (2023). As metodologias empregadas para quantificar esses fatores serão discutidas nas seções subsequentes deste trabalho.

Para fins comparativos, Leal (2025) aponta que um iate novo de aproximadamente 30 metros de comprimento (L) pode atingir valores em torno de 20 milhões de reais. Em contraste, uma escuna reformada, de igual L, com investimento inicial de 2,5 milhões alcançou o custo total de 7 milhões após sua conversão completa para uma embarcação de porte equivalente. Além da economia expressiva, a embarcação reformada apresentou maior eficiência no consumo de combustível, com cerca de 90 litros por hora, frente aos 700 litros por hora consumidos pelo iate novo.

Contudo, embarcações ao final da vida útil geralmente se encontram abandonadas ou em condições precárias de conservação. Antes de iniciar um processo de reforma, é fundamental compreender as expectativas do cliente — se visa apenas melhorias funcionais básicas ou uma renovação completa, com desempenho e confiabilidade assegurados por pelo menos uma década —, decisão que impacta diretamente no custo final do projeto (Leal, 2025).

9.1.1. Exemplo de jumborização de um contêiner

Buxton e Stephenson (2001) analisaram economicamente a jumborização de um navio porta-contêineres de 3.500 TEU⁴ projetado em 1990, avaliando três alternativas de projeto: navio mínimo (Cenário 1), projetado para atualização futura (Cenário 2), e superdimensionado desde o início (Cenário 3). Os parâmetros iniciais podem ser visualizados na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados de entrada para o estudo

Item	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Capacidade (TEU)	3.500	3.500 / 4.500	4.800
Potência (MW)	30	34	36
Custo Inicial (milhões)	US\$ 65	US\$ 75	US\$ 85

Fonte: Adaptado de Buxton e Stephenson (2001).

O Valor Presente Líquido (VPL) médio e desvio padrão obtidos para cada alternativa, considerando simulações com 500 ciclos de vida usando distribuição gaussiana para as tarifas de frete, são apresentados na Tabela 5.

⁴ Unidade volumétrica padrão para medir a capacidade de carga de um navio porta-contêineres, sendo equivalente ao espaço ocupado por um contêiner de 20 pés de comprimento.

Tabela 5 - Resultados

Cenário	VPL Médio (milhões)	Desvio Padrão (milhões)
2	U\$ 17,64	U\$ 4,09
1	U\$ 11,34	U\$ 3,86
3	U\$ -7,15	U\$ 4,25

Fonte: Adaptado de Buxton e Stephenson (2001).

Os resultados da Tabela 5 mostram que o projeto para atualização futura (Cenário 2) apresenta melhor retorno econômico, superando o navio mínimo (Cenário 1) em média por US\$ 6,3 milhões, apesar do custo adicional inicial. Já o navio superdimensionado (Cenário 3) não é viável economicamente, já que apresenta uma perda financeira. A análise probabilística evidencia, portanto, os riscos inerentes a qualquer decisão e confirma a vantagem de planejar a modernização.

É importante destacar, contudo, que os resultados apresentados se referem a um caso específico e não devem ser generalizados para todas as embarcações porta contêineres. O exemplo analisado tem valor ilustrativo, demonstrando que projetos que preveem modernizações futuras podem apresentar vantagens econômicas. No entanto, cada situação deve ser avaliada individualmente, considerando as particularidades operacionais, mercadológicas e técnicas de cada embarcação.

9.2. PONTOS DE ATENÇÃO ANTES DE DECIDIR REALIZAR UMA EVU

As decisões relacionadas à conversão ou projetos de extensão de vida útil de navios comerciais são motivadas por uma combinação de fatores econômicos, logísticos e tecnológicos. Esses fatores, amplamente abordados na literatura técnica, refletem os desafios e oportunidades associados à gestão do ciclo de vida de ativos navais (Liu *et al.*, 2023).

9.2.1. Custos associados a riscos técnicos

A tomada de decisão em projetos de extensão de vida útil também deve considerar os custos diretos, como inspeções estruturais, reparos e atualizações de sistemas, e os custos indiretos, como a perda de receita durante o tempo de

inatividade da embarcação. Além disso, a análise de risco associada à probabilidade de falha de componentes críticos e suas possíveis consequências – como danos ambientais, prejuízos financeiros e perda do valor residual da embarcação – deve ser incorporada à avaliação global de viabilidade do projeto (Constantinis, 2025).

9.2.2. Volatilidade do mercado

A flutuação nos preços de embarcações no mercado secundário, influenciada por fatores como a demanda por frete e as condições macroeconômicas, impacta diretamente os modelos de análise de custo-benefício. Em cenários de alta valorização dos navios, a conversão ou extensão da vida útil pode ser uma alternativa mais atrativa do que a aquisição de ativos novos, favorecendo a tomada de decisão em favor do reaproveitamento (Constantinis, 2025).

9.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA EVU EM EMBARCAÇÕES NO GERAL

A extensão da vida útil de uma embarcação comercial proporciona um período adicional de operação, gerando receitas que, descontadas as despesas operacionais, resultam em lucro líquido para o proprietário. Essa rentabilidade é especialmente atrativa quando o ativo já está amortizado financeiramente e apresenta custo operacional reduzido. O planejamento do EVU, portanto, baseia-se na expectativa de retorno financeiro durante o período de operação estendido (Constantinis, 2025).

A viabilidade econômica de um projeto de EVU é frequentemente analisada por meio dos estudos de custo-benefício já apresentados na Subseção 9.1, de modo que a maximização desses indicadores permite definir a duração ótima do EVU e o escopo das intervenções necessárias (Liu *et al.*, 2023).

Do ponto de vista técnico, certas soluções não podem ser implementadas em embarcações reaproveitadas por exigirem integração estrutural desde a fase de projeto. É o caso, por exemplo, de cascos com geometrias hidrodinamicamente otimizadas, compartimentos dimensionados para o uso de combustíveis alternativos, ou projetos altamente personalizados.

Além disso, fatores subjetivos também influenciam a escolha por uma embarcação nova. Em segmentos como o de iates de luxo, por exemplo, a decisão costuma estar ligada ao desejo por exclusividade, inovação, estética refinada e status

— aspectos dificilmente replicáveis por meio da conversão ou modernização de embarcações existentes.

Dessa forma, a construção de novas embarcações continua sendo uma alternativa válida — e, em muitos casos, necessária — seja por demandas técnicas, seja por preferências individuais. O ideal é buscar um equilíbrio entre ambas as abordagens, considerando o perfil operacional e os objetivos específicos de cada projeto.

10. FATORES TÉCNICOS QUE INFLUENCIAM A DURAÇÃO DA VU

Considerando-se que um dos agentes limitantes da VU explicados na Subseção 2.2 refere-se à degradação estrutural, é relevante ponderar que há fatores que podem acelerar ou retardar a chegada desse agente limitante. Esses fatores precedem a etapa de intervenção (reforma ou conversão), isto é, são ações a serem executadas em outros momentos do ciclo de vida da embarcação. Tais fatores serão descritos nos subtópicos do presente capítulo.

10.1. FATORES TÉCNICOS ACELERADORES DO FINAL DA VU

Segundo Liu *et al.* (2023) e Schøn (2020), os fatores que antecipam o final da VU podem ser variados, de forma que estão descritos no Quadro 5.

Quadro 5 – Fatores que abreviam a VU

FATOR	DESCRIÇÃO
1	Baixas margens de segurança previstas em projeto.
2	Falta de acessos para inspeção e manutenção.
3	Soldas imperfeitas e desalinhamentos facilitam a fadiga estrutural.
4	Seleção inadequada de materiais, devido à sua resistência insuficiente aos esforços previstos ou à erosão do ambiente.
5	Trincas, deformações e amassamentos oriundos de possíveis avarias ao longo do tempo.
6	Operação em ambientes quimicamente agressivos, tais como locais úmidos ou com alta taxa de gases corrosivos.

Fonte: Adaptado de Liu *et al.* (2023) e Schøn (2020).

Com base nos fatores descritos, é possível agrupá-los conforme categorias, o que foi feito no diagrama da Figura 20.

Figura 20 – Diagrama de agrupamento dos fatores que abreviam a VU



Fonte: Adaptado de Liu *et al.* (2023) e Schøn (2020).

Conforme é possível visualizar na Figura 20, os fatores que abreviam a VU de uma embarcação podem ser de natureza de projeto, construtiva ou operacional.

10.2. FATORES TÉCNICOS RETARDANTES DO FINAL DA VU

10.2.1. Capacitação de mão de obra

A escassez de profissionais experientes familiarizados com unidades mais antigas representa um desafio relevante. A gestão eficaz da integridade requer competências específicas, incluindo profundo entendimento dos sistemas embarcados, mecanismos de envelhecimento e estratégias de mitigação. A evolução dos conhecimentos técnicos, associada às mudanças nas normas e nos requisitos regulatórios, exige constante atualização dos profissionais envolvidos. A ausência de informações sobre defeitos e condições operacionais pode comprometer a precisão das avaliações técnicas e resultar em decisões inadequadas (Schøn, 2020).

10.2.2. Inspeção, monitoramento e manutenção

Uma gestão eficiente do envelhecimento estrutural requer a identificação precoce de mecanismos de falha e a avaliação da capacidade estrutural remanescente com foco em critérios de renovação de aço e análise de fadiga com

base em dados históricos de operação e rotas. Programas de inspeção periódicos baseados em ensaios não destrutivos (END), como ultrassom e partículas magnéticas, são comumente empregados para monitoramento da integridade (Schøn, 2020).

O avanço de tecnologias, como inspeções robóticas, ferramentas de simulação por elementos finitos e análises automatizadas de dados tem contribuído para a redução de custos e aumento da precisão nas avaliações. Ferramentas digitais especializadas, como sistemas de monitoramento remoto e algoritmos preditivos, permitem otimizar a gestão da integridade estrutural. Ademais, o processo conhecido como *Floating Structure Integrity Management* (FSIM) baseia-se em uma abordagem de avaliação de risco para validar a aptidão da estrutura, por meio do desenvolvimento de planos de inspeção e identificação de riscos emergentes (Schøn, 2020).

A partir dos dados obtidos, refinam-se as previsões de desempenho estrutural e define-se a extensão das intervenções de manutenção, que podem incluir, por exemplo, substituição de ânodos de sacrifício, reparos estruturais localizados ou reforços de áreas críticas (Schøn, 2020). A Figura 21 mostra um esquema sobre aspectos que afetam o envelhecimento da estrutura de embarcações do tipo FPSO.

Figura 21 – Diagrama de tipologias concebíveis de mudanças estruturais



Fonte: Adaptado de Schøn (2020).

O diagrama da Figura 21 diferencia as mudanças que afetam as estruturas navais com base em dois eixos: o vertical distingue mudanças físicas (como reformas e modernizações) de conceituais (como novas normas ou interpretações); já o eixo horizontal separa mudanças gerais (aplicáveis a toda a frota) de mudanças específicas (voltadas a estruturas particulares). Isso mostra que a extensão da vida útil envolve tanto intervenções técnicas quanto a adaptação a novos entendimentos e exigências normativas.

10.2.3. Proteções dos efeitos limitantes temporais

A utilização de sistemas de proteção catódica, como ânodos de sacrifício e sistemas de corrente impressa (ICCP), bem como revestimentos protetores, é fundamental para mitigar seus efeitos. Danos mecânicos, como empenamentos e amassamentos localizados, devem ser cuidadosamente monitorados, visto que podem evoluir para falhas estruturais, especialmente sob estresses locais elevados. Nesses casos, intervenções corretivas podem ser necessárias (Bureau, 2017).

10.2.4. Conformidade normativa e regulatória

A integração com a gestão do ciclo de vida também se concretiza por meio da conformidade com normas técnicas e regulamentos internacionais. Documentos como a norma NORSOK N-006, norma norueguesa, e as diretrizes estabelecidas por sociedades classificadoras – tais como Bureau Veritas (BV) e American Bureau of Shipping (ABS) – fornecem orientações para inspeções, análises estruturais e critérios de segurança aplicáveis durante toda a vida útil da embarcação, inclusive no contexto de conversões ou reformas para EVU. Tais normas asseguram a operação contínua das unidades dentro dos limites aceitáveis de segurança, desempenho e impacto ambiental (Bureau, 2017).

11. ESTUDOS DE CASOS DE EXTENSÕES DA VU DE EMBARCAÇÕES DE MÉDIO PORTE

Nas seções deste capítulo serão apresentados e discutidos dois estudos de casos de embarcações com cascos originais de madeira. Realizou-se visitas in loco nos locais de reforma onde cada uma estava localizada, com o acompanhamento dos profissionais responsáveis pela reforma de cada uma, que por sua vez fazem parte do grupo de profissionais entrevistados no presente trabalho. A reforma da embarcação do Subtópico 11.1 foi gerida por Heros Silvério, e a embarcação do Subtópico 11.2 foi coordenada por Umca.

11.1. TRINEIRA CONVERTIDA EM BARCO DE RECREIO

A embarcação em questão, referenciada apenas como Embarcação I por questão de sigilo, operou como embarcação de pesca por dez anos, porém o proprietário resolveu continuar com o mesmo casco e transformá-lo em um trawler⁵. O casco da embarcação tem $L = 28\text{ft}$ (8,5m) e boca $B = 3\text{m}$ e pode ser visualizado na sua forma original na Figura 22 e Figura 23.

Figura 22 – Casco original da Embarcação 1



Fonte: Silvério (2025).

⁵ Barco de cruzeiro com casco robusto e estabilidade para viagens de longa distância, com foco em conforto e autonomia.

O projeto de conversão definiu a inclusão de uma cozinha, um banheiro e um quarto no interior da embarcação. Para assegurar a altura adequada do pé direito desses ambientes, a borda livre foi elevada, como ilustram as Figura 22 e Figura 23.

Figura 23 – Montagem dos gabaritos da nova borda livre



Fonte: Silvério (2025).

O cavernamento era constituído de madeira do tipo copiúba, mais densa e resistente, o que aumentou o peso total da embarcação. Para compensar esse acréscimo e evitar sobrepeso, optou-se pelo uso de madeiras mais leves nas obras mortas e no revestimento interno, conforme é possível observar na Figura 26. Entretanto, a adição de novos elementos estruturais – os vaus – fez ser necessária a adoção de uma madeira mais resistente para estes também, que no caso foi a garapeira. A montagem dos vaus no casco pode ser vista na Figura 24.

Figura 24 – Posicionamento dos novos vaus



Fonte: Silvério (2025).

Após a elevação da borda livre e a fixação dos vaus foi possível chegar ao formato final do casco da nova embarcação. A partir dessa etapa, procedeu-se com o revestimento do piso do convés principal e a pintura do costado, conforme ilustrado na Figura 25. Outras fotos da conversão podem ser vistas no Apêndice D do presente documento.

Silvério (2025) identifica alguns principais fatores que incentivam a conversão de pesqueiros de casco em madeira em embarcações de lazer. O primeiro refere-se ao valor estético e cultural da madeira, especialmente apreciado em veleiros clássicos e barcos de lazer em geral. Em segundo lugar, o elevado custo da madeira tem levado muitos construtores a optarem pelo aproveitamento de cascos já existentes como alternativa economicamente viável. Por fim, os cascos de barcos de pesca são estruturalmente adequados para essa conversão, devido à sua boa estabilidade hidrostática e hidrodinâmica e à presença de sistemas superdimensionados — como eixos e mecanismos de governo — originalmente projetados para suportar esforços elevados na atividade pesqueira.

Figura 25 – Casco reformado e pintado



Fonte: Silvério (2025).

Barcos de pesca de comprimento em torno de 30 metros podem ser adquirido por R\$ 300 mil a R\$ 500 mil. A reforma, estimada em R\$ 2 milhões, totaliza cerca de R\$ 2,5 milhões — valor significativamente inferior ao de embarcações novas de lazer com apenas 20 metros, que ultrapassam os R\$ 18 milhões, segundo Silvério (2025). Nesse contexto, transformar pesqueiros de madeira em trawlers se mostra uma alternativa economicamente racional (Silvério, 2025).

Figura 26 – Interior do barco já convertido



Fonte: Silvério (2025).

Sobre o fim da vida útil, Silvério (2025) distingue dois aspectos: o financeiro, ligado à depreciação contábil; e o técnico, relacionado ao desgaste estrutural, sobretudo o apodrecimento da madeira. Mesmo com deterioração, embarcações ainda podem operar no transporte de passageiros, por exigirem menos da estrutura (Silvério, 2025).

Quanto aos materiais usualmente empregados na manufatura de embarcações desse porte, observa-se que a fibra de vidro apresenta maior durabilidade que a madeira, podendo atingir até 40 anos se bem conservada. Já embarcações construídas com madeiras nobres, como o ipê, podem durar entre 30 e 40 anos, oferecendo, além da resistência, um apelo estético e tradicional valorizado por alguns usuários (Silvério, 2025).

11.2. ESCUNA DE PASSAGEIROS CONVERTIDA PARA ESCUNA DE RECREIO

A Embarcação II é uma escuna com peso leve (LWT) aproximado de 80 toneladas, comprimento total $L = 35\text{m}$ e boca $B = 7\text{m}$. A escuna operou por 26 anos destinada ao transporte de passageiros, iniciando então um processo de transformação estrutural e funcional para adequação ao uso como embarcação de recreio. Para a realização das reformas necessárias, a escuna permaneceu durante quatro meses em docagem a seco e, na sequência, continuou suas obras de conversão enquanto já se encontrava atracada em marina em condição de flutuação, o que pode ser visualizado na Figura 27.

Figura 27 – Embarcação II atracada em reforma



Fonte: Autor (2025).

Umca (2025) explica que cascos de madeira que acabam sofrendo com apodrecimentos em pontos específicos podem ser facilmente corrigidos com aplicação de plástico reforçado com fibra de vidro. No caso da Embarcação II, todas as esquadrias externas originais de madeira estavam em estado avançado de deterioração, e devido a isso foram substituídas por novas esquadrias feitas em compósito, conforme exemplificado na Figura 28.

Figura 28 – Esquadria da janela refeita com fibra de vidro



Fonte: Autor (2025).

Originalmente, os mastros da embarcação eram confeccionados em madeira cajarana, uma vez que a embarcação utilizava velas como um dos meios de propulsão. No entanto, em função do avançado estado de degradação desses mastros, optou-se por sua substituição por estruturas em fibra de vidro. Além disso, o comprimento dos mastros, que inicialmente era de 18 metros, foi reduzido para 16 metros em decorrência da construção de uma ponte na região de operação da escuna, a qual impõe um limite à altura máxima permitida para as embarcações que por ali trafegam. Os novos mastros já revestidos com primeira camada da nova pintura podem ser visualizados na Figura 29, que também mostra a nova pintura do convés.

Figura 29 – Convés em reforma



Fonte: Autor (2025).

O compilado de todas as modificações previstas para a Embarcação II encontram-se descritas no Quadro 6, e o Apêndice E apresenta fotos de outros locais internos da mesma.

Quadro 6 – Componentes reformados na escuna

MODIFICAÇÕES	
Refrigeração das cabines	Equipamentos tipo <i>split</i> , como os usados em construções civis
Mastros	Originais de madeira substituídos por postes de fibra de vidro
	Altura reduzida de 18 m para 16 m devido à ponte
Reforços estruturais	Quilha: reforçada com 70 mm de espessura
	Bolinas com 500 mm de espessura (aumenta estabilidade direcional)
Proteção contra corrosão	30 ânodos de sacrifício instalados nas obras vivas
Bombas instaladas	Bombas de porão e bombas sapo
Sistema de incêndio	Extintores convencionais (minoria)
	Bolas extintoras (maioria)
Escantilhonamento	Cavernas originais mantidas e reforçadas com novos cavernamentos
Equipamentos novos	2 geradores
	1 motor SCANNIA
	3 placas solares
	1 radar e GPS náutico (Navionics)
Grau de renovação	A escuna está 40% nova (quase metade dos componentes substituídos)
Custo de reforma	Reformar e manter barco de madeira de lazer é mais caro do que construir um do zero
Prolongamento da vida útil	Em torno de 30 anos

Fonte: Autor (2025).

O espaço interno anteriormente destinado aos passageiros pode ser observado na metade esquerda da Figura 30, enquanto a da direita (da mesma figura) apresenta a área privativa do proprietário. Com a conversão proposta, todas as áreas internas da escuna passarão a ser de uso privativo, incluindo o espaço que anteriormente era reservado aos passageiros, ampliando-se, assim, o ambiente de uso particular da embarcação. As paredes e portas de madeira encontravam-se em boas condições de conservação, motivo pelo qual foi necessário apenas o seu envernizamento para preservação e acabamento.

Figura 30 – Área interna do convés em modificação



Fonte: Autor (2025).

Como é possível visualizar na Figura 31, a sala de máquinas foi pintada toda de branco na reforma, e isso se deve ao fato de que a cor branca ajuda a identificar pontos de manutenção com maior facilidade.

Figura 31 – Sala de máquinas reformada da escuna



Fonte: Autor (2025).

Na escuna, o tablado e o cavernamento estavam em boas condições, e na reforma colocou-se uma caverna do lado da outra, isto é, a caverna original e a caverna nova foram posicionadas uma do lado da outra. Pequena parte do cavernamento original pode ser visualizada no destaque em verde na Figura 32.

Figura 32 – Trecho do cavernamento da embarcação



Fonte: Autor (2025).

Umca (2025) por fim pondera que o custo maior de manutenção de um barco de madeira reutilizado tende a ser maior, devido a partes fragilizadas da madeira que estão mais sujeitas a sofrerem danos de intempéries ambientais. No entanto isso ainda não torna desvantajosa o reuso de embarcações, pois o valor investido no início tende a ser menor. Ademais, o ambiente onde a embarcação navega afeta significativamente a sua integridade superficial e estrutural, de maneira que locais com altos índices de chuva tendem a acelerar o apodrecimento da madeira constituente do barco em questão.

12. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Com base nos resultados oriundos das revisões da literatura, entrevistas, dados estatísticos, discussões e estudos de caso, é possível agrupá-los com base em determinados padrões encontrados, os quais serão abordados no Quadro 7 e Quadro 8.

Quadro 7 – Particularidades na EVU em determinados tipos de embarcação

Categoria	Particularidades
EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE	A EVU é predominante em embarcações de usos específicos, como quebra-gelos, navios militares ou FPSO's, isto é, que não representam a maioria na frota global
EMBARCAÇÕES DE MÉDIO PORTE DE MADEIRA	Reforma ou conversão geralmente apresenta desvantagem econômica (custos elevados) devido à degradação da madeira do casco
	Manutenção mais onerosa
	Reformas muitas vezes motivadas por apego afetivo dos proprietários

Fonte: Autor (2025).

Realizando-se uma diferenciação por tipo de técnica de EVU, pode-se observar no Quadro 8 as possibilidades mais recorrentes para cada técnica.

Quadro 8 – Recorrência da EVU por porte de embarcação

Classificação da embarcação	Possibilidades mais comuns
GRANDE PORTE	<i>Conversão funcional:</i> VLCC para FPSO
	<i>Reforma:</i> modernizações de embarcações do tipo quebra-gelos, fragatas, contratorpedeiros e FPSO's
MÉDIO PORTE	<i>Conversão funcional:</i> barco pesqueiro para recreio
	<i>Conversão funcional:</i> embarcação de recreio para apoio portuário

Fonte: Autor (2025).

Por fim, pode-se montar um esquema que demonstra uma cronologia de ações que, caso forem executadas, tendem a otimizar ao máximo a VU de uma embarcação. O esquema pode ser visto na Figura 33.

Figura 33 – Otimização da duração de uma embarcação



Fonte: Autor (2025).

13. CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi investigar as motivações, alternativas e critérios de viabilidade para a extensão da vida útil de embarcações. A análise demonstrou que essa prática é motivada principalmente pelo alto custo e longo prazo envolvidos na construção de novas unidades, pela escassez de opções de substituição disponíveis no mercado e, em alguns casos, por fatores subjetivos como o vínculo e desejo do proprietário em estender a utilização da embarcação. Foram abordadas e categorizadas diferentes alternativas de extensão, incluindo reformas, conversões dimensionais e funcionais, com base em critérios técnicos e econômicos. A viabilidade técnica depende da avaliação da integridade estrutural, continuidade operacional e planejamento de manutenção, considerando aspectos como fadiga, corrosão, materiais empregados e qualidade da construção original. Já a viabilidade econômica baseou-se em análises de custo-benefício que ponderaram os lucros de uma operação prolongada frente aos custos diretos e indiretos, bem como aos riscos operacionais e ambientais.

A prática da extensão de vida útil mostrou-se vantajosa no caso de embarcações de médio porte no Brasil, onde há grande potencial de reaproveitamento de cascos em boas condições estruturais. Esse reaproveitamento permite que tais embarcações, após intervenções adequadas, retornem à operação com desempenho próximo ao de uma unidade nova, porém com significativa economia de tempo e recursos, já que se evita a construção de um novo casco. Além disso, em regiões com infraestrutura naval ociosa e mão de obra disponível, como o sul do país, essa abordagem se apresenta como uma estratégia eficiente e sustentável. Ainda assim, o estudo enfrentou limitações relacionadas à disponibilidade de dados técnicos completos e à mensuração de impactos operacionais ao longo do tempo.

13.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando os resultados e limitações deste estudo, torna-se pertinente a indicação de temas para pesquisas futuras no campo da extensão da vida útil de embarcações. A diversidade de fatores técnicos, econômicos e ambientais envolvidos reforça a necessidade de investigações mais específicas sobre cada um. Assim, os

tópicos a seguir buscam orientar novos estudos que possam aprofundar e expandir o conhecimento sobre a EVU no setor naval.

- *Aprofundar análises estatísticas voltadas para embarcações de pequeno e médio porte:* O estudo enfrentou limitações na disponibilidade de dados estatísticos confiáveis para essas categorias, o que justificou a restrição da análise a embarcações de grande porte.
- *Investigar com maior rigor os efeitos do ambiente nos mecanismos de envelhecimento estrutural:* Conforme apresentado, a degradação estrutural, influenciada por fatores ambientais como corrosão e fadiga, é um dos agentes limitantes da vida útil de uma embarcação. Um estudo mais aprofundado poderia explorar como diferentes ambientes aceleram degradação da estrutura e materiais de uma embarcação.
- *Realizar comparações econômicas completas entre a extensão da vida útil e a construção de embarcações novas equivalentes para múltiplos tipos de embarcações:* Embora o trabalho tenha abordado a viabilidade econômica e apresentado um exemplo de jumborização de um contêiner, uma análise mais abrangente para diversos tipos de embarcações poderia fornecer esclarecimentos adicionais sobre a relação custo-benefício da EVU.
- *Focar em um tipo específico de embarcação:* Em razão da abrangência geral do presente estudo, não foi possível aprofundar a análise em cada uma das categorias de embarcação. Assim, recomenda-se que pesquisas futuras sejam direcionadas a classes específicas, como, por exemplo, embarcações do tipo contêiner ou gaseiros, o que permitiria uma investigação mais detalhada e a identificação de características e singularidades próprias de cada tipo de navio.
- *Investigar as hipóteses do comportamento do Gráfico 3:* Sugere-se a execução de uma pesquisa aprofundada das razões de alterações na durabilidade média das embarcações construídas ao longo das décadas, observadas no Gráfico 3.
- *Fazer levantamento dos requisitos normativos em relação à idade da embarcação:* Recomenda-se a investigação das normas e documentos emitidos pelas sociedades classificadoras com o objetivo de verificar se há previsões específicas quanto à alteração da periodicidade das inspeções à medida que a embarcação envelhece.

REFERÊNCIAS

BAIRD MARITIME. **Guanabara MV31 – Ex-VLCC undergoes comprehensive refit for FPSO duties**. 2021. Disponível em: <https://encurtador.com.br/qJtDU>. Acesso em: 23 mar. 2025.

BRAGG, S. Service life definition. Accounting Tools, 2025. Disponível em: <https://www.accountingtools.com/articles/service-life>. Acesso em: 28 mar. 2025.

BRIJ GAWDE. **Dry-Docking: When ships are inspected, cleaned, painted and repaired**. Team-BHP, 2024. Disponível em: <https://www.team-bhp.com/news/dry-docking-when-ships-are-inspected-cleaned-painted-and-repaired>. Acesso em: 07 jun. 2025.

BUREAU VERITAS. **Ship Conversion into Offshore Units: Redeployment and Life Extension of Offshore Units**. 2017. Guidance Note NI 593 DT R01 E. Paris La Défense Cedex, 2017.

BUXTON, I. L.; STEPHENSON, G.H. Evaluating design for upgradeability: A simulation based approach for ships and marine products. **8th International Symposium on The Practical Design of Ships and Other Floating Structures Conference**, p. 293-300, 2001.

CONSTANTINIS, Danny. **An extra lease of life**. Malta: EM&I Group, [2025]. Disponível em: https://emialliance.com/wp-content/uploads/2021/09/OT_Issue3_2021-an-extra-lease-of-life.pdf. Acesso em: 31 jan. 2025.

CRUISE MISS. **MSC Armonia Cut In Two - MSC Cruises Renaissance Project**. Disponível em: <https://cruisemiss.com/2014/09/10/msc-armonia-cut-in-two-msc-cruises-renaissance-project/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

DAVID, L. C. **Bateau Mouche no deck do 1º Distrito Naval, após resgate no Rio de Janeiro**. 1989. Disponível em: <https://www.uol.com.br/splash/noticias/2024/03/15/caso-bateau-mouche-naufragio-que-aconteceu-no-rj-vira-serie-da-hbo.htm>. Acesso em: 07 jun. 2025.

DINU O.; ILIE A. M. **Maritime vessel obsolescence, life cycle cost and design service life**. 2015. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2015.

EL-KILANI, H. S.; RAMADAN, R. **Structural modifications for the longitudinal strength of lengthened ships**. 2003. Suez Canal University, Port Said, Egypt, 2003.

FONTANA, M.G. **Corrosion Engineering**. 3. ed., McGraw-Hill, Singapura: McGraw-Hill, 1987.

GABLER NAVAL TECHNOLOGY. Lifecycle support by Glaber. Disponível em: <https://www.gabler-naval.com/lifecycle/>. Acesso em: 31 jun. 2025.

Grupo OCEANIC 32/36/26 Intermarine. **Lancha Carbrasmar 32 Pés**. Disponível em: <https://www.facebook.com/groups/368775321587112/posts/1082103343587636/>. Acesso em: 02 jun. 2025.

IAMSP Academy. **Anchor kedging**. 15 de abr. 2025. *Linkedin*: IAMSP Academy. Disponível em: <https://shorturl.at/JFO7B>. Acesso em: 05 de jun. 2025.

Island-class patrol boat. Wikiwand. Disponível em: https://www.wikiwand.com/en/articles/Island-class_patrol_boat. Acesso em: 08 jun. 2025.

JMS Naval Architects. Tug Modernization Projects. Disponível em: <https://www.jmsnet.com/projects/tug-modernization/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

KUCUKSAYACIGIL, F.; MIN, K. J. **The value of jumboization in transportation ships: A real options approach**. 2021. IISE Transactions, 2021.

LANGSTON, C. A. Estimating the useful life of buildings. **36th Annual conference for Australasian Building Educators Association (AUBEA)**, p. 418-432, 2011.

LEAL, G. **Viabilidade de reutilização de barcos no Brasil e SC**. Entrevista transcrita que consta no Apêndice A do presente documento, 2025.

LEGAL DEFINITIONS – USEFUL LIFE. **Law School Research**. Disponível em: <https://lsd.law/define/useful-life>. Acesso em: 15 fev. 2025.

LIU, L.; YANG, D. Y.; FRANGOPOL, D. M. **Ship service life extension considering ship condition and remaining design life**. 2021. Marine Structures, v. 78, 30 abr. 2021.

MARZOCHI, R. **Empresas estendem vida útil de navio e contêiner para superar crise logística**. In: Globo Rural, 2022. Disponível em: <https://encurtador.com.br/KaX7b>. Acesso em: 10 maio 2025.

MERCY SHIPS. **The Africa Mercy arrives in Madagascar**. In: Mercy Ships, 2024. Disponível em: <https://www.mercyships.org.uk/africa-mercy-arrives-in-madagascar/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

MESQUITA, J. L. **Cemitério de navios de cruzeiro, assim tornou-se Aliaga**. In: Mar Sem Fim, 2020. Disponível em: <https://marsemfim.com.br/cemiterio-de-navios-de-cruzeiro-assim-tornou-se-aliaga/>. Acesso em: 4 jul. 2025.

MIRANDA, L. F. S.; DOS SANTOS, N. F.; NARDI M. F. **Gestão de navios no final de sua vida útil na crescente frota de cabotagem no Brasil: Desafios legais e ambientais**. 2023. ATEN@ Revista Digital de Gestão e Negócios, 2023.

MITCHELL-JONES, M. **Matagorda to be Modernized**. 2012. Deepwater, v. 1, 2012.

MODEC. **FPSO Baobab Ivoirien MV10**. 2023. Disponível em: <https://www.modec.com/project/detail/baobab.html>. Acesso em: 10 jun. 2025.

NACHBAR, R. **Cenário de reaproveitamento de barcos no Brasil e SC**. Entrevista transcrita que consta no Apêndice A do presente documento, 2025.

NASCIMENTO, T. **História de Bateau Mouche**. Diário do Nordeste, 2024. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/historia-de-bateau-mouche-barco-feito-no-ce-e-que-naufragou-causando-55-mortes-vai-virar-serie-1.3508234>. Acesso em: 26 maio 2025.

NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA. **NORMAM-203/DPC**. Normas para amadores, embarcações de esporte e/ou recreio e para cadastramento e funcionamento das marinas, clubes e entidades desportivas náuticas. Rio de Janeiro: NORMAM, 2023.

NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA. **NORMAM-201/DPC**. Normas para embarcações empregadas na navegação em mar aberto. Rio de Janeiro: NORMAM, 2023.

NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA. **NORMAM-202/DPC**. Normas para embarcações empregadas na navegação interior. Rio de Janeiro: NORMAM, 2023.

NORTON, R. L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

OGBONNAYA, E. A.; NITONYE, S.; ORJI J. C. **Optimized method for conversion of FPSO build from VLCC**. 2014. Department of Marine Engineering of NDU, RSUST, MAN, Nigéria.

POPULAR CRUISING. **Star Plus Initiative (Stretching) - Windstar Cruises**. Video. Color, 24 out. 2019. 4min46s. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=rAjX8kZk_hY. Acesso em: 14 dev. 2025.

PORTOS E NAVIOS. **Estaleiro Inhaúma entrega sua primeira obra: Após conclusão, FPSO P-74 irá operar no pré-sal**. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/ind-naval-e-offshore/primeira-conversao>. Acesso em: 15 fev. 2025.

REHLING, C. B.; PERAKIS A. N. **Recent trends in ship conversion: an overview**. Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research, 1994.

SCHØN, I. V. K. **Life extension of ship-shaped floating production units**. 2020. Master's Thesis. University of Stavanger, Faculty of Science and Technology, Stavanger, 2020.

SEASPAN. **CCGS Sir Wilfrid Laurier arrives at Vancouver Drydock for extensive refit Project**. Disponível em: <https://www.seaspan.com/stories/ccgs-sir-wilfrid-laurier-arrives-at-vancouver-drydock-for-extensive-refit-project/>. Acesso em: 10 fev. 2025.

SENTURK, Ö. U., 2011. **The interaction between the ship repair, ship conversion and shipbuilding industries**. 2011. OECD Journal: General Papers, OECD Publishing, vol. 2010(3), p. 7-36, 2011.

SILVÉRIO, H. **Reutilizações de embarcações em SC**. Entrevista transcrita que consta no Apêndice A do presente documento, 2025.

SINAVAL. **Extensão da vida útil manteve aquecidos serviços na região Norte**. 2022. Disponível em: <https://encurtador.com.br/ETtFZ>. Acesso em: 11 maio 2025.

SIVAPRASAD, K.; NANDAKUMAR C. G. **Design for Ship Recycling**. 2012. Ships and Offshore Structures, Department of Ship Technology, Cochin University of Science and Technology, Kochi, India, 2012.

Tugboat Information. Craig Eric Reinauer. Disponível em: <https://www.tugboatinformation.com/tug.cfm?id=9>. Acesso em: 10 jun. 2025.

TWZ. **Oldest Arleigh Burke Destroyers Get Reprieve, Service Extended Into 2030s**. 2024. Disponível em: <https://www.twz.com/news-features/oldest-arleigh-burke-destroyers-get-reprieve-service-extended-into-2030s>. Acesso em: 10 fev. 2025.

UMCA. **Panorama da extensão de vida útil de embarcações de madeira**. Entrevista transcrita que consta no Apêndice A do presente documento, 2025.

UNIVERSITY OF HUDDERSFIELD. **Nursing alumna, Lyndy Cossey returns from 3 year service as a volunteer HR Facilitator on the world's largest charity run hospital ship**. 2025. Disponível em: <https://www.hud.ac.uk/news/alumni/nursing-alumn-works-on-worlds-largest-charity-ship/>. Acesso em: 11 fev. 2025.

U.S. Department of Homeland Security. **United States Coast Guard**. Disponível em: <https://www.uscg.mil/deepwater/system/123>. Acesso em: 08 jun. 2025.

VENKATESH, G. **Ships repair conversion**. 2016. SCRIBD. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/317033427/Ships-Repair-conversion>. Acesso em: 20 mar. 2025.

ZANATTA, J. A.; COSTA, M. L. **Algumas reflexões sobre a pesquisa qualitativa nas ciências sociais**. Estud. pesqui. Psicol, São Paulo, v.12, n. 2, p. 344-359. 2012. Disponível em: https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-42812012000200002. Acesso em: 07 jun. 2025.

APÊNDICE A – ENTREVISTAS

ENTREVISTA GUSTAVO LEAL - 2025

Título da entrevista: Viabilidade de reutilização de barcos no Brasil e SC

Nome do entrevistado: Gustavo Leal

Função do entrevistado: Engenheiro naval

Nome do entrevistador: Rodrigo M. Vidal

Data da entrevista: 01/06/2025 e 18/06/2025

Local: Videoconferência

A. Sobre o mercado de lanchas e o reaproveitamento de embarcações:

Pergunta 1:

Como é o contexto de reaproveitamento naval no Brasil?

Resposta (resumo do trecho):

Existem mercados grandes em Angra, Paraty, Salvador e em Porto Belo, por exemplo, onde quase nenhuma lancha é nova — muitas são reaproveitadas, vindas da navegação de recreio. Lanchas maiores, mais sofisticadas, depois de servirem no transporte de passageiros, acabam sendo usadas no apoio portuário. A beleza estética deixa de ser prioridade. Há muitas lanchas dos anos 70 e 80 operando dessa forma, como se vê em Paranaguá.

Pergunta 2:

Existe um movimento contrário, ou seja, de reaproveitar embarcações de trabalho para lazer?

Resposta:

Sim, há casos em que embarcações de pesca ou transporte viram barcos particulares de esporte e recreio. Há casos de quem comprou traineiras para transformá-las em barcos de lazer com piscina, por exemplo — embora isso ainda não seja barato.

B. Sobre custo-benefício e personalização em reformas:

Pergunta 3:

Quais são as vantagens financeiras de reformar uma embarcação em vez de comprar uma nova?

Resposta:

Um exemplo: uma lancha nova de 27 pés pode custar no mínimo 20 milhões. Já uma escuna usada com mais do dobro do comprimento foi comprada por 2,5 milhões em uma ocasião específica, e o dono pretende gastar no máximo 7 milhões com a reforma — saindo pela metade do preço, e ainda mais econômica em combustível. É claro que a escuna não será tão rápida que a lancha, são cascos de natureza diferentes (planante e

deslocante, respectivamente). Todavia, para muitos usuários de embarcações de recreio a agilidade do barco não é uma necessidade, o que faz muitas vezes com que a escuna reformada atenda aos requisitos do cliente pela metade do preço que a lancha nova atenderia.

Pergunta 4:

Além da economia, que outras vantagens há em reformar um barco?

Resposta:

A possibilidade de personalização é grande. Reformar permite adaptar a embarcação às necessidades e gostos do novo dono, o que não ocorre com uma embarcação nova de prateleira, a menos que seja encomendada. No entanto, barcos novos encomendados são extremamente caros.

C. Sobre o processo e tipos de reforma:

Pergunta 5:

Quando uma embarcação chega ao fim de sua vida útil, quais são os caminhos possíveis para reforma?

Resposta:

Antes de qualquer coisa, é preciso entender o que o cliente quer: um barco seguro e funcional ou um barco “novo”, que não vai dar problema por uns cinco anos. A segunda opção é mais cara. Há casos como o da escuna Y, em que só a forma do casco foi mantida. Tudo mais foi substituído. Já na escuna Z, o tablado foi mantido, e cavernas novas foram colocadas ao lado das antigas.

Pergunta 6:

Quem define qual tipo de reforma necessitará ser feita na embarcação?

Resposta:

Esse é o trabalho do técnico e do engenheiro, que analisam a situação da embarcação e as possibilidades. Cada caso é diferente, mas reformar costuma sair mais barato do que comprar uma embarcação nova quando se trata de barcos com casco de fibra de vidro.

D. Sobre reclassificação e aspectos legais:

Pergunta 7:

Quando é necessário reclassificar uma embarcação?

Resposta:

Se o barco continuar com o mesmo número de inscrição e área de navegação, não precisa mexer. Mas se mudar motor, tipo de operação (como virar apoio portuário), aí precisa de engenheiro, auditoria e processo de alteração cadastral. Barcos com menos de 6 metros

(como lanchas de 5,80 m ou 5,90 m) são considerados embarcações miúdas e não podem fazer pesca em mar aberto, logo nesses casos se o casco da lancha for alongado em apenas alguns centímetros, o porte dela já mudará e consequentemente os locais de operação também.

Pergunta 8:

Existem restrições ou exigências específicas quanto à alteração de capacidade de passageiros?

Resposta:

Sim, em algumas capitánias, só o engenheiro do estaleiro fabricante pode autorizar essa alteração. Mas algumas capitánias são mais flexíveis.

E. Sobre perfis de compradores e o futuro da embarcação:

Pergunta 9:

Qual é o perfil das pessoas que costumam comprar e reformar essas embarcações?

Resposta:

Geralmente são pessoas que querem um tipo de lazer mais familiar vamos dizer assim — sem intenções de status ou de possuir os modelos do ano. Embarcações que tem um valor afetivo para o proprietário também têm maior chance de serem reformadas para ter seu uso continuado.

Pergunta 10:

Como se compara uma escuna reformada com uma embarcação nova de mesmo porte?

Resposta:

Uma escuna reformada pode chegar a 10 milhões, e entregar um padrão de conforto equivalente a um iate novo de 86 ou 82 pés, que custa em torno de 18 milhões. A economia é significativa.

Pergunta 11:

Antes de começar um projeto de reforma desses, qual é a pergunta mais importante que precisa ser feita ao comprador?

Resposta:

O essencial é perguntar: o que você quer fazer com o barco? e quanto está disposto a gastar? Isso muda completamente a proposta do projeto.

ENTREVISTA HEROS SILVÉRIO - 2025

Título da entrevista: Reutilizações de embarcações em SC

Nome do entrevistado: Heros Silvério

Formação do entrevistado: Construtor naval

Nome do entrevistador: Rodrigo M. Vidal

Data da entrevista: 13/06/2025

Local: Estaleiro em SC

Pergunta 1:

O que você acha que motiva alguém optar por reutilizar um barco ao invés de adquirir um novo?

Resposta:

O alto custo da madeira nos dias de hoje tem impulsionado essa prática, especialmente porque os pesqueiros são embarcações bastante estáveis e possuem sistemas superdimensionados, como eixos e mecanismos de governo. Um casco de pesqueiro de 35 metros, por exemplo, permite a adaptação para até seis camarotes, além de um ambiente de convivência (living).

Pergunta 2:

Você poderia citar um exemplo concreto de custo envolvido nesse tipo de reaproveitamento?

Resposta:

Sim. Um barco de pesca com cerca de 35 metros de comprimento pode ser adquirido por um valor entre 300 mil e 500 mil reais. A reforma de uma embarcação desse porte gira em torno de 2 milhões de reais, totalizando um investimento final de aproximadamente 2,5 milhões. Esse valor é muito inferior ao custo de um barco novo de lazer com apenas 20 metros, que podem ultrapassar os 18 milhões de reais.

Pergunta 3:

Esse tipo de reaproveitamento já é comum no Brasil?

Resposta:

Ainda não é tão comum. O Brasil está apenas começando a despertar para esse tipo de reaproveitamento naval. Um exemplo é o município de Paraty (RJ), onde praticamente não existem mais barcos de pesca em operação — todos os barcos utilizados para turismo são antigos pesqueiros reaproveitados. Porém no resto do país é uma prática ainda pouco difundida.

Pergunta 4:

Como você define o fim da vida útil de uma embarcação?

Resposta:

Existem dois aspectos: o **financeiro** e o **técnico**. No aspecto financeiro, o fim da vida útil está relacionado à depreciação contábil. Já no aspecto técnico, está vinculado ao desgaste da estrutura — no caso das embarcações de madeira, principalmente ao apodrecimento.

Pergunta 5:

Mesmo com desgaste estrutural, uma embarcação ainda pode ser reaproveitada?

Resposta:

Sim. Embora esse desgaste inviabilize o uso para transporte de cargas pesadas, a embarcação ainda pode ser utilizada para transporte de passageiros, que exige menos da estrutura.

Pergunta 6:

E quanto aos materiais modernos, como plástico reforçado com fibra? Qual a sua durabilidade?

Resposta:

O plástico reforçado com fibra tem durabilidade superior à madeira. Cascos de fibra podem durar até 40 anos, desde que não sofram danos externos significativos.

ENTREVISTA RICARDO - 2025

Título da entrevista: Cenário de reaproveitamento de barcos no Brasil e SC

Nome do entrevistado: Ricardo Nachbar

Formação do entrevistado: Graduando em engenharia naval

Nome do entrevistador: Rodrigo M. Vidal

Data da entrevista: 13/06/2025

Local: Videoconferência

O entrevistador questionou ao entrevistado a respeito do que ele conhecia e tinha de experiência a respeito da temática de reaproveitamento naval. Em resposta à pergunta, o entrevistado elaborou um documento explicativo, o qual pode ser visualizado a partir da próxima página.

1 RECICLAGEM DE EMBARCAÇÕES

Existem diversos motivos e necessidades que podem levar à "reciclagem" de uma embarcação. Entre eles, destacam-se o alto custo e o longo tempo de fabricação de uma nova unidade, além da escassez de alternativas disponíveis no mercado. Nesses casos, a reutilização da embarcação existente se torna uma solução viável. Esse processo pode envolver uma repotencialização — mantendo a função original, mas com dimensões modificadas —, a incorporação de novas funcionalidades ou, ainda, a mudança completa de função por meio de uma reclassificação.

1.1 REBOCADORES

Rebocadores mais antigos, com o passar do tempo tornam-se obsoletos, especialmente quando seus valores de bollard pull (tração estática) já não atendem às exigências operacionais atuais. Como alternativa mais econômica e rápida em relação à construção de uma nova embarcação, muitos armadores optam por realizar a repotencialização, ou seja, substituir os motores por unidades mais modernas e potentes.

Porém, essa atualização nem sempre é viável mantendo-se as dimensões originais da embarcação. Em muitos casos, é necessário alterar a largura, o comprimento ou ambos, a fim de acomodar os novos motores. Dessa forma, a embarcação é "reciclada", sendo adaptada às novas exigências operacionais e prolongando sua vida útil de forma eficiente.

1.1.1 Exemplo do processo de mudança de dimensões do casco

O rebocador Mossoró, pertencente ao armador Sul Norte, passou por um processo de repotencialização, no qual recebeu motores provenientes de uma embarcação maior da própria frota, que estava em reforma para mudança de função. Durante o processo, foram realizadas modificações significativas, incluindo o alargamento do casco, a reconfiguração do arranjo interno e a adição de novas estruturas.

https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:6063490/mmsi:710002670/imo:0/vessel:SN_MOSSORO



Chegada no estaleiro para a alteração



Abertura do casco



Peças das estruturas



Instalação das novas estruturas



Semanas que antecederam o lançamento



Em operação (Marinetraffic)

Empresas que operam com rebocadores, ao longo do tempo, acabam enfrentando a obsolescência desses ativos. Nesses casos, é comum que essas embarcações sejam vendidas e reaproveitadas em outras atividades, como apoio marítimo e usos multifuncionais. Com pequenas modificações no arranjo interno, esses rebocadores podem ser adaptados para transportar pequenas cargas sobre o convés, além de permitir o transporte óleo diesel, água potável e tripulação para outras embarcações. No entanto, essa conversão só é viável para rebocadores que se enquadram em uma faixa específica de dimensões, que permita o desempenho seguro e eficiente dessas novas funções.

1.2 CASCO DE GRANDE PORTE

<https://exame.com/mundo/petrobras-acerta-converter-casco-de-navio-em-plataforma/>

ENTREVISTA UMCA - 2025

Título da entrevista: Panorama da extensão de vida útil de embarcações de madeira

Nome do entrevistado: Umca

Formação do entrevistado: Marinheiro

Nome do entrevistador: Rodrigo M. Vidal

Data da entrevista: 18/06/2025

Local: Marina em SC

Pergunta 1:

Quando um casco de madeira apresenta pontos de apodrecimento, quais são as opções de reparo disponíveis?

Resposta:

Cascos de madeira que sofrem com apodrecimento em pontos específicos podem ser facilmente corrigidos com aplicação de plástico reforçado com fibra de vidro.

Pergunta 2:

Barcos de madeira reutilizados costumam exigir mais manutenção? Por quê?

Resposta:

Sim, o custo de manutenção tende a ser mais alto em embarcações de madeira reutilizadas. Isso ocorre porque algumas partes da madeira já estão fragilizadas e mais vulneráveis aos danos provocados pelas intempéries ambientais.

Pergunta 3:

Mesmo com esse custo maior de manutenção, ainda vale a pena reutilizar um barco de madeira?

Resposta:

Sim, ainda assim vale a pena. O valor de aquisição inicial geralmente é menor, o que compensa o investimento em manutenção posterior.

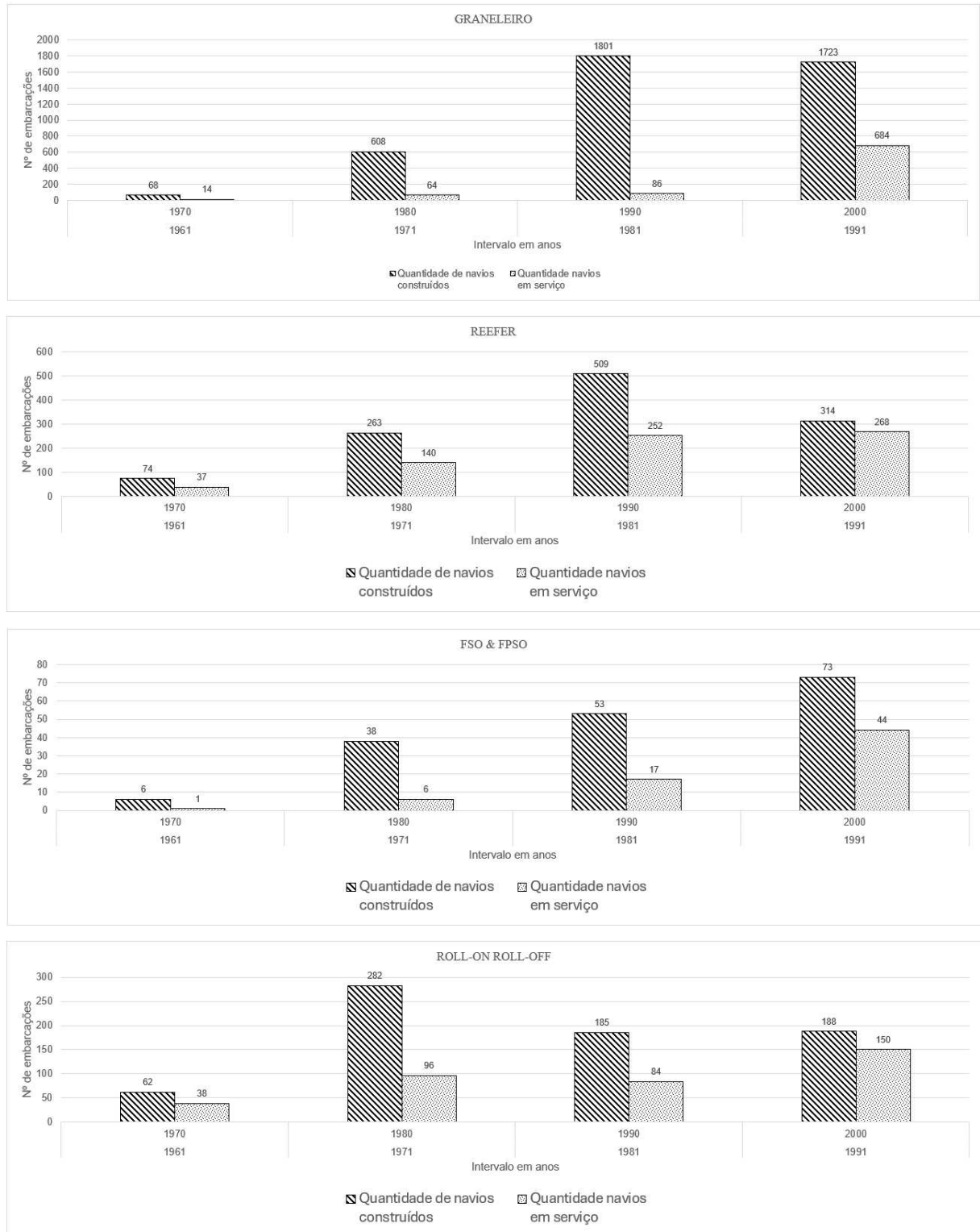
Pergunta 4:

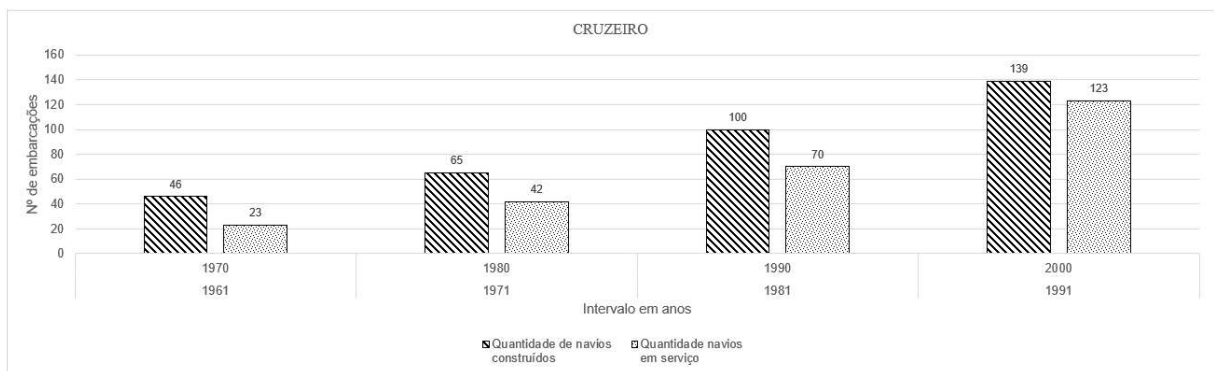
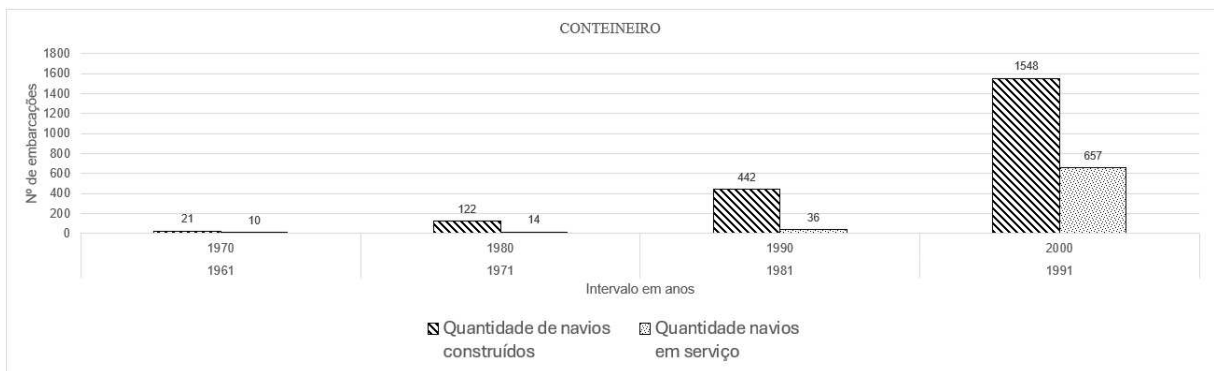
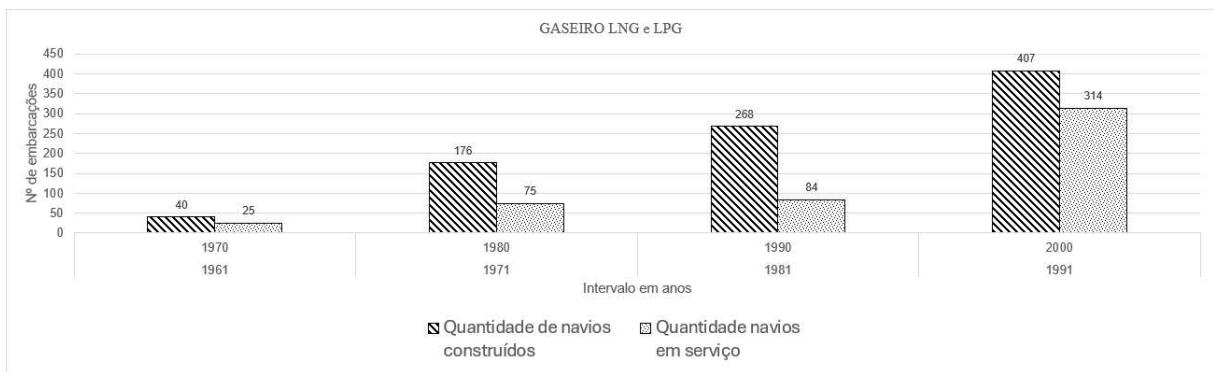
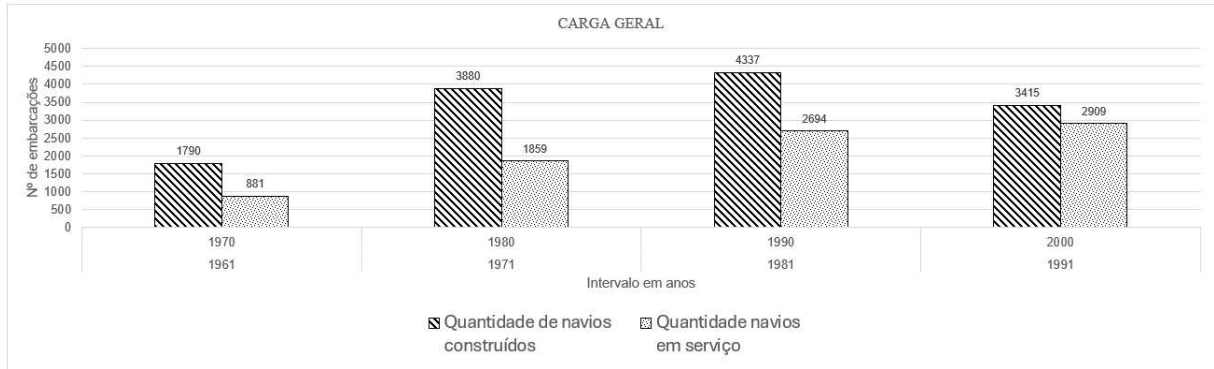
O ambiente de navegação influencia na durabilidade do casco de madeira?

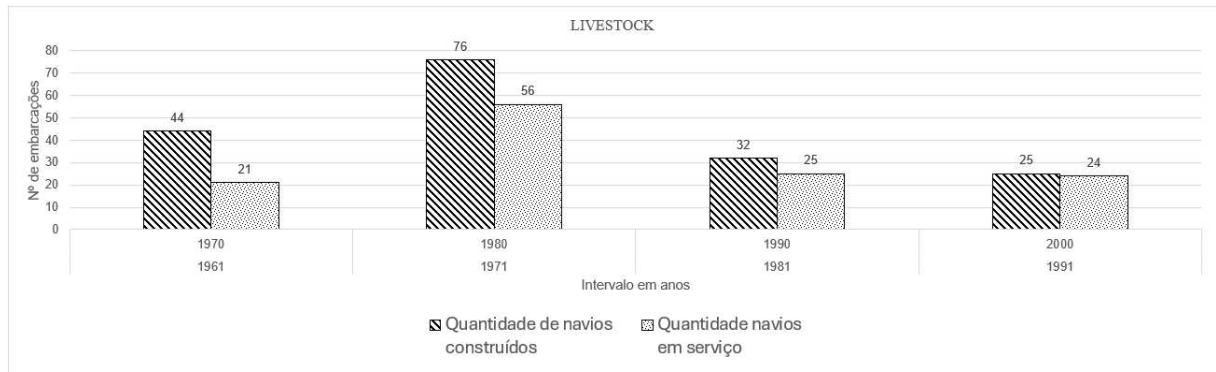
Resposta:

Sim, influencia bastante. Ambientes com altos índices de chuva, por exemplo, tendem a acelerar o apodrecimento da madeira do barco, afetando sua integridade superficial e estrutural.

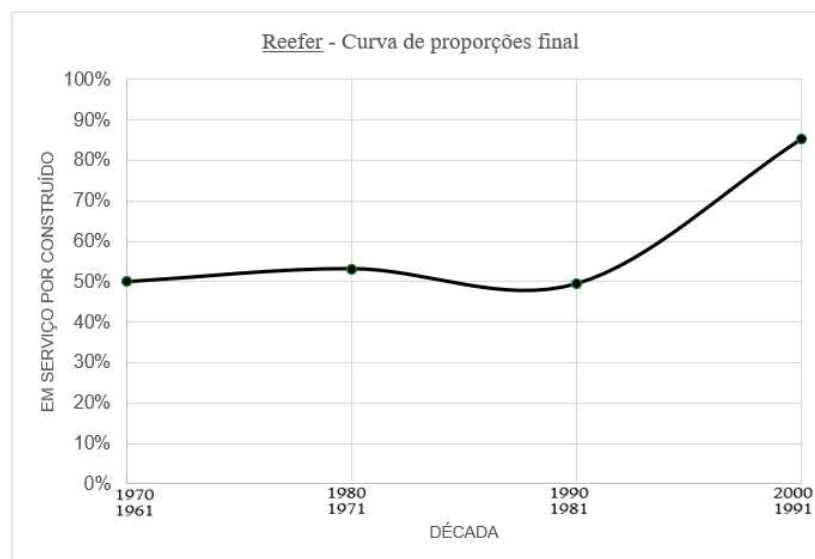
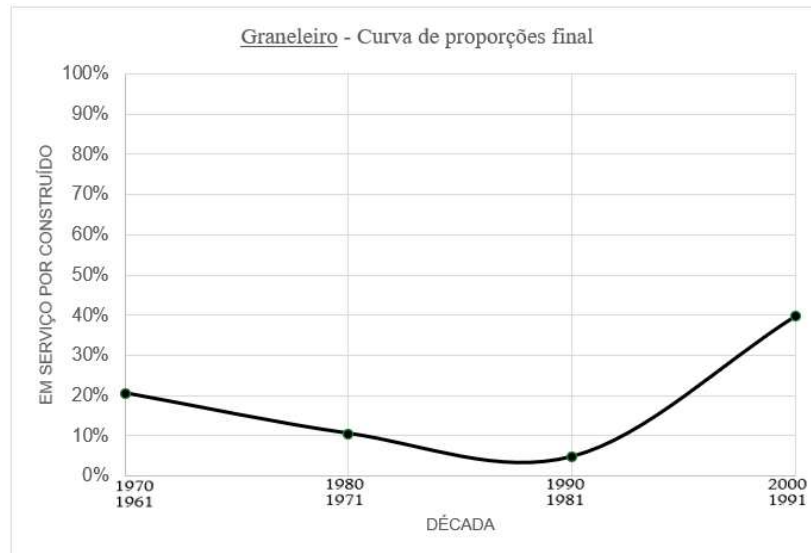
APÊNDICE B – DURAÇÃO DA VU DAS EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE

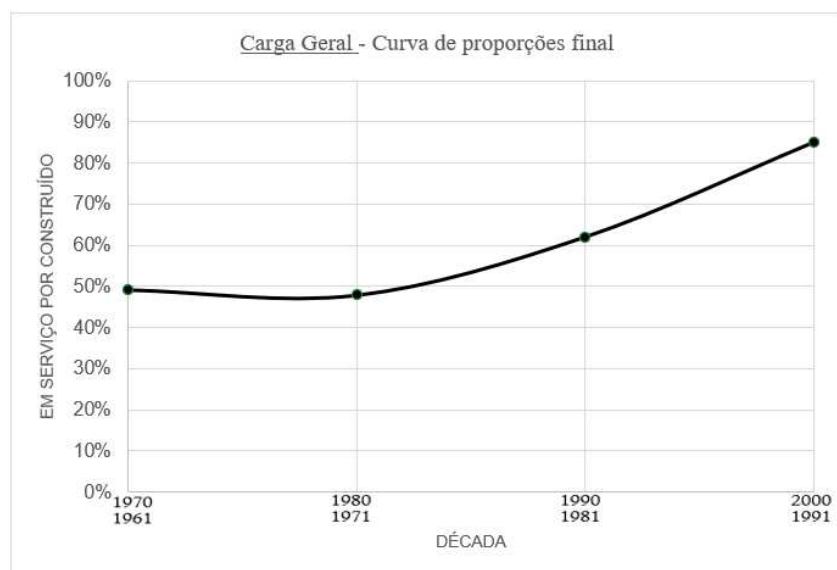
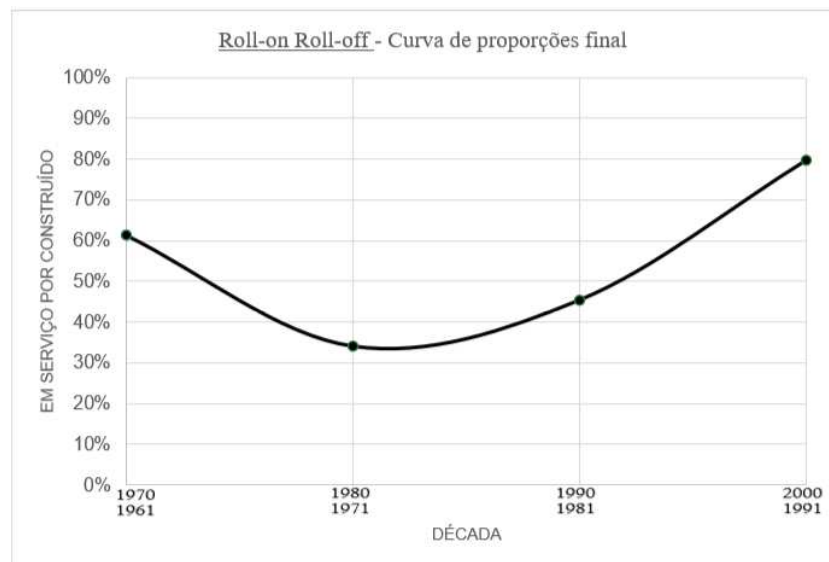
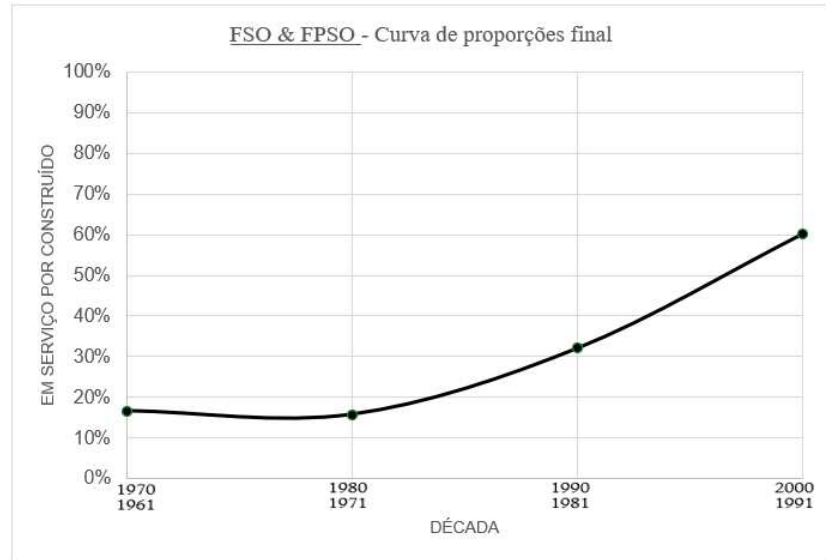


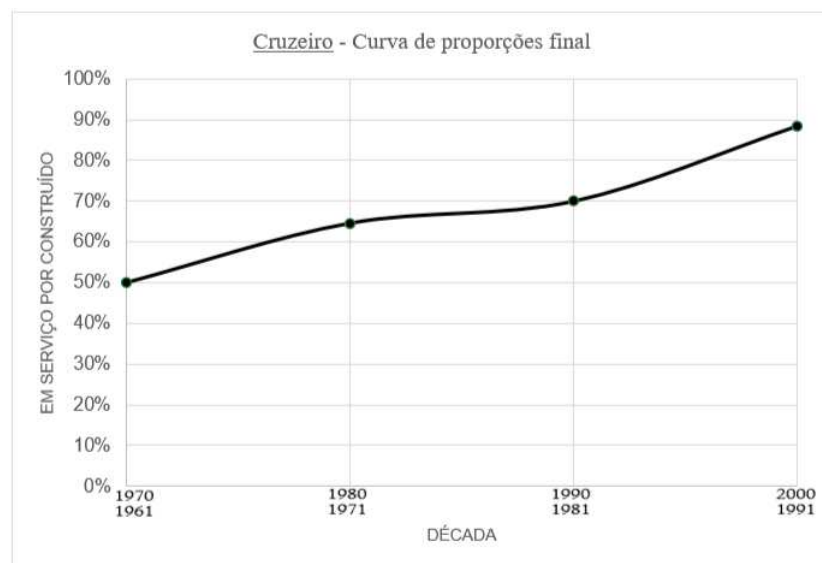
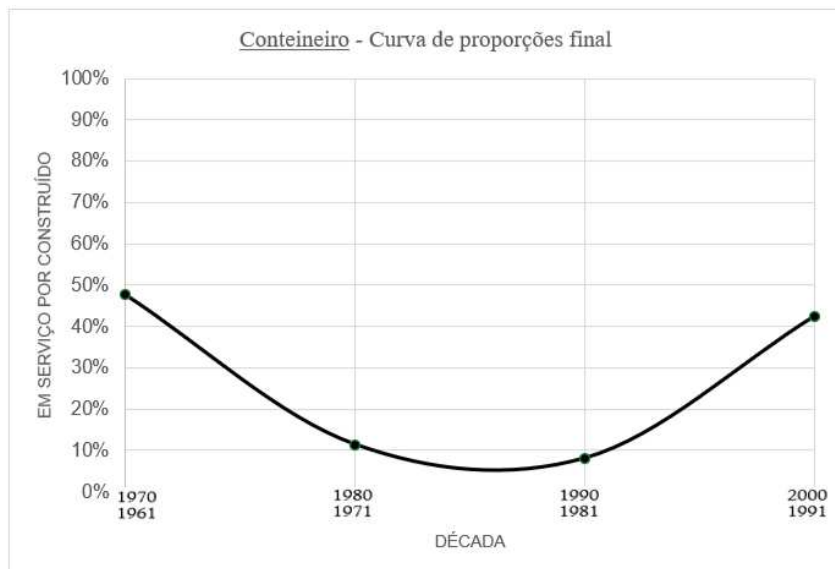
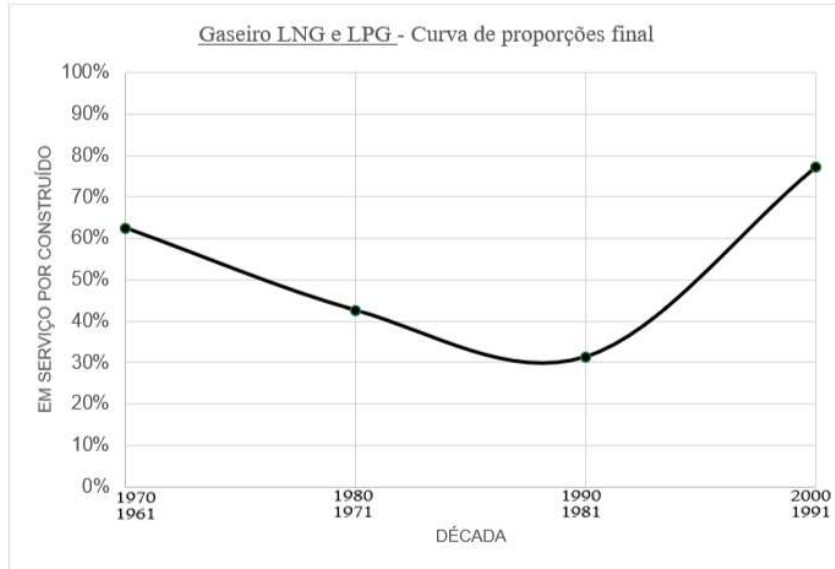


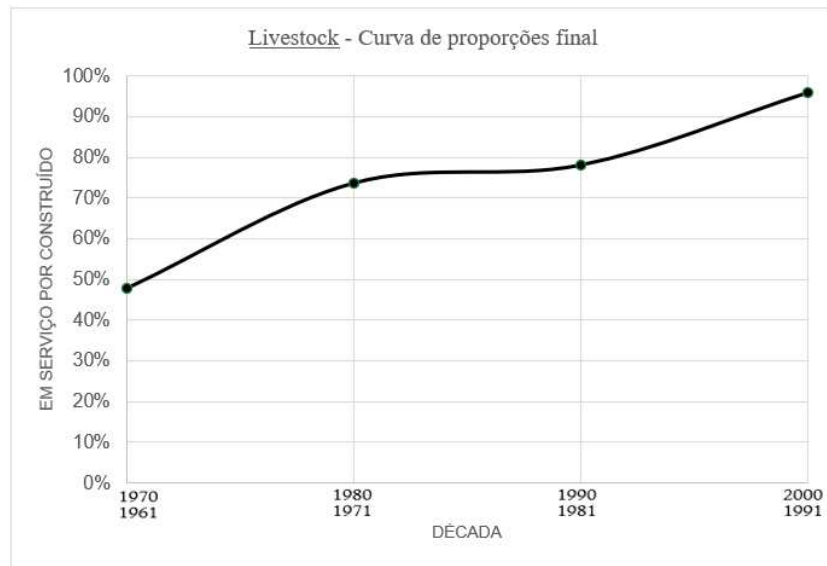


APÊNDICE C – DISPERSÕES DOS DADOS EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE EM SERVIÇO

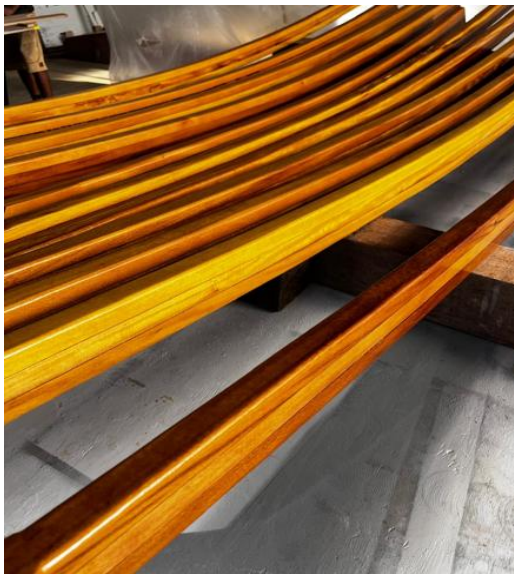








APÊNDICE D – FOTOS EMBARCAÇÃO I



APÊNDICE E – FOTOS DA EMBARCAÇÃO II

