



REVISTA

Naval e Oceânica

<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rno>

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS REBOCADORES MAIA (DUNA 2024) E BIG FIELD (DUNA 2025)

*Comparative Analysis of the Maia (DUNA 2024) and Big Field (DUNA
2025) Tugboats*

Sabryna Mendes Vasconcellos^{a*}, Alexandre Vinicius Rosa da Silva^a, Sara Barros de Souza^a, Gabriel de Sousa Maia^a, Clara Olimpia Guimarães de Paula^a, Luís Eduardo Casemiro^a, Vitor Fernandes Lima^a, Blendo Daniel dos Santos^a, Giovanna Santos Bastos do Carmo^a, Igor Souza Fucs^a, Pedro Victor Machado da Costa Barcellos^a, João Pedro Viter dos Santos do Nascimento^a, Marcelo Musci^a, Edmilson Monteiro de Souza^a, Maria Francisca de Nascimento Oliveira^a, Carlos Alberto Martins Ferreira^a, Carlos Vitor de Alencar Carvalho^a

Recebido em: 12 jun. 2026 | Aceito em: 14 ago. 2026

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise comparativa entre os rebocadores Maia e Big Field, ambos desenvolvidos pela equipe Hildelene, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), para o Desafio Universitário de Nautidesign (DUNA), nas edições de 2024 e 2025. O estudo abrange aspectos construtivos, hidrostáticos, hidrodinâmicos, estruturais, mecânicos e eletrônicos, além do desempenho em competição. A comparação evidencia a evolução metodológica, material e de desempenho entre os dois projetos, destacando a consolidação da equipe em abordagens mais sistemáticas e eficientes na área de construção naval aplicada.

Palavras-chave: Rebocadores; Competição; DUNA; Construção Naval.

ABSTRACT

This article presents a comparative analysis of the tugboats Maia and Big Field, both developed by the Hildelene team from the Rio de Janeiro State University (UERJ) for the 2024 and 2025 editions of the Nautidesign University Challenge (DUNA). The study covers construction, hydrostatic, hydrodynamic, structural, mechanical, and electronic aspects, as well as competition performance. The comparison highlights the methodological, material, and performance improvements between the two projects, highlighting the team's consolidation of more systematic and efficient approaches in applied shipbuilding.

Keywords: Rhinoceros 3D; Tugboat; DUNA; Construction.

^aUniversidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro -RJ, Brasil

*Autor Correspondente: sabrynamendes@gmail.com



1 INTRODUÇÃO

O Desafio Universitário de Nautidesign (DUNA) é uma competição de caráter técnico e educacional que reúne estudantes e entusiastas da engenharia naval de todo o país. Seu propósito é fomentar o aprendizado prático por meio do desenvolvimento de embarcações em escala reduzida, aplicando conhecimentos de hidrodinâmica, propulsão, estabilidade e controle.

O rebocador Maia, projeto da equipe Hildelene para o DUNA 2024, representou o primeiro grande esforço conjunto do grupo em conceber uma embarcação funcional e competitiva. Seu desenvolvimento teve como base a análise de embarcações participantes de edições anteriores e modelos reais, utilizando médias geométricas de dimensões como comprimento, boca, calado, borda livre e deslocamento. Embora tenha sido um marco para a equipe, o projeto enfrentou desafios técnicos e de execução, servindo de base para aprendizados valiosos.

Já o Big Field, desenvolvido para o DUNA 2025, consolidou a evolução técnica e metodológica da equipe. O novo rebocador foi concebido com foco na maximização da eficiência propulsiva, estabilidade transversal e robustez estrutural, aplicando ferramentas de simulação como Rhinoceros, MaxSurf e ANSYS.

Além das melhorias estruturais e hidrodinâmicas, houve também avanços significativos nos sistemas mecânicos das embarcações. O conjunto de transmissão, que compreende a relação entre motor, caixa de redução e eixo propulsor, foi redesenhado para aumentar a eficiência e reduzir perdas de torque. No Maia, o sistema apresentava caráter experimental, enquanto no Big Field foi implementada uma configuração otimizada, com componentes de precisão, melhor alinhamento dos eixos e menor vibração, resultando em desempenho mais estável e confiável.

Além disso, o sistema elétrico e eletrônico da embarcação passou por uma atualização completa. O projeto substituiu controladores genéricos por modelos de fabricantes reconhecidos, otimizou a distribuição de cabos, substituiu baterias e reorganizou o layout de componentes, aumentando significativamente a confiabilidade, segurança e eficiência operacional do sistema. Essas mudanças refletem a maturidade técnica adquirida pela equipe ao longo de um ciclo de aprendizado contínuo entre as duas edições.

Assim, este artigo busca comparar de forma sistemática as duas embarcações, Maia (2024) e Big Field (2025), destacando suas metodologias de desenvolvimento, resultados de análise e desempenho competitivo no DUNA.

2 METODOLOGIA DO PROJETO

O rebocador Maia (2024) foi projetado a partir de médias geométricas de embarcações similares, criando um modelo base no software FreeShip e refinado no Rhinoceros 3D. O plano de linhas foi exportado para o MaxSurf para obtenção das propriedades hidrostáticas e hidrodinâmicas.

Inicialmente, a construção seguiria a metodologia de Lego impresso em 3D, mas, devido a falhas no filamento, a equipe optou pela fabricação manual com corte CNC em MDF e uso de espuma expandida para modelagem. O casco recebeu três camadas de fibra de vidro com resina epóxi, finalizadas com massa, primer e pintura.

Já o Big Field (2025) seguiu uma abordagem metodológica iterativa, com definição de metas quantificáveis desde o início, entre elas, eficiência propulsiva mínima de 60% e tensões estruturais inferiores a 30% do limite de escoamento do alumínio 5083-O. O processo incluiu simulações sucessivas no Rhinoceros, MaxSurf e ANSYS, além de testes físicos.

Durante o desenvolvimento, houve também uma atualização do sistema elétrico e eletrônico. A comparação entre 2024 e 2025 revelou avanços importantes: substituição dos Controladores de Velocidade (ESCs) genéricos por modelos HobbyWing QuicRun 880 e 1060 60A, adoção de baterias automotivas Moura no lugar das VRLA Global, instalação de uma boteira de emergência certificada, inclusão de interruptor On/Off e reorganização dos servomotores. Os conectores e ferramentas também foram substituídos, garantindo maior precisão nas montagens.

Essas mudanças, aliadas à manutenção da corrente operacional de 4 A e dos cabos de 1,5 mm², asseguraram maior confiabilidade e facilitaram a integração entre os sistemas elétricos e mecânicos. A adoção de softwares mais modernos, como o Proteus Professional 8 para o projeto elétrico e o Rhino 3D para o espaçamento tridimensional, marcou uma nova etapa na metodologia de desenvolvimento da equipe.

3 DESENVOLVIMENTO DO CASCO (2024-2025)

O desenvolvimento do casco foi um dos aspectos que mais evidenciou a evolução técnica e metodológica da equipe Hildelene entre as edições de 2024 e 2025 do Desafio Universitário de Nautidesign (DUNA).

No rebocador Maia (2024), o processo construtivo foi majoritariamente artesanal. A equipe inicialmente pretendia utilizar a metodologia de “Lego impresso” em 3D, mas o plano foi interrompido devido a falhas no filamento da impressora durante a produção das peças.

Diante disso, optou-se por uma alternativa manual baseada em corte CNC de peças de MDF, que formam o esqueleto da embarcação. Sobre essa estrutura, foi aplicada espuma expansiva para moldagem do formato externo do casco, com cortes manuais feitos por serra e estilete.

Para evitar a aderência da espuma ao molde, aplicou-se cera desmoldante antes da laminação. O processo seguiu com três camadas de fibra de vidro e resina epóxi, responsáveis por garantir a rigidez estrutural e o acabamento superficial. Após a cura, a equipe aplicou massa de poliéster para nivelamento, seguida de primer e pintura, obtendo uma carena funcional e esteticamente regular. Apesar das dificuldades, esse método representou o primeiro contato prático da equipe com a construção de um casco composto, constituindo uma base importante de aprendizado em técnicas de laminação e acabamento.

Figura 1 – Embarcação Maia



Fonte: Elaboração dos autores (2024)

Em contrapartida, o rebocador Big Field (2025) marcou uma transição para um processo de construção mais preciso e sistemático. O casco foi projetado utilizando

Rhinoceros para modelagem tridimensional e MaxSurf para validação hidrostática e hidrodinâmica. O material escolhido foi o alumínio 5083-O, conhecido por sua leveza, resistência mecânica e alta resistência à corrosão.

As chapas de 4 mm de espessura foram cortadas com precisão por equipamentos CNC, garantindo simetria e repetibilidade dimensional. O processo de montagem foi realizado na empresa Usinando, o que proporcionou maior controle sobre alinhamento, distribuição de peso e vedação estrutural.

Figura 2 – Embarcação Big Field



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

Enquanto o Maia apresentou um casco em compósito leve, de fabricação manual e foco na simplicidade construtiva, o Big Field incorporou uma abordagem industrial e

modular, com materiais metálicos e simulações numéricas orientando o dimensionamento e a validação estrutural.

Em termos de desempenho prático, o uso do alumínio no Big Field possibilitou uma redução de peso próprio e, conseqüentemente, uma melhor relação entre deslocamento e calado, resultando em maior eficiência propulsiva e estabilidade transversal. Já o casco em fibra de vidro do Maia, embora funcional, apresentou maior sensibilidade a deformações e variações dimensionais, típicas de processos manuais de laminação.

Assim, o desenvolvimento do casco ao longo dos dois projetos reflete claramente o amadurecimento técnico da equipe, que evoluiu de uma execução artesanal para uma metodologia utilizada na indústria naval.

4 ANÁLISE HIDROSTÁTICA

Tabela 1 – Comparação de parâmetros das embarcações

Parâmetro	Rebocador Maia (2024)	Rebocador Big Field (2025)
Comprimento (mm)	1074,73	931
Boca Máxima (mm)	318,22	321
Calado (mm)	132	107
Borda Livre (mm)	59,6	64
Deslocamento (kg)	18,51	19
Volume Submerso (m ³)	0,01855	0,019
Coefficiente de Bloco (Cb)	0,480	0,65
Coefficiente Prismático (Cp)	0,631	0,65
Coefficiente de Linha d'Água (Cwp)	0,845	0,908

Fonte: Elaboração dos autores (2025)

A análise hidrostática permitiu avaliar as condições de flutuabilidade e estabilidade inicial das embarcações. O Maia apresentou coeficiente de bloco (Cb) de 0,48, indicando uma carena mais fina e alongada, adequada a menores resistências ao avanço, porém com menor

volume útil. Já o Big Field, com C_b de 0,65, revelou um casco mais cheio e estável, característico de rebocadores voltados à tração.

A redução do calado (de 132 mm para 107 mm) e o aumento do coeficiente de linha d'água (C_{wp} de 0,908) indicam uma melhor distribuição volumétrica, reduzindo o arrasto e ampliando a estabilidade transversal. Essas variações foram essenciais para garantir que o novo rebocador suportasse maior carga propulsiva e torque, mantendo-se equilibrado em operação.

5 ANÁLISE HIDRODINÂMICA E PROPULSÃO

O sistema propulsivo do Maia (2024) foi composto por duas hélices Kaplan de 71 mm, instaladas em tubeiras de 75 mm e controladas por lemes NACA 0018, alcançando desempenho satisfatório dentro das limitações construtivas do projeto. O conjunto foi montado em linha simples, com eixo curto e alinhamento manual, o que limitou o rendimento hidrodinâmico e aumentou vibrações. O formato da carena apresentava arrasto elevado, característica de um casco de volume irregular e pouca suavização de linhas.

O Big Field (2025), por sua vez, foi projetado com foco na otimização hidrodinâmica e tração em baixas velocidades. A carena foi ajustada para maximizar o empuxo, incorporando túneis rebaixados em 40 mm que abrigavam hélices de cinco pás (79,52 mm) instaladas em tubos de Kort. Essa configuração proporcionou aumento de 30% no empuxo estático e eliminação de cavitação, além de elevar a eficiência propulsiva para cerca de 92%.

A transmissão de potência passou a ser realizada por um sistema de polias sincronizadas HTD 3M com relação de 4:1, substituindo o conjunto de engrenagens do Maia. Isso garantiu redução de perdas mecânicas, menor ruído e torque constante. O motor Imobras 12V (0,8 N·m) operava com estabilidade térmica, fixado a uma caixa de transmissão em PLA ($213,18 \times 108,62 \times 87,21$ mm) com inclinação de 3° , o que assegurou alinhamento ideal dos eixos propulsivos.

Os resultados práticos refletiram essas melhorias: o Bollard Pull aumentou em cerca de 174%, passando de 0,5 kgf (Maia) para 1,37 kgf (Big Field). Tais avanços demonstram a transição de um projeto simples para um sistema propulsivo mais eficiente e validado.

6 ANÁLISE ESTRUTURAL

A análise estrutural do Maia (2024) foi limitada, não sendo concluída a tempo da competição. O casco, construído em fibra de vidro, apresentou boa rigidez e alguns problemas estruturais. Já o Big Field (2025) foi submetido a simulações de elementos no ANSYS Mechanical, com modelagem do casco em alumínio 5083-O e espessura de 3 mm. As análises indicaram tensões máximas de 0,12 MPa e momentos fletores de 15,9 N·m, valores muito abaixo do limite de escoamento do material, comprovando segurança estrutural.

A uniformidade das chapas cortadas por CNC e o uso de reforços longitudinais garantiram rigidez e estabilidade mesmo sob esforços dinâmicos. Em comparação, o Maia dependia fortemente da rigidez superficial da fibra de vidro, sem cálculo preciso da distribuição de esforços. Ao contrário do Big Field, atingiu um equilíbrio ideal entre leveza e resistência.

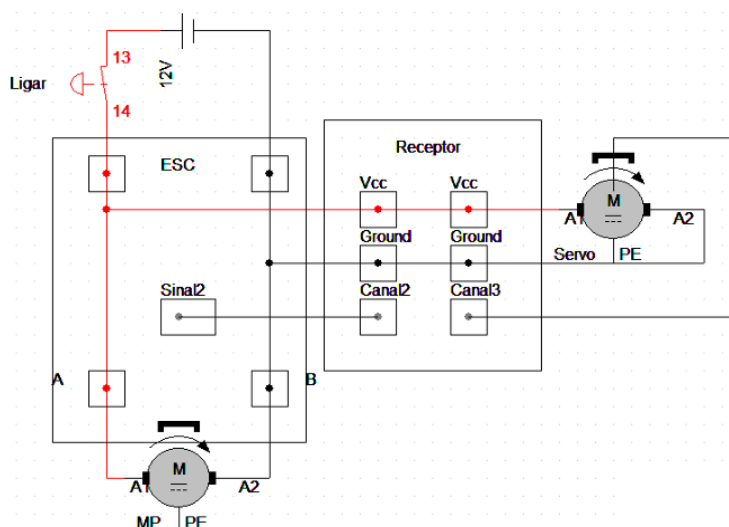
7 ANÁLISE COMPARATIVA DAS CONFIGURAÇÕES DE ELETRÔNICA E REDE ELÉTRICA (2024–2025)

7.1. Alteração Implementadas

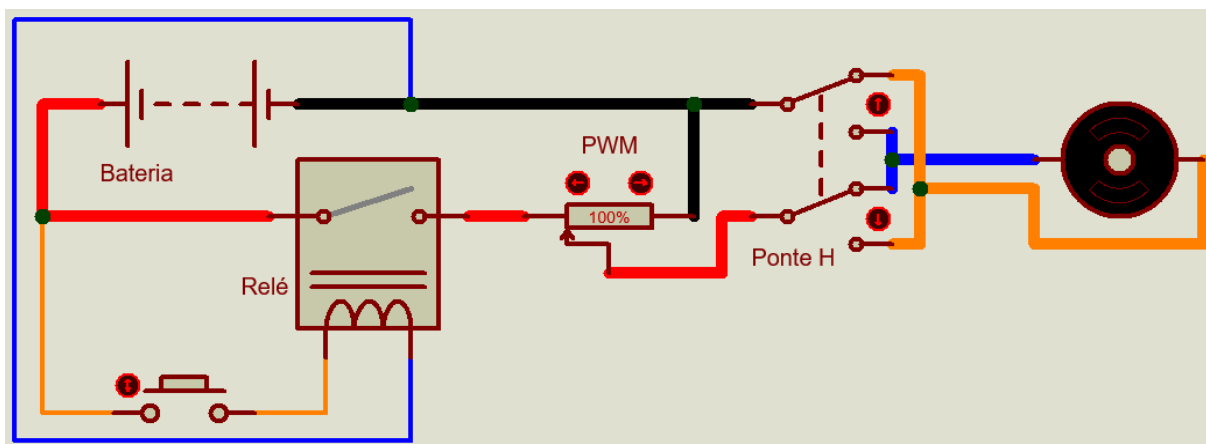
7.1.2 Software

Substituição do software utilizado para projetar, simular e dimensionar a rede elétrica. Em 2024 o diagrama unifilar foi idealizado no CADe SIMU e em 2025 foi no Proteus Professional 8.

Figura 3 – Diagrama unifilar de 2024 feito no CADe SIMU

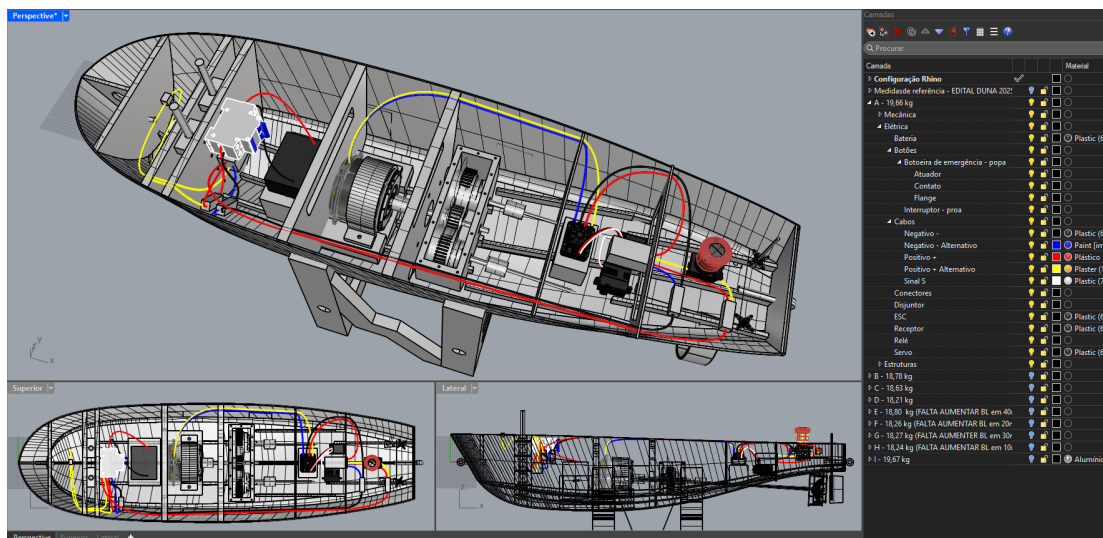


Fonte: Elaboração dos autores (2024)

Figura 4 – Diagrama unifilar de 2025 feito no Proteus

Fonte: Elaboração dos autores (2025)

Também foi feita a análise e espaçamento dos componentes e cabos seguindo a normativa NBR 5410 e modelagem de componentes realizado no Rhino 3D.

Figura 5 – Rede elétrica de 2025 modelada no Rhino 3D

Fonte: Elaboração dos autores (2025)

7.1.2. Controlador

Realocação de prioridade dos Controladores Eletrônicos de Velocidade (ESCs) titular e reserva 1 e reaproveitamento para o reserva 2. Em 2024 foram utilizados ESCs de fabricação genérica, o que representava um risco potencial à confiabilidade do sistema. Houve episódios de superaquecimento das trilhas, provavelmente ocasionada por sobretensão e que

ao aquecidas, derreteram e geraram curto, o que aumentou o calor e proporcionou derretimento de Mosfets.

Figura 6 – Trilha comprometida do ESC 320A N/traxxas



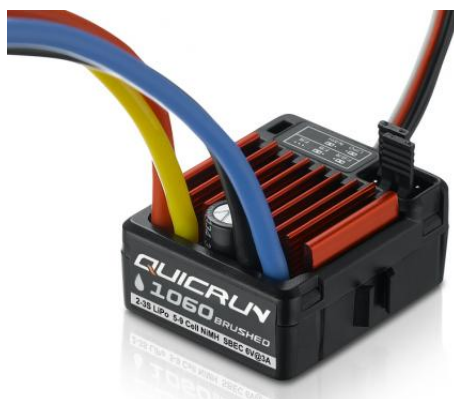
Fonte: Elaboração dos autores (2024)

Em 2025, esses componentes foram substituídos por modelos de fabricantes renomados, garantindo maior eficiência, durabilidade e estabilidade. Houve um episódio em que o rebocador em testes acabou alagando e por consequência o ESC, até então titular, perdeu 25% da sua capacidade, então para a competição foi utilizado o ESC que seria o reserva 1. O único ESC genérico intacto sobrevivente de 2024 foi reaproveitado para ser o reserva 2 de 2025 e não precisou ser utilizado.

Figura 7 – ESC Hobbywing Quicrun 880 que perdeu $\frac{1}{4}$ da sua capacidade durante os testes



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

Figura 8 – ESC Hobbywing Quicrun 1060 utilizado durante a competição

Fonte: Elaboração dos autores (2025)

Essa mudança de modelos e fabricantes visou reduzir a probabilidade de falhas e prolongar a vida útil do sistema, até por segurança, pois o casco de 2025 foi de metal, então um curto-circuito seria prejudicial para todos os componentes, vida marinha e humana.

7.1.3. Botoeira De Emergência

Atualização da Botoeira de Emergência que em 2024 era de fabricação genérica, teve sua funcionalidade comprometida após a montagem no casco. A botoeira precisa ser desmontada, encaixada no casco e depois remontada, na genérica de 2024 a remontagem não ficou ideal, demonstrando problemas do produto e tornando sua manutenção difícil. Na prática deveria funcionar apenas apertando, após a montagem estava precisando rodar o atuador e depois sim apertar para conseguir abrir o contato, o que segundo o regulamento não é permitido, deve ser somente pressionando o atuador para baixo,

Figura 9 – Botoeira cogumelo utilizada em 2024

Fonte: Elaboração dos autores (2024)

Em 2025, foi adotado um modelo de fabricante reconhecido, proporcionando maior robustez e confiabilidade. Essa substituição reforçou a segurança do sistema, garantindo um acionamento eficiente em cenários de emergência e maior facilidade de instalação e manutenção.

Figura 10 – Atuador
WEG CSW-BESGS-WH

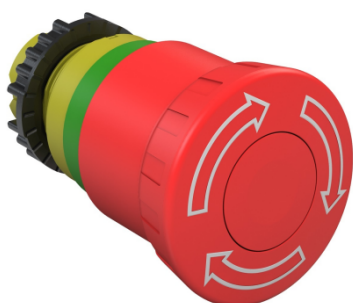


Figura 11 – Flange
WEG CSW-AF3F



Figura 12 – Contato
WEG CSW-BC01F



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

7.1.4. Servo-Motor

Reorganização dos Servo-Motores. A configuração de 2024 incluía servo-motores titular, reserva 1 e reserva 2. Em 2025, essa ordem foi alterada, com o servo reserva 1 de 2024 assumindo o papel de titular. Essa reorganização aproveita os componentes existentes, visando aumentar o desempenho do sistema sem a necessidade de aquisição de novos motores.

Figura 13 – PDI
6221MG
Titular 2025
Reserva 1 2024



Figura 14 – Hobbyking
HK15298B
Reserva 1 2025
Titular 2024



Figura 15 – TowerPro
MG996R
Reserva 2 2025
Reserva 2 2024



Fonte: Elaboração dos autores (2024)

7.1.5. Disjuntor

Substituição do Disjuntor por um modelo mais adequado às especificações técnicas do sistema. Essa alteração melhora a proteção contra sobrecarga e curto-circuito, alinhando-se às demandas elétricas do projeto e aumentando a segurança operacional. Em termos técnicos foi de um bipolar VCA para bipolar VCC.

Figura 16 – WEG MDW-C32-2



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

7.1.6. Bateria

Troca das Baterias de Nobreak para Automotiva. As baterias titular e reserva de nobreak, da marca Global em 2024, foram substituídas em 2025 por baterias automotivas da marca Moura. Essa mudança oferece maior capacidade e confiabilidade, especialmente em aplicações que exigem ciclos intensos de carga e descarga, contribuindo para a estabilidade do sistema.

Figura 17 – Global EV12-6



Fonte: Elaboração dos autores (2024)

Figura 18 – Moura MA6-D

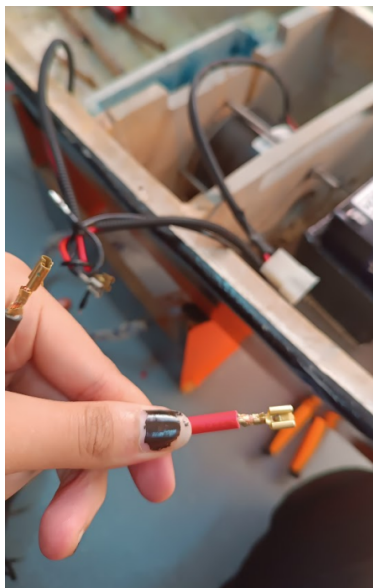


Fonte: Elaboração dos autores (2025)

7.1.7. Conectores

Atualização dos Conectores. Em 2024 apresentavam folga e menor praticidade, o que poderia levar a mau contato. Em 2025, foram substituídos por modelos mais práticos e com menor folga, reduzindo o risco de falhas elétricas e facilitando a manutenção do sistema.

Figura 19 – Terminal Faston .250 6,3mm



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

Figura 20 – Conector de emenda



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

7.1.8. Interruptor

Adição de Interruptor On/Off. Foi introduzido em 2025 por conta do edital da competição, ausente na configuração de 2024, essa adição permite maior controle sobre o sistema, aumentando a segurança operacional e facilitando o desligamento em situações que não sejam de emergência.

Figura 21 – Margirius 30223



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

7.1.9. Extensor de Cabo

Inclusão de Extensores de Cabo Jumper/JST para os servos e ESCs, inexistentes em 2024. Esses extensores possibilitam uma melhor distribuição dos equipamentos, otimizando a organização interna e facilitando a manutenção do sistema. O derivador permite o uso de mais de um servo-motor controlado por um mesmo acionamento.

Figura 22 – Extensor 1m e Derivador 1x2



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

7.1.10. Controle Remoto

Substituição do Transmissor e Receptor (controle remoto) do tipo avião (sticks), utilizados em 2024, foram substituídos em 2025 por modelos do tipo carro (gatilho e volante). Essa mudança foi do gosto do piloto.

7.1.11. Otimização e testes

Otimização do Dimensionamento dos Cabos, foi melhorado em 2025 para melhor adequação às necessidades do sistema. Essa otimização reduz perdas elétricas, melhora a estética e facilita a instalação e manutenção dos componentes.

Aquisição de Novas Ferramentas de crimpagem e corte foram adquiridas, aumentando as possibilidades e eficiência do serviço. As ferramentas de elétrica de 2024 eram as que vieram incluídas na mala de ferramenta genérica. Essas novas ferramentas proporcionam maior precisão na montagem, garantindo conexões de alta qualidade e reduzindo a probabilidade de falhas.

Figura 23 – Primeira ligação da rede elétrica entre os componentes em 2024



Fonte: Elaboração dos autores (2024)

Figura 24 – Primeira ligação elétrica no rebocador Big Field em 16/08/25



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

Figura 25 – Primeiro teste em água no mesmo dia 16/08/25



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

8 ITENS MANTIDOS

Corrente de Operação do sistema permaneceu em 4A, indicando que as alterações realizadas não modificaram significativamente a demanda elétrica. Essa estabilidade demonstra a adequação do projeto às condições operacionais. Os cabos com bitola de 1,5 mm² (área da seção transversal) foram mantidos, confirmando que essa especificação é suficiente para atender à corrente e às exigências do sistema.

O tipo de controlador eletrônico de velocidade (ESC) permaneceu inalterado, garantindo compatibilidade com os demais componentes e continuidade no desempenho do sistema. Os motores elétricos titular e reserva continuam os mesmos.

O diagrama unifilar do sistema: bateria → disjuntor → botoeira → interruptor (novo) → ESC → (motor / (receptor → servo)) foi mantido, com a adição do interruptor On/Off como única alteração. Essa continuidade assegura a consistência do fluxo elétrico.

As atualizações realizadas em 2025 resultaram em melhorias significativas na eletrônica e na rede elétrica do sistema, com foco em qualidade, segurança e eficiência. A substituição de componentes, a adição de novos elementos e a otimização dos processos de montagem posicionam o sistema para um desempenho mais robusto e confiável.

Tabela 2 – Comparação de itens das embarcações

Item	Sub-item	2024			2025			
		Titular	Reserva 1	Reserva 2	Titular	Reserva 1	Reserva 2	Reserva 3
Bateria VRLA 12V 6AH		Global EV-6	Global EV-6	-	Moura MA6-D	Moura MA6-D	Global EV-6	Global EV-6
Disjuntor					WEG MDW-C32			
Botoeira cogumelo	Atuador				WEG CSW-BESGS -WH		-	-

	Flange				WEG CSW-AF3F			
	Contato				WEG CSW-BC01			
Botão interruptor					Margirius 30223	KCD 11-101 + DNI 8101		
ESC		ESC Genérico "320A"	ESC Genérico "320A"	ESC Genérico "1060-rtr"	Hobbywing Quicrun 1060	Hobbywing Quicrun 880	ESC Genérico "320A"	
Motor		Imobras T102-65 10.14.102-12	Imobras T102-65 10.14.102-12		Imobras T102-65 10.14.102-12	Imobras T102-65 10.14.102-12		
Servo		Hobbyking HK15298B	JX PDI-6221MG	TowerPro MG996R	JX PDI-6221MG	Hobbyking HK15298B	TowerPro MG996R	
Receptor		Futaba R3106GF				Futaba R3106GF		
Transmissor		Futaba T6L				Futaba T6L		

Fonte: Elaboração dos autores (2025)

9 SISTEMA MECÂNICOS

- Rebocador Maia (2024): Para transmitir a energia do motor às hélices, foi desenvolvida uma caixa de redução trapezoidal com base superior de 210 mm × 50 mm (altura de 60 mm e espessura de 10 mm) e base inferior de 150 mm × 40 mm, orientada a 45°. Internamente, abriga duas engrenagens de 36 dentes (módulo 2), ligadas ao eixo das hélices por acopladores flexíveis de alumínio (8 → 5 mm). O motor aciona uma engrenagem de 15 dentes com acoplador (8 → 10 mm), resultando em relação de transmissão de 2:1. A caixa, impressa em PLA, e as engrenagens, usinadas em poliacetal, garantiram leveza e durabilidade. O conjunto foi fixado a meia-nau com apoio de espuma expansiva, reduzindo vibrações e desalinhamentos.

Figura 26 – Vista isométrica da caixa de transmissão



Fonte: Elaboração dos autores (2024)

- **Rebocador Big Field (2025):** O sistema foi projetado para maximizar tração e estabilidade direcional com carena otimizada e transmissão por polias sincronizadas HTD 3M (4:1), alcançando eficiência energética de 92%. A caixa de transmissão impressa em PLA ($213,18 \times 108,62 \times 87,21$ mm), com inclinação de 3° , garantiu alinhamento ideal dos eixos. A propulsão dupla, com hélices de cinco pás em tubos de Kort e túneis rebaixados em 40 mm, aumentou o empuxo estático em 30%, eliminando cavitação. O motor Imobras 12 V ($0,8 \text{ N}\cdot\text{m}$) assegurou potência constante para deslocamento.

Figura 27 – Caixa de redução



Fonte: Elaboração dos autores (2025)

10 DESEMPENHO NAS PROVAS (2024–2025)

Em 2024, o Maia completou apenas a prova de manobrabilidade, em parceria com a equipe NAVI, conquistando o 3º lugar. Ficou em 14º no Bollard Pull, 16º na prova de projeto, e não pontuou em Avante/Ré, Tomada de Tempo, Corrida, Força e Cabo de Guerra, encerrando em 16º lugar geral.

Em 2025, o Big Field avançou para as oitavas de final no Cabo de Guerra, obteve 3º lugar no Bollard Pull, 11º na prova de projeto e 8º lugar geral, representando um salto expressivo no desempenho global da equipe.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise comparativa entre o Maia (2024) e o Big Field (2025) evidencia o amadurecimento técnico e metodológico da equipe Hildelene. O primeiro projeto serviu como

base de aprendizado, enquanto o segundo consolidou o domínio das ferramentas de simulação, modelagem digital, eletrônica e construção naval.

O Big Field representa a materialização de uma engenharia mais precisa, eficiente e segura, com avanços em todos os aspectos: hidrodinâmica, estrutura, propulsão e sistemas elétricos. O resultado dessa evolução refletiu-se não apenas nas análises teóricas, mas também no desempenho competitivo, demonstrando que a consolidação de práticas técnicas e o investimento em qualidade resultam diretamente em performance.

Essa trajetória reafirma o papel do DUNA como um ambiente de aprendizado e pesquisa aplicada, onde a equipe Hildelene pôde transformar desafios em conhecimento, fortalecendo sua identidade como grupo de construção naval.

REFERÊNCIAS

BRASOLV. (2025). *Massa poliéster*. <http://www.brasolv.com.br/massa-poliester.php>

DIPROFIBRA. (2024, June 18). *Conheça alguns dos processos para a industrialização dos compósitos*.

<https://diprofiber.com.br/2024/06/18/conheca-alguns-dos-processos-para-a-industrializacao-dos-compositos/>

Equipe Hildelene. (2024). *Prova de projeto – DUNA 2024: Rebocador Maia*. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Equipe Hildelene. (2025). *Prova de projeto – DUNA 2025: Rebocador Big Field*. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Mendes Vasconcellos, S., Vinicius Rosa da Silva, A., Bueno Rodrigues, A., de Sousa Maia, G., Suzano Marques de Sousa, I., Eduardo Casemiro, L., & de Alencar Carvalho, C. V. (2025). Desenvolvimento de um rebocador em escala reduzida com sistema embarcado para a competição DUNA 2024. *Revista Naval e Oceânica*, (2). <https://doi.org/10.12957/rno.2025.92021>