ReGeo ISSN: 2177-3246

DIRETRIZES ESTRATÉGICAS NA GESTÃO DE OPERAÇÕES DE ROV: MAXIMIZAÇÃO DE DISPONIBILIDADE FÍSICA E OTIMIZAÇÃO DE CADEIAS DE MANUTENÇÃO OFFSHORE

STRATEGIC GUIDELINES IN THE MANAGEMENT OF ROV OPERATIONS: MAXIMIZATION OF PHYSICAL AVAILABILITY AND OPTIMIZATION OF OFFSHORE MAINTENANCE CHAINS

DIRECTRICES ESTRATÉGICAS EN LA GESTIÓN DE OPERACIONES DE ROV: MAXIMIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD FÍSICA Y OPTIMIZACIÓN DE CADENAS DE MANTENIMIENTO OFFSHORE

https://doi.org/10.56238/revgeov17n10-090

Data de submissão: 14/09/2026 **Data de publicação:** 14/10/2026

Kaio Carvalho Domingues
Graduação em Administração de Empresas
Instituição: Faculdade Estácio de Sá
E-mail: kaiocdomingues@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0004-1076-6488

RESUMO

A gestão de ativos submarinos em operações offshore requer abordagens integradas para aumentar a disponibilidade física dos Veículos Operados Remotamente (ROVs) da classe Work Class. Este estudo analisa os principais fatores que sustentam a governança de frotas de ROVs, com foco em manutenção preditiva e preventiva, integridade fluido-mecânica, controle de insumos críticos e o papel do treinamento das equipes na redução do tempo de inatividade não remunerado. O estudo propõe um modelo integrado de gestão que inclui monitoramento contínuo do fluido hidráulico conforme a ISO 4406, estoque estratégico de componentes essenciais e um programa de certificação multidisciplinar. A análise das operações offshore mostra que o uso de indicadores de confiabilidade, como MTBF e MTTR, aliado a boas práticas de governança de ativos, traz ganhos importantes em disponibilidade e redução de custos. A mudança de modelos reativos para preditivos é vista como um fator-chave para a competitividade no setor de serviços submarinos.

Palavras-chave: Gestão de ROV. Governança de Ativos. Engenharia de Manutenção. Otimização de Processos. Custos Operacionais.

ABSTRACT

The management of subsea assets in offshore operations requires integrated approaches to maximize the physical availability of Work Class Remotely Operated Vehicles (ROVs). This study examines the strategic pillars supporting ROV fleet governance, focusing on predictive and preventive maintenance models applied to fluid-mechanical integrity, critical supply control, and the impact of crew training on reducing non-billable downtime. The theoretical framework underpins the proposal of an integrated management model that incorporates continuous hydraulic fluid monitoring in accordance with ISO 4406, strategic inventory of mission-critical components, and a multidisciplinary certification program. Analysis of offshore operations demonstrates that the adoption of reliability indicators such as MTBF and MTTR, together with asset governance practices, results in significant improvements in

availability and reductions in operational costs. The transition from reactive to predictive models is identified as a key determinant of competitiveness in the subsea services sector.

Keywords: ROV Management. Asset Governance. Maintenance Engineering. Process Optimization. Operational Costs.

RESUMEN

La gestión de activos submarinos en operaciones offshore requiere enfoques integrados para aumentar la disponibilidad física de los Vehículos Operados Remotamente (ROV) de clase Work Class. Este estudio analiza los principales factores que sustentan la gobernanza de flotas de ROV, con enfoque en mantenimiento predictivo y preventivo, integridad fluidomecánica, control de insumos críticos y el papel de la capacitación de equipos en la reducción del tiempo de inactividad no remunerado. El estudio propone un modelo integrado de gestión que incluye monitoreo continuo del fluido hidráulico conforme a la ISO 4406, inventario estratégico de componentes esenciales y un programa de certificación multidisciplinaria. El análisis de las operaciones offshore muestra que el uso de indicadores de confiabilidad, como MTBF y MTTR, aliado a buenas prácticas de gobernanza de activos, trae ganancias importantes en disponibilidad y reducción de costos. El cambio de modelos reactivos a predictivos se ve como un factor clave para la competitividad en el sector de servicios submarinos.

Palabras clave: Gestión de ROV. Gobernanza de Activos. Ingeniería de Mantenimiento. Optimización de Procesos. Costos Operacionales.

1 INTRODUÇÃO

O setor de exploração e produção de petróleo e gás em águas profundas e ultraprofundas passou por transformações significativas nas últimas duas décadas, impulsionadas pelo avanço tecnológico e pela necessidade de acessar reservas em condições cada vez mais desafiadoras. Nesse contexto, os Veículos Operados Remotamente (*Remotely Operated Vehicles* — ROVs) da classe (*Work Class)* consolidaram-se como instrumentos indispensáveis para operações de construção, intervenção e manutenção de infraestruturas submarinas. A dependência crescente desses sistemas robóticos impõe aos gestores o desafio de assegurar alta disponibilidade física, minimizando os impactos financeiros decorrentes de indisponibilidades não planejadas (Dalhatu *et al.*, 2023).

O custo associado à indisponibilidade de um ROV *Work Class* em operações offshore varia de US$ 50.000 a US$ 150.000 por dia, considerando multas contratuais, custos de remobilização e desgaste comercial com operadoras. Dados da *International Marine Contractors Association* (IMCA, 2024) indicam que falhas hidráulicas representam 41% dos eventos de *downtime* nessa categoria de veículos, seguidas por falhas elétricas (28%) e mecânicas (19%). Essa distribuição evidencia a necessidade de abordagens preditivas que antecipem falhas, em contraposição aos modelos reativos tradicionalmente adotados pela indústria.

A problemática central deste artigo é identificar os fatores críticos que comprometem a disponibilidade física de ROVs *Work Class* e propor um modelo integrado de gestão que combine monitoramento de fluido, logística de sobressalentes e capacitação humana. A relevância do tema justifica-se pela necessidade de o setor o*ffshore* brasileiro reduzir sua dependência de práticas reativas, que geram custos elevados e comprometem a competitividade dos contratos de afretamento.

O artigo está organizado em quatro seções, sendo a introdução que apresenta o contexto e os objetivos do estudo. A segunda seção revisa a literatura sobre manutenção preditiva, governança de ativos e gestão logística offshore, modelo conceitual com indicadores de confiabilidade e aspectos logísticos e de gestão de pessoas. A terceira discute os resultados obtidos em operações reais e a quarta e última seção sintetiza as contribuições do estudo e propõe aplicações práticas.

2 GESTÃO DE ATIVOS SUBMARINOS E CONFIABILIDADE

A gestão de ativos submarinos tem passado por transformações paradigmáticas nas últimas décadas, migrando de abordagens exclusivamente corretivas para modelos preventivos e preditivos. Mobley (2002), referência clássica sobre manutenção preditiva, estabeleceu os fundamentos teóricos para a aplicação de técnicas de monitoramento de condição em equipamentos industriais. Posteriormente, Jardine e Tsang (2006) sistematizaram abordagens de modelagem estatística de

degradação, permitindo a previsão da vida útil remanescente de componentes submetidos a condições operacionais adversas.

No contexto de operações submarinas, a gestão de ativos torna-se mais complexa devido à inacessibilidade dos equipamentos durante as operações. Diferentemente de ativos terrestres, que permitem intervenções programadas com facilidade, os sistemas instalados em subsuperfície exigem planejamento minucioso e estoques estratégicos de componentes críticos. A *International Association of Oil and Gas Producers* (IOGP, 2023) estima que 30% dos custos de manutenção em ambientes submarinos são atribuíveis a retrabalho decorrente de planejamento inadequado.

Apicelo, Amaral e Ribeiro (2023), aplicou a metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) a uma frota de ROVs e documentou uma redução de 34% nos custos de manutenção corretiva ao longo de 12 meses. Entretanto, o autor reconhece limitações à generalização dos resultados, pois o estudo foi conduzido em operações na continental *shelf,* sem a complexidade logística das águas profundas.

A norma ISO 55000:2014 estabelece diretrizes para gestão de ativos, definindo frameworks para alinhamento estratégico, decisões de investimento e otimização do ciclo de vida. Sua aplicação ao segmento offshore requer adaptações que considerem as particularidades operacionais do setor, incluindo condições ambientais extremas, restrições de espaço e a necessidade de integração entre equipes de terra e de mar.

2.1 MANUTENÇÃO PREDITIVA E PREVENTIVA

A evolução dos paradigmas de manutenção industrial pode ser compreendida como um contínuo que vai da manutenção corretiva à manutenção baseada em confiabilidade. A manutenção corretiva, caracterizada pela intervenção apenas após falha, apresenta os menores custos iniciais, mas gera os maiores custos totais ao longo do ciclo de vida do ativo, considerando paradas não programadas, danos colaterais e perda de produtividade (Mobley, 2002).

A manutenção preventiva baseia-se em intervalos temporais ou de uso, estabelecendo cronogramas de substituição de componentes independentemente do estado real de degradação. Embora represente avanço em relação à abordagem corretiva, esta metodologia pode resultar em substituições prematuras de componentes com vida útil remanescente ou, inversamente, em falhas prematuras caso os intervalos não considerem as condições operacionais efetivas (Jardine; Tsang, 2006).

A manutenção preditiva baseia-se no monitoramento contínuo de parâmetros operacionais que indicam o estado de degradação do equipamento. A análise de vibração, a termografia, a análise de

óleo lubrificante e a medição de desempenho são técnicas consolidadas que permitem a detecção precoce de anomalias e a programação de intervenções em momentos oportunos, maximizando a utilização dos componentes e minimizando paradas não planejadas (Mobley, 2002).

No contexto de ROVs, a manutenção preditiva tem aplicação particularmente relevante nos sistemas hidráulicos, que constituem o subsistema mais suscetível a falhas em operações submarinas. A contaminação particulada do óleo hidráulico, conforme a codificação ISO 4406:2021, serve como indicador precoce de desgaste em bombas de alta pressão e servoválvulas proporcionais, permitindo a programação de intervenções com antecedência de 150 a 200 horas operacionais (Maples, 2000).

2.2 LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS OFFSHORE

A logística de suprimentos para operações offshore é um fator determinante na disponibilidade de ativos submarinos. A gestão de inventário de componentes críticos deve equilibrar os custos de estoque com os riscos de indisponibilidade, considerando lead times de reposição que variam de semanas a meses, dependendo da natureza do componente e de sua disponibilidade no mercado global.

Maples (2000) propõe modelos de ponto de pedido para dimensionamento de estoques offshore que incorporam a variabilidade de lead times e as taxas de falha específicas de cada categoria de componente. No caso dos ROVs Work Class, os Componentes Críticos de Missão (CCM), como bombas de Unidade de Potência Hidráulica (HPU), válvulas proporcionais, motores de propulsão e seções de reparo de cabo umbilical, exibem prazos de reposição que variam de 4 a 14 semanas, intervalo suficiente para comprometer a continuidade de uma campanha caso o estoque a bordo não absorva ao menos uma ocorrência de falha simultânea (Oceaneering, 2026).

Esse intervalo é suficiente para comprometer uma campanha inteira caso o estoque a bordo não esteja dimensionado para absorver pelo menos uma ocorrência de falha dupla. A manutenção de peças estratégicas no contêiner de oficina do navio elimina fretes emergenciais por via aérea, cujo custo por evento situa-se entre U$15.000 e U$ 50.000, valores que esses que em muitos casos, superam o próprio preço da peça.

A ISO 28000:2007 estabelece sistemas de gestão de segurança para cadeias de suprimentos, fornecendo um framework para a identificação de riscos e a implementação de controles ao longo da cadeia logística. Sua aplicação ao segmento offshore requer a consideração de fatores adicionais, incluindo restrições de espaço a bordo, condições meteorológicas adversas e a necessidade de coordenação com operações de mergulho e de instalação.

2.3 GOVERNANÇA HUMANA E CAPACITAÇÃO DE TRIPULAÇÕES

O fator humano permanece um componente crítico na confiabilidade das operações offshore, mesmo com o avanço da automação e da tecnologia. Estudos da IMCA (2024) indicam que erros humanos são responsáveis por 23% dos incidentes em operações de ROVs, o que destaca a importância de programas de treinamento e certificação que assegurem competências técnicas adequadas.

A composição típica de uma tripulação de ROV Work Class inclui três profissionais: supervisor/piloto, técnico mecânico e técnico elétrico. Em abordagens convencionais, cada membro se especializa em sua área e delega diagnósticos fora de sua competência a profissionais externos. Essa configuração gera tempos de resposta elevados em casos de falhas que envolvem múltiplos subsistemas, pois a identificação do problema depende da disponibilidade de especialistas adicionais.

O modelo de tripulação híbrida proposto por Oceaneering (2026) supera essa limitação por meio de programas de capacitação multidisciplinar que equipam cada membro com competências básicas para o diagnóstico de múltiplos subsistemas. Dados da empresa mostram que a implementação desse modelo reduziu o MTTR de falhas comuns em 47%, sem comprometer a profundidade técnica nas especialidades individuais.

A norma ISO 29990:2010 estabelece requisitos para provedores de serviços de aprendizagem e fornece um framework para o desenvolvimento de programas de treinamento eficazes. No contexto offshore, a certificação deve incluir não apenas competências técnicas, mas também habilidades de trabalho em equipe, comunicação e gestão do estresse, considerando as condições operacionais desafiadoras dos ambientes marinhos.

2.4 MODELAGEM ESTRUTURAL DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO

A tomada de decisão na gestão de frotas de ROVs baseia-se no acompanhamento sistemático de indicadores de desempenho que quantificam a saúde dos ativos e a eficiência dos processos de manutenção. Esses indicadores permitem identificar tendências, comparar desempenho entre períodos e fundamentar decisões de investimento em melhorias operacionais. O parâmetro para avaliação da performance de ROVs em operações de afretamento é a Disponibilidade Física (Af), que quantifica a fração de tempo em que o veículo se encontra apto para operação em relação ao tempo total contratado. Este indicador é calculado conforme Equação 1:

$$Af = MTBF / (MTBF + MTTR) \quad (1)$$

Onde MTBF (Mean Time Between Failures) representa o Tempo Médio Entre Falhas, indicando o intervalo médio de operação sem falhas, e MTTR (Mean Time To Repair) indica o Tempo Médio de Reparo, representando o período necessário para restaurar a funcionalidade após uma falha. Em operações de afretamento convencional, os contratos estabelecem disponibilidade mínima de 95%, com bonificações para valores acima de 98% e penalidades para valores abaixo do mínimo.

A análise da composição dos custos de manutenção de ROVs Work Class revela a importância da alocação equilibrada de recursos entre ações preventivas e corretivas. O Custo Total de Manutenção (Cm) pode ser decomposto conforme Equação 2:

$$Cm = Cprev + Ccorret + Clog \quad (2)$$

Onde Cprev corresponde aos custos de ações preventivas agendadas, incluindo monitoramento de condição, substituições programadas e treinamento de pessoal, Ccorret representa despesas com reparos corretivos decorrentes de falhas não antecipadas, incluindo mão de obra emergencial, peças urgentes e custos de indisponibilidade; e Clog indica custos logísticos associados à reposição de componentes, incluindo fretes aéreos e transportes especiais.

A distribuição típica de custos em operações reais evidencia o predomínio de abordagens reativas. Análise de dados operacionais de 14 ROVs em campanhas brasileiras (2022-2024) revelou a seguinte distribuição: Cprev: 18-22% do total; Ccorret: 45-55% do total; Clog: 25-35% do total. Essa distribuição indica que mais da metade dos recursos é destinada a reparos não planejados, a forma mais cara de manutenção.

A meta do modelo integrado de gestão é inverter progressivamente essa proporção, elevando a participação de Cprev para 35-40% e reduzindo a de Ccorret para 20-25%. Essa inversão é alcançada por meio de três frentes: monitoramento preditivo de fluido, gestão estratégica de estoques e capacitação de tripulações.

O monitoramento de fluido hidráulico é um indicador preditivo de alto valor para ROVs, pois o sistema hidráulico responde por cerca de 60% dos eventos de falha nessa categoria. A ISO 4406:2021 estabelece um código de três dígitos para a classificação da contaminação particulada, em que valores superiores a 18/16/13 indicam condição crítica para componentes sensíveis, como servoválvulas proporcionais e bombas de pistão axial.

2.5 GESTÃO LOGÍSTICA E PLANEJAMENTO DE CONVÉS

A eficiência logística é um fator determinante para a disponibilidade operacional de ROVs em campanhas offshore. A gestão de sobressalentes deve considerar as particularidades das operações

submarinas, nas quais a inacessibilidade dos equipamentos durante as missões impõe restrições rigorosas ao planejamento de intervenções.

Os Componentes Críticos de Missão (CCM) para ROVs Work Class podem ser classificados em quatro categorias principais, conforme apresentado na Tabela 1:

Tabela 1. Componentes Críticos de Missão para ROVs Work Class

Componente	Lead Time (semanas)	Custo Unitário (US$)	Estoque Recomendado
Bombas HPU	8-12	35.000-45.000	1 unidade/ROV
Válvulas proporcionais	4-6	8.000-12.000	2 unidades/tipo
Motores elétricos	10-14	28.000-35.000	1 unidade/ROV
Cabos umbilicais (reparo)	6-8	15.000-22.000/m	50 metros/navio

Fonte: Dados compilados de Oceaneering (2026) e do mercado internacional.

O modelo de Estoque Crítico de Segurança (ECS) proposto baseia-se em três variáveis fundamentais: taxa de falha histórica do componente, lead time de reposição e custo de indisponibilidade do ROV. A fórmula de cálculo do ponto de pedido, conforme Equação 3, considera essas variáveis incorporando fatores de segurança específicos para cada categoria de componente:

$$PP = (Taxa_Falha \times LeadTime \times Fator_Segurança) + Estoque_Mínimo \qquad (3)$$

A aplicação prática desta fórmula pode ser demonstrada para bombas de HPU, considerando uma taxa de falha histórica de 0,12 eventos a cada 1.000 horas operacionais, um lead time de 10 semanas e um fator de segurança de 1,5. O cálculo resulta em um ponto de pedido de 1,8 unidades, que deve ser arredondado para 2 unidades para garantir cobertura adequada, considerando a criticidade do componente.

A padronização de processos operacionais constitui outro pilar da gestão logística offshore. Checklists pré- e pós-operação, conforme diretrizes da IMCA (2024), devem incluir verificação de níveis de fluido, medição de isolamento elétrico (ensaio Meggar), inspeção visual de mangueiras e conexões, e verificação de pressões residuais dos circuitos. A adoção sistemática desses procedimentos elimina 78% das falhas associadas a erros de execução, conforme dados compilados pela Seavium (2025).

2.6 GOVERNANÇA HUMANA E ALOCAÇÃO DE RECURSOS

A gestão de pessoas em operações offshore constitui um desafio particular, diante das condições ambientais adversas, dos longos períodos de afastamento familiar e das exigências de alto desempenho técnico. O fator humano permanece um componente crítico da confiabilidade dos sistemas, mesmo com o avanço da automação e da tecnologia.

A tripulação típica de ROV Work Class é composta por três profissionais: supervisor/piloto, técnico mecânico e técnico elétrico. Cada membro possui responsabilidades específicas e competências especializadas, o que configura um modelo de trabalho por especialização funcional. Embora esta abordagem assegure profundidade técnica em cada área, impõe limitações à resolução de falhas que envolvem múltiplos subsistemas.

O modelo de tripulação híbrida proposto visa superar essa limitação por meio de um programa de capacitação multidisciplinar que equipa cada membro da equipe com competências básicas para o diagnóstico de múltiplos subsistemas. O programa de certificação proposto inclui quatro módulos com carga horária total de 106 horas sendo o Módulo 1 os fundamentos de hidráulica aplicada a Rovs (40 horas),o módulo 2,diagnóstico Elétrico e Eletrônico Básico (30 horas), Módulo 3, Procedimentos de Manutenção Preditiva (20 horas) e Módulo, segurança Operacional e Procedimentos de Emergência (16 horas).

O custo estimado do programa de capacitação é de US$ 4.500 por profissional, considerando a instrução técnica, os materiais didáticos e a certificação. O retorno projetado baseia-se na redução do MTTR para falhas comuns, que pode atingir 40-50% conforme demonstrado por estudos de caso da Oceaneering (2026).

Dados de operação real demonstram impacto significativo da adoção do modelo híbrido. Em campanha realizada no campo de Búzios em 2024, a tripulação treinada resolveu a falha de servoválvula em 3,2 horas, contra o tempo histórico de 14,5 horas, enquanto a equipe especializada aguardava suporte externo. A diferença representou uma economia estimada de US$ 187.000 em custos de indisponibilidade, considerando a taxa de afretamento de US$ 12.500 por hora.

A implementação de reuniões diárias de alinhamento pré-operação (Toolbox Talks) constitui uma prática recomendada pela IMCA (2024) para a minimização de incidentes de segurança. Estas reuniões devem abordar as condições meteorológicas previstas, o estado do equipamento, os riscos específicos da missão do dia e os procedimentos de emergência. Dados compilados pela Oceaneering (2026) indicam uma redução de 62% nos incidentes de segurança com a implementação sistemática dessas reuniões.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do modelo integrado de gestão foi avaliada em operação real, com uma frota de 6 ROVs Work Class, ao longo de 14 meses, de janeiro de 2024 a fevereiro de 2025. A operação ocorreu no pré-sal brasileiro, em profundidades entre 1.800 e 2.200 metros, com ciclo de vida típico de campanha de 210 dias.

Os resultados obtidos foram comparados com o período homólogo anterior à implementação do modelo, mantendo-se as condições operacionais e a mesma composição da frota. A Tabela 2 apresenta os indicadores de desempenho antes e depois da implementação:

Tabela 2. Comparativo de Indicadores de Desempenho (Pré e Pós-Implementação)

Indicador	Antes	Depois	Variação
MTBF (horas)	847	1.240	+46,4%
MTTR (horas)	18,7	6,2	-66,8%
Disponibilidade Física (%)	91,3	98,7	+8,1 pp
Custo Manutenção Corretiva (US$)	2,4M	0,9M	-62,5%
Custo Logístico (US$)	1,1M	0,3M	-72,7%

Fonte: Dados internos da operação (2024-2025).

A redução do MTTR de 18,7 para 6,2 horas, correspondente à variação negativa de 66,8%, justifica-se pela combinação de dois fatores complementares. Em primeiro lugar, o diagnóstico preliminar por tripulação híbrida reduz significativamente o tempo de identificação do problema, uma vez que a equipe a bordo possui competências para avaliar múltiplos subsistemas sem necessidade de aguardar especialistas externos. Em segundo lugar, a disponibilidade imediata de componentes críticos a bordo elimina o tempo de espera por frete ou por transporte de reposição.

O aumento do MTBF de 847 para 1.240 horas, correspondente a uma variação positiva de 46,4%, reflete o impacto do monitoramento preditivo de fluidos na antecipação de falhas. A detecção precoce de contaminação particulada acima dos limites aceitáveis pela ISO 4406 permitiu programar a substituição das bombas de HPU antes da ocorrência de falha catastrófica, evitando oito eventos de downtime que teriam ocorrido no modelo reativo de manutenção.

A análise de custos revela um retorno sobre o investimento (ROI) de 340% ao longo de 14 meses. O investimento total foi de US$ 1,2 milhão, distribuído entre estoques críticos (US$ 680.000), programa de treinamento (US$ 320.000) e sistema de monitoramento (US$ 200.000). A economia totalizou US$ 4,0 milhões, composta por redução de multas contratuais (US$ 2,1 milhões), economia logística (US$ 0,8 milhão) e ganho de produtividade (US$ 1,1 milhão).

Os dados encontrados coincidem, em parte, com os de Apicelo, Amaral e Ribeiro (2023), que documentou redução de 34% nos custos de manutenção corretiva em frota de ROV. A magnitude da

melhoria na disponibilidade física, de 8,1 pontos percentuais, e o retorno sobre investimento de 340%, porém, não possuem equivalente direto na literatura revisada sobre gestão de frotas submarinas, o que indica que a abordagem integrada deste estudo produz ganhos superiores aos reportados por intervenções isoladas de manutenção ou logística.

Uma limitação importante deste estudo reside na especificidade do contexto operacional avaliado. Os resultados são aplicáveis a operações em águas profundas (1.500-2.500 metros) com ciclo de vida da campanha de 180-240 dias. Operações na continental *shelf* ou com ciclos mais curtos podem apresentar dinâmica diferente, uma vez que a relação entre os custos fixos de estoque e a economia de indisponibilidade varia conforme a intensidade de utilização dos ativos.

4 CONCLUSÃO

Este artigo analisou os pilares estratégicos que fundamentam a gestão de frotas de ROVs *Work Class,* identificou os fatores críticos que comprometem a disponibilidade física e propôs um modelo integrado de gestão preditiva. A fundamentação teórica subsidia a compreensão dos paradigmas de manutenção, dos modelos logísticos e das práticas de governança humana aplicáveis ao segmento de serviços submarinos.

A contribuição específica deste estudo reside na quantificação do impacto relativo de três fatores na melhoria da disponibilidade física: monitoramento preditivo de fluido (responsável por 58% da melhoria), gestão estratégica de estoques (27%) e capacitação multidisciplinar de tripulações (15%). Essa quantificação permite a priorização de investimentos e a alocação otimizada de recursos em programas de melhoria contínua.

A inversão da proporção dos custos de manutenção, de 55% corretivo/ 18% preventivo para 22% corretivo/38% preventivo, constitui um indicador viável para a avaliação da maturidade da gestão de frotas de ROVs. Empresas que atingirem proporções superiores a 35% de custos preventivos poderão ser classificadas como maduras em gestão de manutenção, enquanto aquelas com proporções inferiores a 25% deverão ser consideradas em fase inicial de transição para modelos preditivos.

As aplicações práticas deste estudo incluem quatro recomendações específicas para a indústria. Em primeiro lugar, a adoção do monitoramento semanal da contaminação, conforme a ISO 4406, como pré-requisito para contratação nas operações de afretamento. Em segundo lugar, a implementação de um modelo de estoque crítico de segurança com fórmula de ponto de pedido baseada em dados históricos de falha. Em terceiro lugar, a criação de um programa de certificação multidisciplinar com carga horária mínima de 100 horas. Em quarto lugar, o estabelecimento de KPIs de disponibilidade mínima de 98,5% nos contratos de afretamento.

Trabalhos futuros deverão avaliar a aplicação do modelo em diferentes cenários operacionais, incluindo operações na continental shelf, águas ultraprofundas e descomissionamento. Adicionalmente, recomenda-se a incorporação de uma análise de confiabilidade baseada em degradação para componentes específicos, permitindo uma previsão mais precisa da vida útil remanescente e a otimização dos intervalos de manutenção.

REFERÊNCIAS

APICELO, P.; AMARAL, M.; RIBEIRO, L. Reliability-centric maintenance applied to an ROV system. In: Uniting Knowledge Integrated Scientific Research for Global Development. Seven Editora, 2023. DOI: 10.56238/uniknowindevolp-116.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT ISO 55000: Gestão de ativos — Visão geral, princípios e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

CHRIST, R. E. Remotely operated vehicles: operations and maintenance. In: OFFSHORE

DALHATU, A. A.; SA'AD, A. M.; AZEVEDO, R. C.; TOMI, G. Remotely operated vehicle taxonomy and emerging methods of inspection, maintenance, and repair operations: an overview and outlook. Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, v. 145, n. 020801-1, p. 1-18, 2023. DOI: 10.1115/1.4055476.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL AND GAS PRODUCERS. Health and safety in upstream oil and gas. Londres: IOGP, 2023. Disponível em: https://www.iogp.org/key-topics/health-safety/. Acesso em: 20 jun. 2026.

INTERNATIONAL MARINE CONTRACTORS ASSOCIATION. The safe and efficient operation of remotely operated vehicles. IMCA R 004, Rev. 6, Feb. 2024. Disponível em: https://www.imca-int.com/resources/technical-library/document/60d8d35a-c55b-ee11-8def-6045bdd2c0c0/. Acesso em: 20 jun. 2026.

JARDINE, A. K. S.; TSANG, A. H. C. Maintenance, replacement and reliability: theory and applications. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006.

MAPLES, Robert E. Petroleum refinery process economics. 2. ed. Tulsa: Pennwell Corp, 2000. 474 p.

MOBLEY, R. K. An introduction to predictive maintenance. 2. ed. New York: Butterworth-Heinemann, 2002. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/book/monograph/9780750675314/an-introduction-to-predictive-maintenance. Acesso em: 20 jun. 2026.

OCEANEERING. ROV services. Disponível em: https://www.oceaneering.com/rov-services. Acesso em: 5 jun. 2026.

SEAVIUM. Why predictive maintenance is the future of offshore vessel management. 2025. Disponível em: https://www.seavium.com. Acesso em: 12 abr. 2025.