



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ANÁLISE QUALITATIVA DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE
GOVERNO HIDRÁULICO EM REBOCADORES**

VITÓRIA MIRANDA DE CARVALHO

**Tucuruí - PA
2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ANÁLISE QUALITATIVA DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE
GOVERNO HIDRÁULICO EM REBOCADORES**

VITÓRIA MIRANDA DE CARVALHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí da Universidade Federal do Pará para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador:
Profº Me. Maciel da Costa Furtado**

**Tucuruí - PA
2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

C331a Carvalho, Vitória Miranda de.
Análise qualitativa da eficiência do sistema de governo
hidráulico em rebocadores / Vitória Miranda de Carvalho. — 2022.
55 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Me. Maciel da Costa Furtado
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de
Engenharia Mecânica, Tucuruí, 2022.

1. Sistema de governo. 2. manobrabilidade. 3. sistema
hidráulico. 4. Transmissão. 5. Rebocador. I. Título.

CDD 620.00452



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ANÁLISE QUALITATIVA DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE
GOVERNO HIDRÁULICO EM REBOCADORES**

VITÓRIA MIRANDA DE CARVALHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí da Universidade Federal do Pará para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

BANCA EXAMINADORA

Maciel da Costa Furtado

Orientador: Prof^o. Msc. Maciel da Costa Furtado
(FEM/CAMTUC/UFPA)

Leopoldo Pacheco Basto

Membro Interno: Prof^o. Dr^o. Leopoldo Pacheco Basto
(FEM/CAMTUC/UFPA)

Ronaldo Raposo Moura

Membro Interno: Prof^o. Msc. Ronaldo Raposo Moura
(FEM/CAMTUC/UFPA)

Jean R Nascimento

Membro Externo: Eng. Jean Ramos Nascimento
(FEM/CAMTUC/UFPA)

Conceito: BOM

Tucuruí, 07 de fevereiro de 2022.

Dedico esse trabalho primeiramente à Deus, minha família e amigos que são as pessoas mais importantes da minha vida, que me incentivaram e apoiaram ao longo de toda essa travessia pelo meu período de estudo.

AGRADECIMENTOS

Hoje posso dizer que mais uma etapa, embora difícil, da minha vida está se concluindo. No entanto, foram muitas alegrias e muito aprendizado ao longo deste período. Primeiramente devo tudo a Deus, que me deu forças e coragem para sair da minha cidade e estudar em outra para conquistar um dos meus objetivos e poder chegar até aqui.

Quero agradecer especialmente a minha família, que foram e sempre serão minha base nessa vida. Ao meu pai João Tiago de Carvalho e minha mãe Eliana Miranda, as minhas Irmãs Sandy C. Miranda de Carvalho e Sarah C. Miranda Pereira. Pois sem a força, carinho e apoio quem me concederam, eu não teria chegado a onde sempre sonhei.

Aos meus professores quero agradecer pelos ensinamentos e aprendizado, todo o meu crescimento devo a cada um de vocês, pois sempre que possível estavam dispostos a ajudar e me guiar nesta jornada e principalmente a o meu professor e orientador Maciel da Costa Furtado, que com paciência e curto prazo me ajudou a concluir esse trabalho que eu jamais imaginei que seria capaz de escrever e a seguir os caminhos certos para chegar ao meu objetivo final.

Quero agradecer a minha prima Dr. Débora Cordeiro Pinheiro, por sempre está disposta a me ajudar em qualquer situação, sendo a minha família morando longe de casa. Agradeço também ao meu amigo Suenny Mesquita, por mesmo em cursos diferentes, ser meu melhor professor. A minha melhor amiga Brenda Teixeira pelos longos anos de amizade e que mesmo com a distância nunca me abandonou. A minha tia Elizangela Miranda por me acolher em sua casa como uma filha. Aos meus amigos de faculdade Paulo Vinícius Suzuki, Thomé Rocha e Gumercindo Moraes por serem os melhores companheiros nessa jornada de estudos.

Agradeço ao meu cunhado Nelson Aires pela oportunidade e ensinamentos que me proporcionou ao longo do meu estágio. Aos meus companheiros de trabalho Gerson Aires, Francisco Moraes e Ney Silveira por todo o conhecimento técnico, companheirismo e paciência durante meu estágio na empresa.

“A vida é uma grande universidade, mas pouco ensina a quem não sabe ser um aluno.”

(Augusto Cury)

ANÁLISE QUALITATIVA DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE GOVERNO HIDRÁULICO EM REBOCADORES

RESUMO

É notório que o aperfeiçoamento e modernização das embarcações, hoje em dia, tem sido de vital importância. A evolução dos tipos de sistemas de direção empregado nos rebocadores tem mostrado muitos resultados em questão da manobrabilidade dos navios. Este trabalho tem como intuito apresentar uma análise da eficiência do sistema de governo hidráulico implantando nos rebocadores, apresentando um comparativo com o sistema de governo mecânico, através do método de revisão bibliográfica de pesquisa, com a coleta de dados no período de 1 ano de estágio realizado, descrevendo o desenvolvimento dos processos de transmissão entre o sistema mecânico antigo com o atual sistema hidráulico usado pela empresa de análise e os componentes do funcionamento destes sistemas. Por fim, demonstrou-se através dos estudos contidos nesse trabalho que o sistema hidráulico possui tanto em questão da redução de esforços do comandante como também confiabilidade em situações de emergência, onde precisa-se fazer manobras rápidas, o sistema hidráulico apresenta mais eficiência.

Palavras-chave: *manobrabilidade, sistema de governo, transmissão, rebocadores e sistema hidráulico*

ABSTRACT

Nowadays, is a fact that the vessels improvement and modernization has been of vital importance. The types of steering systems evolution used in tugs has shown many results in terms of ships maneuverability. This work goal is to present a hydraulic steering system efficiency analysis implanting in the tugs, presenting a comparison with the mechanical steering system, through the method of bibliographic review of research, with data collection during the period of one year of internship carried out, describing the system components operation and comparing analysis between the old mechanical system and the current hydraulic transmission system used by the company. Finally, it was demonstrated through the studies contained in this work that the hydraulic system has both in terms of reducing efforts needed for the vessel commander, as well as, reliability in emergency situations. Where it is necessary to make quick maneuvers, the hydraulic system presents more efficiency.

Keywords: *maneuverability, government, streaming, tugs and hydraulic system.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Empurrador	14
Figura 2. Rebocador na função de empurrador	17
Figura 3. Sistema de governo entre o timão, máquina do leme e o leme	17
Figura 4. Timão	18
Figura 5. Transmissão mecânica	19
Figura 6. Transmissão hidráulica	19
Figura 7. Transmissão elétrica	20
Figura 8. Transmissão direta	20
Figura 9. Transmissão quadrante	21
Figura 10. Transmissão tambor	21
Figura 11. Transmissão parafuso sem fim	22
Figura 12. Servomotor a vapor	23
Figura 13. Servomotor hidráulico	23
Figura 14. Servomotor elétrico	24
Figura 15. Leme	25
Figura 16. Partes principais do rebocador	26
Figura 17. Esquema do sistema hidráulico	27
Figura 18. Lei de Pascal	28
Figura 19. Princípio da prensa hidráulica	29
Figura 20. Reservatório hidráulico	32
Figura 21. Bomba palheta	35
Figura 22. Válvula de controle direcional	36
Figura 23. Válvula de controle de pressão	36
Figura 24. Válvula de controle vazão	37
Figura 25. Vista interna de um cilindro de dupla ação	38
Figura 26. Movimentos do cilindro linear	38
Figura 27. Condutores hidráulicos	40
Figura 28. Orbitrol	40
Figura 29. Timão do rebocador mecânico	42
Figura 30. Máquina do leme (caixa de direção)	42
Figura 31. Roldanas, tubulação	43
Figura 32. Cana do Leme	43

Figura 33. Bomba hidráulica, motor elétrico, filtro e reservatório	44
Figura 34. Orbitrol, timão do rebocador hidráulico	45
Figura 35. Cilindros	45
Figura 36. Madre	46
Figura 37. Esquema do sistema mecânico no rebocador	47
Figura 38. Esquema do sistema hidráulico no rebocador	48
Figura 39. Conversão de energia no sistema hidráulico	49
Figura 40. Conversão de energia no sistema mecânico	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 REBOCADORES	16
2.1.1 Rebocador/Empurrador	16
2.1.2 Sistema de governo	17
2.1.3 Timão (Roda do leme)	18
2.2 SISTEMA DE TRANSMISSÃO	18
2.2.1 Transmissão entre o timão e a máquina de leme	18
2.2.2 Transmissão entre a máquina de leme e o leme	20
2.3 MÁQUINA DO LEME (SERVOMOTOR).....	22
2.3.1 Tipos de servomotor	22
2.4 LEME.....	24
2.5 PRINCIPAIS PARTES DE UMA EMBARCAÇÃO.....	25
2.6 PRINCÍPIOS DA HIDRÁULICA.....	26
2.6.1 Fluido	27
2.6.2 Lei de Pascal	28
2.6.3 Conservação de energia	29
2.7 COMPONENTES HIDRÁULICOS	30
2.7.1 Fluido hidráulico	30
2.7.2 Reservatório	31
2.7.3 Filtros hidráulicos	33
2.7.4 Bomba hidráulica	34

2.7.5	Válvulas	35
2.7.6	Atuadores	37
2.7.7	Motores elétricos	39
2.7.8	Condutores hidráulicos	39
2.7.9	Orbitrol	40
3	ESTUDO DE CASO	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5	CONCLUSÕES	51
5.1	TRABALHOS FUTUROS	51
	REFERÊNCIA	52

1. INTRODUÇÃO

O meio de transporte marítimo tem sido de muita importância, principalmente para as relações comerciais. Devido aos grandes e incontáveis avanços ao longo da construção dos navios, vem-se tornando um dos meios mais prático, seguro e econômico, sendo assim proporcionando cada vez mais uma grande evolução na história dos navios de carga (MENDES, 2017).

Com a necessidade de suprimir as grandes demandas de mercado foi necessário que as embarcações apresentassem mais potência e rapidez. Tal demanda se justifica em virtude de vivermos em um mundo cada vez mais globalizado, onde é praticamente impossível imaginar a sociedade como é hoje sem as relações comerciais internacionais com países detentores de recursos naturais fornecendo matéria prima para que os países desenvolvidos tecnologicamente forneçam produtos industrializados (TEXEIRA, 2019). A necessidade desenvolver sistema de embarcações marítima mais rápido e eficiente tem levado os engenheiros a implementarem melhoria nos sistemas das embarcações e um deles é o desenvolvimento do sistema de governo para se navegar (DUARTE & SOUSA, 2016).

Os empurradores, como meios de transporte marítimo já não são tão recentes. Antigamente eram usados apenas como embarcações de porte médio com a função de auxiliar na atracação de grandes navios. No entanto, atualmente foram desenvolvidos e aperfeiçoados para exercer funções em áreas marítimas, de acordo com a sua finalidade projetada. Construído para conduzir grandes volumes de cargas com uma pequena equipe de tripulantes e sendo bastante funcional em viagens de curta distância. Atualmente, no Brasil, ainda apresenta pouca empregabilidade devido ao pouco investimentos nesse meio de transporte e por questão de suporte marítimo. Entretanto, na região Amazônica, os empurradores têm se tornado um meio de transporte essencial devido a sua rapidez, eficácia e economia. Principalmente nas regiões do Pará para fazer conexões com outras regiões no contexto de transporte de mercadorias e pessoas (MENDES, 2017). A Figura 1 mostra uma imagem típica de um empurrador bastante usado na região amazônica.

Figura 1. Empurrador

Fonte: Autoria própria (2022).

Todas as embarcações necessitam ter o controle direcional no plano horizontal de forma que elas possam seguir um caminho reto, girar ou efetuar mudanças de direção exigidas operacionalmente. Para transportar cargas, navegar, manobrar e atracar as embarcações é preciso que se tenha não só muita habilidade, mas é preciso também dominar a ciência envolvida ao redor de toda navegação, que conseqüentemente está ligada ao treinamento dos práticos para se navegar. Não é qualquer pessoa que sabe governar uma embarcação, a física que envolve tanto o funcionamento da embarcação, quanto o meio em que se navega é preciso ser estudada e compreendida (FRAGOSO & CAJATY, 2002).

Por muitos anos, o sistema de transmissão por engrenagens foi muito usado para compor o sistema de governo mecânico, onde se tinham um conjunto dessas engrenagens instaladas sobre um passadiço, em que se era ligado até o leme por hastes e correntes. Isso se dava devido o movimento do volante, para bombordo ou boreste, que transmitia ao motor o controle através de roda e eixos. Apesar disso, tinha-se um certo limite de distância através desse método de transmissão implantado. Devido os problemas apresentados pelos métodos antigos do conjunto do aparelho de governo, na reunião do Comitê de Inquéritos sobre os giros de direção realizada em 1936, foi colocado em pauta uma série de deficiências na concepção, operação, manutenção e inspeção de aparelhos de governo (ROCHA & PESSOA, 2017).

Devido a modernização dos sistemas de governo houve uma melhora no sistema de navegação dos empurradores. Tal melhora foi responsável por proporcionar uma diminuição

equivalente no tempo de resposta entre o comando do leme e o timoeiro, que possibilitou o desenvolvimento de novos tipos de aparelho de governo e sistemas de transmissão mais modernos instalados nas embarcações, aperfeiçoando o controle do rumo a ser navegado. Além desse tempo de resposta, outro fator foi os esforços que o comandante tinha que aplicar para poder movimentar a roda do leme. Sendo assim, outro fator importante apresentado pelos métodos de transmissão é a sua dimensão, onde se tinha os componentes do sistema em dimensões extremamente grandes e robusta, como por exemplo, a máquina do leme e o timão (ROCHA & PESSOA, 2017).

A criação de meios mais modernos de sistema de governo, se deu pela necessidade de alcançar níveis de qualificação, padronização e modernização, incentivada por uma economia em constante desenvolvimento, levando diversas empresas dos setores navais a utilizarem a automação em seus portos, navios e estaleiros (SILVA, 2013).

1.1 JUSTIFICATIVA

A necessidade de melhora no sistema de governo nos empurradores tem levado diversas empresas do segmento a desenvolver sistemas mais eficientes. A substituição do sistema de governo mecânico pelo hidráulico é hoje uma realidade e o estudo do desenvolvimento dos sistemas hidráulicos para essas embarcações é imprescindível no sentido de facilitar a manobrabilidade da embarcação no deslocamento de grandes cargas para o comandante responsável por dirigir a embarcação. Existindo assim a necessidade por um sistema de governo que seja capaz de operar com potência e acionamento limitada e ao mesmo tempo facilitar nas atividades de manobrabilidade, confiabilidade e precisão, fazendo com que a implantação de sistema hidráulico seja uma alternativa para utilização em rebocadores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência de um sistema hidráulico de transmissão em comparação com um sistema mecânico em rebocadores de balsas.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Analisar o modelo de transmissão mecânico para o hidráulico.
- ✓ Avaliar o processo de mudança dos elementos que compõe o sistema mecânico para o hidráulico.
- ✓ Avaliar a física de funcionamento do sistema hidráulico aplicado aos rebocadores.

- ✓ Comparar a melhoria da manutenção do sistema hidráulico versus mecânico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 REBOCADORES

Inicialmente, define-se rebocadores como sendo embarcações de pequeno porte com motores de grande potência, projetado para empurrar, puxar e rebocar comboios ou embarcações de grande porte (MENDES, 2017). No entanto, há vários tipos de rebocadores para diferentes necessidades de serviços e manobras.

Há diversos fatores importantes que se devem ser analisados antes para estabelecer a capacidade de manobra de um rebocador, tais como, tipo de propulsão, estabilidade, estrutura, forma do casco e sistema de governo (SILVA, 2013). Assim como, em qualquer meio de transporte terrestre, ferroviário, aéreo ou hidroviário, seja de carga ou passageiros, existe as categorias que os diferenciam, como a sua funcionalidade ou o tipo de serviço, e com os rebocadores não é diferente. Sendo assim, há dois tipos de rebocadores:

1. Rebocadores portuários: são rebocadores que auxiliam principalmente nas operações de atracação e desatracação no porto, ajudando nas manobras e rebocagem, de outras embarcações (MENDES, 2017).
2. Rebocadores marítimos: são bastante potentes na rebocagem de navios, projetados para suportar longas viagens sem assistência ou apoio (MENDES, 2017).

2.1.1 Rebocador/Empurrador

De acordo com Fragoso & Cajaty (2002), assim como os rebocadores, os empurradores são embarcações convencionais de pequeno porte e grande potência, com eixo, propulsor e leme, projetados com a função empurrar e de conduzir grandes volumes de cargas, como balsas e comboios. Também possui grande força de tração à vante, além da sua função específica de empurrador, esse tipo de embarcação, apesar da não funcionalidade como rebocador, pode ser utilizado nas manobras e rebocagem de outras embarcações no porto (FRAGOSO & CAJATY, 2002). Como apresentado na figura 2.

Figura 2. Rebocador na função de empurrador



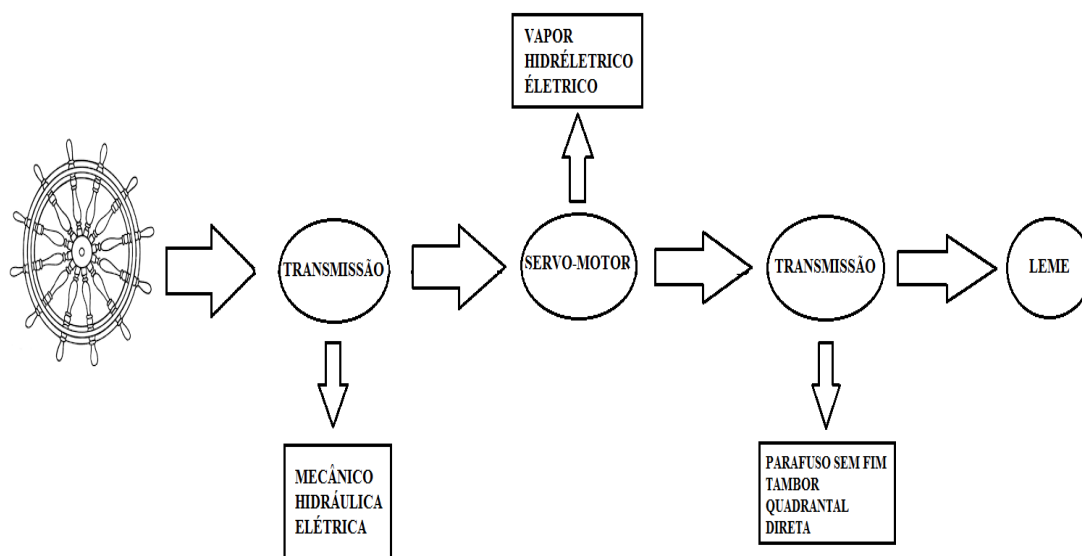
Fonte: Autoria Própria (2022).

2.1.2 Sistema de governo

O sistema de governo de um rebocador tem como intuito a facilitação na manobrabilidade do rebocador e o controle da direção ou sentido a ser navegado (ROCHA & PESSOA, 2017). Trata-se de um sistema designado a facilitar necessidade do governo da embarcação com apenas uma pessoa em posse, na qual o cargo é denominado timoeiro ou homem do leme (FONSECA, 2005).

Para facilitar e auxiliar na manobrabilidade da embarcação, a composição do sistema de governo é basicamente composto por: timão, sistemas de transmissão, servomotor e leme, como mostra a figura 3.

Figura 3. Sistema de governo entre o timão, máquina do leme e o leme



Fonte: Autoria Própria (2022).

2.1.3 Timão (Roda do leme)

Disposto num eixo horizontal, localizado no passadiço, feito de madeira ou metal, sendo contornado com vários punhos (malaguetas), com mostra a figura 4. É projetado para imprimir o movimento de rotação para bombordo (esquerda) e boreste (direita) (FONSECA, 2005).

Figura 4. Timão



Fonte: Autoria própria (2022).

2.2 SISTEMA DE TRANSMISSÃO

De acordo com Fonseca (2005), os sistemas de transmissão de uma embarcação se dividem em dois tipos: a transmissão entre o timão e a máquina do leme; e a transmissão entre a máquina do leme e o leme. A seguir é apresentado a descrição de cada tipo de sistema.

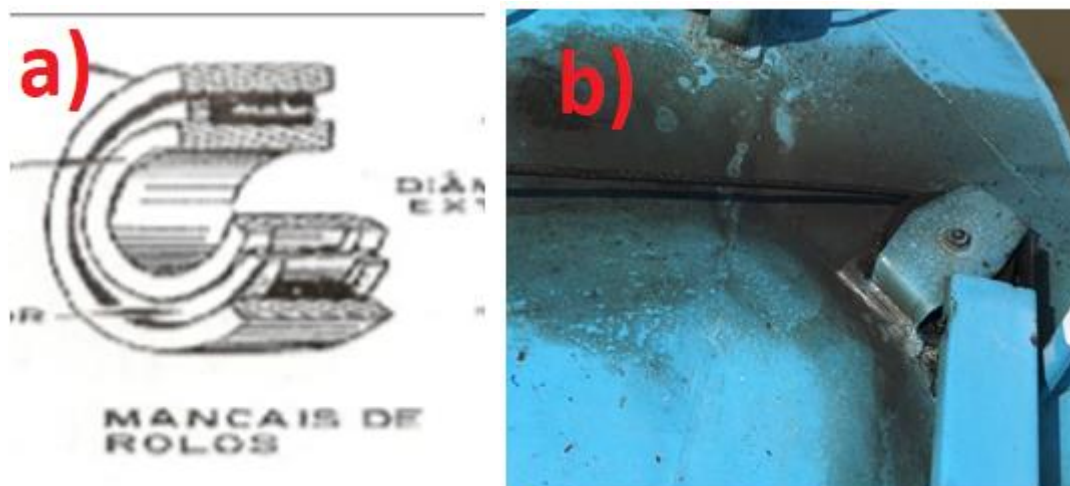
2.2.1 Transmissão entre o timão e a máquina de leme

Essa transmissão estabelece o meio que é usado para se transmitir o movimento entre eles ao longo da embarcação. Sendo assim, de acordo com Fonseca (2005), a transmissão entre o timão e a máquina do leme apresenta três diferentes tipos de transmissão:

1. Transmissão mecânica

Esse meio de transmissão pode ser feito de duas maneiras, uma por transmissão flexível, onde se tem o uso de gualdropes e roldanas para auxiliar pequenas mudanças de direção, e outro por transmissão rígida, que é feita por vergalhões de ferro, onde se tem o uso de mancais de rolamento para reduzir atrito com o vergalhão e como auxílio para mudanças de direção, como mostra a figura 5. Esse tipo de transmissão é muito encontrado em embarcações miúdas.

Figura 5. Transmissão mecânica: a) transmissão rígida; b) transmissão flexível



Fonte: Fonseca (2005).

2. Transmissão hidráulica

Esse tipo de transmissão geralmente é empregado nos navios mercantes e de guerra, onde se é feito por um telemotor, que se tem o uso de um fluido sobre pressão sendo transportados via tubulações ou mangueiras por zonas protegidas da embarcação até o seus os cilindros hidráulicos, que são acionados através desse fluido, sendo mais acessível usar transmissão duplas afastadas garantindo contratempo, como mostra a figura 6.

Figura 6. Transmissão hidráulica



Fonte: Autoria própria (2022).

3. Transmissão elétrica

Esse tipo de transmissão é mais visto em navios de grande porte modernos, na qual dispõe do uso de dois motores elétricos de corrente alternada auto sincronizados. A transmissão é feita através do motor-piloto, que recebe o movimento da roda do leme através de contatos adequados e em seguida o envia a outro motor receptor, que é ligado por condutores elétricos ao mecanismo de controle do servomotor, como mostra a figura 7.

Figura 7. Transmissão elétrica



Fonte: CFAQ (2002).

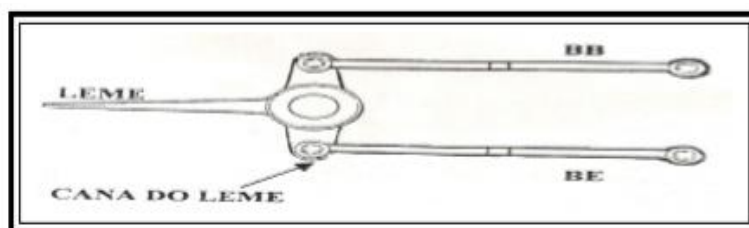
2.2.2 Transmissão entre a máquina de leme e o leme

Já a transmissão da máquina do leme e o leme estabelece o controle por meio do servomotor que está ligado a cana do leme para o leme, sendo assim, esse tipo de transmissão apresenta quatro diferentes meios de transmissão de movimento entre eles, tais como (FONSECA, 2005):

1. Transmissão direta

Realizada através de duas barras conectadas nas extremidades da cada leme, efetuando a movimentação do leme de um bordo a outro, como mostra a figura 8.

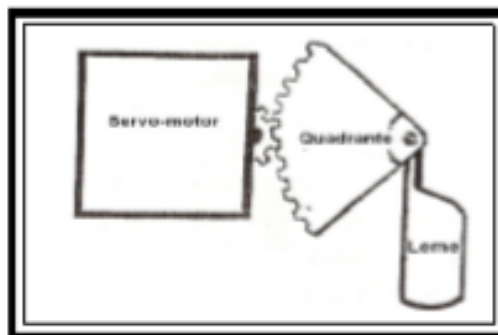
Figura 8. Transmissão direta



Fonte: Fonseca (2005).

2. Transmissão quadrante

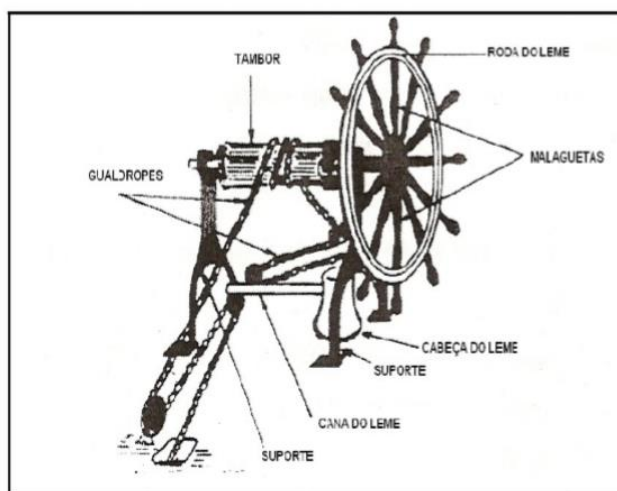
Tem-se a máquina do leme ligada a uma engrenagem, engrenada a um quadrante, onde o quadrante dentado rígido encontra-se fixo à cana do leme, como mostra a figura 9.

Figura 9. Transmissão quadrante

Fonte: Fonseca (2005).

3. Transmissão de tambor

Essa transmissão é feita através de uma corrente ou cabo de aço, que se enrola no tambor com um certo número de voltas nele. Onde esses cabos são fixados na extremidade de um setor quadrantal, como mostra a figura 10.

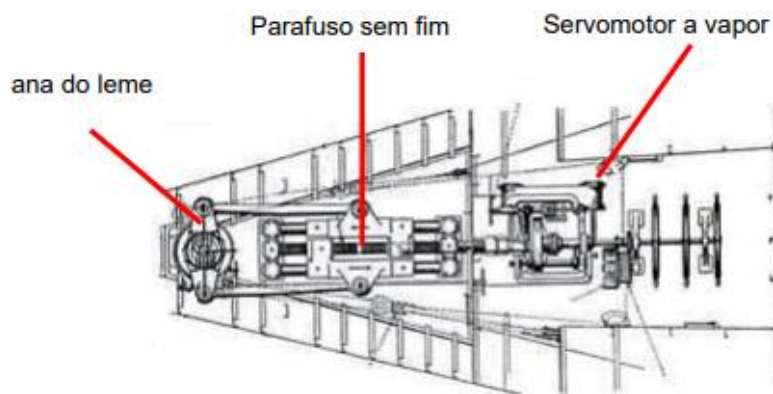
Figura 10. Transmissão de tambor

Fonte: Fonseca (2005).

4. Transmissão por parafuso sem fim

A transmissão é feita através do eixo da máquina do leme, operando um duplo parafuso sem fim, com roscas para direita e esquerda de uma extremidade a outra. Na qual, cada parafuso opera com um cursor ligado a um tirante que tem uma das extremidades ligada a cana do leme. Com o movimento dos parafusos sem fim, os dois cursores se movam em direções opostas, agindo nas extremidades da cana do leme, como mostra a figura 11.

Figura 11. Transmissão parafuso sem fim



Fonte: Fonseca (2005).

2.3 MÁQUINA DO LEME (SERVOMOTOR)

É um atuador que representa movimento proporcional a um comando a distância pelos movimentos da roda do leme. A localização do servomotor encontra-se instalado na popa, ou seja, no próprio compartimento do leme, ou em outros casos, em compartimentos contíguo para evitar longas transmissões (FONSECA, 2005).

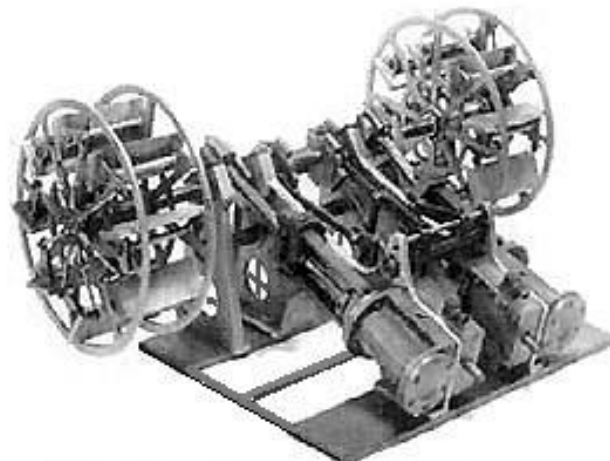
Os requisitos que possui a máquina do leme são: aplicação súbita de grande força a baixa velocidade, possibilidade de variação de velocidade por graus insensíveis e inversão de marcha (ROCHA & PESSOA, 2017).

2.3.1 Tipos de servomotor

1. Servomotor a vapor

Esse tipo de servomotor é muito utilizado em navios mercantes, onde possui uma válvula de distribuição de vapor que é comandada pela roda leme, que quando a roda do leme se encontra ao meio, a válvula também se encontra no mesmo curso, tendo seus canais de admissão do vapor fechados e a máquina é interrompida. Como movimento da roda do leme de um lado para o outro (bombordo e boreste), as válvulas de distribuição seguem o mesmo curso, dando entrada ao vapor e movimentando a máquina no mesmo sentido, como mostra a figura 12 (ROCHA & PESSOA, 2017).

Figura 12. Servomotor a vapor



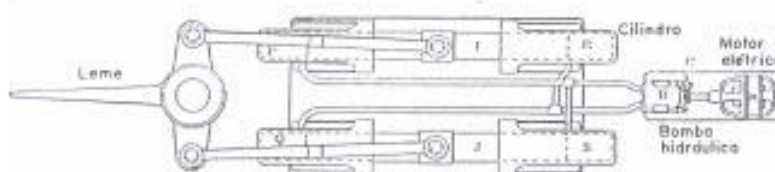
Fonte: Rocha & Pessoa (2017).

2. Servomotor hidráulico

Esse tipo de servomotor é muito encontrado em navios de guerra modernos. Seu princípio de funcionamento corresponde a um motor elétrico de alta rotação e velocidade constante, ligado a uma bomba hidráulica contendo um regulador de pressão. Na qual, o sentido do escoamento do fluido na bomba é feito por um mecanismo de controle que é conectado a roda do leme por meio de tubulações. Com o movimento do mecanismo em um sentido, faz com que a bomba realize pressão de um lado e aspiração do outro ao longo da tubulação. Já o movimento do mecanismo num outro sentido exerce o efeito contrário, tendo o sentido do escoamento do fluido sob pressão invertido, como mostra a figura 13 (FONSECA, 2005).

Independente do sentido, a vazão fluvial da bomba depende da amplitude do movimento do mecanismo de controle. Sendo assim, a bomba é ligada a dois tubos que saem dela até os cilindros, que operam juntos, sendo conectados a duas barras em extremidades opostas da cana do leme. Desse modo, todo o processo citado anteriormente do movimento do mecanismo de controle, tem o objetivo de transmitir esse movimento exercendo pressão e aspiração nos cilindros, fazendo com que essas forças mova o leme para bombordo ou boreste através da roda do leme (FONSECA, 2005).

Figura 13. Servomotor hidráulico



Fonte: Fonseca (2005).

O servomotor hidráulico e a vapor necessita de um mecanismo compensador para fazer o movimento do leme quando ele atingir o ângulo desejado. O objetivo do mecanismo é neutralizar o efeito da roda do leme, quando esta deixa de girar, a válvula é deslocada para a posição neutra, fazendo o sistema e conseqüentemente o leme (FONSECA, 2005).

3. Servomotor elétrico

Esse tipo de servomotor pode ser encontrado atualmente em navios mais modernos como cruzeiros. O sentido e a amplitude de movimento do motor e, portanto, do leme, são dados por um mecanismo de controle elétrico instalado na casa do leme, ou em qualquer das outras estações de governo do navio, como mostra a figura 14. Este sistema permite a eliminação da roda do leme, que é substituída por uma simples alavanca de controle (FONSECA, 2005). É fácil observar neste tipo de servomotor que se a alavanca estiver no meio o leme se encontra parado, ao passo que se movimentar a alavanca para direita dá-se a partida no motor e leme vai para boreste e se movermos a alavanca para esquerda dá-se a partida no motor e o leme vai para bombordo. Neste caso não há a necessidade de um mecanismo compensador uma vez que o leme se movimenta somente enquanto a alavanca de controle estiver fora da posição neutra. Um freio mantém o leme na posição desejada (FONSECA, 2005).

Figura 14. servomotor elétrico



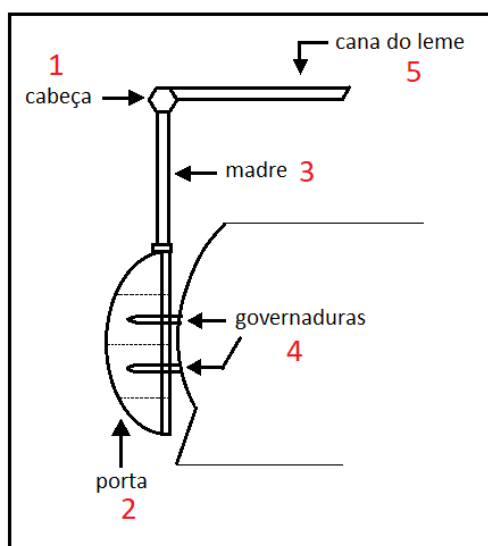
Fonte: Duarte & Sousa (2016).

2.4 LEME

O leme é um dos mais remotos elementos que constitui uma embarcação, sendo a principal peça e acessório do casco do navio, fixado na carena que é a parte do casco que fica

submersa a embarcação, fazendo parte do aparelho de governo. Encontra-se bem junto à popa, com o objetivo de dar direção (ou rumo) ao casco durante sua navegação (ASSIS, 2013). Dependendo do seu destino e função, existem embarcações que podem possuir um ou dois lemes, tais como: navios que navegam lagos e rios possuem dois lemes, já rebocadores apenas um leme. O leme é constituído pelas seguintes partes, 1- a cabeça, sendo a parte superior do leme; 2- porta, saia ou safrão, sendo a parte onde a pressão de água bate fazendo a mudança de sentido da embarcação; 3- a madre, que é a parte que opera como eixo, onde sua extensão penetra no casco da embarcação até a máquina do leme sendo transmitido o movimento do leme; 4- governaduras, sendo o conjunto de pinos (machos) e alojamentos (fêmeas) trabalhando para dar apoio ao leme e permitindo os movimentos deste para boreste e bombordo; 5- Cana do leme, eixo horizontal acoplado da madre, tendo os movimentos transmitidos por ela se espelha no leme. Como mostra a figura 15 abaixo (FONSECA, 2005):

Figura 15. Leme



Fonte: Autoria própria (2022).

2.5 PRINCIPAIS PARTES DE UMA EMBARCAÇÃO

Para entendermos melhor sobre o funcionamento de uma embarcação é preciso saber identificar as suas partes de acordo com os seus termos técnicos. A figura 16 abaixo, mostra as Identificação das partes e componentes de um rebocador, onde (CFAQ, 2002): o ponto 1 é a cabine de comando, onde fica o condutor da embarcação; o ponto 2 é a popa da embarcação, onde se tem a madre o leme; o ponto 3 é a proa que é a extremidade de avante da embarcação, possuindo a forma exterior afilada para melhor cortar a água; o ponto 4 é a casaria, onde se encontra a madre e o ponto 5 é o casco da embarcação que serve de base para a navegabilidade.

Figura 16. Partes principais do rebocador

Fonte: Autoria própria (2022).

2.6 PRINCÍPIOS DA HIDRÁULICA

A hidráulica tem-se como a parte da ciência que estuda o equilíbrio e comportamento dos fluidos, sejam eles em repouso ou em movimento, e as suas aplicações que auxiliam na transformação e condução de energia. Sendo assim, o princípio de qualquer sistema hidráulico é basicamente a realização de um trabalho, que gera uma produção de energia, na qual é transmitida por meio da força de um fluido (FIALHO, 2021).

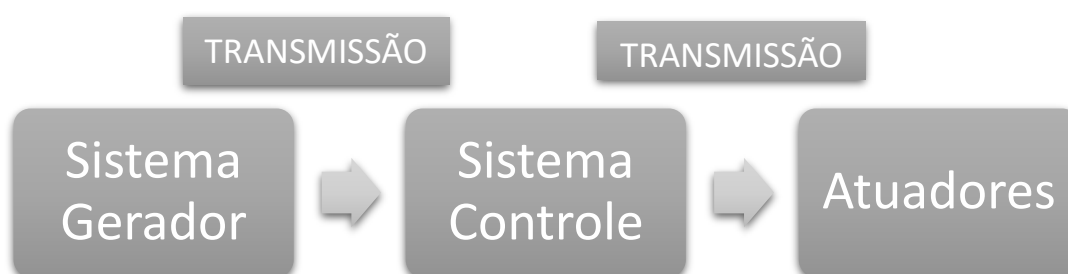
De acordo com Racine (1981), são apresentados três meios de transmissão de potência no meio comercial: a mecânica, a elétrica e a fluídica. Sendo assim, a transmissão mecânica a mais antiga e conhecida, tem-se a utilização de mecanismos como engrenagens, correias, polias molas e entre outras. Por outro lado, a elétrica mais moderna, já se utiliza outros componentes como geradores, motores elétricos e condutores, sendo assim o único meio de transmitir energia a longas distâncias. Por fim, a força fluídica conhecida a milhares de anos atrás, que utilizava a energia potencial do fluido acondicionado a uma altura, para a produção de energia. Na qual, o sistema de armazenamento e transmissão do fluido era feito através de canais ou dutos.

Segundo Linsingen (2001), o conjunto de elementos físicos convenientemente relacionados que utiliza um fluido como via de transferência de energia, possibilitando a transmissão e controle de forças e movimentos, é conhecido como um sistema hidráulico. Desta forma, o comportamento dos fluidos confinados é regido por duas leis físicas, da hidrostática, sendo a parte que explica o comportamento dos fluidos sob pressão (em repouso)

e da hidrodinâmica, que estuda os fluidos em movimento, produzido por uma diferença de pressão entre dois pontos.

Existe uma abundância de tipos de circuitos hidráulicos, que conforme o tipo da sua aplicação, seguem o mesmo esquema, conforme a figura 17, que de acordo com Palmieri (1997) se dividem em três partes, sendo primeiramente o sistema de geração, composto por reservatório, filtros, bombas, motores, acumuladores, intensificadores de pressão entre outros acessórios. Em seguida o sistema de distribuição, sendo composto por válvulas controladoras de vazão, pressão e direcionais. E por último o sistema de aplicação de energia, onde encontram-se os atuadores, sendo os cilindros, motores hidráulicos e osciladores.

Figura 14. Esquema do Sistema Hidráulico



Fonte: Autoria Própria (2022).

2.6.1 Fluido

O fluido pode ser definido como qualquer substância que escoar quando sob a ação de uma força tangencial. Uma das principais características dos fluidos é que eles não possuem forma própria, assumindo a forma do recipiente que o contém (FOX et. al, 2014). Para Stewart (1981), existe vários fluidos que podem ser usados utilizados em um sistema hidráulico como o óleo, água entre outros líquidos.

De acordo com Palmieri (1997), a definição de força, pode ser descrita como qualquer causa capaz de realizar trabalho. Ou seja, para movimentar um corpo qualquer, é necessário que se aplique uma determinada força sobre ele para move-lo ou pará-lo. No caso da pressão (P), podemos definir como sendo a razão entre uma força (F) aplicada sobre uma unidade de área (A). Portanto:

$$P = F/A \quad (1)$$

Conhecendo a pressão e a área aplicada, pode-se determinar a força total:

$$F = P \times A \quad (2)$$

Onde,

P = Pressão [N/m^2]

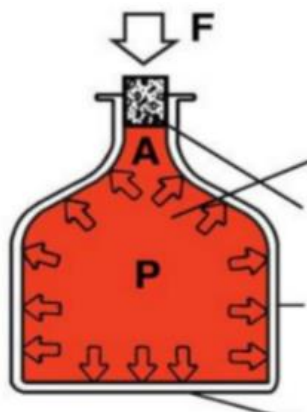
F = Força [N]

A = Área [m^2]

2.6.2 Lei de Pascal

O físico francês Blaise Pascal enunciou, em 1653, o “princípio de Pascal” que explicava que, a pressão exercida num ponto no interior de um fluido transmite-se com a mesma intensidade em todas as direções. Em outras palavras, aplicando-se uma força em uma superfície com fluido contido, como resultado essa pressão será transmitida para todo o fluido e para as paredes do recipiente que o contém, com mostra a figura 18 (ENGELMANN, 2015).

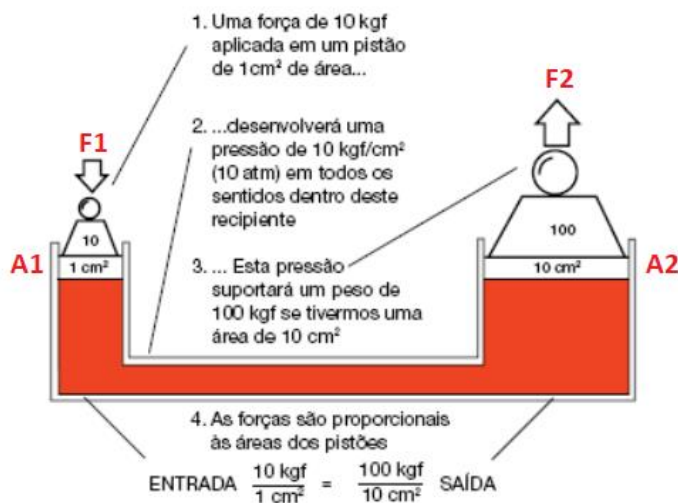
Figura 18. Lei de Pascal



Fonte: Moreira (2012).

A construção do princípio da prensa hidráulica, na qual, foi descoberto e enunciado por Pascal, teve seu desenvolvimento pelo mecânico Joseph Bramah em 1795 (MOREIRA, 2012). Se uma força (F_1) maior for aplicada sobre o cilindro (A_1), seguindo a lei de Pascal, a força (F_2) será proporcional a área, sendo assim pressionando o líquido até o outro cilindro (A_2), como mostra a figura 19.

Figura 19. Princípio da Prensa Hidráulica



Fonte: Moreira (2012).

Já que a pressão é transmitida uniformemente para todo o líquido, tem-se:

$$P_1 = P_2 \quad (3)$$

Sendo assim, temos:

$$F_1/A_1 = F_2/A_2 \quad (4)$$

2.6.3 Conservação de energia

O conceito de energia pode ser considerado como a capacidade de realizar trabalho (BOTTO et al., 2016). Segundo o princípio enunciado por Lavoisier, “que na natureza nada se cria e nada se perde, tudo se transforma”, este conceito pode ser aplicado a energia proveniente da natureza, a qual não pode ser criada ou destruída, apenas transformada. De acordo com Fialho (2003), para que um sistema seja conservativo, a energia mecânica inicial deve ser igual à energia mecânica final, sendo assim tem-se que a energia mecânica equivale ao resultado da soma da energia cinética com a energia potencial, representado pela equação a seguir:

$$Energia_M = Energia_c + Energia_p \quad (6)$$

$$E_M = \frac{m \times V^2}{2} + m \times g \times h \quad (7)$$

Onde,

E_m = Energia mecânica [J]

E_c = Energia cinética [J]

E_p = Energia potencial [J]

m = Massa [kg]

v = Velocidade [m/s]

g = Aceleração da gravidade [m/s²]

h = Altura [m]

As formas mais conhecidas de energia, são: a energia cinética, energia térmica, a energia solar, a energia eólica, a energia química e a energia nuclear (BOTTO et al., 2016).

Segundo Moreira (2012), tem-se que trabalho é uma força aplicada a determinada distância. No entanto, apenas a fórmula do trabalho, não possui mediação do tempo e da velocidade em que o trabalho é realizado. Sendo assim, quando se leva em consideração a velocidade em que se realiza o trabalho, pode-se definir a potência como sendo a velocidade com que o trabalho é efetuado em uma unidade de tempo. A unidade de medida para potência conforme o Sistema internacional é o Watt, que equivale a 1 joule por segundo (BOTTO et al., 2016). Também existe várias outras unidades de potência, como o cavalo-vapor (MOREIRA, 2012).

A potência em um sistema hidráulico, é basicamente concebida a partir de um atuador, sendo que a velocidade e a distância percorrida dependem da vazão da bomba, e já a força apenas da pressão (MOREIRA, 2012).

Segundo Fialho (2011), define-se vazão como sendo o volume de fluido que escoar por uma determinada seção de uma tubulação por unidade de tempo, ou ainda o produto entre a velocidade com que um fluido se desloca em uma tubulação e a seção transversal dessa. Em outras palavras, vazão é a rapidez com que um volume escoar. Na qual, a vazão corresponde à taxa de escoamento, ou seja, quantidade de material transportado através de uma tubulação ou duto, por unidade de tempo. Para a vazão, tem-se as unidades de medidas usadas m^3/h , m^3/s , l/h ou l/s (BOTTO et al., 2016).

2.7 COMPONENTES HIDRÁULICOS

2.7.1 Fluido hidráulico

Segundo Fox et al. (2014), o fluido hidráulico, também chamado de líquido hidráulico, podendo ser água, óleo ou qualquer outra substância. É usado como transmissão de energia em qualquer equipamento ou dispositivos que possuam um sistema hidráulico de transmissão de energia e força.

A escolha do fluido hidráulico é um dos principais fatores a ser levado em consideração para se ter um bom rendimento e pouca manutenção. Este fluido deve satisfazer

duas finalidades: transmitir com eficiência a potência que lhe é fornecida e lubrificar de maneira satisfatória os componentes internos dos sistemas (RACINE, 1981).

Segundo Moreira (2012), as principais funções que o fluido hidráulico deve apresentar são:

- ✓ Transmissão de energia;
- ✓ Lubrificação das partes móveis que fazem parte do sistema hidráulico;
- ✓ Arrefecimento do calor gerado na transformação de energia (refrigeração);
- ✓ Vedar as folgas internas dos componentes;
- ✓ Reduzir o atrito;
- ✓ Proteção contra a ferrugem e corrosão;
- ✓ Amortecimento de oscilações provocadas por irregularidades da pressão;
- ✓ Remoção de impurezas.

Uma propriedade física que o óleo hidráulico deve apresentar é a boa condutibilidade térmica, devido ao calor gerado nas bombas, válvulas, motores e tubulações, ser transportado através do fluido pressurizado para o reservatório, na qual este irradia o calor que foi gerado através das suas paredes para o ambiente. Caso o contrário, se as superfícies de irradiação não forem suficientes, será necessário adicionar sistemas de resfriamento para que não ocorra sobreaquecimento dos componentes e do fluido hidráulico (RODRIGUES, 2015).

Referente a viscosidade do fluido hidráulico, está é uma das propriedades físicas mais importante, visto que indica a resistência do óleo para o escoamento dentro do sistema, necessitando ter a correta lubrificação, para assim reduzir o atrito. No qual, quanto maior a temperatura, menor a viscosidade do fluido, por isso deve-se ter o controle da temperatura (SCHATZ et al., 2017).

Em outras palavras, podemos dizer que a viscosidade seria a “grossura” do óleo. Sendo assim, quando se tem um aumento da viscosidade, conseqüentemente a sua resistência ao escoamento aumenta, podendo causar problemas na passagem do óleo para o sistema (PALMIERI, 1997).

2.7.2 Reservatório

Um reservatório hidráulico dispõe de várias funções. Tendo como uma delas a de conter ou armazenar todo o fluido hidráulico e mais uma reserva, fornecendo auxílio no seu resfriamento por condução e convecção, e filtrando o fluido mantendo-o limpo (PALMIERI, 1997). O reservatório hidráulico possui além da função de armazenamento, a de separar o ar

do fluido, separar os contaminantes sólidos, auxiliar na dissipação do calor e inserir todo o fluido utilizado pelo sistema (MOREIRA, 2012).

Para solucionar possíveis dificuldades segundo ao seu dimensionamento e a posição dos elementos e acessórios, Fialho (2011) definiu uma regra eficaz, que diz “o volume do fluido armazenado no reservatório deve ser o suficiente para suprir o sistema por um período de no mínimo três minutos antes que haja o seu retorno, completando um ciclo”. Ou seja, o reservatório deve conter três vezes a vazão da bomba, isto é, garantir o fornecimento de óleo para bomba por no mínimo três minutos.

Portanto, tem-se a fórmula para o dimensionamento do reservatório (MOREIRA, 2012):

$$V = 3 \times Q_b \quad (8)$$

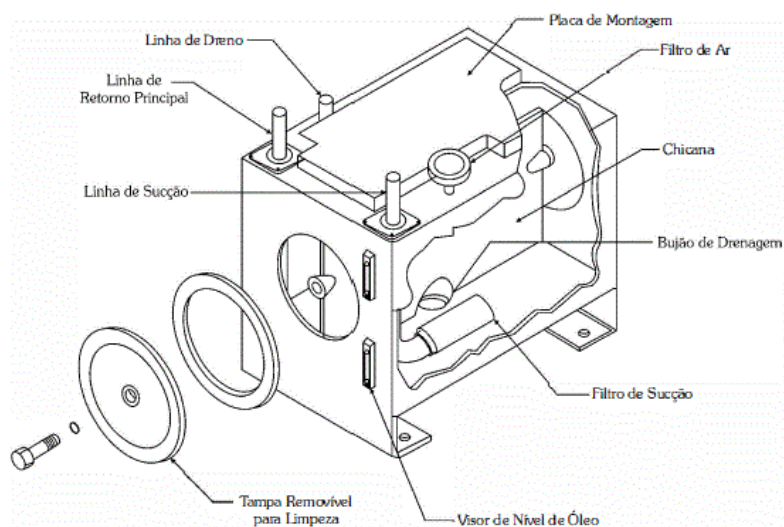
Onde,

V = Volume do reservatório [l]

Q_b = Vazão da bomba [l/min]

Para Moreira (2012), o projeto do reservatório é feito de maneira a se ter uma fácil manutenção. Sendo constituído de quatro paredes com placas de aço soldadas, com suportes adequados separando-o do chão; o fundo do tanque com uma base abaulada, com um plugue de dreno, para que o óleo possa ser drenado por um bujão; tampas de fácil remoção para limpeza; linhas de sucção; retorno e drenos; indicador de nível de óleo; tampa para respiradouro e enchimento; uma tela na abertura do abastecimento utilizada com filtro para evitar contaminação do óleo; filtro de sucção e placa defletora (chicana), como apresentado na figura 20 (FIALHO, 2011).

Figura 20. Reservatório hidráulico



Fonte: Fialho (2011).

2.7.3 Filtros hidráulicos

Para que haja um bom funcionamento do sistema hidráulico, o fluido deve se manter livre de impurezas, pois a contaminação desse fluido pode ocasionar falhas e o mau funcionamento do sistema (BOTTO et al., 2016). Por isso, segundo Moreira (2012), os filtros são componentes indispensáveis para qualquer sistema hidráulico, pois são eles responsáveis por impedir que boa parte desse fluido seja contaminada, mantendo todo e qualquer partícula sólida ou contaminadores insolúveis no fluido. Sendo assim, o filtro deve ser capaz de impedir a passagem de todo ou qualquer resíduo que possa contaminar o óleo no tanque.

A contaminação do óleo não filtrado, que provem muitas vezes do próprio desgaste dos componentes hidráulicos, pode influenciar na lubrificação, ocasionando lentidão nos componentes, falhas na operação e desgastes das partes móveis que compõem o sistema (MOREIRA, 2012).

Os dois tipos de filtro apresentado por Fialho (2011), é o filtro químico e o filtro mecânico. Para os sistemas hidráulicos, o filtro mecânico é o mais viável por ser diretamente responsável pela vida útil do circuito.

Existe diversos tipos de filtros e tamanhos, na qual são classificados pelo tamanho dos poros e sua unidade em micro. Dependendo do tipo de sistema e da sua localização, os filtros podem ser instalados em três zonas diferentes (MOREIRA, 2012). A seguir será descrito os três tipos principais de filtro usados em sistemas hidráulicos. São eles:

1. Filtro de sucção

É inserido na linha de entrada da bomba, possuindo a função de filtrar resíduos sólidos, encontradas no interior do tanque, evitando que sejam sugados pela bomba, provocando uma deficiência no sistema (PALMIERI, 1997).

Para Fialho (2011), devido ao posicionamento do filtro na linha de sucção, é criada uma resistência hidráulica, ocasionando na perda de pressão no ponto mais delicado do circuito. Em caso da utilização desse tipo de filtro, deve-se assegurar que seu dimensionamento seja para uma vazão um pouco maior que a da bomba, em alguns casos o dobro.

2. Filtro de pressão

O filtro na linha de pressão é muito menos arriscado em relação ao de sucção em relação aos efeitos de perda de carga, por possuir malhas muito mais finas que de sucção, na qual pode ajudar aumentando a eficiência da sua função com suas vias entupidas devido a sua filtragem (FIALHO, 2011).

Normalmente é utilizado quando se tem a necessidade de uma limpeza mais efetiva do fluido. Também pode ser composta por uma válvula de retenção simples em by-pass, atuando como uma válvula de proteção. Sendo o fluido forçado a passar pelo componente filtrante até que seja bloqueado, assim promovendo a abertura da válvula pelo acionamento da mola menor (PALMIERI, 1997).

3. Filtro de retorno

Os filtros de retorno estão localizados nas linhas de retorno do óleo que volta do sistema para o reservatório (MOREIRA, 2012). Normalmente apresenta a forma de um “T”, sendo constituído de três partes: a caneca, o elemento filtrante e o corpo superior.

O fluido que entra é obrigado a passar pelo elemento filtrante, confeccionado a partir de um papel poroso especial de 10 μ m de abertura de poro, resultando assim a uma excelente filtragem. Quando o elemento filtrante vai ficando contaminado, a pressão vai aumentando até chegar a 1,0 bar, quando aciona a mola da válvula em by-pass (PALMIERI, 1997).

2.7.4 Bomba hidráulica

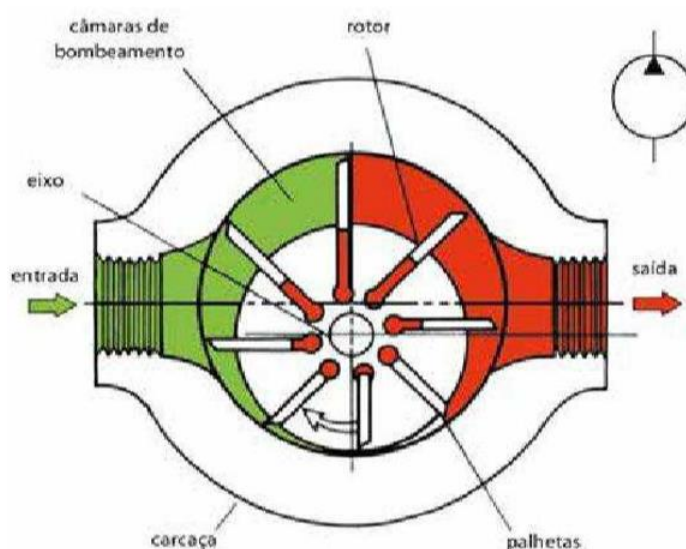
A bomba hidráulica é um dispositivo mecânico que possui a função de converter energia mecânica em energia hidráulica, movimentando um fluxo determinado de óleo do tanque para o circuito, assim gerando vazão dentro do sistema. Sendo também responsável pelo acionamento dos atuadores (BOTTO et al., 2016). Contudo, pode-se dizer que o princípio de funcionamento da bomba hidráulica se baseia no movimento do volume do fluido contra uma pressão resistente.

De acordo com determinado tipo de sistema hidráulico, as bombas possuem diversos tamanhos, formatos e funcionalidade, podendo ser mecânica ou manuais. Sendo assim, existe vários tipos construtivos de bombas determinados pelo princípio de deslocamento, ou seja, da maneira que se transporta o fluido, sendo uma delas e a bomba de palhetas (LINSINGEN, 2001).

De acordo com Moreira (2012), a bomba de palhetas contém um rotor provido de ranhuras que está ligada ao eixo de acionamento, girando dentro de um anel circular excêntrico a ele, sendo localizado no interior da carcaça da bomba. Durante o movimento de rotação do rotor as palhetas deslizam entrando em contato com o anel excêntrico correspondente ao efeito da força centrífuga.

Ainda segundo Moreira (2012), a área compreendida entre o rotor, o anel e as palhetas ocupam-se de óleo que vem da tubulação de aspiração, em seguida fazendo com que esse óleo seja impulsionado para a tubulação de descarga. Assim, na passagem da união entre rotor e palhetas pela a vizinhança da câmara de aspiração, se tem entre as duas palhetas o volume do espaço compreendido aumentado, ocasionando uma depressão que aspira o óleo. Porém, quando se encontra na vizinhança da câmara de descarga, tem-se entre as suas palhetas o volume compreendido diminuído, assim obrigando o óleo a fluir para a descarga, como mostra a figura 21.

Figura 21. Bomba palheta



Fonte: Moreira (2012).

2.7.5 Válvulas

As válvulas hidráulicas tem como princípio controlar o movimento dos atuadores, direcionando o fluxo através delas. Tem-se sua classificação dependendo do tipo de operações e funções efetuados (MOREIRA, 2012).

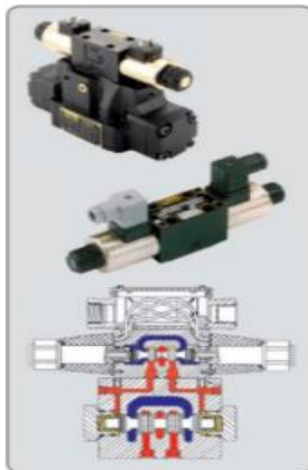
As válvulas são basicamente conhecidas de componentes hidráulicos, podendo ser dividida em três categorias para controle: válvula de direção, válvula de pressão e válvula de vazão (ANDERLE, 2017). A seguir é descrito cada tipo.

1. Válvula de controle direcional

As válvulas direcionais, como diz o nome, tem a função de conduzir o fluido por todas as partes do sistema, sendo responsável pelo controle e movimentos para realização de trabalho dos atuadores, como por exemplo o avanço e retorno de cilindros. Podendo ser

classificada em válvulas 2 vias, 3 vias ou 4 vias e operando de forma manual, mecânica, arranjo de piloto ou eletricamente, mostrado na figura 22 (BOTTO et al., 2016).

Figura 22. Válvula de controle direcional

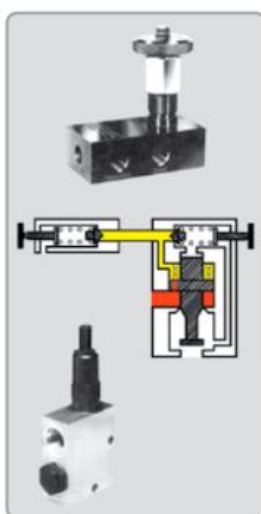


Fonte: Parker (2000).

2. Válvula de controle de pressão

A válvula controladora de pressão tem como função controlar a pressão ou limitar o sistema hidráulico. Também, tendo como função de segurança básica, controlar sobrecarga, consequência da limitação ou controle de força e torques, apresentada na figura 23 (LINSINGEN, 2001). Esse tipo de válvula no sistema hidráulico apresenta duas funções, sendo a válvula limitadora de pressão, que estabelece a pressão de entrada (pressão da bomba) e a válvula redutora de pressão, que atua sobre a pressão de saída (pressão do consumidor) MOREIRA (2012).

Figura 23. Válvula de controle de pressão



Fonte: Parker (2000).

Para a função do componente acionado, basicamente podemos encontrar em funcionamento cinco situações (PALMIERI, 2012):

- ✓ Limitando a pressão máxima do sistema;
- ✓ Determinando um nível de pressão de trabalho;
- ✓ Determinando dois níveis diferentes de pressão;
- ✓ Determinando ao mesmo tempo dois níveis de pressão distintas;
- ✓ Descarregando a bomba.

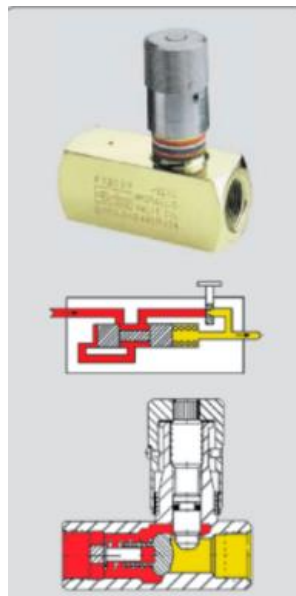
3. Válvula de controle de vazão

São utilizadas para controlar a velocidade do movimento de um atuador, possuindo uma regulagem simples que limita a vazão que o fluido entra e sai do atuador, assim alterando a velocidade do deslocamento (PAMIERI, 1997).

Para Fialho (2011), esse tipo de válvula pode ser aplicado quando se deseja obter um controle de velocidade em determinados atuadores (lineares ou rotativos).

Seu princípio de funcionamento tem-se que a vazão com que o fluido se desloca através de orifícios de secção fixa ou variável, é proporcional ao diferencial de pressão que passa pelo orifício. Assim, tem-se que a vazão cresce de acordo com a raiz quadrada do diferencial de pressão. Ou seja, no caso do elemento controlável, sendo a área do orifício. Se tem que quanto maior for o orifício, maior será a quantidade de fluido passando por unidade de tempo, apresentada na figura 24 (PALMIERI, 1997).

Figura 24. Válvula de controle de vazão



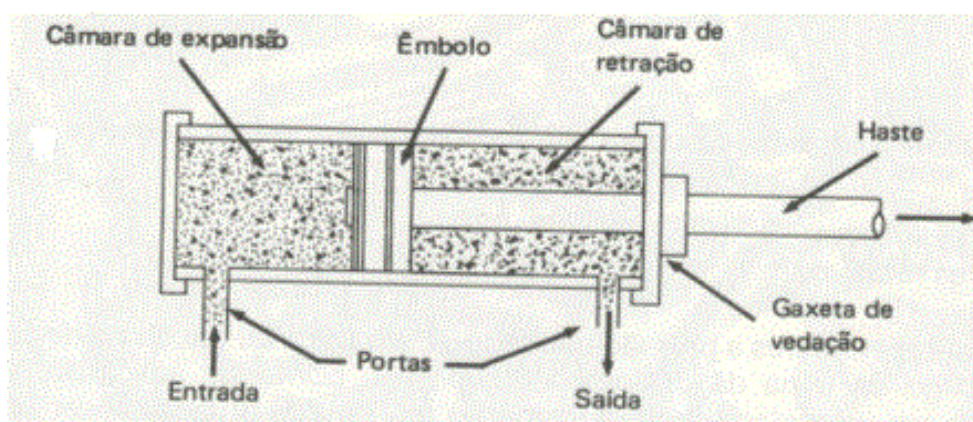
Fonte: Parker (2000).

2.7.6 Atuadores

Os atuadores lineares são conhecidos também como cilindros lineares, possuem a função de converter energia hidráulica em energia de trabalho, ou seja, mecânica, produzindo

de forma linear movimentos de ida e volta. Basicamente, são componentes que se apresenta-se na saída de um sistema hidráulico (GOMES, 2008). De acordo com Moreira (2012), consistem basicamente de uma camisa cilíndrica, de um pistão móvel ou êmbolo e uma haste cilíndrica fixa ao êmbolo. Tendo-se o êmbolo fixado ao cilindro, à medida que a haste se movimenta para dentro e para fora, ela é guiada por guarnições, que são embuchamentos removíveis. Sendo o lado dianteiro o lado que a haste opera e o lado traseiro seu lado oposto, na qual possui dois orifícios, onde se localizam as conexões de entrada e saída, como mostra a figura 25.

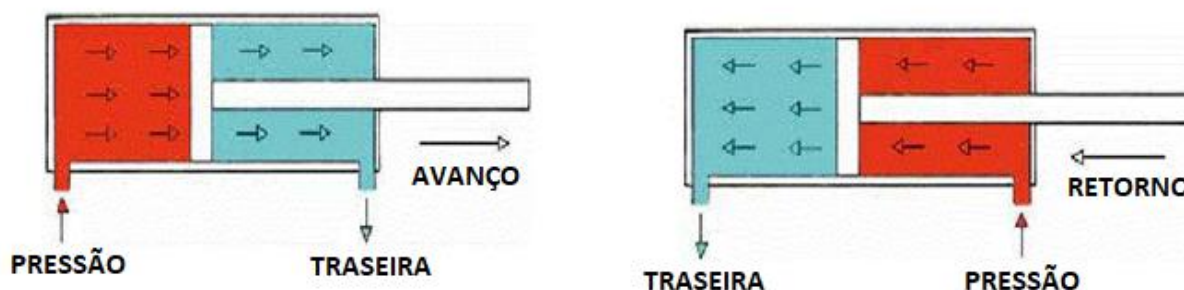
Figura 25. Vista interna de um cilindro de dupla ação



Fonte: Moreira (2012).

Por exemplo, se sujeitarmos uma pressão na conexão traseira, o óleo sob pressão faz com que o êmbolo seja empurrando para direita, provocando o avanço do cilindro. Já no processo inverso, o óleo pressurizado que se encontra acumulado na câmara dianteira, empurrando o êmbolo para esquerda, fazendo o retorno do cilindro que está retornando o óleo ao tanque, como ilustrado na figura 26 (MOREIRA, 2012).

Figura 26. Movimentos do cilindro linear



Fonte: Adaptado de Moreira (2012).

2.7.7 Motores elétricos

Os motores elétricos são máquinas programadas para transformar energia elétrica em energia mecânica. Em relação aos outros, o motor de indução apresenta várias vantagens, como utilização de energia elétrica com baixo custo de manutenção, a de simples contração e grande flexibilidade aos vários tipos de cargas e de rendimento (ANDERLE,2017)

Basicamente para selecionar o tipo de motor elétrico adequado é preciso saber qual a rotação máxima e mínima da bomba hidráulica. Por exemplo, existem diversos tipos de motores elétricos com rotação por minuto diferente. Sendo assim, dependendo das especificações do fabricante da bomba que será acionada, a velocidade do motor elétrico é dimensionada a partir da velocidade mínima, ideal e máxima (PALMIERI, 2012).

2.7.8 Condutores hidráulicos

Condutores hidráulicos é o conjunto de diversos tipos de tubulações, mangueiras e conexões, que auxiliam no transporte de energia ao longo do sistema, passando pelos elementos de comando e controle. Apresenta a finalidade de transportar óleo, absorver vibrações e dissipar calor, na qual são gerados sobre pressão pelos componentes hidráulicos (PALMIERE, 2012).

Existem duas maneiras do fluido se movimentar ao longo do sistema hidráulico, tais como:

Por tubulação, sendo um dos elementos mais comuns nas instalações rígidas, cuja as considerações que se deve ter é o dimensionamento em função da pressão e vazão, o tipo de conexão e tubulação usada deve ser de acordo com as características do fluido e a sua instalação, onde não estejam sujeitas a vibrações, como mostra a figura 19 (SENAI, 2004). Por mangueiras, que são elementos de interligação flexível, capazes de absorver vibrações e facilitarem a mudança de direção. Elas são constituídas de camadas de borracha sintética e interposta de fios de aço, sendo também mostrada na figura 27 (MOREIRA, 2021).

Figura 27. Condutores hidráulicos: 1-tubulação; 2-mangueiras; 3-conexões



Fonte: Autoria própria (2022).

2.7.9 Orbitrol

Segundo o artigo publicado pela empresa Hynescul (2021), o orbitrol é um equipamento hidráulico usado no setor móvel de veículos e navios que apresenta direção hidrostática, ou seja, dispõem de mangueiras hidráulicas entre o orbitrol e os cilindros. Possuindo a função de direcionar o fluido para os seus atuadores. Para a direção naval, o deslocamento do orbitrol deve possuir a capacidade de enviar a vazão necessária aos cilindros, possibilitando a manobra da embarcação para bombordo ou boreste com a velocidade necessária. Com a utilização de válvulas embutidas no orbitrol adquire-se limitações de esforços.

Ainda segundo o artigo publicado por Hynescul (2021), o óleo que chega ao orbitrol através da bomba hidráulica, é acionado manualmente com o giro do volante pelo motorista, assim direcionando esse óleo até os cilindros fazendo a rotação do veículo, como mostra a figura 28.

Figura 28. Orbitrol



Fonte: Autoria Própria (2022).

3 ESTUDO DE CASO

A base teórica deste trabalho foi pautada em revisão de literatura, com estudos e materiais focados sobre sistema de governo em rebocadores, pesquisas em livros, artigos científicos e documentos monográficos que tratam sobre pontos fundamentais para construção bibliográfica que respalda o tema escolhido para estudo. Desta forma, foi possível se aprofundar no assunto e identificar os principais problemas de cada componente referente ao sistema hidráulico e mecânico, podendo definir através da análise comparativa entre esses sistemas instalados nos rebocadores, qual é mais eficaz.

A parte prática deste trabalho, de coleta de dados em campo foi realizada na empresa Majonav Ltd, localizada na estrada do Outeiro, Belém-PA, a qual lida com transporte fluvial de cargas em geral, prestando serviços para diferentes empresas. O presente estudo compreende o período de 1 ano, entre 2021 e 2022, onde foi feita uma avaliação qualitativa do desempenho do sistema mecânico para o hidráulico. Para o universo de análise, foi utilizado 2 rebocadores existentes na empresa, o qual, 1 rebocador apresenta o sistema de governo hidráulico em comparação ao antigo sistema de governo mecânico, que hoje, ainda se encontra presente em apenas em 1 rebocador. Essa medida foi realizada para um melhor desempenho e rendimento ao equipamento de direção, evitando a incidência de possíveis falhas, riscos e dificuldades na manobrabilidade da embarcação, assim ocasionando atrasos de entrega. O projeto foi dividido em etapas:

1º Etapa: será feita uma apresentação sobre o modelo de transmissão mecânica e hidráulico implantados no rebocador. Mostrando cada etapa dos componentes que constituem os mecanismos de direção e a função do processo de transmissão ao longo do rebocador.

2º Etapa: apresentará as vantagens da implantação do sistema hidráulico, as mudanças feitas com funcionamento da física que envolve o sistema de direção e as melhorias de manutenção em comparação com o sistema mecânico.

A análise teve início pelo sistema mecânico que se têm o timão que é uma roda de aço, rodeado por várias malaguetas de madeira, sendo localizado na cabine de comando, onde fica o timoeiro na parte mais alta da casaria, como mostra a figura 29. Sendo fixado a um eixo que liga a máquina do leme, composta de um conjunto de engrenagens redutora. Na qual, dentro dela possui um eixo principal, uma engrenagem menor com diâmetro de aproximadamente 100mm, e um eixo intermediário, uma engrenagem maior com um diâmetro de aproximadamente 500mm, que faz uma redução de 5/1. Sendo assim, a cada 5 voltas no eixo principal, se tem 1 volta no eixo intermediário.

Figura 29. Timão do rebocador mecânico



Fonte: Autoria Própria (2022).

A caixa de leme é um redutor de torque, que reduz o movimento de acordo com determinada aplicação, como mostrado na Figura 30. Essa redução faz com que o eixo principal se torne mais leve ou sensível. A sua finalidade é transmitir o giro feito pelo timão até o leme, que possui a movimentação angular em média de 0° a 35° ou até 45° .

Figura 30. Máquina do leme (caixa de direção)

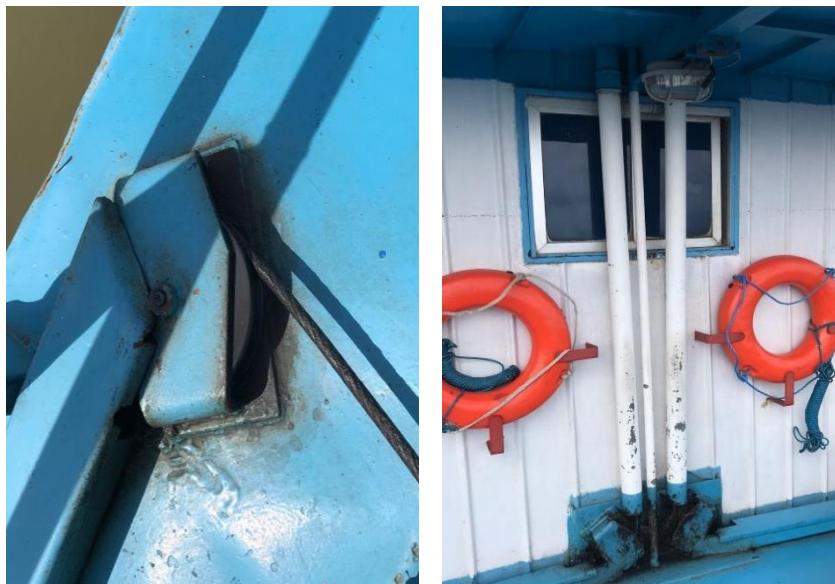


Fonte: Autoria Própria (2022).

Ao longo desse processo, foi observado que os cabos de aço fazem a função de transmitir o movimento do timão, utilizando roldanas que tem a função de auxiliar na mudança de direção ao longo da embarcação devido a distância entre a casaria, que é toda a construção da embarcação, até a cana do leme, eixo ligado a madre na parte de trás da embarcação, como mostra a Figura 31. As roldanas apresentam-se localizadas exatamente nos pontos onde se faz a curva entre a casaria e a parte de trás da embarcação. Deve-se ressaltar

que o caminho que o cabo de aço percorre ao longo da embarcação é passado por dentro de uma tubulação de proteção, como na figura 31.

Figura 31. a) Roldanas; b) Tubulação



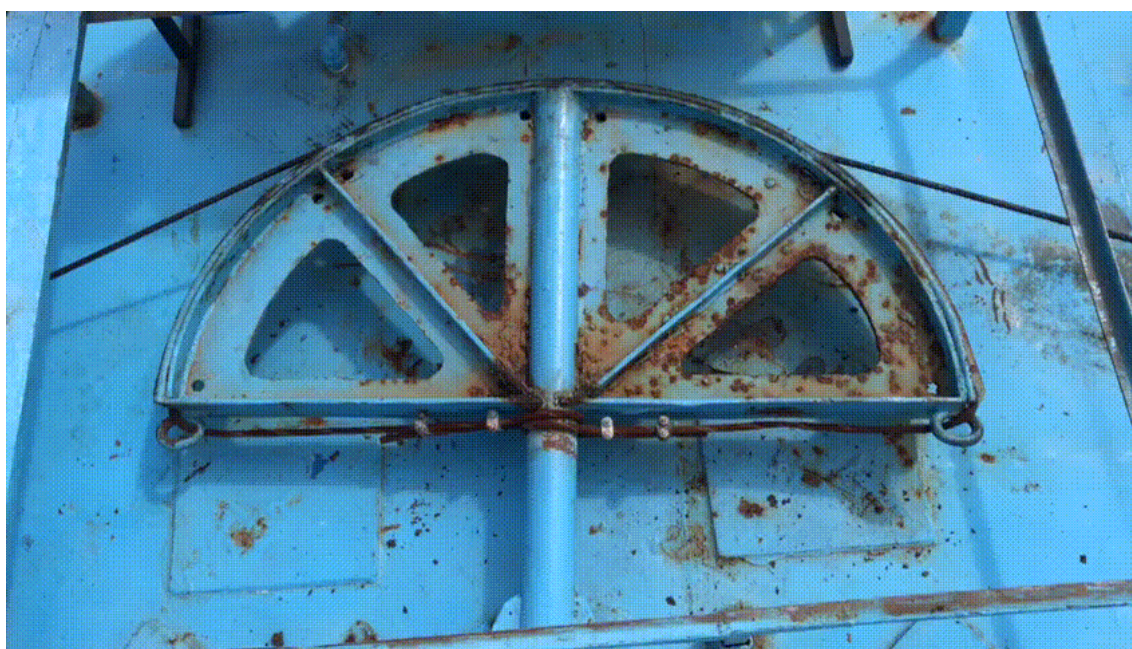
a)

b)

Fonte: Autoria Própria (2022).

Na parte onde se encontra a cana do leme, tem-se um dispositivo no formato de meia-lua auxiliando o cabo na movimentação do ângulo do leme, também possui um batedor para impedir o aumento dessa angulação e a embarcação não fique dando voltas em círculos, como mostra a figura 32. A transmissão da cana do leme com o leme é feita por uma madre, que é um eixo maciço acoplado na parte superior da cana do leme e na parte inferior do leme.

Figura 32. Cana do Leme



Fonte: Autoria Própria (2022).

Logo após, foi iniciada a análise de estudo do sistema hidráulico no rebocador. Seu princípio de funcionamento é feito através de um óleo hidráulico, que é transportado via tubulações e mangueiras, na qual possuem componentes que auxiliam na geração de energia e movimentação da embarcação.

O sistema hidráulico, acionado dentro da casa de máquinas, onde fica instalado o motor e demais equipamentos que acionam a embarcação. Na qual o motor elétrico é acoplado a bomba hidráulica por meio de um sistema de transmissão formadas por polias e correia. A rotação o motor elétrico acoplado a roldana transfere potência de acionamento através da correia para a bomba hidráulica fazendo com que eles dois atuem de forma sincronizada, como mostra a figura 33. Essa transferência de energia mecânica criada pelo motor é transformada pela bomba em energia hidráulica, fazendo com que o óleo hidráulico que está dentro do reservatório seja enviado sobre pressão até a sala de comando onde encontra-se o orbitrol.

Figura 33. 1- Bomba Hidráulica; 2- Motor Elétrico; 3- Filtro; 4- Reservatório



Fonte: Autoria Própria (2022).

O orbitrol se encontra na cabine de comando, junto ao timão, ele possui 4 orifícios com diferentes funções, mostrado na figura 34. Existe 2 que estão ligadas ao sistema de acionamento da bomba hidráulica, sendo um orifício de entrada do óleo sobre pressão ao orbitrol e outro de saída, fazendo o retorno do óleo hidráulico para o reservatório, antes passando pelo filtro para que seja filtrado e não haja contaminação do fluido. Já os outros 2 orifícios são aqueles que fazem a ligação do orbitrol até os cilindros, gerando a movimentação

deles para bombordo e para boreste com conforme o giro do timão. Geralmente, dependendo do fabricante, o orbitrol vem com esses orifícios identificados.

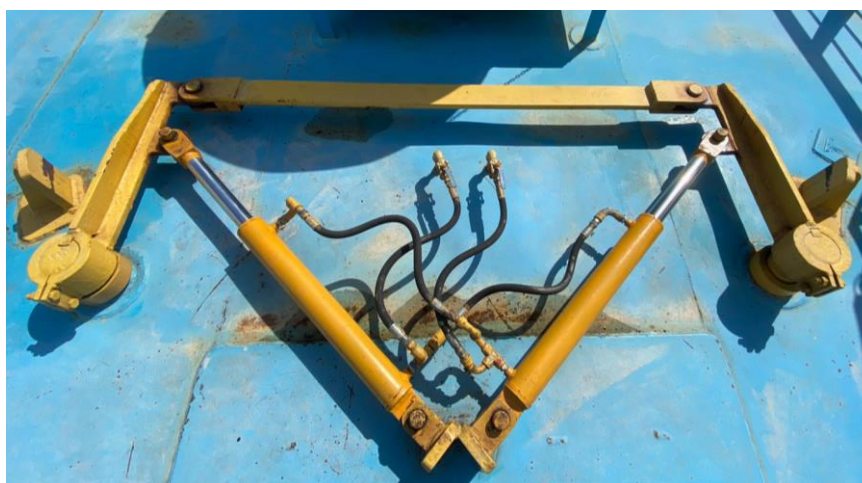
Figura 34. a) Orbitrol; b) Timão do rebocador hidráulico



Fonte: Autoria Própria (2022).

Dentro do orbitrol possui uma válvula controladora de pressão, que é acionada com o giro do timão para um lado ou outro. Essa válvula se abre liberando a passagem do fluido hidráulico pela tubulação até os cilindros, de acordo com a figura 35. Na qual estes possuem um orifício de entrada do óleo e uma de saída, seus orifícios são conectados fazendo com que quando um cilindro esteja avançando o outro esteja recuando simultaneamente.

Figura 35. Cilindros



Fonte: Autoria Própria (2022).

Ao se aplicar a força do óleo sobre pressão, tem-se que as hastes dos cilindros fazem com que êmbolo dentro dele se desloque correspondente ao giro efetuado, assim transmitindo

o movimento para a madre, que é o eixo que liga o cilindro ao leme, mostrado na figura 36 abaixo, efetuando a movimentação do leme.

Figura 36. Madre



Fonte: Autoria Própria (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Referente a observação dos componentes dos sistemas de governo mecânico e hidráulico presentes nas embarcações da empresa Majonav Ltda. Sendo assim, pode-se observar que houve a substituição dos seguintes componentes de um sistema pra outro como o tipo de telemotor como a caixa de direção pelo orbitrol, o conjunto do meio de transmissão do sistema mecânico que era feito pelo conjunto de gualdrope e roldanas que no sistema hidráulico passou a ser usado o conjunto como os condutores hidráulicos (mangueiras, tubulações, conexões) e o óleo hidráulico, o moto de acionamento do sistema mecânico que usa apenas a força manual, já no sistema hidráulico usa-se o conjunto de motor elétrico, bomba hidráulica, reservatório e filtros. Tendo apenas o timão, madre e leme os componentes similares entre os dois sistemas, como mostrado na tabela 1.

Tabela 1. Componentes do sistema de governo

Componentes dos sistemas de governo	
Mecânico	Hidráulico
Timão, máquina do leme (caixa de direção), gualdropes, roldanas e tubulação de proteção, cana do leme em forma de meia lua, madre e leme.	Timão, orbitrol, tubulação, mangueiras e conexões, cilindros, bomba hidráulica, motor elétrico, reservatório, filtro, madre e leme.

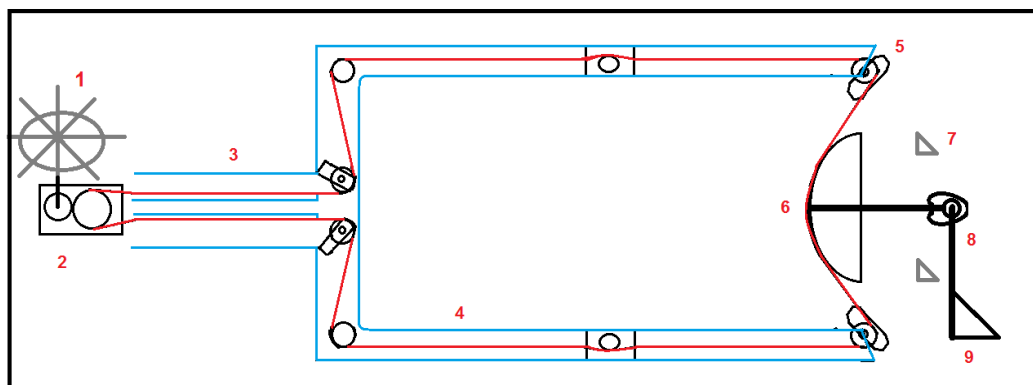
Fonte: Autoria própria (2022).

As análises comparativas feitas teve seu início pelo estudo do sistema mecânico no rebocador. Onde se fez o estudo do princípio de funcionamento de todo o sistema de governo, compreendendo a função de cada componente e onde estão localizados.

O sistema de governo mecânico em relação ao hidráulico é bem robusto devido ao seu conjunto de engrenagens grandes e pesadas, constituído por timão, gualdropes, que são basicamente cabos de aço ou correntes e leme. Sendo assim o seu princípio de funcionamento e baseado pelo tipo de transmissão feita pelo timão e a máquina do leme e pela transmissão entre a máquina do leme e o leme. Já o sistema hidráulico tem o seu princípio de funcionamento e baseado inicialmente pelo conjunto de sistema de geração, mostrado na figura 33, que começa pela sala de máquina, e apresenta um sistema de governo é mais moderno e mais simplificado, sendo fácil de visualizar, entender, possuindo um conjunto de componentes com dimensões relativamente pequena e leve, comparado com o mecânico.

Para comparar o sistema de governo hidráulico com o mecânico, foi criado um esquema ilustrativo de como funciona e está dividido as partes de ambos os sistemas para o rebocador. Com base nas figuras 37 e figura 38, no sistema mecânico é apresentado o tipo de transmissão mecânica, que é empregada por uma caixa de direção que liga ao timão. Apresentando muitos problemas como, atrito decorrentes da extensão da transmissão e da mudança de direção, que ocasiona muito folgas e desgastes, dificuldade em alinhamento e lubrificação, dificuldade de reparo e facilidade de perda de movimento das engrenagens devido às avarias citadas anteriormente. Já no sistema hidráulico tem-se a transmissão hidráulica que é equipada com um orbitrol que é ligada ao timão, apresentando apenas uma desvantagem que são possíveis vazamentos com o tempo e a sua grande vantagem e que toda sua transmissão já tem a devida lubrificação sendo feita por meio do próprio óleo hidráulico, assim impedindo desgastes nas peças.

Figura 37. Esquema do sistema Mecânico no rebocador

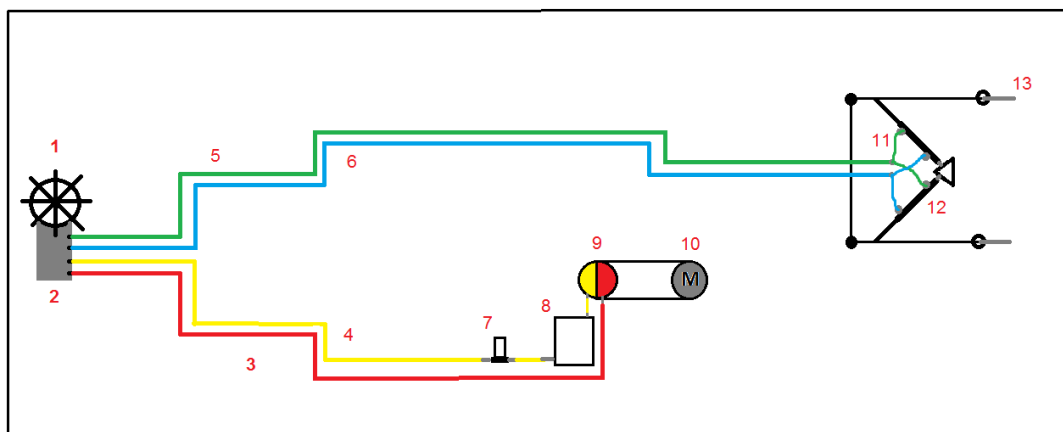


NOMECLATURA

- | | | |
|---------------------|------------------|-------------|
| 1 - Timão | 4 - Cabo de aço | 7 - Batedor |
| 2 - Máquina do Leme | 5 - Roldanas | 8 - Madre |
| 3 - Tubulação | 6 - Cana do Leme | 9 - Leme |

Fonte: Autoria Própria (2022).

Figura 38. Esquema do sistema hidráulico no rebocador



NOMECLATURA

- | | | |
|--|---------------------------------|---------------------|
| 1 - Timão | 5 e 6 - Tubulação dos cilindros | 10 - Motor Elétrico |
| 2 - Orbitrol | 7 - Filtro | 11 - Mangueiras |
| 3 e 4 - Tubulação de saída e retorno do óleo | 8 - Reservatório | 12 - Cilindros |
| | 9 - Bomba Hidráulica | 13 - Leme |

Fonte: Autoria Própria (2022).

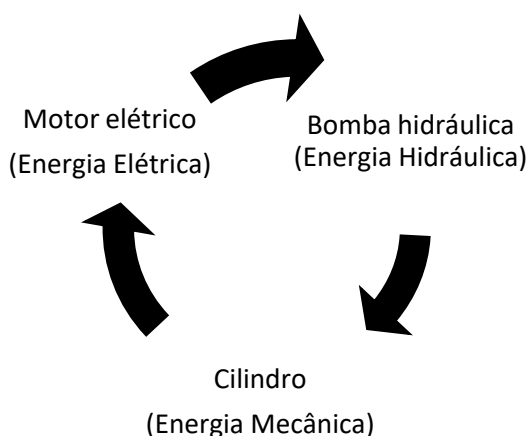
Pode-se observar também a mudança nos componentes de transmissão entre a máquina do leme com o leme. Onde no sistema mecânico essa transmissão é feita através do servomotor mecânico, sendo a cana do leme em forma de meia lua, como ilustrado na figura 32. Já no sistema hidráulico essa transmissão é feita através do servomotor hidráulico, que são os cilindros, como ilustrado na figura 35. O grande diferencial entre os dois é a sua velocidade do tempo de reposta, na qual, o sistema hidráulico possui como forma de condução o óleo hidráulico, fazendo com que os cilindros atuem como um multiplicador de forças, assim usando a pressão do fluido para recuar e avançar as hastes. Enquanto que no mecânico se tem

os gualdropes e roldanas como forma de condução, tendo com que a cana do leme em forma de meia lua apenas serve como auxiliar do movimento feito gualdrope sem qualquer diminuição de esforços e apresentando resistência entre o cabo de aço e as partes moveis.

Outra melhoria que se pode observado para o sistema hidráulico é o mecanismo de transmissão entre o orbitrol e a máquina do leme. O orbitrol apresenta a vantagem de ser controlado através de um conjunto de válvulas e isso acarreta na vantagem de ocupar menos espaço físico comparado ao sistema mecânico que ocupa maior espaço em virtude do seu conjunto de engrenagens (caixa de direção) usado na relação de transmissão no direcionamento do rebocador.

Em relação a conversão de energia onde se tem a conversão de uma forma de energia em outra, o sistema hidráulico apresenta três formas: a elétrica se transformando em mecânica e energia mecânica se transformando em energia hidráulica que transmite força e potência para o sistema de direção. Para esse sistema de conversão, o motor elétrico que é acoplado a bomba, por um sistema de polia e correia, faz com que a energia elétrica se transforme em energia hidráulica. Assim essa energia hidráulica gerada é transmitida pelo óleo hidráulico e levada até os cilindros sendo transformado em energia mecânica, como mostra a figura 39. Sendo assim uma vantagem nesse tipo de conversão de energia para esse tipo de transmissão é a possibilidade de o sistema possuir duas formas de transformação de energia elétrica em hidráulica, como em caso de falha no motor elétrico, pode-se ligar a bomba hidráulica ao motor propulsor da embarcação.

Figura 39. Conversão de energia no sistema hidráulico

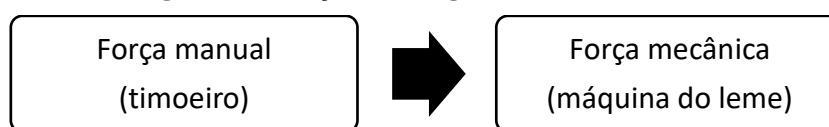


Fonte: Autoria Própria (2022).

Ao contrário do sistema de transmissão mecânica, onde a conversão de energia apresenta apenas uma forma de transmissão de energia que é a mecânica, na qual se é feito

através de um conjunto de engrenagens, tendo seu acionamento apenas manual, sendo ele realizado por uma força manual exercida por uma pessoa através do timão, realizando trabalho, assim movimentando a caixa de direção que é composta pelo conjunto de duas engrenagens, transformada esse movimento em energia mecânica através de todo sistema, como mostra a figura 40 abaixo. Sendo assim, no sistema de governo mecânico apresentando, diferente do sistema hidráulico, não possui outras alternativas de acionamento de direção, pois no conjunto possui muitos elementos e se a falha de um desses elementos ocorre tem-se a perda de todo o sistema. Como por exemplo a falha de uma roldana, ou a falha de uma das engrenagens da caixa de direção ou o rompimento do gualdrope.

Figura 40. Geração de energia no sistema mecânico



Fonte: Autoria Própria (2022).

Em relação a manutenção, o sistema mecânico apresenta muitas dificuldades, tanto em questão de acessibilidade, quanto em lubrificação. Pois devido possuir muitas partes moveis e ser usado cabo de aço, precisa-se ter uma lubrificação diária. Outra grande questão foi a de substituição de peças danificadas, sendo impossível a substituição parcial do objeto de falha, tendo que ser trocada a peça inteira, como por exemplo o rompimento do cabo de aço que não se pode substituir um parte e sim todo seu comprimento que ao contrário do no sistema hidráulico, que devido a facilidade dos acessórios que constitui os componentes já apresenta uma simplicidade de manutenção, podendo assim ser trocado apenas a peça danificada, como por exemplo em caso de falha da bomba hidráulica, podendo substituir apenas ela e também apresenta manutenções mensais.

Uma vantagem que o sistema hidráulico apresenta em relação ao mecânico esta no tempo de manutenção, que no sistema mecânico necessita de pelo menos 2 dias que o empurrado fique no porto gerando atraso nos transportes das cargas, ao contrário do sistema hidráulico que para uma manutenção corretiva apenas necessita de no mínimo 2 horas e no máximo 1 dia (dependendo do serviço) que o empurrador fique no porto.

Outra comparação que foi apresentada e em relação a segurança, na qual o sistema mecânico apresenta partes dos seus componentes como seu servomotor e as tubulações de proteção que estão expostos em áreas de passagens de pessoas, podendo ocasionar acidentes. Já no sistema hidráulico por ter seus principais componentes localizados na sala de máquina, onde se tem toda área devidamente sinalizadas de acordo com as normas de segurança

marítima e se tem apenas a entrada autorizada dos oficiais de máquina, apresenta riscos e acidentes bem menos em relação ao do mecânico.

A partir das demonstrações e comparações apresentados acima, pode-se observar que o sistema hidráulico possui mais vantagens que o sistema mecânico. Tendo como principais vantagens facilidade e exatidão no controle, a multiplicação de forças de forma eficiente, proporciona torque e força constantes, independentemente de qualquer alteração de velocidade, a questão a lubrificação do sistema, a diminuição do tempo de resposta do timão a máquina do leme e a simplicidade, usando menos peças móveis e sendo fácil de se compreender.

5 CONCLUSÕES

Podemos conhecer um pouco melhor com relação a história do sistema de transmissão de governo das embarcações e como ele se desenvolveu através dos anos. Desde os modelos mais comuns de sistema de transmissão, e a implementação do sistema hidráulico, os quais estão começando a ser implantados na frota marítima.

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou uma análise qualitativa de eficiência da transmissão de um sistema hidráulico em comparação com um sistema mecânico em rebocadores de balsas. É importante salientar que dada a aplicação do sistema hidráulico em rebocadores, concluiu-se que este possui diversas vantagens, como a agilidade na manobra, apresentado pela redução no tempo de resposta entre o timoeiro e o leme, a confiabilidade do sistema, com a possibilidade mais de um modo de conversão de energia, a manutenção, onde se tem a lubrificação de todo sistema sendo feita através da própria transmissão do fluido, e a aplicação simples, apresentando fácil entendimento e acessos aos componentes do sistema, e pelo custo benefício melhor. Necessitando apenas da manutenção preventiva e dando uma confiabilidade melhor para o condutor, exigindo menor esforço físico do condutor, em caso de pane geral no navio, se faz necessário manter o controle de sua direção.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Com base nos benefícios encontrados ao longo do desenvolvimento do trabalho e em possíveis ideias para melhoria da análise qualitativa realizada sugere-se os seguintes temas para futuros trabalhos relacionados com sistema de governo em rebocadores, tais como: o projeto de uma bancada do sistema implantado nos rebocadores, a modernização do sistema de governo hidráulico para o sistema de governo elétrico e o estudo específico sobre o dimensionamento dos componentes para o sistema hidráulico do rebocador.

REFERÊNCIA

ANDERLE, Bruno Pase. **Dimensionamento de uma bancada didática de hidráulica**. TCC – Faculdade Horizontina - FAHOR, Horizontina, RS, 2017.

ASSIS, Vinicius do Espirito Santos de. **Manobrabilidade do navio**. TCC - Centro de Instituição Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2013.

Curso de Formação de Aquaviários - CFAQ. **Módulo especial: manual do aluno**. 1ª edição, Rio de Janeiro, 2002.

BOTTO, Caio Vinicius de Oliveira et al. **Projeto de uma prensa hidráulica: dimensionamento e seleção dos componentes**. TCC – Universidade de São Francisco, Campinas, 2016.

DUARTE, Fellipe da Silva; SOUSA, Marcelo Mendonça de. **Sistema de Governo**. TCC – Centro de Instituição Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2016.

DUARTE, Fellipe da Silva; SOUSA, Marcelo Mendonça de. **Sistema de Governo**. TCC – Centro de Instituição Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2016.

ENGELMANN, Felipe Ricardo. **Desenvolvimento e construção de uma bancada com motor hidráulico instrumentalizada para testes**. TCC - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2015.

FIALHO, Arivelto Bustamante – **Automação Hidráulica Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 2ª edição - Editora Érica, 2011.

FOX, R. W.; PRITCHARD, P. J.; McDONALD, A. T. Introdução a Mecânica dos Fluidos. 8. ed. São Paulo: Editora LTC, 2014. FONSECA, M. M. Arte Naval. 7. ed. Rio de Janeiro: **Documentação da Marinha, 2005**. p. 559-567.

FRAGOSO, Otávio A.; CAJATY, Marcelo. **Rebocadores Portuários**. Rio de Janeiro: CONAPRA, 2002.

GOMES, Marcio Rodrigues e tal – Apostila de Hidráulica, 2008. Disponível em: <<https://www.movicontrol.com.br/pdf/artigos->

tecnicos1/APOSTILA%20HIDRAULICA%20B%C3%81SICA.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2022.

HYNESUR - Orbitroles: cómo funcionan, tipos y características, 2021. Disponível em: <<https://www.hynesur.com/blog/hidraulica/orbitroles-como-funciona-tipos-y-caracteristicas/>>. Acesso em: 16 jan. 2022.

LINSINGEN, Irlan Von. **Fundamentos de sistemas hidráulicos**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

MENDES, André Pompeo do Amaral et al. **Rebocadores portuários e marítimos**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 46, p. 127-165, set. 2017.

MOREIRA, Ilo da Silva. **Sistemas hidráulicos industriais**. SENAI, São Paulo, 2012.

PALMIERI, Antonio Carlos. **Manual de Hidráulica Básica**. 10ª edição - Albarus Sistemas Hidráulicos Ltda, 1997.

PARKER. Válvulas de controle direcional, 2000. Disponível em: <<https://www.parker.com/parkerimages/br/download/hydraulics/pdf/2008.PDF>>. Acesso em: 26 janeiro. 2022.

PARKER. Válvulas de controle direcional, 2000. Disponível em: <https://www.parker.com/literature/Brazil/M2001_2_P_12.pdf>. Acesso em: 26 janeiro. 2022.

PARKER. Válvulas de controle direcional, 2000. Disponível em: <https://www.parker.com/literature/Brazil/M2001_2_P_11.pdf>. Acesso em: 26 janeiro. 2022.

SILVA, Arthur Pierszajec da. **A manobra do navio: o uso de práticos e rebocadores**. Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA), 2013.

RACINE. **Manual de hidráulica básica**. Porto Alegre. 3ª edição. 1981.

RODRIGUES, Paulo Cesar. **Transmissão hidráulica com acionamento eletrônico para um protótipo de veículo off road**. TCC – Faculdade Horizontina. 2015.

ROCHA, Karoline Camargo; PESSOA, Pedro Ribeiro de Souza. **Sistema de governo: máquina do leme**. TCC – Centro de Instrução Almirante Graça Aranha. 2017.

SCHATZ, Bruna Cassiano et al. - **Engenhocas: Jogo ecoeduca (garra hidráulica)**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2017.

SENAI. SC. **Hidráulica e técnicas de comando**. Florianópolis: SENAI/SC, 2004 102p.

STEWART, Harry L. **Pneumática & Hidráulica 3ª edição** – Editora, 1981.

TEXEIRA, E. **Transporte Marítimo e sua Importância no Comercio Exterior**. Techedge maio, 2019. Disponível em: <<https://www.techedgegroup.com/pt/blog/transporte-maritimo-e-sua-importancia-no-comercio-exterior>>. Acessado em 22/01/2022>. Aceso em: 16 janeiro. 2022.