

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO DE UM PASSADIÇO RETRÁTIL – UM ESTUDO INICIAL

por

Eduardo Becker Groth

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, novembro de 2013

Projeto de um passadiço retrátil – um estudo inicial

por

Eduardo Becker Groth

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

ENGENHEIRO MECÂNICO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof^a: Dra. Thamy Cristina Hayashi

Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Mecânica dos Sólidos**

Orientador: Prof. Dr. Ignacio Iturrioz

Co-Orientador: Msc. André Schaan Casagrande

Comissão de Avaliação:

Prof^a. Dr. Letícia Fleck Fadel Miguel

Prof. Dr. Jackson Vassoler

Prof. Dr. Edson Hikano Aseka

Porto Alegre, 25, novembro de 2014.

AGRADECIMENTOS

Meu sincero muito obrigado a:

Dr. Ignacio Iturrioz

Msc. André S. Casagrande

Colega Jonas Luis Monteiro

GROTH, E. B. **Projeto de um passadiço retrátil - Um estudo inicial**. 2013. 19f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

RESUMO

A exploração de vias fluviais para o transporte de cargas e mercadorias, chamada navegação interior, vem ganhando espaço no cenário nacional. Devido à economia gerada, segurança e sustentabilidade, o escoamento de produtos por rios e lagos é cada vez mais usado. O Brasil apresenta um número enorme de hidrovias que muitas vezes não podem ser exploradas a pleno, pois pontes não permitem a passagem de embarcações maiores. Uma maneira de contornar o problema é o uso de passadiços retráteis, que abaixam ao passar sob uma ponte. Este trabalho apresenta uma abordagem geral de como realizar o projeto de um passadiço retrátil. Determinando uma metodologia para a estipulação do carregamento, realizando a análise estrutural dos elementos que compõem o sistema e seguindo recomendações das normas, o trabalho propõe um projeto geral do passadiço e de seu mecanismo de elevação.

PALAVRAS-CHAVE: Passadiço retrátil, mecanismo, navegação interior.

GROTH, E. B. 2013. Design of a elevating pilothouse – Na initial study 19f Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

ABSTRACT

The exploitation of waterways for transportation of cargo and goods, know as inland navigation, is increasing importance in the national scenario. Because of the savings, safety and sustainability, the products naval transportation through rivers and lakes has been more utilized. The Brazil has a huge quantity of waterways not all of them can be exploited because the heights of the fixed bridges do not allow the passage of large vessel. To contour this situation, the vessel can be equipped with an elevating pilot house. This work presents a general approach of to start the structural design of an elevating pilothouse. Determining a methodology for the stipulation of loads, structural analysis of the elements and following recommendations of rules classification of vessels, this work proposes the overall design of the pilothouse and its mechanism of elevation.

KEYWORDS: Elevating pilothouse, mechanism, inland navigation.

Sumário

1. Introdução	1
2. Contextualização	2
3. Objetivos	2
4. Fundamentação teórica e Revisão bibliográfica	3
4.1 Comboios.....	3
4.2 Passadiço	3
4.2.1 Consciência situacional	4
4.2.2 Visada do passadiço	5
4.2.3 Janelas do passadiço	5
4.3 Passadiço retrátil.....	5
5. Metodologia	6
5.1 Conceito	7
5.1.1 Design externo	7
5.1.2. Layout Interno.....	7
5.2 Mecanismo de elevação.....	8
5.3 Análise do mecanismo de elevação	10
5.3.1 Vento.....	10
5.3.2 Circulação de pessoas	10
5.3.3 Ondas	10
5.4 Esforços	12
5.4.1 Flambagem da haste.....	13
5.4.2 Contato rolete/haste.....	14
6. Conclusões.....	14
8. Referências bibliográficas.....	15
APÊNDICE A – Comparativo entre velocidade e aceleração do movimento	16
APÊNDICE B Ergonomia.....	16
APÊNDICE C – Alternativa de elevação 2	17
APÊNDICE D Trajeto do comboio	17
APÊNDICE E – Esboço do passadiço	18
ANEXO A Imagens	18
ANEXO B Recomendações para o campo de visão do passadiço.....	19

1. Introdução

O transporte por água é utilizado pelo homem desde a antiguidade. Inicialmente como ferramenta de transporte pessoal, posteriormente transportando produtos e passageiros. Hoje, semelhante às suas origens, o transporte hidroviário é utilizado para cargas e passageiros, porém, em outra escala. As embarcações modernas chegam a transportar mais de 5.000 toneladas por rios e lagoas, e quando compostas em sistemas chamados comboios, chegam a levar mais de 40.000 toneladas de produtos. O principal diferencial desse modal de transporte é a eficiência energética, comprovada em estudo publicado. Como redução de custos pode-se chegar a 40% quando trechos relativamente curtos (355km) são comparados entre transporte rodoviário e hidroviário (Saraiva & Maehler, 2013).

O modal hidroviário apresenta a grande vantagem de ser o menos agressivo ao meio ambiente, liberando menos CO₂. Enquanto o transporte rodoviário libera na atmosfera 164g de CO₂ por 1000 TKU¹, em média, o hidroviário lança 33,4g/1.000 TKU (Fialho, 2010) representando uma redução de mais de 75%. Além disso, os impactos ambientais de construção de uma hidrovía são ínfimos comparados aos de uma rodovia e de uma ferrovia. Fernando Fialho, ex-diretor presidente da ANTAq², comentou a visão belga de que “a hidrovía é a melhor medida de mitigação de riscos ambientais para o transporte de mercadorias!”, ao ser indagado sobre quais medidas de mitigação de riscos ambientais deveriam ser tomadas na implantação de uma hidrovía.

O Brasil é um país de dimensões continentais, possuindo uma costa de mais de 8.000 km, com uma malha fluvial navegável de mais de 25.000 km (Oliveira, 2007) e uma necessidade de transporte de cargas do mesmo tamanho. Seja no escoamento de grãos do Mato Grosso, seja no transporte do etanol do interior de São Paulo ou na retirada dos produtos da zona franca de Manaus para outras partes do país, a navegação, quando disponível, se mostra grande ferramenta no desenvolvimento de qualquer economia. Para explorar mais este modal é necessário o investimento financeiro na melhoria de hidrovias, terminais de carga e descarga e embarcações através das empresas que operam o sistema, e também investimento intelectual para desenvolver a tecnologia do transporte hidroviário e inseri-lo na cultura dos usuários.

Os investimentos direcionados às hidrovias estão normalmente atrelados a investimentos de governo ou estado, provendo recursos para infraestrutura como balizamento, construção e manutenção de canais, eclusas, pontes etc. Já os terminais são, essencialmente, investimentos privados, com exceção dos portos públicos. No caso das embarcações, o cenário de investimentos é quase exclusivamente privado. Os armadores contratam as construções de estaleiros e operam ou terceirizam as operações através de empresas de navegação. Sendo assim, todas as inovações a serem implementadas são de natureza privada, e como tal desenvolvimento é oneroso, normalmente procuram produtos comerciais para suas necessidades, dificilmente optando por desenvolvê-los com sua estrutura.

Com a comunidade acadêmica fica, muitas vezes, o compromisso do avanço tecnológico. É neste contexto que se enquadra o presente trabalho, ele busca estudar alternativas e propor soluções para a questão da variação de altura de pontes de comando de embarcações, conhecidas como passadiços móveis ou retráteis. Esta necessidade decorre da exigência de ter visibilidade (imposição regulamentar) versus

¹ Tonelada transportada por quilometro útil

² Agencia Nacional de Transporte Aquaviário

passar sob os vãos das pontes (imposição operacional). Embora as pontes terem sido construídas muito depois dos rios ou do balizamento dos mesmos, cada uma acaba sendo um terrível obstáculo para a passagem de embarcações em diferentes aspectos.

2. Contextualização

Ao considerar o sistema hidroviário interior do Rio Grande do Sul podem-se definir distintamente dois modelos de embarcações: autopropulsadas e comboios (empurrador + barcaça sem propulsão). O primeiro, tradicionalmente utilizado aqui, possui algumas vantagens como flexibilidade de dinâmica operacional e melhor rendimento hidrodinâmico, mas uma série de desvantagens econômicas, como custo de produção mais elevado.

Interessa comentar é que os sistemas combinados, atualmente em uma nova fase de implantação na navegação da Bacia do Sudeste/RS, possuem vantagens que podem levar o modelo de transporte hidroviário gaúcho para um patamar mais elevado na participação da matriz de transportes. Esta é uma aposta que a Navegação Guarita S/A (empresa de Porto Alegre) também acreditou, ao decidir contratar a construção do seu segundo comboio. Este comboio irá prestar serviço para a Petrobras. Fará o transporte de óleo diesel entre o terminal da empresa situado às margens do rio Gravataí em Canoas/RS e o Porto do Rio Grande, situado na cidade de Rio Grande/RS. O trajeto se desenvolve principalmente na Laguna dos Patos (figura D1, no apêndice C) e no lago Guaíba, onde há uma ponte que o transpassa. Situada em Porto Alegre a ponte Getulio Vargas cruza a hidrovía, e devido à altura que o passadiço do empurrador deve ter para propiciar a visão adequada ao oficial de serviço¹, o comboio não passa embaixo da referida ponte. É verdade que a mesma possui vão móvel e permite a passagem de navios (figura a1, no anexo A) sob ela, porém a passagem amíúde do comboio por esse local em conjunto com o ônus gerado pelo içamento do vão, faz com que a empresa entenda o fato como um problema. Nesse contexto, a mudança de paradigma proporcionada com o uso de comboios requer uma solução para o problema da passagem de pontes e eclusas, já que os futuros empurradores navegarão por todas as hidrovias da bacia, não se restringindo apenas ao trecho com uma ponte com vão móvel. Por um lado, soluções de empurradores com passadiços baixos permitirá a passagem em diversas pontes, porém, reduzirá significativamente a carga possível na barcaça, já que há regras de ângulo de visada que devem ser obedecidas.

3. Objetivos

Através de um estudo inicial, que sirva de pré-projeto para a criação de um passadiço retrátil, o primeiro objetivo desse trabalho é apresentar uma solução para o problema mencionado anteriormente. A liberdade no eixo vertical, possibilidade de ser instalado no empurrador do comboio descrito acima e uma boa resposta de funcionamento frente às condições de navegação encontradas, principalmente na Laguna dos Patos são as premissas básicas desse estudo. O layout do interior do passadiço, o projeto do passadiço e o projeto, pré-dimensionamento e análise do mecanismo de elevação do mesmo estão no seu escopo.

O segundo objetivo é colaborar com a navegação fluvial nacional, servindo de fonte para pesquisas na área em geral.

4. Fundamentação teórica e Revisão bibliográfica

4.1 Comboios

Comboio em navegação significa uma ou um conjunto de barcas conectadas a um empurrador (figura 4.1). São amplamente utilizados em todo o mundo em navegação de cabotagem e navegação interior. Transportam, como por exemplo, toras da Bahia ao Espírito Santo, alumínio na região dos grandes lagos no Canadá e bobinas de aço entre Genova e Tarento na Itália (Aragão, 2009). Esses modelos de embarcações são usados onde as condições de navegação são brandas, pois devido ao acoplamento, o sistema é mais frágil e instável requerendo mais resistência para navegar em situações severas como as encontradas em mar aberto, embora existam acoplamentos marítimos. Porém, para a navegação interior o sistema de comboio apresenta uma grande vantagem em relação à produtividade. O sistema permite que um empurrador trabalhe com duas ou mais barcas ao mesmo tempo e não perca tempo carregando e descarregando. Dessa forma, nem o empurrador, nem a tripulação ficam ociosos.

Há também a possibilidade de se acoplar várias barcas ao mesmo empurrador (figura 4.1), fato que se apresenta como mais uma vantagem logística. Se supuser que ao longo de uma hidrovia há vários terminais de carga e descarga, um comboio pode fazer uma espécie de itinerário levando e trazendo barcas por todos os terminais, otimizando as viagens e beneficiando a região nos aspectos econômico e ambiental, a exemplo do que ocorre no rio Mississipi/EUA.



Figura 4.1 Comboio dotado de passadiço retrátil

4.2 Passadiço

Passadiço, ou ponte de comando, é o lugar do qual a embarcação é governada. Esse recinto deve ser provido essencialmente da chamada estação de trabalho para navegação e manobra, que é o comando propriamente dito. Nesse local são tomadas as decisões referentes à navegação. O passadiço pode conter ainda outros ambientes tais como, estação de trabalho para monitoramento de carga e descarga; escritório ou outros, a medida que se fizerem necessárias mais ilhas de controle. Geralmente cresce o número de estações de trabalho a medida que crescem

as dimensões da embarcação e o nível de complexidade de navegação e manobras da mesma.

Os comboios destinados à navegação interior necessitam basicamente apenas da estação de trabalho para navegação. A estação deve propiciar uma visão adequada do horizonte, preferencialmente de 360 graus, e uma apresentação coesa dos instrumentos de navegação da embarcação, para deixar o piloto em alto nível de consciência situacional, e facilitar o controle e a avaliação do movimento do comboio (Muller, 2012). Uma exigência da Autoridade Marítima através para embarcações do porte da aqui estudada é a presença de uma mesa de navegação no passadiço (NORMAN-02).

Uma série de itens faz do passadiço o cérebro da embarcação. Sistema para alterar o regime do propulsor; sistema para governar a embarcação em modo automático, manual ou de emergência; telefone automático ou de bobina para comunicação interna; rádio VHF para comunicação externa e instrumentos de navegação, como agulha magnética são alguns desses itens (NORMAN-02), ou seja, uma gama grande mostradores e dispositivos devem estar acessíveis ao comandante ou piloto.

Para dispor todos esses itens, usualmente o projetista se vale de um ou mais consoles colocados ao redor de um acento. Os consoles podem ser tipo mesa inclinada, mesa plana ou “overhead” e o arranjo forma o comando (estação de trabalho para navegação e manobra) da embarcação. A disposição dos consoles, o local e a qualidade do acento, a colocação das vigias³ e a composição desse ambiente de uma maneira geral é de fundamental importância para o conforto e eficiência do oficial de serviço.

4.2.1 Consciência situacional

Pode-se tomar como sua definição o trecho da dissertação de (Baratto, 2011), que diz:

“consciência situacional é a percepção dos elementos no ambiente dentro de um volume de tempo e espaço, a compreensão do seu significado e a projeção da sua condição em um futuro próximo”. O conceito de consciência situacional surgiu de estudos realizados sobre o comportamento de pessoas as quais a eficácia esta diretamente ligada à capacidade de observar o ambiente que as rodeiam, de perceberem e se adaptarem a mudanças rápidas do mesmo, e da influencia disso em suas decisões e ações (Cicco, 2012). Esse conceito é largamente empregado em aviação e gestão & negócios e atualmente vem sendo muito usado também no meio naval. Dentro da Marinha de Guerra a busca pela consciência situacional marítima é constante, engloba o esforço conjunto de uma serie de agentes, dentro e fora da embarcação, com a finalidade exclusiva de manter os responsáveis pelas manobras o mais bem informado possível (Faria, 2012).

Seguramente qualquer ação que venha a facilitar a percepção do oficial de serviço é bem aceita no projeto de uma embarcação, é imprescindível que o projetista tenha o conceito de consciência situacional bem presente, pois decisões de projeto irão ter influência direta na facilidade da navegação e segurança da mesma, também por esse viés.

³ Vigias: janelas fixas, retráteis ou rotativas.

É possível fazer um link entre ergonomia e consciência situacional. Um projeto inteligente se preocupa com a questão ergonômica fortemente, facilita a interface homem/máquina e é mais seguro por esse motivo. No apêndice B encontra-se um comentário sobre o tema.

4.2.2 Visada do passadiço

A determinação do campo de visão do passadiço de uma embarcação destinada à navegação interior no Brasil deve inicialmente, seguir as recomendações das Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Destinadas a Navegação Interior, (NORMAM-02). As mesmas encontram-se no anexo desse trabalho.

A partir das recomendações foi possível determinar a cota do passadiço para o modelo de empurrador e barcaça que está sendo implementado na Baía do Sudeste. Um estudo realizado por (figura 4.2) revela que, para o comboio em construção pela Navegação Guarita, a cota do piso do passadiço é definida em 13,4 m em relação à linha de base. Se ele estiver em situação de calado máximo (máxima carga), a altura do passadiço em relação à linha d'água é de 10,4 m.

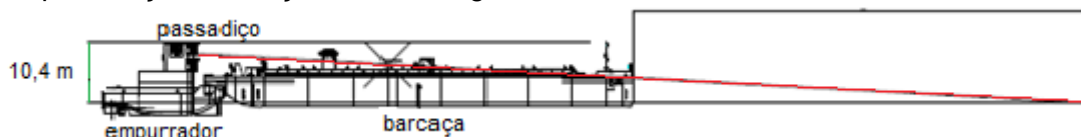


Figura 4.2 Visada do comboio (linha vermelha); altura do passadiço em relação à linha da água (linha verde).

4.2.3 Janelas do passadiço

As vigias e janelas devem ser amplas. A norma recomenda que a altura da base das vigias em relação ao piso deve ser a menor possível, não devendo, em hipótese nenhuma restringir a visão a vante (NORMAN-02). E para o limite superior a recomendação é de que a altura das vigias frontais do passadiço deve permitir a visão do horizonte, na direção da proa, de um oficial de serviço posicionado na posição de governo com altura dos olhos de 1,80 m enquanto a embarcação estiver caturrando⁴.

Ainda uma recomendação da IMO⁵ (Muller,2012) diz que as vigias devem ter no mínimo 15 graus de inclinação para fora para evitar reflexos indesejados e sistema de limpador de vigias que pode ser de paleta simples ou dupla, ou do tipo vigia rotativa [Muller,2012]. O segundo é mais caro, porém, mais eficiente, garantindo boa visibilidade nas condições mais adversas de tempo. Ainda podem ser instaladas opcionalmente telas para proteção solar e desembaçadores para dias de alta umidade relativa.

4.3 Passadiço retrátil

Em regiões de tradicional exploração das vias fluviais, como nos Estados Unidos da América e no Norte da Europa o uso de empurradores e mesmo embarcações de casco único com passadiço retrátil é mais comum. Por exemplo, para navegar do Illinois River Waterway ao Lago Michigan obrigatoriamente é necessária a passagem pelo Chicago Sanitary and Ship Canal, e para tal, uma embarcação de porte industrial deve possuir passadiço retrátil, em função da quantidade de pontes no percurso, (Ruppenthal et alli, 1970). Já no Brasil apenas encontrou-se uma empresa que possui empurradores com passadiço retrátil, a CNA. A empresa atua na hidrovia Tietê-Paraná transportando combustível. Também estão sendo construídos 20 empurradores para o escoamento do etanol do interior de São Paulo para a capital pela mesma hidrovia, embarcações estas em construção para a Transpetro. A

⁴ - Baloçar-se (o navio) em marcha, andando pouco

⁵ International Marine Organization

execução está por conta do estaleiro Rio Tiete com o financiamento do Fundo de Marinha Mercante, sendo todos empurradores com passadiço retrátil.(Grandes Construções, 2013) Pode-se notar que devido à franca expansão da navegação interior no país a necessidade de tecnologia surgiu. O que já aconteceu há muito tempo em países que exploram tradicionalmente esse modal. Uma prova disso é a tabela 4.1 abaixo. Ela foi elaborada a partir de busca em bancos de patentes disponíveis. Pode-se notar que a origem da grande maioria das patentes é americana, país onde o modal hidroviário com comboios é mais explorado. Vale ressaltar que o projeto de um passadiço está diretamente conectado com as condições de navegação que ele irá encontrar. Esse fato dificulta a importação de um mecanismo dessa natureza.

Pode-se também inferir da tabela 4.1 que o mecanismo de elevação mais utilizado é o cilindro hidráulico, seguido do fuso em segundo lugar. Aliás, na pesquisa realizada não foi encontrado outro tipo de mecanismo que cumprisse a tarefa.

A dificuldade maior de se desenvolver esse projeto está em garantir rigidez estrutural ao sistema de elevação. Pelo fato de ir instalado em uma base que inevitavelmente está sempre em movimento devido às ondas e navegação e ainda sujeito à carga de vento, o sistema de elevação de um passadiço retrátil está constantemente sendo solicitado dinamicamente. Logo, o mesmo tem de ter uma rigidez adequada, pois não deve apresentar uma deformação excessiva que cause insegurança na tripulação e mesmo risco ao projeto, porém não deve ser também tão rígido ao ponto elevar tensões localmente criando fontes de propagação de fissuras que possa propagar por fadiga. (Machado, 2013).

Tabela 4.1 Algumas patentes envolvendo passadiço móvel

Patente	Origem	Data	Mecanismo de elevação	Produto	Referência
1534593	USA	21/04/1925	Fuso sem-fim acionado por engrenagens	Barcaça graneleira com passadiço móvel	(King, 1925)
3942458	USA	9/03/1976	Cilindro hidráulico de ação simples	Passadiço móvel, para ser instalado em qualquer embarcação.	(Hankin, 1976)
1919766B1	Europa	21/08/2006	4 cilindros hidráulicos de simples ação	Embarcação com passadiço retrátil,	(Madden & Bailey, 2006)
5359955	USA	1/10/1994	Cilindro hidráulico telescópico	Embarcação com passadiço retrátil	(Klundt & Willians, 1992)
6516737	Europa	11/02/2003	Ou cilindro hidráulico ou fuso sem-fim.	Barcaça genérica com passadiço móvel	(Coz, et alli, 2003)

5. Metodologia

A metodologia usada para o desenvolvimento deste trabalho foi a seguinte: Inicialmente dividiu-se o problema em duas grandes áreas, o projeto e lay-out do passadiço e o mecanismo de elevação. Para a primeira, com base nas informações descritas no referencial teórico desse trabalho, foram elaborados esboços no CAD SolidWorks® de modelo do passadiço, tanto externo, quanto interno. Com a segunda grande área, seguiu-se um método típico de projeto. Foi criado um grupo com quatro mecanismos candidatos e, baseado em uma análise de critérios, foi escolhido um mecanismo o qual se fez uma análise mais detalhada e analítica, buscando valores de tensão equivalente entre outros.

5.1 Conceito

Nessa seção encontram-se os esboços do que foi desenvolvido para o design e layout do passadiço. Os desenhos foram criados com base em algumas premissas. Essas premissas dão norte ao projeto e devem ser levadas em conta como segue:

- O passadiço deve ser leve para facilitar a elevação e o dimensionamento do mecanismo que realiza a função.
- O passadiço deve estar plenamente de acordo com a NORMAM-02 e NR17.
- A visão da proa do empurrador e popa da barcaça deve ser facilitada para tornar mais segura e fácil a operação de acoplamento/desacoplamento entre empurrador e barcaça.
- O acesso externo deve ser livre seja qual a altura em que o passadiço se encontrar, por questões de segurança.

5.1.1 Design externo

A figura 5.1 mostra a isométrica exterior do passadiço, com esse design pretendeu-se atender plenamente as normas e as diretrizes do projeto. O tamanho da “área externa” é tal devido à exigência da norma de ser visto da asa do passadiço o costado da embarcação. O projeto enxuto se justifica por leveza, que por sua vez está diretamente ligada a potência do mecanismo de elevação e ao carregamento do mesmo, como veremos mais adiante. O material escolhido para a fabricação da parte metálica é o alumínio, por sua massa específica ($2,7 \text{ g/cm}^3$) e resistência a oxidação. Os vidros são temperados e possuem a espessura de 10 mm. Esse valor foi escolhido a partir da relação comprimento/espessura para vidros em estruturas extraído do trabalho de Valarinho (2010). O comprimento adotado foi a base maior do tronco de cone que forma o desenho do vidro central, pois entende-se que o maior comprimento de vão livre é esse. Como a norma exige duas saídas bem distantes uma da outra, o vidro central é preso por trava de segurança e pode ser aberto em caso de emergência. No apêndice D se apresentam mais imagens que ilustram o aqui explicitado.

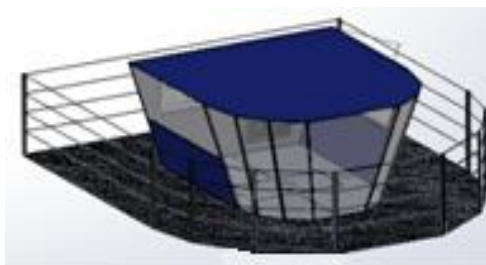


Figura 5.1 Design externo do passadiço.

5.1.2. Layout Interno

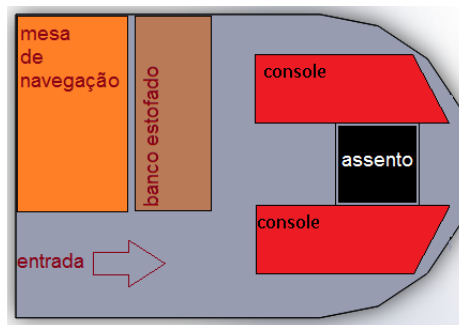


Figura 5.2 Lay-out proposto

A figura 5.2 apresenta o interior do passadiço. A mesa de navegação, exigida em norma, ficou com vista para a popa do empurrador. Os consoles foram arranjados

de forma a propiciar os requisitos para um comando seguro, com alto nível de consciência situacional e conforto, de acordo com tudo o que já apresentado

O lay-out dos consoles foi idealizado contendo uma parte horizontal, que irá acomodar todos os equipamentos de comunicação, uma série de mostradores, o controle do propulsor e os joysticks para o controle do leme. Por cima, não representado na figura, há um pequeno console com agulha magnética, o controle de holofote de buscas e mais algum equipamento que se faça necessário.

5.2 Mecanismo de elevação

O tamanho do curso do mecanismo de elevação é de 3,25 m. Essa distância foi escolhida por que, estando o passadiço na posição mais abaixo, a cota de seu piso corresponde a altura do segundo convés (teto dos camarotes) e estando, o passadiço, na sua posição mais acima, fica assegurada a visada mínima exigida pela norma. E também com esse curso pode-se atender aos objetivos já mencionados. O mecanismo deve elevar uma massa de aproximadamente 20.000 kg, que corresponde a soma do peso da cabine e da parte móvel do mecanismo, a uma velocidade média de 0,1 m/s. A velocidade de elevação foi escolhida com base na velocidade de içamento de containers em um navio que é de 2 m/s (Cruz et al, sd), adotando 0,1 m/s acredita-se estar adotando um valor seguro e o tempo da manobra fica em razoáveis 32,5 s. Foram criadas 4 alternativas para desempenhar a função de elevar o passadiço, segue a descrição de cada uma:

- 1) Elevação efetuada por ação de pantográficas colocadas entre duas bases quadradas, uma fixa, solidaria ao convés da embarcação e outra móvel solidária ao piso do passadiço. As pantográficas são dispostas aos pares em todos os quatro lados das bases, a figura 5.3, extraída da simulação feita no WorkingModel® ilustra um dos quatro lados. O retângulo verde simboliza o passadiço. Os atuadores são colocados em pontos estratégicos com intuito de minimizar a força e principalmente a inércia desse sistema.
- 2) A segunda alternativa consiste na ação conjunta de um cilindro hidráulico de dupla ação combinado com uma estrutura treliçada que confere a rigidez ao mecanismo para suportar o movimento de balanço. A figura mostra um esquema do mecanismo visto de lado. Os retângulos rosa e amarelo representam as treliças A imagem da simulação extraída com os frames encontra-se no apêndice C, com ela pode-se ter uma ideia do movimento que o passadiço faz ao ser acionado o mecanismo.
- 3) A terceira alternativa é um único cilindro hidráulico de dupla ação, preso ao piso do passadiço e ao convés da embarcação. O cilindro é tão robusto que ele próprio confere a rigidez necessária frente aos movimentos da embarcação.
- 4) Como quarta alternativa foi desenvolvido um mecanismo que é a combinação de um cilindro hidráulico de dupla ação revestido por outra estrutura telescópica que confere a rigidez necessária. A estrutura telescópica externa possui roletes na região de contato para facilitar o movimento relativo entre planos. As figuras 5.3 ajudam na compreensão.

A escolha dentre os candidatos foi feita a partir de critérios quantitativos e critérios mais subjetivos. Levou-se em conta o número de elementos, número de elementos móveis, o número de articulações, respostas dinâmicas em simulações, segurança e uma margem para observações e ponderações. Abaixo uma tabela comparativa (tabela 5.1) para iniciar o processo de seleção.

No meio naval é interessante que se tenha o menor número de partes móveis sobre o convés da embarcação, devido à agressividade do ambiente. Até mesmo

escotilhas que raramente serão abertas, ao invés de serem parafusadas são preferivelmente soldadas, pois uma união parafusada que fique muito tempo sem abrir terá de ser cortada da mesma forma. Articulações e deslizamentos implicam em manutenção constante e riscos de falha. A alternativa 1 possui 88 articulações, e a exigência de um sistema de controle complexo para acionar os 8 atuadores simultaneamente, mais ainda, com o ruim desempenho dinâmico. Então, por todos esses fatores a pantográfica foi descartada.

A alternativa 3 é a que apresenta o menor número de peças, articulações e deslizamentos, porém também as mais pesadas peças. Se a haste que se conecta ao pistão tivesse 50 cm de raio sua massa seria de aproximadamente 24,5 toneladas assumindo a massa específica do aço 7860 kg/m^3 . Esse mecanismo acarretaria em muito altas quantidades e pressões de óleo. A preparação do convés seria demasiadamente trabalhosa para receber um mecanismo com esse peso. Conclusivamente pode-se dizer que por ser considerado esse mecanismo inseguro e “desajeitado” o mesmo foi descartado.

A alternativa 2 apresenta um design interessante. A maneira como são dispostas as duas treliças que conferem rigidez no sentido do balanço, fazem com que o passadiço se mantenha sempre na horizontal durante o movimento de elevação/abaixamento. Mas devido ao comprimento dessas estruturas e índice de esbelteza dos elementos, a estabilidade do conjunto não está plenamente assegurada. Ainda o fato de apresentar baixo momento de inércia no eixo ortogonal ao plano da figura 5.3 e a grande distância de vão livre, a deflexão devido ao peso próprio desses elementos implica numa estrutura mais instável comparada com as alternativas analisada. Pelo antes exposto se considera a melhor alternativa a número 4, que será a continuação estudada em detalhe.

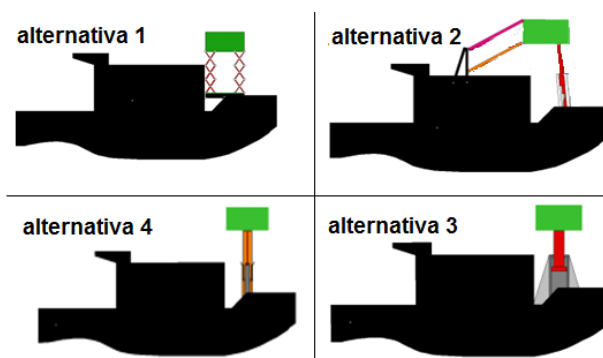


Figura 5.3 Alternativas de mecanismos de elevação

Tabela 5.1 Comparativo entre mecanismos candidatos

Conceito	1	2	3	4
Elementos	56	6	2	12
Elementos móveis	56	4	1	18
Articulações	88	6	0	16
Deslizamentos	16	1	1	17
Resposta dinâmica ⁶				

⁶ Resposta dinâmica refere-se à resposta do sistema para uma força constante aplicada (a força é a mesma pra todos). A massa a qual o sistema levanta e também as dimensões adotadas são aproximadamente as reais. Os gráficos representam velocidade (eixo vertical) versus tempo (eixo horizontal).

5.3 Análise do mecanismo de elevação

O objetivo dessa análise é prever quais as máximas tensões a que estará sujeito o mecanismo. Nessa investigação serão consideradas as ações do meio ambiente, tais como vento incidindo sobre a estrutura e movimentos induzidos por ondas, e também efeito de pessoas circulando pelo passadiço. Pretende-se prever o pior cenário e descobrir o efeito dele sobre a estrutura encontrando as máximas tensões para essa situação.

5.3.1 Vento

O carregamento devido ao vento, estimado, é obtido a partir da equação 5.1, extraída do Fox & McDonald, 2001.

$$F_D = C_d A \frac{1}{2} V^2 \rho \quad (5.1)$$

Onde: F_D ; C_d ; A ; V e ρ são força de arrasto, coeficiente de arrasto, área transversal de incidência do escoamento, velocidade do vento e massa específica do ar padrão (15°C, 1 atm) respectivamente.

Uma velocidade do vento de 14 m/s é declarada elevada na Laguna dos Patos (Vieira, 2012), é adotada a velocidade de 20 m/s então para essa primeira análise. O coeficiente de arrasto é obtido da tabela 9.1, pag. 396 do Fox & McDonald, 2001 e vale 1,5 (se pode usar essa tabela, pois calculando o número de Reynolds obteve-se resultado na ordem de 10^5 para o escoamento). O cálculo foi feito considerando o passadiço na sua altura máxima. A área de incidência é a área lateral do passadiço mais a área lateral da parte móvel do mecanismo de elevação (vento incidindo no costado a embarcação). Substituindo os valores chegou-se a uma força de arrasto de vento de 3840N. Como se trata de um pré-projeto, será considerado, esse carregamento constante no tempo, o que é uma simplificação. O ponto de aplicação dessa força pode ser visto na figura 5.4.

5.3.2 Circulação de pessoas

Uma pessoa de 150 kg parada na extremidade da asa do passadiço gera um momento de 6000 N.m aplicado na parte superior do mecanismo de elevação, foram então consideradas 6 pessoas, nessa posição. Esse valor foi incluso ao cenário de carga.

5.3.3 Ondas

O balanço (figura a2, em anexo) é o movimento sobre o qual a embarcação impõe menos resistência, devido a considerações geométricas (Blangoveshchensky, 1962). Logo, ondas incidindo no costado da embarcação são as que exigirão mais do mecanismo, dinamicamente falando, pois produzirão as maiores acelerações do conjunto. Pela teoria de Airy (Vieira, 2012) pode-se considerar que a propagação de uma onda gera, sobre a superfície da água, uma senóide, ou melhor, a propagação de mais de uma onda, visto que a propagação de uma única onda geraria apenas um pico e a propagação de ondas consecutivas sim, geram picos e vales. A senóide então representa a **ondulação**. Pode ser admitida, como caso crítico na Laguna dos Patos, a ondulação que gera uma senoide de amplitude de 1m e período (T), de 4,8 s (Vieira, 2012). A simulação no WorkingModel® (figura 5.4) reproduz a situação.

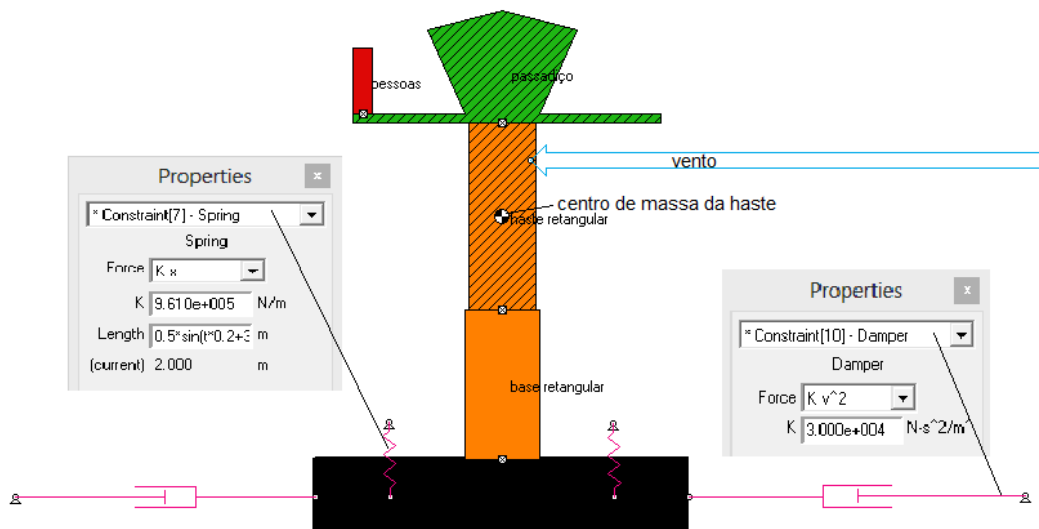


Figura 5.4 Imagem da simulação, com as propriedades das molas e dos amortecedores.

A simulação aqui apresentada baseia-se em alguns conceitos. O primeiro deles, extraído de Dimaragonas, 1996, é o de que um corpo flutuado sobre a água pode ser considerado como um corpo sendo sustentado por uma base elástica, onde o coeficiente de elasticidade da base, $k_{equivalente}$, é obtido a partir da equação:

$$k_{equivalente} = \rho_w g A_f \quad (5.2)$$

Onde: ρ_w ; A_f e g são respectivamente, a massa específica da água, 1000kg/m^3 ; área do fundo da embarcação em contato com a água, 196 m^2 e a constante da gravidade, $9,81\text{ m/s}^2$.

O k de cada uma das molas do modelo é obtido com a aplicação da equação (5.3), considerando todos os n ks iguais.

$$k_{equivalente} = k_1 + k_2 \quad (5.3)$$

O segundo conceito é a teoria de Airy apresentada no parágrafo acima. Para reproduzir o comportamento senoidal da superfície da água (superfície da base elástica) valeu-se de um recurso fornecido pelo software WorkingModel®. Ao definirem-se os parâmetros das molas do modelo pode-se adotar expressões em função do tempo para o tamanho da mola. (figura 5.4) Com a expressão (5.4), acertando os parâmetros é possível fazer com que a superfície mova-se como se move a superfície da laguna dos Patos em dia de mau tempo.

$$y = A \sin(\omega t + \phi_n) \quad (5.4)$$

Onde: y é o deslocamento da superfície no sentido vertical; A é amplitude, já definida; ω é o inverso do período (também já conhecido) multiplicado por 2π e ϕ_n é a defasagem da variação de tamanho de uma mola em relação a outra; t representa o tempo.

O fator ϕ_n relativo a cada mola do modelo é obtido fazendo a razão, $n \frac{2\pi}{N}$ onde N representa o número de molas que se usa no modelo. Dessa maneira é assegurado o comportamento desejado da superfície elástica.

O terceiro conceito é mais intuitivo. Pelo fato de a embarcação estar imersa há uma restrição de movimento no sentido horizontal. A modelagem dessa restrição foi feita considerando que a força que se opõe ao movimento é a própria força de arrasto da embarcação, dada pela equação (5.1), porém agora com ρ_w (massa específica da água) e C_D igual a 1 (extraído da mesma referida tabela extraída do FOX) e A a área

do costado da embarcação dada pelo produto do calado⁷ pelo comprimento total. Observando com cautela a equação 5.1 (arrasto) pode-se notar a relação da força com o quadrado da velocidade. Então foi usado um amortecedor quadrático para a modelagem aonde a constante de amortecimento (figura 5.4 B) foi definida como:

$$C = AC_D\rho_w \quad (5.5)$$

Assim criou-se o modelo dinâmico. O WorkingModel® permite a mensuração da aceleração em qualquer ponto do modelo. Então a partir do gráfico apresentado na figura 5.5. Tem-se a máxima aceleração no centro de massa da haste do mecanismo devido ao balanço da embarcação. Para o cálculo dos esforços, se combinou toda a massa do passadiço e mecanismo de elevação com a aceleração obtida no referido ponto* e, através da consagrada segunda lei de Newton chegou-se a uma força de 22,5 kN no sentido horizontal e uma força de 89 kN no sentido vertical. Também com a aceleração angular dos componentes e o teorema de Steiner chega-se a um momento aplicado de 0,49 kN.m.

O ponto escolhido foi o centro de massa da parte superior do mecanismo (retângulo amarelo achurado, figura 5.4) e o instante o qual se tomou os valores das acelerações é aquele de velocidade zero (vide apêndice A). O instante foi escolhido por ser o momento em que o movimento do corpo muda de sentido, ou seja, é aquele instante em que a embarcação para de adernar para um lado e inverte seu movimento. No momento da inversão, a velocidade é zero e as acelerações são máximas, e nesse instante é possível “trazer” o elemento para o regime estático, e então obter as tensões geradas devido à alternância do movimento. Abaixo segue essa análise que ajuda a entender o raciocínio aqui exposto.

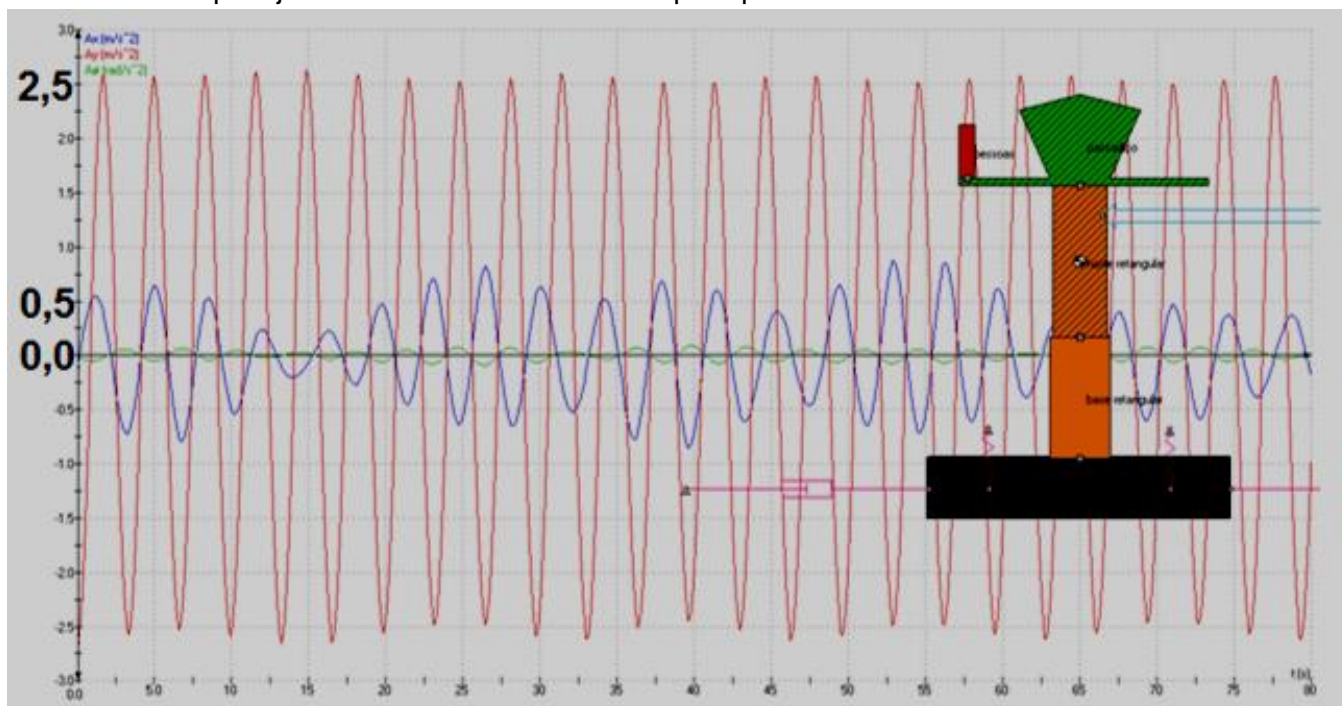


Figura 5.5 Resultado da simulação. Máximas acelerações no centro de massa da haste quadrada. Linha Verde: aceleração angular. Linha azul: aceleração horizontal. Linha vermelha: aceleração vertical. Linha verde: aceleração angular.

5.4 Esforços

Para iniciar o trabalho na investigação das tensões tomou-se a haste do mecanismo (figura 5.6) como uma barra bi apoiada e foram aplicados todos os carregamentos estipulados até aqui. Com os diagramas é possível determinar as

⁷ Altura submersa da embarcação

máximas tensões devido ao momento fletor e cisalhamento. Aplicando a teoria de vigas chega-se aos resultados apresentados na tabela 5.2:

Tabela 5.2, Esforço e deformações no mecanismo, parte 1 e 2.

	$M_{m\acute{a}x}$ [KN.m]	$V_{m\acute{a}x}$ [KN]	$\delta_{m\acute{a}x}$ [mm]	θ [rad]	$\sigma_{x,m\acute{a}x}$ [MPa]	$\tau_{yx,m\acute{a}x}$ [MPa]	$\sigma_{Von Mises,m\acute{a}x}$ [MPa]
1	132,2	66,1	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	0,54	0,36	1
2	239,1	88,6	$6,5 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	1,45	0,44	1,8

M = momento fletor; V = cortante; δ = deslocamento;
 θ = deslocamento angular; σ e τ = tensão

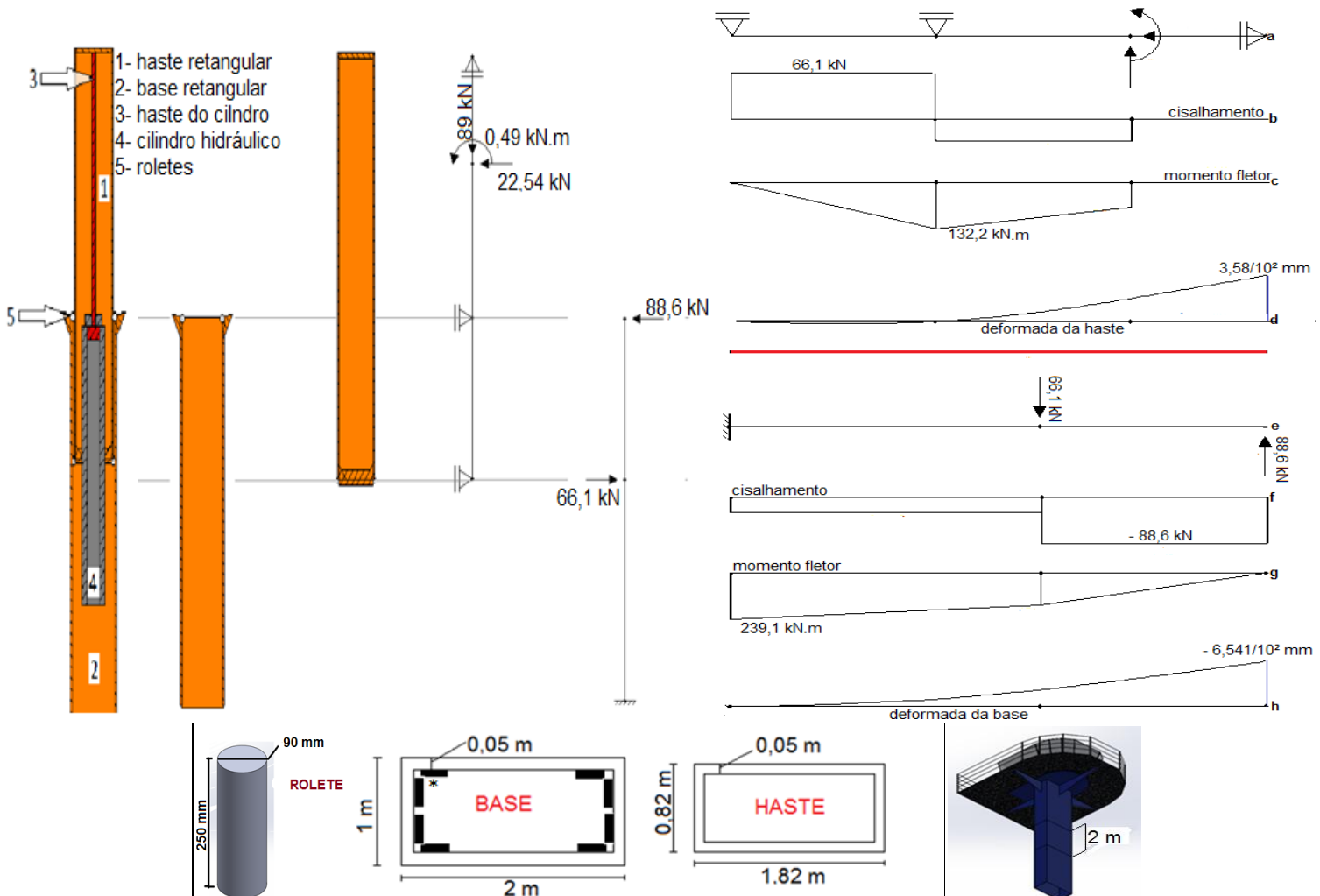


Figura 5.6 Detalhamento das partes do cilindro, seções das peças, transpasse mínimo e digramas de esforços. (a) modelo unifilar de 1; (b) cortante em 1; (c) momento fletor em 1 (d) deformada de 1; (e) modelo unifilar de 2; (f) cortante em 2; (g) fletor em 2; (h) deformada de 2. As deformadas também contêm a informação das reações nos apoios. * disposição dos roletes.

5.4.1 Flambagem da haste.

Verificou-se também a haste do cilindro hidráulico (figura 5.6, elemento 3) a flambagem pela NBR 8800. Para o carregamento a haste de 100 mm de diâmetro e 3250 mm de comprimento, com seção circular cheia apresentou um coeficiente de segurança de 1,3. Considerando a tensão de escoamento do aço de 280 Mpa e um carregamento de 300 kN, o carregamento vem do peso próprio+sollicitação dinâmica. Pode-se notar com essa análise a necessidade de um dispositivo que diminua a esbelteza da barra, o cálculo considera o carregamento estático, e no caso em estudo a dinâmica torna a situação mais crítica que a avaliada. Uma alternativa para a diminuição do comprimento de flambagem da haste do cilindro (figura 5.6, 3) é o uso

de um cilindro telescópico (escalonado). Apesar de ter o custo elevado, sua resistência a flambagem é inevitavelmente maior do que o cilindro de haste simples.

5.4.2 Contato rolete/haste

Para determinar as tensões na região do contato, aplicou-se a teoria de contato entre dois cilindros extraídos do Norton, 2005.

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (5.6) \quad \text{área de contato} = 2aL \quad (5.9)$$

$$m_a = \frac{(1-\nu_a)}{E_a} \quad (5.7) \quad p_{máx} = \frac{2F}{\pi aL} \quad (5.10)$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{2}{\pi} \frac{m_1 + m_2}{B} \frac{F}{L} \right)} \quad (5.8) \quad \sigma_x = \sigma_z = -p_{máx} \quad (5.11)$$

$$\sigma_{ymáx} = -2\nu p_{máx} \quad (5.12)$$

Onde: R_1 é o raio de curvatura do cilindro 1; R_2 é o raio do cilindro 2; L é a força que une os dois cilindros; E é o módulo de elasticidade; $p_{máx}$ é a máxima pressão gerada no contato; ν é o coeficiente de poisson ; L é o comprimento dos cilindros. A orientação é: eixo z ortogonal ao plano do contato e eixo y paralelo aos eixos dos cilindros.

. Os valor de tensão encontrado foi muito elevado, 434 MPa. Seguramente aqui temos um ponto crítico do projeto que deve ser mais bem avaliado. As opções para a redução desse nível de tensões podem ser: aumentar a área de contato; aumentar o transpasse entre os elementos ou recobrir o cilindro com um material de módulo de elasticidade baixo, como um elastômero por exemplo.

6. Conclusões

Neste trabalho se realizou uma análise preliminar de um passadiço retrátil para um empurrador que trabalha na bacia do sudeste/RS, em condições específicas de navegação. Diferentes alternativas foram estudadas, e os principais tipos de análises necessários para o dimensionamento das diferentes partes que sustentam o sistema foram estudados. Conforme objetivo principal foi apresentado uma solução de passadiço retrátil, contemplando tanto sugestão para o layout interno quanto escolha do mecanismo e layout externo. No transcurso do estudo forma obtidas as seguintes conclusões.

O dimensionamento estrutural de equipamentos que trabalham em embarcações implica em levar em conta parâmetros que não são comuns para o engenheiro mecânico. Entre eles a nomenclatura, tipos de cargas e interação entre os diversos sistemas que compõem o navio. Esta realidade é analisada em detalhe em cursos de Engenharia naval e o presente trabalho de conclusão me permitiu ter contato com vários aspectos dela, bem como a familiarização com o meio naval em geral.

Obtiveram-se bons resultados a partir da pesquisa e análises feitas no presente trabalho, valores para nortear o desenvolvimento do projeto, bem como as linhas do projeto principal do passadiço, sem dúvida poder ser extraídas daqui. Há itens que devem ser mais bem estudados, entre eles realizar uma análise estrutural da cabine propriamente dita, a análise detalhada dos mancais dos roletes, uma análise dinâmica do mecanismo envolvendo fadiga, detalhamento dos desenhos, soldas, detalhamento da união do sistema de elevação com o piso da cabine (união de alumínio com aço), afixação do sistema a superestrutura⁸, etc. Outro ponto que é interessante comentar é a verificação do modelo de ondas apresentado. A partir de dados coletados in loco, de alguma embarcação qualquer é possível averiguar a precisão do modelo de ondas. E mesmo calibra-lo e qualifica-lo, pois sua praticidade ao uso chama a atenção.

⁸ Estrutura principal da embarcação

Também se pode concluir desse trabalho que realizar a análise estrutural sobre mecanismos e sistemas dinâmicos é uma área interessante da engenharia, onde além do conhecimento técnico, criatividade também é uma ferramenta necessária.

8. Referências bibliográficas

- Abrahão, J. I., & Pinho, D. L. (1999). Teoria e Práticas Ergonomicas: Seus Limites e Possibilidades. *Escola, Saúde e Trabalho: estudos psicológicos* .
- Aragão, M. M. (2009). Caracterização e Dimensionamento de um Sistema de Cabotagem Industrial. *Tese de Mestrado* . Universidade de São Paulo.
- Baratto, G. P. (2011). CONSCIÊNCIA SITUACIONAL NO TREINAMENTO DE VOO POR INSTRUMENTOS INICIAL. *Trabalho de Conclusão de Curso* . Curitiba: Universidade Tuiti do Paraná.
- Blangoveshchensky, S. N. (1962). *Theory of Ship Motions*. Dover Publicatons, Inc.
- Cicco, F. d. (2012). *ISO31000*. Acesso em 08 de Outubro de 2013, disponível em www.iso31000qsq.org
- Coz, D. L., Le Lan, J. Y., Pearson, D., Fournier, C., Le Rouzie, S., & Smirnoff, O. (2001). *Patente Nº US 6516737*. França.
- Cruz, J. J., Leonardi, F., & Moraes, C. C. (s.d.). CONTROLE ANTI-BALANÇO DE TEMPO MÍNIMO USANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR.
- Dimaragonas, A. (1938). *Vibrations for engineers*. Prentice-Hall, Inc.
- Faria, J. A. (2012). A CONCIÊNCIA SITUACIONAL MARÍTIMA (CSM) E A MARINHA DO BRASIL. *Revista da Escola de Guerra Naval* .
- Fialho, F. (11 de Março de 2010). O Transporte Hidroviário como uma Solução Logística e Ambiental. *XVIII Encontro sobre o Corredor Centro Norte e a Hidrovia* .
- Fox, R. W., & McDonald, A. T. (2001). *Introdução a mecânica dos fluidos*. LTC.
- Grandes Construções. (s.d.). Acesso em 10 de outubro de 2013, disponível em www.grandesconstrucoes.com.br
- Hankin, D. C. (1976). *Patente Nº 3942458*. United States of America.
- King, B. W. (1925). *Patente Nº 1534593*. United States of America.
- Klundt, V. J., & Willians, D. L. (1992). *Patente Nº 5359952*. Estados Unidos da America.
- Machado, I. G. (2013). Novos Paradigmas para Especificações de Juntas Soldadas. *Soldagem & Inspeção* .
- Madden, L. D., & Bailey, S. L. (2006). *Patente Nº EP1919766B1*. França.
- Muller, C. A. (2012). Gerenciamento de Recursos do Passadiço: Sistema de Passadiço Integrado e Plano de Viagem com ECDIS. (1ª Edição).
- NORMAN. (s.d.). Norma da autoridade marítima destina a embarcações de navegação interior.
- Norton, R. L. (2005). *Machine Design – An Integrated Approach* (3ª edição ed.). Pratince Hall.
- Oliveira, J. A. (28 de Março de 2007). A Malha hidroviária brasileira, potencialidades e perspectivas. *SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE HIDROVIAS- FLANDRES/BÉLGICA* .
- Ruppenthal, K. M., Quirin, B., & Piper, R. R. (1670). Some Economic Aspects of the Barge Line Mixing Rule. *Transportation Journal* , 5-43.
- Saraiva, P. L., & Maehler, A. E. (Agosto de 2013). Transporte Hidroviário: estudo de vantagens e desvantagens em relação a outros modais de transporte no sul do Brasil. - *SIMPOI - ANAIS* .
- Valarinho, L. G. (Outubro de 2010). CONSTRUÇÃO EM VIDRO ESTRUTURAL- Comportamento estrutural de vigas mistas- GFRP. *Tese de Mestrado* Lisboa: Instituti Superior Técnico - Universidade Tecnica de Lisboa.
- Vieira, E. B. (2012). METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE ESFORÇOS EM UM ACOPLAMENTO ENTRE EMPURRADOR E BARCAÇA. Trabalho de Conclusão de Curso UFRGS

APÊNDICE A – Comparativo entre velocidade e aceleração do movimento

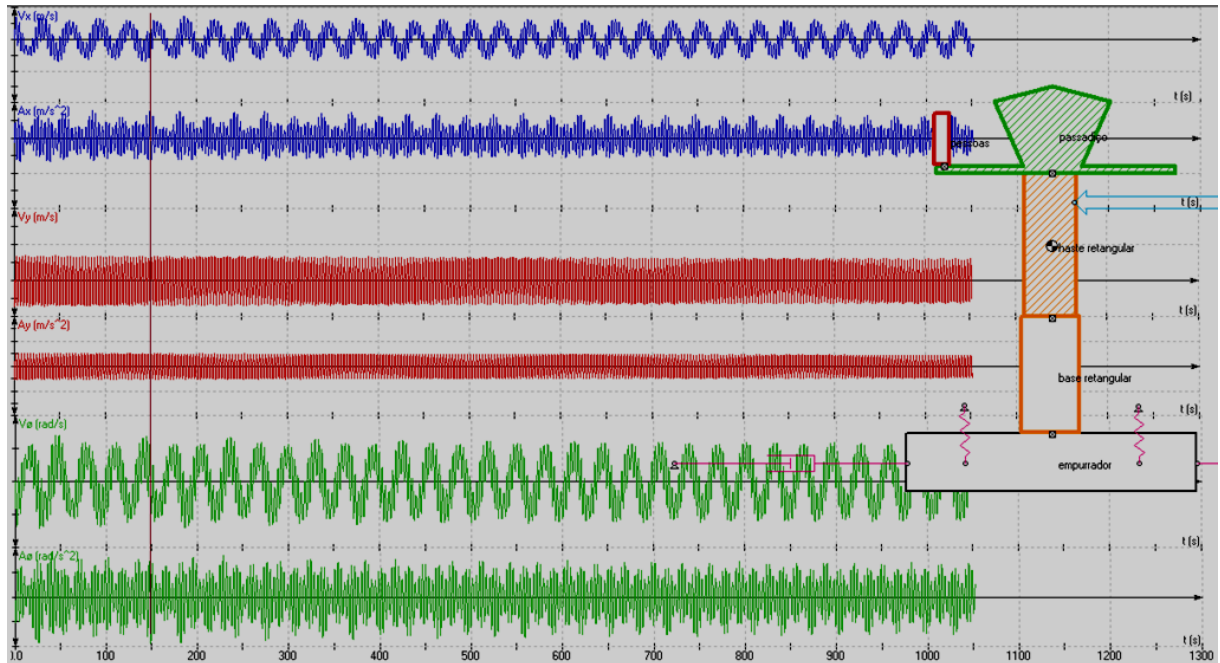


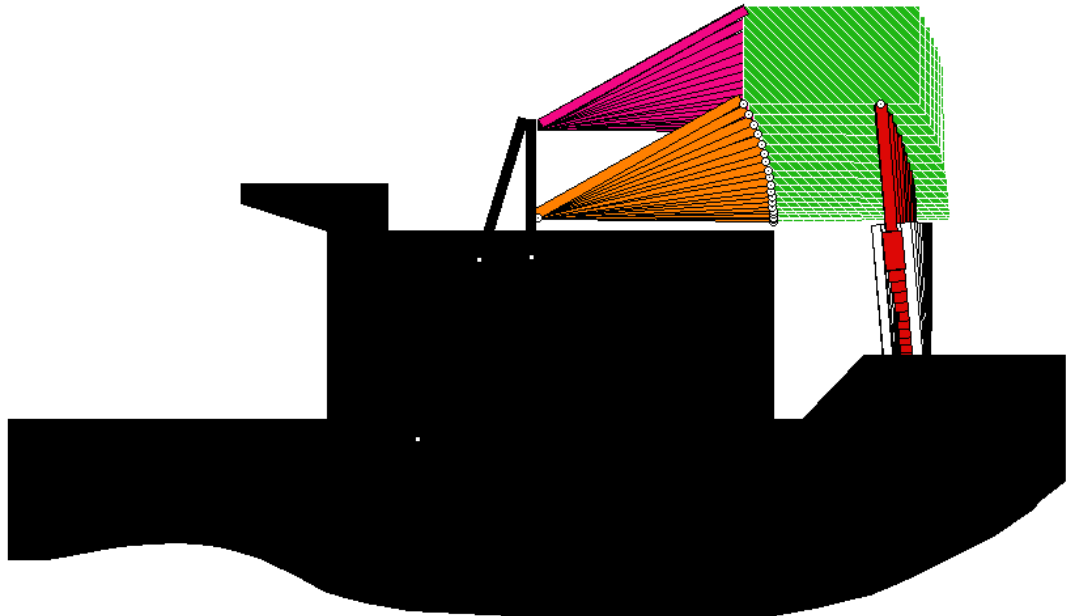
Figura A1 velocidade (acima) e aceleração do passadiço. Azul: horizontal; Vermelho: vertical; Verde: angular.

Este apêndice apresenta os gráficos gerados pela simulação. Tomando o instante marcado pela linha vertical (segundo 150), por exemplo, na figura A1, pode-se confirmar que as máximas acelerações acontecem junto com as menores velocidades. É intuitiva a percepção de que no instante da inversão do sentido, o mecanismo sofra seu maior esforço. Devido a natureza do movimento. Nesse momento a inércia faz um equilíbrio de forças, com as forças impostas pela embarcação. Como estratégia na busca das tensões neste trabalho, com base nessa **hipótese**, foram aplicadas as equações de equilíbrio e a teoria de viga neste instante. Tanto a hipótese acima quanto o modelo de ondas não possuem qualificação, sendo necessária uma verificação experimental para consolidar o método.

APÊNDICE B Ergonomia

A ergonomia se baseia em três pilares mestres que são: a segurança dos homens e dos equipamentos, a eficiência do processo produtivo e o bem estar dos trabalhadores nas situações de trabalho (Abrahão & Pinho, 1999). E de fato serve para nortear o projeto no que se refere a interações entre pessoas e máquinas ou ferramentas. Para um passadiço pensa-se em ergonomia no momento de definir acentos, painéis, consoles, mostradores, escadas, etc. Um suporte técnico é encontrado na norma regulamentadora NR17 e na norma ABNT NBR 9241 idêntica à ISO de mesmo número. A primeira trata de ergonomia em ambientes de trabalho, a outra, a questão de requisitos ergonômicos para trabalhos com dispositivos de interação visual. Em anexo (figura a3) há uma imagem que serviu de referência nesse trabalho.

APÊNDICE C – Alternativa de elevação 2



APÊNDICE D Trajeto do comboio



Figura D1 Trajeto do comboio

APÊNDICE E – Esboço do passadiço

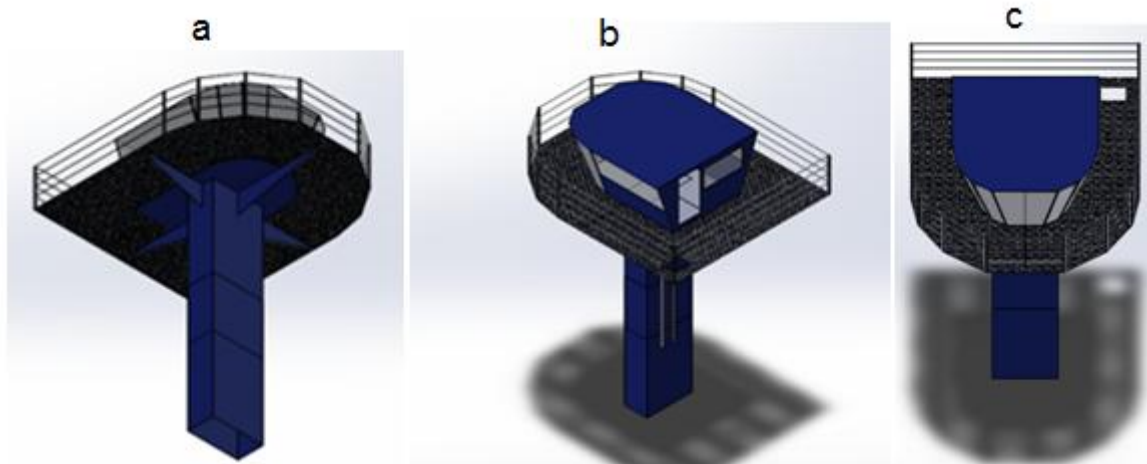


Figura E vistas do passadiço

ANEXO A Imagens



Figura a1 Ponte Getulio Vargas



Figura a2 Movimentos do navio

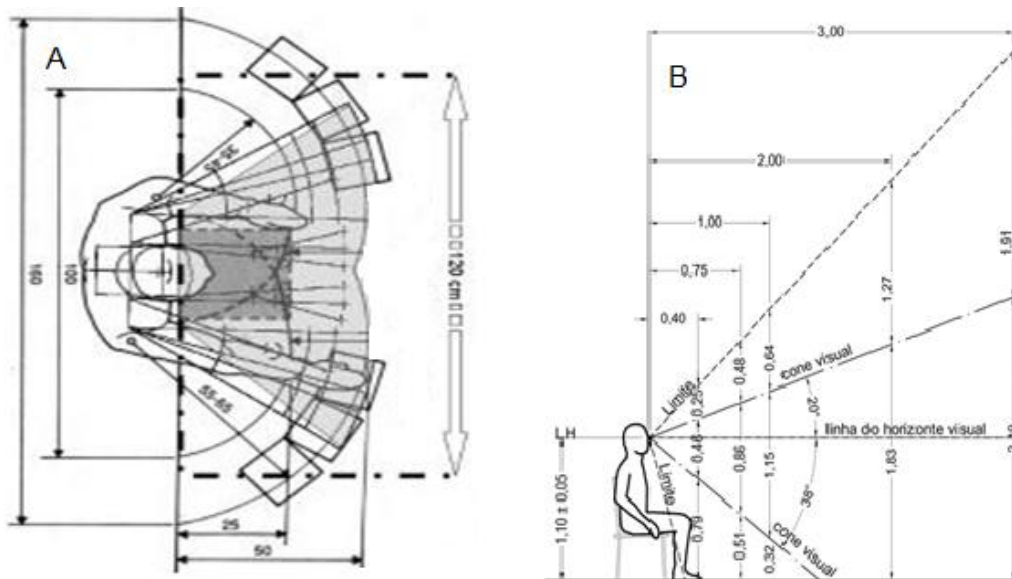


Figura a3 limites ergonômicos (A) Braços (B) visão

ANEXO B Recomendações para o campo de visão do passadiço

(NORMAN02)

-Recomendação para tolerância angular: “Nenhuma carga, guindaste ou qualquer outra obstrução a vante do passadiço poderá criar um setor cego superior a 10 graus. O somatório de setores cegos não poderá exceder a 20 graus e os setores livres entre dois setores cegos deverão ter, pelo menos 5 graus”.

-Recomendações para o campo de visão horizontal: “I) O campo de visão horizontal de um observador no passadiço deverá ser de 112,5 graus para cada bordo, a partir da proa.; II) A partir de cada asa do passadiço, o campo de visão horizontal deve estender-se por um arco de pelo menos 225 graus, contando a partir de 45 graus da linha de centro, pelo bordo oposto, mais os 180 graus do bordo da referida asa.; III) O campo de visão horizontal, a partir do posto de governo principal, deverá se estender sobre um arco a partir da linha de centro, na proa, até, pelo menos, 60 graus para cada bordo do navio; IV) O costado da embarcação deve ser visível das asas do passadiço.”

-Recomendações referentes ao campo de visão do passadiço: “A visão da superfície de mar na proa a embarcação, observada do passadiço não deve ser obstruída além de uma distância correspondente a mais do que 2 (dois) comprimentos da embarcação, ou 500 m, o que for menor, em um arco de 10 graus da linha de centro para cada bordo, independente do calado da embarcação, do trim ou da carga no convés.”