

PROJETO DE GUINCHO TRANSFERIDOR DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA PARA BARCOS A VELA

Lucas Lima Castro, lucas.llc.castro@gmail.com

Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia - Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

Rafael Moura Gomides, rafamgomides@gmail.com

Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia - Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

Rogério Pinto Ribeiro, rogerio@demec.ufmg.br

Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia - Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

Fernanda Rodrigues Ferreira nanda_rodrigues06@hotmail.com

Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

Áquila Loran Nolasco, aguiapl@hotmail.com

Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia - Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

Maria Elisa Mendes, mendes.mariaelisa@gmail.com

Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

Yuri Barros Campos, yuribcampos@gmail.com

Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia - Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

Marcos Vinicius Bortolus, bortolus@ufmg.br

Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia - Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

RESUMO: A Tecnologia Assistiva envolve todo tipo de equipamento ou adaptação aplicada para facilitar ou permitir acesso de pessoas com necessidades especiais em atividades cotidianas. No Brasil essa tecnologia ainda não é muito desenvolvida, sendo frequentemente necessária a importação desses produtos. O transferidor de pessoas, criado na década de 1950, tem como objetivo transferir indivíduos com dificuldades de locomoção entre camas, cadeiras de rodas, cadeiras de banho, dentre outros. Além de tornar a transferência mais segura, evita fadiga e lesões nos assistentes. Este projeto surgiu de uma parceria entre o Grupo PARAMEC (DEMEC-UFMG) e a Associação Mineira de Vela Adaptada (AMVA), que busca a construção de um transferidor a ser usado pelos para-atletas no embarque e desembarque em seus barcos de competição, dando conforto e segurança neste processo que, até então, era feito manualmente. O objetivo é projetar um transferidor nacional, com baixo custo, fácil construção e materiais de fácil obtenção. Através do diálogo entre membros da AMVA e do PARAMEC, levantaram-se os dados necessários para definição do projeto. Foram consideradas as situações de embarque, desembarque e parametrizadas todas as variáveis de entrada, de modo a possibilitar a otimização do projeto. Foram considerados três critérios: facilidade construtiva, custo e funcionamento geral.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia Assistiva, Transferidor, Acessibilidade

ABSTRACT: Assistive technology includes all sorts of equipment or adaptation used to facilitate or enable daily activities for people with special needs. As this technology is not yet well developed in Brazil, it is often required to import these products. The patient lifter, created in the '50s, aims to transfer people with mobility difficulties between beds, wheelchairs and, shower chairs, among others. In addition to providing a safer transfer, it prevents lesions of the assistants. This project evolved from a partnership between the PRARAMEC Group (DEMEC-UFMG) and the Association of Adapted Sailing of Minas Gerais (AMVA) and strives for building a lifter that will be used by athletes when they are boarding and unboarding their competition boats; supporting this process with a higher degree of comfort and safety. The goal of this project is to design a national lifter at low cost, using uncomplex construction and materials easy to obtain. Through the dialogue between PARAMEC and AMVA members, the necessary data for the project's definition could be gained. The conditions of the boarding and unboarding process were analyzed and the

input variables were parameterized to enable the project's optimization. The project considers three criterias: constructive facility, cost and overall functioning.

KEYWORDS: Assistive technology, Lifter, Assesibility

INTRODUÇÃO

No Brasil 2,3% da população tem deficiência física (ou algum tipo de comprometimento). A Tecnologia Assistiva é uma forma de auxiliar esses indivíduos no desempenho de suas atividades cotidianas. Essa tecnologia pode ser entendida como um recurso que promove a ampliação de uma habilidade funcional deficitária ou possibilita a realização da função desejada que se encontra impedida por circunstância de deficiência ou pelo envelhecimento, podendo abranger equipamentos, meios de acessibilidade, comunicação, adaptação, dentre outros.

Compostos por uma coluna, um braço que permite elevação e abaixamento, e rodas que permitem manobras, os primeiros Transferidores de Pessoas foram criados na década de 1950 com o objetivo de facilitar transferências entre maca, cadeira de rodas, banheira, cama, dentre outros; proporcionando assim maior conforto e segurança ao transportado e evitando lesões nos assistentes. Hoje no mercado existem transferidores móveis e fixos, com acionamento elétrico, hidráulico e manual para vários fins específicos.

Em relação a estes equipamentos, é observado que há um grande déficit no mercado brasileiro, sendo que a grande parte dos produtos é importada, fazendo com que ao preço inicial seja acrescido de taxas tributárias de importação, frete e ainda a diferença do valor da moeda vigente.

A Associação Mineira de Vela Adaptada (AMVA), fundada em 2009, é uma associação sem fins lucrativos voltada para atletas paraolímpicos. Essa Associação tem como objetivo fornecer estrutura de treinamento sem custo para pessoas com deficiências que queiram desenvolver/aprender o esporte náutico. Os para atletas da AMVA já apresentam resultados expressivos como o título de Campeão Brasileiro de 2012 e o primeiro título internacional da vela adaptada brasileira. O Iate Clube Lagoa dos Ingleses, em Nova Lima, disponibiliza todo o espaço e instalações do clube para que a AMVA possa realizar suas atividades. Os para atletas da AMVA entram e saem da vela utilizando a ajuda de outras pessoas, com grande risco de acidentes devido às superfícies molhadas.

O Grupo PARAMEC pertence ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG e foi criado em 1996, tendo como meta criar e desenvolver equipamentos para atender à população com algum tipo de necessidade especial. O Grupo é composto por estudantes de Engenharias e área da Saúde, já que a

interdisciplinaridade é essencial para se chegar a soluções mais completas e melhor elaboradas.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma solução de um transferidor que atenda à demanda da AMVA, promovendo mais segurança e conforto aos atletas e seus assistentes no momento da entrada e saída de seus barcos. Além disso, oferecer um projeto simples e barato, diminuindo a dificuldade de aquisição encontrada hoje pelo alto preço dos equipamentos semelhantes no mercado. Além de atender à demanda específica da AMVA, este projeto pode atender a vários outros clubes de vela e ser ponto de partida para concepção de equipamentos semelhantes em usos semelhantes, natação, equitação e varias atividades que necessitem de levantamento e posicionamento de pessoas com dificuldades de fazê-lo autonomamente e com segurança.

METODOLOGIA

Fixação

O transferidor de pessoas deverá ser fixado em um píer flutuante, próximo à margem da lagoa. O píer, especialmente construído para pessoas com mobilidade reduzida, encontra-se instalado na Lagoa dos Ingleses Fig. (1). Uma cota importante no posicionamento do equipamento no píer é **dc**, é a distancia do centro da coluna até a borda do píer. Adotou-se a medida de 250 mm, pois assim é possível fazer uma base de engaste com espaço suficiente.



Figura 1. Píer onde será instalado o transferidor

Barcos Atendidos

Em visita técnica, conversando com atletas, levantou-se uma lista de barcos já existentes no clube e outros de possível utilização futura. Os modelos são listados a baixo:

-2.4 MR -SKUD 18 -MICROTONNER 19
-SONAR 23 -BRUMA 19 -RANGER 22

As medidas de cada barco são importantes no dimensionamento do transferidor.

Braço telescópico

Para atender os barcos considerados neste projeto, o braço deverá ser telescópico e será fabricado com perfis de sessão retangular de modo que se tenha disponibilidade de um perfil interno que encaixe com boa precisão dentro do externo, como mostra a Fig. (2).

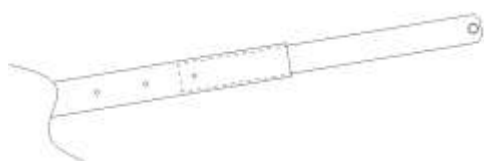


Figura 2. Braço telescópico

Sistema de Elevação

Foi escolhida a atuação manual, pois basta um ajudante para realizar toda a operação. A dependência de energia elétrica (fonte ou bateria) torna vulnerável o sucesso da operação, além do que sistemas elétricos são mais caros que o escolhido. Por influência do ambiente de operação, devido à exposição ao sol, à chuva e à umidade, optou-se pela utilização de atuadores hidráulicos, uma vez que não necessitam de lubrificação e podem ficar expostos ao tempo. Excluem-se os sistemas de embobinamento de cabos ou fitas, pois são degradadas pela oxidação e pela exposição ao sol respectivamente, podendo causar seu rompimento. A redução de engrenagens pode sofrer oxidação devido ao desgaste do banho químico protetor, causando engripamento ou necessitando constante lubrificação. Desta forma, a configuração do projeto será basicamente uma coluna rígida rotacionável e atuador hidráulico, suspendendo e abaixando um braço telescópico para que seu comprimento atenda a todos os barcos pretendidos. A Figura 3 mostra esta configuração.



Figura 3. Configuração do transferidor

Configuração do conjunto funda e pessoa

As medidas para a funda e pessoa, foram baseadas em dados de antropometria, encontrada em (ROOZBAZAR, 1977). Segundo esses dados, o espaço entre a parte posterior das nádegas até o topo da cabeça de uma pessoa com estatura H é aproximadamente $0,523H$. Para uma pessoa de 1,90 m, essa cota valerá 0,99 m. Para não ter o cabide da funda muito perto do rosto da pessoa, definiu-se a cota **daf** como 1,10 m (Ver Fig. (4)). Ainda segundo (ROOZBAZAR, 1977), o espaço entre a porção inferior do joelho até a sola dos pés mede $0,249H$, que para a pessoa de 1,9 m seria 48 cm. Entretanto, como se espera que o joelho esteja mais arqueado devido à posição de assentar mostrada na Fig. (4), considera-se que apenas 60% desta medida esteja abaixo das nádegas, o que corresponde a aproximadamente 30 cm. A medida da distancia entre suporte da funda a linha média do braço foi considerada como 75 mm para ser possível colocar o suporte externamente ao perfil. A margem de ajuste é considerada como 100 mm para cobrir possíveis desníveis causados pela flutuação e diferenças nos barcos. A funda deve ter fivelas ajustáveis para melhor acertar o posicionamento da pessoa. Assim, as medidas deste conjunto são mostradas na Tab. 1.

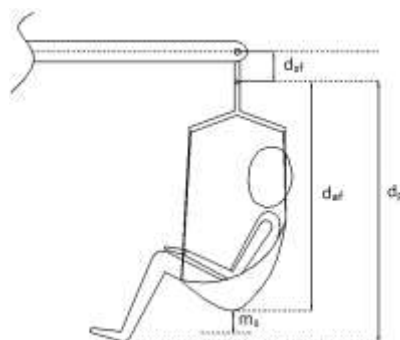


Figura 4. Parâmetros de posicionamento do conjunto funda e pessoa

Tabela 1. Medidas do conjunto da funda com pessoa

Medidas [mm]	
dsf	75
daf	1100
dpf	1400
ms	100

Rotação da base

Além do movimento de elevação da pessoa, o transferidor deve rotacionar da posição de montagem no píer para dentro do barco. Para isso, o transferidor deverá ter uma base engastada no píer que permita à parte superior da coluna o movimento de rotação. Abaixo são listados os requisitos que a rótula deve atender:

- Livre rotação de 360° em torno do eixo vertical;
- Rigidez suficiente no eixo para não haver desalinhamentos internos;

- Restrição ao deslocamento vertical para cima para baixo;
 - Proteção contra umidade, pois existem rolamentos na sua parte interna;
 - Possibilidade de desmontagem para manutenção;
 - Possibilidade de se desmontar a rótula da coluna, para facilidade da instalação no píer.
- Atendendo a estes requisitos, foi idealizada a rótula, mostrada abaixo pela Fig. (4).

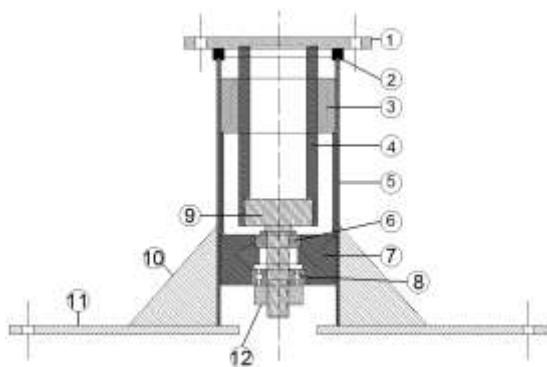


Figura 4. Detalhamento da rótula da base

Na Figura 6-12, os índices indicam:

- 1-Flange de fixação da coluna;
- 2-Borracha esponjosa EVA para vedação;
- 3-Bucha de nylon para centragem do tubo interno;
- 4-Tubo interno;
- 5-Tubo externo;
- 6-Rolamento cônico;
- 7-Sede dos rolamentos;
- 8-Rolamento radial;
- 9-Ponteira do tubo interno;
- 10-Enrijecedor de canto;
- 11-Chapa base;
- 12-Porca da ponteira.

Estrutura e Fator de Carga

A carga prevista para a operação é de uma pessoa de até 140 kg. Prevendo que o sistema pode sofrer uma descida mais brusca pelo manuseio incorreto da válvula de abertura do atuador, segundo (Palma, 2005), estabeleceu-se um fator de segurança igual a 2,5. O fator de segurança incide no peso máximo de carga e reflete em todos os demais cálculos como pinos e perfis de aço. A altura total da coluna foi determinada de modo a se ter uma abertura angular superior e inferior semelhantes, ou seja, que o braço suba e desça aproximadamente do mesmo ângulo, facilitando o posicionamento do atuador e homogeneizando a distribuição de forças ao longo do curso. Além disso, buscou-se avaliar a altura da alavanca do atuador, para que esta não ficasse muito baixa e desconfortável para o operador do transferidor.

Parametrização

A fim de se ter uma forma dinâmica e precisa de cálculo, foram parametrizadas todas as variáveis relevantes para a modelagem do problema. O problema foi dividido em 4 grupos:

- Barco e píer;

- Funda com a pessoa;
- Transferidor;
- Atuador hidráulico

- Barco e píer

Posicionamento do barco no píer na situação de embarque e desembarque, como mostra a Fig. (5).

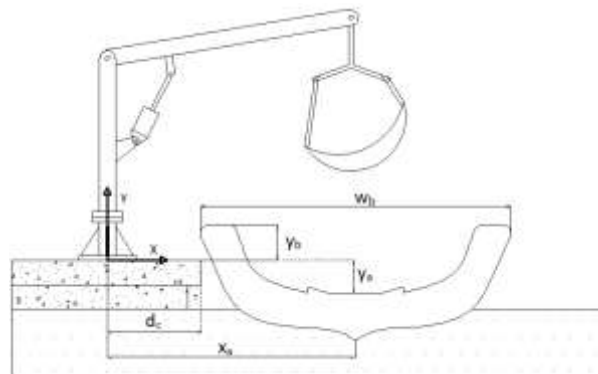


Figura 5. Parâmetros de posicionamento do barco junto ao píer

Nesta situação, todas variáveis são entradas, exceto dc , ajustada durante o projeto, e xa , função de wb e dc . É definida a origem de um sistema de coordenadas na base da coluna.

- wb Largura do barco na seção de embarque;
- yb Altura da borda do barco em relação ao nível do píer;
- ya Profundidade do assento em relação ao nível do píer;
- dc Deslocamento da borda do barco em relação ao centro da coluna do transferidor;
- xa Distância do ponto médio do acento ao centro da coluna do transferidor.

$$xa = \frac{wb}{2} + dc$$

- Funda com pessoa

Posicionamento da pessoa transportada assentada na funda e a fixação da funda no braço, como mostra a Fig. (6).

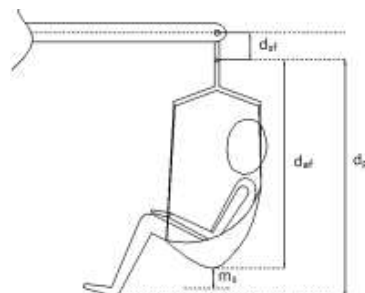


Figura 6. Parâmetros de posicionamento do conjunto funda com pessoa

Todas são variáveis de entrada:

- **dsf** Distância do suporte da funda ao ponto médio da seção do braço do transferidor, dependente do tipo de suporte a ser usado;
- **daf** Distância do acento da funda ao suporte no braço do transferidor;
- **dpf** Distância do pé do transferido ao suporte da funda no braço do transferidor;
- **ms** Margem de ajuste do transferido, para cobrir imperfeições de posicionamento como a flutuação;

- Transferidor

Variáveis geométricas do transferidor, como mostra a Fig. (7). Nesta figura, exceto **lb**, todos são parâmetros de entrada ajustáveis ao longo do projeto.

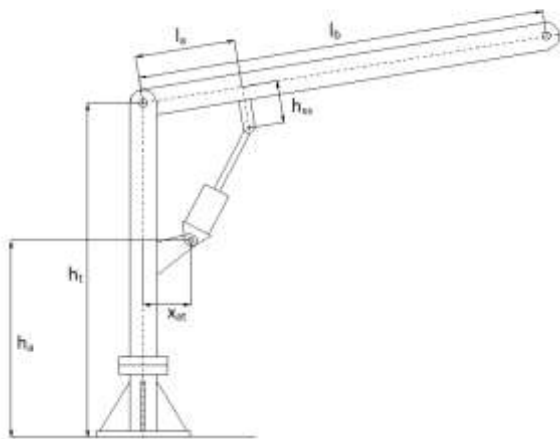


Figura 7. Parâmetros geométricos do transferidor

- **ht** Altura da coluna;
- **la** Distância entre articulação do braço e projeção do eixo superior do atuador no braço;
- **lb** Comprimento total do braço;
- **hss** Distância do eixo superior do atuador à linha média do braço;
- **xat** Distância horizontal do eixo inferior do atuador ao centro da coluna;
- **ha** Altura do eixo inferior do atuador em relação ao cais;

- Atuador

Atuador hidráulico tipicamente encontrado no mercado. Consiste em suportes inferior, superior e atuador hidráulico, como mostra a Fig. (8).

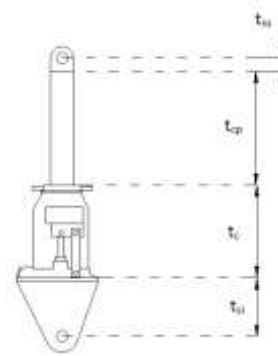


Figura 8. Parâmetros geométricos do atuador típico

- **tss** Altura do suporte superior do atuador;
- **tcp** Altura do curso do pistão hidráulico;
- **tc** Altura do cilindro base do atuador;
- **tsi** Altura do suporte inferior do atuador;

Cálculos Geométricos

Após definir os parâmetros dimensionais dos quatro grupos anteriormente mostrados, procedeu-se com o cálculo da amplitude do ângulo e comprimento do braço, bem como as dimensões necessárias para o atuador a ser empregado.

- Amplitude angular e comprimento do braço

Foi definido como α o ângulo entre a horizontal e o braço do transferidor. O maior e o menor ângulos foram obtidos dentre todos barcos analisados. Estes serão os limites que o braço deverá atender. Para calcular os valores extremos de α , foi necessário calcular qual a maior (**ymáx**) e menor (**ymín**) altura que a ponta do braço atinge no embarque e desembarque. (Fig. (9) e Fig. (10)).

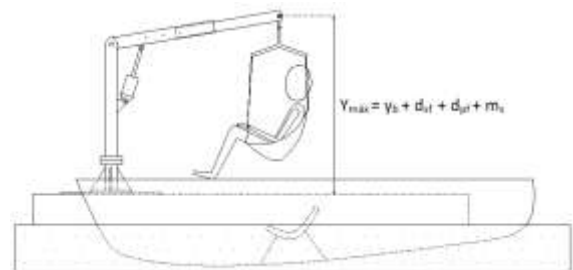


Figura 9. Posição mais elevada do braço no embarque/desembarque

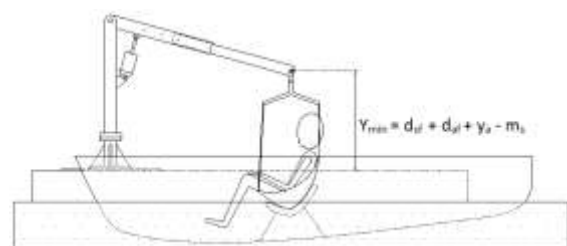


Figura 10. Posição mais baixa no embarque/desembarque

Com y_{\min} , é possível calcular α_{\min} . Com o auxílio da Fig. (11) e da Fig. (5), na posição mais baixa, o ângulo α_{\min} é calculado como

$$\alpha_{\min} = \tan^{-1} \left[y_{\min} - \frac{ht}{xa} \right]$$

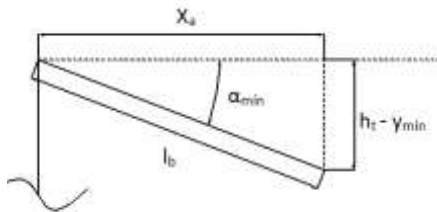


Figura 11. Ângulo do braço na posição mais baixa

A Tabela 2 mostra os resultados para deflexões angulares e comprimento do braço para os seis barcos considerados. São destacados os valores máximos e mínimos empregados nos cálculos.

Ainda com a Fig. (11), é possível calcular o comprimento do braço

$$l_b = \sqrt{xa^2 + (ht - y_{\min})^2}$$

O cálculo do ângulo α_{\min} , como se vê na Fig. (12), é dado por

$$\alpha_{\max} = \sin^{-1}[(y_{\max} - ht)/\sqrt{l_b}]$$

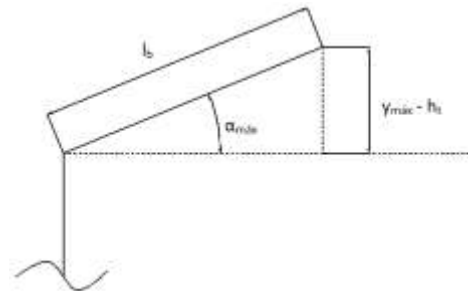


Figura 12. Ângulo do braço na posição mais alta

Tabela 2. deflexões angulares e comprimento do braço para os seis barcos considerados.

Posições extremas	Barcos							Valores críticos	
	2.4 MR	SKUD 18	MICROTONNER 19	SONAR 23	BRUMA 19	RANGER 22	máximo	Mínimo	
y_{\max} [mm]	1383	1547	1756	1858	2139	2155	2155	1383	
y_{\min} [mm]	360	508	528	714	889	887	889	360	
Ângulos de Deflexão	2.4 MR	SKUD 18	MICROTONNER 19	SONAR 23	BRUMA 19	RANGER 22	Máximo	mínimo	
α_{\min}	Rad	-0,894	-0,459	-0,429	-0,323	-0,215	-0,210	-0,210	-0,894
	graus	-51,2	-26,3	-24,6	-18,5	-12,3	-12,0	-12,0	-51,2
α_{\max}	Rad	0,171	0,224	0,351	0,445	0,699	0,689	0,699	0,171
	graus	9,8	12,8	20,1	25,5	40,1	39,5	40,1	9,8
Comprimento do braço l_b [mm]	1078	1562	1616	1529	1459	1503	1616	1078	

- Movimentos do braço e atuador

Para se chegar ao atuador mais adequado, foi analisado curso e carga necessários, além de avaliar dimensões gerais no acondicionamento deste no transferidor, evitando assim, interferências e/ou travamentos. Foi necessário expressar tais dimensões em função do ângulo α e das demais variáveis da Fig. (7). A Figura 13 mostra todos os parâmetros necessários para selecionar o atuador quanto ao seu movimento. É definido cada ângulo e determinado cada lado do triângulo do atuador, formado pelos lados t_1 , t_2 e t_3 . Este último, t_3 , é o comprimento do conjunto atuador e suportes em cada posição angular do braço, que será usado na seleção.

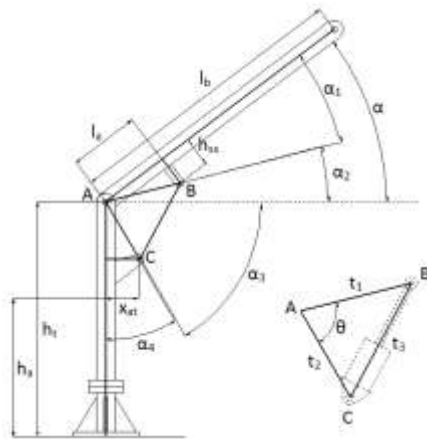


Figura 13. Parâmetros de movimentação do transferidor

Cálculo dos ângulos e lados do triângulo do atuador.

$$t_1 = \sqrt{h_{ss}^2 + l_a^2}$$

$$t_2 = \sqrt{x a^2 + (h t - h a)^2}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{h_{ss}}{l_a} \right)$$

$$\alpha_2 = \alpha - \alpha_1$$

$$\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{x a t}{h t - h a} \right)$$

$$\alpha_3 = 90^\circ - \alpha_4$$

$$\theta = \alpha_2 + \alpha_3$$

$$t^3 = \sqrt{t_1^2 + t_2^2 - 2 t_1 t_2 \cos \theta} \quad (\text{Lei dos Cossenos})$$

Para elevação máxima, teremos t_3^{exp} (expandido) e para elevação mínima, teremos t_3^{comp} (comprimido) como mostra a Fig. (14).

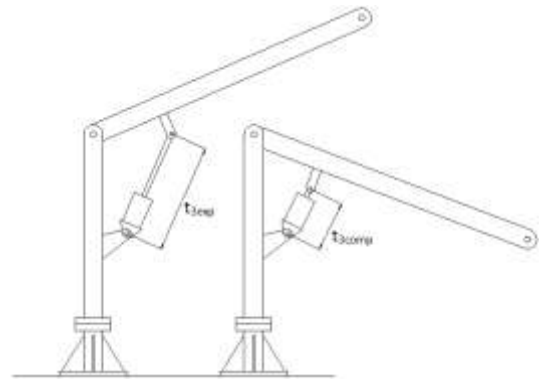


Figura 14. t_3 expandido e comprimido

O atuador foi selecionado considerando os critérios de tamanho mínimo (totalmente comprimido), tamanho do curso e capacidade de carga. Também foi analisado geometricamente para evitar o travamento do sistema, que acontece quando o pino do braço na coluna se alinha aos pinos inferior e superior do atuador, coincidindo com a reta r , na Fig. (15).

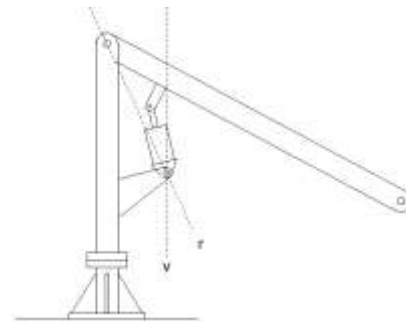


Figura 15. Situação próxima ao travamento do braço

- Suportes do atuador

A altura do suporte superior, t_{ss} , é pré-estabelecida em função do modo de construção. Foi definida como 30 mm, inicialmente. A Figura 16 mostra a configuração do suporte superior e inferior. O suporte inferior foi calculado quando todos os critérios de seleção do atuador foram satisfeitos, de forma a igualar a altura total do conjunto atuador-suportes à t_3^{comp} . Assim, na posição inferior do braço não há interferências do atuador com a estrutura e o curso do atuador é suficiente para levantar o braço até sua posição superior máxima.

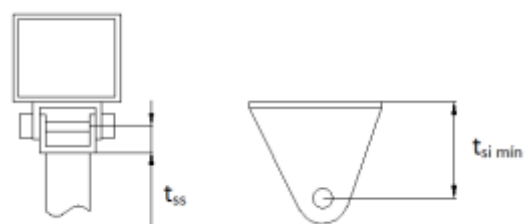


Figura 16. Suportes articulados do atuador

Cálculo das Forças Atuantes

Para selecionar o atuador e dimensionar a estrutura, é necessário conhecer as forças atuantes no braço e na coluna. Partindo da decomposição do peso da pessoa transferida, calcularam-se as forças atuantes em cada ponto da estrutura. A combinação geral de forças muda à medida que o ângulo α varia, por isso todas as forças calculadas são função deste ângulo. Para escolha do atuador e dimensionamento da estrutura, foram consideradas as situações extremas de cargas ao longo de todo curso do braço.

- Forças atuantes no braço

As forças no braço são decompostas em componentes tangenciais e radiais e o comprimento do braço considerado é o maior, $lb_{m\acute{a}x}$. Em seguida são mostradas as fórmulas para o cálculo de cada força. (Fig. (17)).

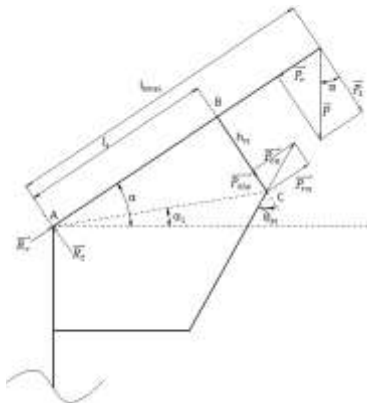


Figura 17. Configuração das forças no braço

Componentes do peso:

$$P_t = P * \cos\alpha; \quad P_r = P * \sin\alpha;$$

Para determinar P_{tla} e P_{ra} deve-se fazer um sistema linear de duas equações, uma de equilíbrio de momentos em A e outra de trigonometria com o ângulo θ_{at} , resultando em

$$P_{ra} = P_{tla} * \tan\theta_{at}$$

Reação da força de compressão do atuador no braço

$$P_{ca} = \sqrt{P_{tla}^2 + P_{ra}^2}$$

As reações do apoio na coluna são calculadas por equilíbrio de forças radiais e momentos em torno de B

$$R_r = P_r - P_{ra}$$

$$R_t = \frac{P_{ra} * h_{ss} - P_t * (lb_{m\acute{a}x} - la)}{la}$$

- Forças atuantes na coluna

Para o cálculo das forças na coluna, as reações ao esforço do braço são decompostas em componentes horizontais e verticais, como mostra a Fig. (18).

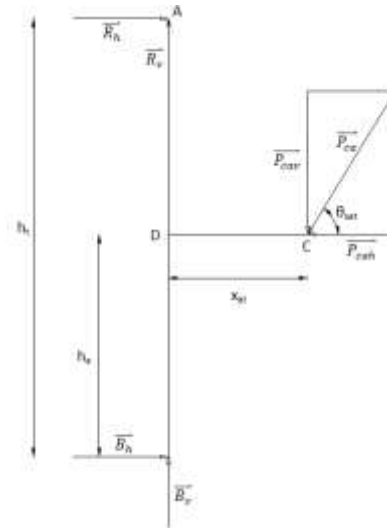


Figura 18. Configuração das forças na coluna

Reações ao braço:

$$R_h = R_t * \cos(\pi/2 - \alpha) - R_r * \cos\alpha;$$

$$R_v = -R_t * \sin(\pi/2 - \alpha) - R_r * \sin\alpha;$$

Ação do atuador:

$$P_{cah} = P_{ca} * \cos\theta_{xat}; \quad P_{cav} = P_{ca} * \sin\theta_{xat};$$

As reações na base são calculadas por equilíbrio de forças na vertical e momentos em torno de D

$$B_h = \frac{R_h * (ht - ha) + P_{cav} * xat}{ha}$$

Momento máximo no braço

Segundo (Hibbeler, 2005), o momento máximo está na região do pino superior do atuador e tem valor mostrado na Fig. (19).

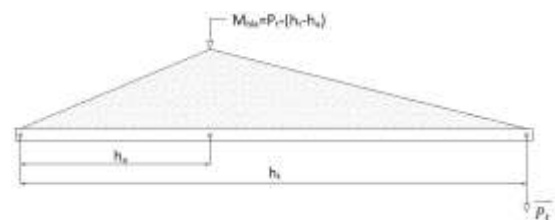


Figura 19. Momento máximo no braço

Momento máximo na coluna

Na coluna, o momento máximo está localizado no engaste com a base, como mostra a Fig. (20).

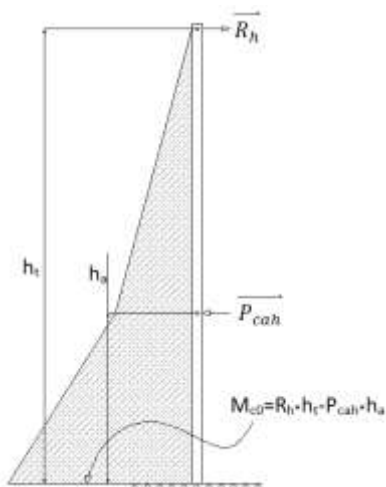


Figura 20. Momento máximo na coluna

Cálculo dos perfis

Os perfis foram selecionados pelo seu módulo de resistência à flexão. Não foram levados em conta os esforços cortantes e axiais, pois são muito menores. Foi adotada, segundo (Palma, 2005), apenas uma margem de segurança **mseg** de 1,2 na seleção do módulo de resistência à flexão **w** para cobrir estes esforços. Os tubos escolhidos foram de seção retangular trabalhados a frio V&M®, com limite de escoamento **f_y** mínimo de 250 MPa. A seleção do módulo resistente à flexão foi feita como mostrado abaixo, onde **M_f Max** é o maior momento fletor atuante no elemento:

$$w \geq \frac{mseg * M_{fm\acute{a}x}}{f_y}$$

Cálculo dos pinos das articulações

O dimensionamento dos furos foi feito com base em sua área projetada na chapa. Serão usados parafusos milimetrados 8.8 por serem comuns no mercado. Como a área projetada de um furo com diâmetro **d** é geralmente menor que a área da seção de um parafuso com diâmetro **d** e a chapa, de aço 1020, tem limite de escoamento inferior ao parafuso, o dimensionamento é feito pela chapa e somente é checado se o parafuso suportaria a tensão com a carga **P/2** e diâmetro **d** calculado com a chapa. A Figura 21 mostra a área projetada pelo furo na chapa. O valor da carga **P**, para as articulações do atuador, é o maior valor de **P_{ca}** ao longo do curso completo. Para a conexão do braço com a coluna, esse valor é a soma vetorial das reações neste ponto.

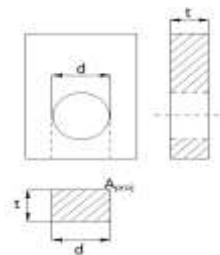


Figura 21. Área projetada do furo.

Assim, o diâmetro mínimo é dado por

$$d = \frac{P_{cam\acute{a}x} * F.S.}{2 * t * f_{y1020}}$$

Onde **f_y 1020** é o limite de escoamento do Aço SAE 1020 e **F.S.** é um fator de segurança aplicado, no caso para possíveis diferenças de especificação de chapa. Neste caso, segundo (Palma, 2005), F.S. foi adotado como 1,1. A chapa escolhida para construção foi de 1/4" (6,35 mm).

Configuração do Sistema de Elevação

Após analisar as forças atuantes no equipamento, foram idealizadas três configurações de atuação, sendo que as variáveis pendentes (**ha**, **la** e **xat**) foram ajustadas por tentativa e erro em planilhas do EXEL®.

- Modelo I

O modelo I possui a configuração apresentada na Fig. (7). Braço articulado ligado à coluna giratória e comandado pelo atuador hidráulico. Os suportes do atuador são lançados pra fora dos perfis da coluna e braço, não causando interferência do atuador com a estrutura.(Figura 22).

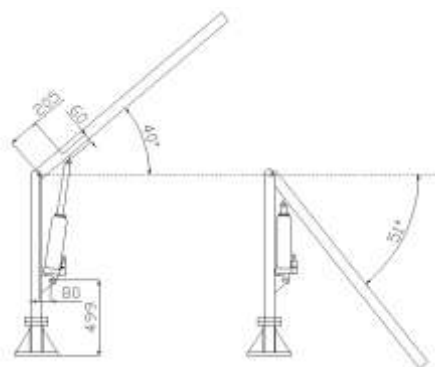


Figura 22. Esquema do Modelo I com principais cotas.

O atuador que melhor se encaixou nos critérios foi o modelo G100 da marca Bovenau®, por ser o de menor carga e mais compacto. Este modelo apresenta grande simplicidade construtiva, porém possui preço elevado e é de difícil localização no mercado. Como o objetivo do trabalho é reduzir o custo ao máximo do equipamento, descartou-se lado este modelo e foram estudados mais dois, com soluções diferentes que buscam baixar o preço pelo uso de atuadores mais comuns e baratos.

- Modelo II

O modelo II surgiu como uma possibilidade de se usar um atuador hidráulico de menor curso que no anterior, já que esse é o tipo mais comum e barato encontrado no mercado. O conceito deste modelo consiste basicamente em usar um semi-braço (cota “b” na Fig. (23)) multiplicador do curso conectado ao braço. O atuador, então, poderá ter um curso menor apenas exigindo uma carga maior. A Figura 23 mostra a configuração conceitual do Modelo II e a relação para que haja multiplicação do curso do atuador, onde a cota “a” deve ser menor que a cota “b”.

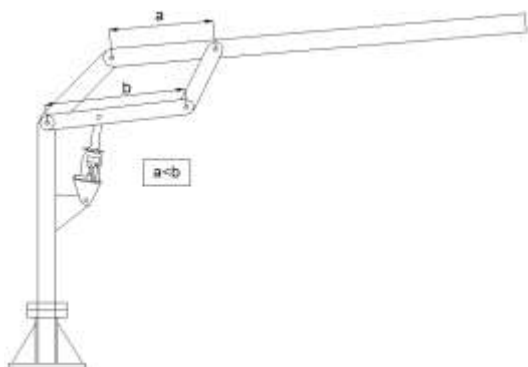


Figura 6-3. Configuração conceitual do Modelo II

Após algumas tentativas na tabela de cálculo, foi observado que este sistema apresenta travamento antes de atingir a altura máxima requisitada. (Figura 24).

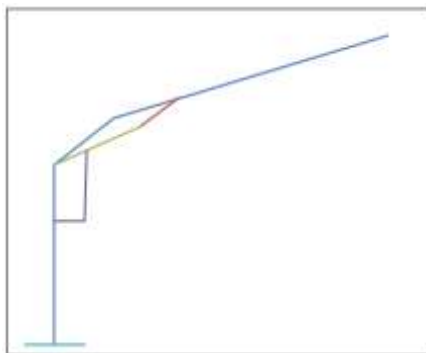


Figura 24. Travamento prematuro do Modelo II

- Modelo III

O Modelo III retoma a simplicidade do Modelo I de coluna e braço simples, necessitando de pequenas intervenções na estrutura. Para se conseguir usar atuadores de curso menor que no Modelo I, mudou-se a idéia de que os suportes deveriam ser lançados para fora da coluna e do braço. Neste modelo, as articulações inferior e superior do atuador coincidem com a linha média da coluna e do braço, respectivamente, como mostra a Fig. (25).

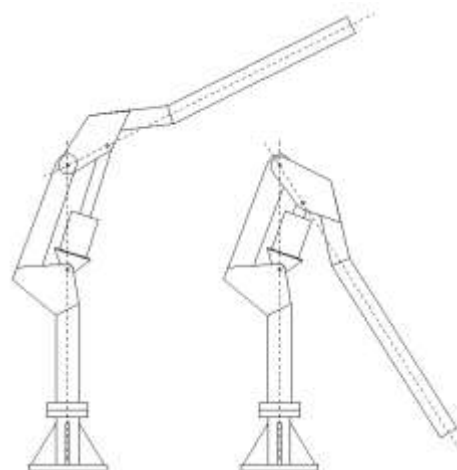


Figura 25. Conceito básico do Modelo III

Esta mudança permite que, mesmo com o abaixamento máximo do braço, um atuador caiba no espaço entre braço e coluna por causa da curvatura da estrutura. Assim, é possível usar menos curso e ter apenas um pequeno aumento de carga no atuador, o que não é problema tendo em vista a grande gama capacidades dos atuadores pesquisados. Por este motivo, o modelo se destacou entre os apresentados. A modelagem geométrica e cálculo de forças são exatamente os mesmos, exceto pelo fato de que as alturas dos suportes do atuador (**xat e hss**) são zeradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelo III foi o que apresentou melhor custo/benefício, por sua construção simples e o uso de um atuador hidráulico de baixo custo. As dimensões finais do equipamento são mostradas na tabela abaixo.

Tabela 3-Dimensões finais do transferidor

Dados principais		daf [mm]	1100,0
dc [mm]	250,0	dpr [mm]	1400,0
ht [mm]	1200,0	ms [mm]	100,0
ha [mm]	750,0	αmín [°]	-51,2
xat [mm]	0,0	αmín [°]	40,1
hss [mm]	0,0	lb máx [mm]	2155,0
la [mm]	190,0	lb mín [mm]	1383,0
dsf [mm]	75,0	Pca máx [kgf]	2932,3

O atuador selecionado foi o macaco hidráulico fabricado pela Bovenau®, modelo EFF/EFT 4300 com três estágios, curso de 272 mm e carga nominal de 4,0 toneladas, mostrado na Fig. (26).



Figura 26. Macaco hidráulico EFF/EFT 4300

Foram selecionados perfis para coluna, parte interna e parte externa do telescópico do braço, como mostrado na Tab. (4).

Tabela 4. Perfis selecionados para braço e coluna

Peça	W mín [cm ³]	W perfil [cm ³]	Medidas do perfil Altura x base x espessura [mm]
Parte interna do braço	23,5	24,0	80 x 50 x 5,6
Parte externa do braço	23,5	24,0	90 x 60 x 3,6
Coluna	27,4	28,6	90 x 60 x 4,5

A Tabela 5 mostra os diâmetros dos parafusos a serem usados nas articulações:

Tabela 5. Diâmetros dos parafusos nas articulações

Local	t chapa [mm]	Diâm. mínimo [mm]	Diâm. Parafuso [mm]
Suporte superior atuador	6,35	15,8	16
Suporte inferior atuador	6,35	15,8	16
Braço/coluna	6,35	14,4	16

Com a escolha do conceito construtivo do Modelo III e os componentes calculados, foi obtido um equipamento simples, de fácil operação e construção. O aço SAE 1020 será usado na estrutura bem como os perfis e chapas adotados, por ser em conta e fácil de trabalhar. Perfis cortados em esquadrias, chapas cortadas, soldas e furos são processos de produção e materiais de grande simplicidade, fazendo com que este equipamento possa ser fabricado facilmente sem

necessidade de nenhuma infra-estrutura especial. A simplicidade deste modelo é importante durante o seu manuseio, já que poderá ser usado por qualquer pessoa que receba instruções mínimas para tal. A atuação hidráulica, que se mostra uma boa escolha, pois este mecanismo necessita de pouca manutenção, além de promover uma elevação fácil e leve para o assistente. Para o abaixamento do braço, oferece uma descida suave desde que o operador regule corretamente a abertura da válvula. Ao final da construção, deverá ser aplicada uma pintura eletrostática para proteger o equipamento de oxidação. Cabe ressaltar que a escolha das características do conceito utilizado se aplica especificamente à necessidade da AMVA, mas mesmo assim este conceito pode ser usado em mais situações semelhantes. Cada situação merece uma análise atenciosa, como se vê pelo detalhamento com que foi feito este estudo a fim de se obter a melhor solução e otimizar o projeto. O conjunto da funda com seu suporte serão desenvolvidos pela equipe de Terapia Ocupacional do PARAMEC, responsável por definir a melhor solução para suportar a pessoa transportada com segurança, praticidade e conforto. Deverá atender as limitações dimensionais estabelecidas no projeto para total adequação do equipamento. A configuração final do transferidor é mostrado na Fig. (27).

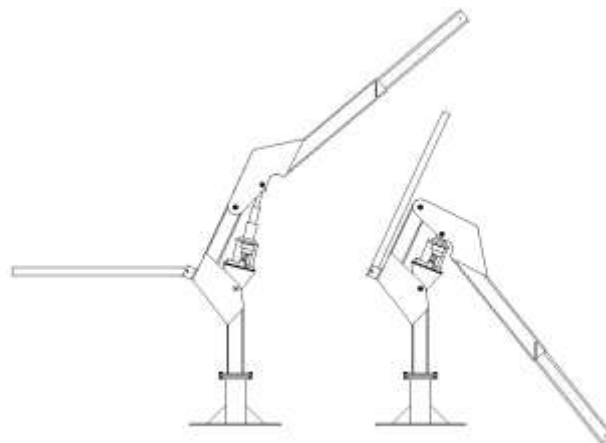


Figura 27. Configuração final do transferidor aberto e recolhido

Conclusão

Através de uma análise detalhada e atenciosa, chegou-se a uma solução para a necessidade da AMVA. Toda análise em torno do problema foi conduzida com o propósito de desenvolver um produto mais simples e barato possível. A partir do modelo elaborado, será fabricado o primeiro protótipo para testes do equipamento.

REFERÊNCIAS

- Bovenau*. (s.d.). Acesso em 12 de 03 de 2014, disponível em <http://www.bovenau.com.br/?pg=produto&cod=11>
- Bovenau*. (s.d.). Acesso em 06 de 06 de 2014, disponível em <http://www.bovenau.com.br/?pg=produto&cod=14>
- Bovenau*. (s.d.). Acesso em 06 de 06 de 2014, disponível em <http://www.bovenau.com.br/?pg=produto&cod=5>
- Hibbeler, R. C. (2005). *Estática - Mecânica para engenheiros*. São Paulo: Pearson/Prentice Hall.
- Palma, E. S. (2005). Elementos de Máquinas I - Notas de aula
- Mais de 45 milhões de brasileiros têm alguma deficiência, revela Censo 2010. 2012. Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/2012-04-27/mais-de-45-milhoes-de-brasileiros-tem-algumadeficiencia-revela.html>>. Acesso em: 27 de 01 de 2014.*
- Roobazar, A. (1977). *Workplace for short people, tall people, or both*.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(veis) por este artigo.