

# PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA CADEIRA PARA REMO ADAPTÁVEL

**Flávio Namura Macari**  
flavio.macari@gmail.com

***Resumo.** Este trabalho objetiva o projeto e a construção de uma cadeira que possibilite a prática do remo adaptável, a qual deverá ser utilizada no barco e no remo-ergômetro, permitindo que atletas portadores de deficiências físicas possam remar nesta modalidade, mostrando que o esporte é uma importante forma de inclusão social. Para tanto, a cadeira deverá possuir algumas regulagens de altura e de inclinação do encosto e regulagem transversal e longitudinal do assento, para que diferentes atletas pára - olímpicos possam utilizá-la, de forma relativamente prática. Além disso, ela deve assegurar conforto, segurança, bom desempenho aos atletas e obedecer às normas das federações competentes.*

***Palavras chave:** cadeira, remo adaptável, deficiência, regulagem, conforto.*

## 1. Introdução

A Organização Mundial de Saúde estima que 10% a 15% da população mundial sofre algum tipo de deficiência, representando quase 1 bilhão de pessoas [1]. O Censo de 2000 revelou que no Brasil 14,5% da população é portadora de alguma necessidade especial, totalizando 24,5 milhões de pessoas, destacando-se a região nordeste do país com o maior percentual de deficientes, aproximadamente 16,5% [2]. Segundo o IBGE, a população de deficientes no Brasil divide-se na seguinte proporção: 48% são vítimas de deficiência visual, 22% de deficiência motora, 16% auditiva, 8% mental e 4% física [2]. Deficiência física é o nome dado à caracterização dos problemas que ocorrem no cérebro ou sistema locomotor, que levam ao mau funcionamento ou paralisia dos membros inferiores e/ou superiores, podendo ter várias causas. Entre as principais, estão os fatores genéticos, virais ou bacterianos, neonatais e traumáticos. As deficiências físicas apresentam vários graus de comprometimento do aparelho locomotor, sistema muscular e nervoso, de acordo com a lesão ocorrida. Isso é levado em conta na classificação dos para-atletas de diversas modalidades em categorias específicas.

Diante dos valores expostos, é evidente que o número de pessoas portadoras de alguma deficiência é elevado, exigindo-se um grande esforço da sociedade para que trabalhos de inclusão social sejam desenvolvidos, com intuito de melhorar a qualidade de vida dessa parte da população, alcançando um elevado nível de independência social e política. Um dos meios para realização dessa tarefa é a prática de esportes, através da adaptação de algumas regras e equipamentos. É neste contexto que se insere o remo adaptável, como uma modalidade do remo voltada a portadores de necessidades especiais.

Na prática do remo, o assento é móvel em relação ao barco e corre num trilho na direção longitudinal de forma que o atleta, ao remar, movimenta o corpo aumentando o ângulo da remada e utiliza a força das pernas. Já no remo adaptável, a elegibilidade dos atletas segue algumas regras, para que as competições sejam realizadas de forma justa, garantindo que apenas pessoas com deficiências semelhantes possam participar na mesma modalidade. Existem 3 classes no remo adaptável [3], sendo elas: LTA (pernas, tronco e braços) - para remadores que possuem alguma deficiência, mas que podem usar suas pernas, tronco e braços, utilizando um assento deslizante no barco; TA (tronco e braços) - para remadores que têm movimento de tronco mas que não possuem condições de utilizar um assento deslizante, devido a problemas significante nos membros inferiores; A (braços apenas) - para remadores que possuem nenhuma ou mínima função de tronco, movimentando o remo com a força dos braços e/ou dos ombros com assento fixo.

## 2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é projetar e construir uma cadeira que possibilite a prática do remo adaptável, podendo ser utilizada no barco e no remo-ergômetro. Como a cadeira será utilizada por atletas portadores de deficiências físicas, ela deverá possuir algumas regulagens de altura e de inclinação para que diferentes atletas pára - olímpicos possam utilizá-la, de forma relativamente prática, desde que possuam deficiências semelhantes. Vale à pena ressaltar que a cadeira será fixa, ou seja, ela poderá ser utilizada por atletas da classe TA (tronco e braços) e A (apenas braços).

Um dos principais objetivos é projetar uma cadeira que tenha um custo de fabricação inferior às cadeiras disponíveis no mercado, além de suprir as necessidades impostas pelos atletas, já que todas as regulagens exigidas por eles não são encontradas nas cadeiras atuais (tanto nas existentes no mercado, quanto nas projetadas em trabalhos de formatura anteriores [4] e [5]).

Por fim, a cadeira deve ser assegurar conforto, segurança, bom desempenho aos atletas (trazendo os pontos positivos das cadeiras disponíveis no mercado e nos trabalhos anteriores) e possivelmente um custo de fabricação inferior.

### 3. Revisão da Literatura

A mecânica ou resistência dos materiais lida com o comportamento dos corpos sólidos sujeitos a carregamentos, com o objetivo de se determinar tensões, deformações e deflexões de estruturas para que se possa realizar de forma segura o projeto da prótese em questão.

Uma carga ou força axial é a força  $P$  aplicada perpendicularmente à seção a ser analisada, resultando em tração ou compressão. Se essa força for dividida pela área da seção transversal  $A$ , surge a tensão (que pode ser de tração ou de compressão) e é apresentada na eq.(1) [6]. É necessário analisar também a tensão normal devido à flexão; a eq.(2) mostra que as tensões são diretamente proporcionais ao momento fletor  $M$  e inversamente proporcionais ao momento de inércia  $I$  da seção transversal; além disso, as tensões variam linearmente com a distância  $y$  [6]. Já o alongamento por unidade de comprimento ou a deformação normal ( $\epsilon$ ) é dada pela razão do alongamento total ( $\delta$ ) pelo comprimento total inicial ( $L_0$ ), como apresentado na eq.(3) [6].

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

$$\sigma_x = -\frac{M \cdot y}{I} \quad (2)$$

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_0} \quad (3)$$

Para se avaliar o comportamento mecânico dos materiais, são executados ensaios em laboratórios, como o ensaio de tração. Durante este ensaio é construído o diagrama de tensão-deformação, através do qual são determinadas as tensões de escoamento, de resistência e de ruptura. Para tanto, utiliza-se uma máquina de teste de tração, a qual aplica uma força e, utilizando-se extensômetros, as deformações são medidas. Desse modo, o projeto e o dimensionamento são baseados na carga imposta ao sistema e nas tensões suportadas pelo material.

Outro ponto que deve ser considerado no dimensionamento é o fator de concentração de tensão, pois, no projeto em questão, existem furos para garantir regulagens e fixações que criam perturbações no padrão uniforme de tensão. O valor da concentração de tensão em qualquer geometria particular é denotado por um fator genérico de concentração de tensão  $K_t$ , para tensões normais, ou  $K_{ts}$ , para tensões de cisalhamento [7]. A tensão máxima é calculada pelo produto da tensão nominal no ponto estudado pelo respectivo fator, conforme apresentado nas eq.(4). Os fatores de concentração de tensão são obtidos empiricamente e encontram-se tabelados, em gráficos ou na forma de equações para diferentes carregamentos e geometrias, conforme apresentado em [7].

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= K_t \cdot \sigma_{\text{nom}} \\ \tau_{\max} &= K_{ts} \cdot \tau_{\text{nom}} \end{aligned} \quad (4)$$

A flambagem é uma forma de deformação de colunas e vigas, quando a mesma está carregada axialmente. Neste caso, além da falha por compressão, a coluna pode falhar devido à flambagem (que pode ocorrer repentinamente), caso a carga ultrapasse o valor crítico. Segundo Gere [6], a carga crítica por flambagem para uma coluna apoiada por pinos em ambas as extremidades no primeiro modo de flambagem é dada pela eq.(5), onde:  $E$  é o módulo de elasticidade;  $I$  é o momento de inércia;  $L$  é o comprimento da coluna. Este é um dos possíveis casos de flambagem e é o único que precisa ser analisado neste projeto, devido à configuração do problema.

$$P_{\text{crit}} = \frac{\pi^2 E I}{L^2} \quad (5)$$

### 4. Definição do problema

Após a realização de visitas à Raia Olímpica da USP, de entrevistas com alguns treinadores e atletas pára – olímpicos e de pesquisas, pôde-se definir com mais clareza quais as necessidades que este projeto deveria suprir. É de fundamental importância que a cadeira para remo adaptável desenvolvida nesse projeto seja utilizada tanto no barco, como no remo ergômetro para treinos fora da água. Isso exige que a cadeira possua encaixes especiais para estas duas finalidades. Além disso, foi definido que a cadeira possa ser utilizada por atletas da classe LA e A. Os atletas da classe A são os que exigem maiores adaptações, o que garante que a mesma cadeira também possa ser utilizada por atletas da classe LA também. Então, decidiu-se que o projeto deveria conter:

- regulagens de altura e de inclinação do encosto, as quais sejam fáceis de serem alteradas com pinos auto-travantes (parafuso com cupilha) ou parafusos com porca do tipo borboleta;

- assento confortável, acolchoado e anatômico (para evitar a formação de escaras). O assento também deve suportar o peso e os esforços do atleta, além de ser removível para que cada atleta possua o seu (para ser mais higiênico, já que há contato direto com o suor), além de propiciar a retirada para secagem, caso o assento seja molhado;
- assento com regulagem de distância longitudinal e transversal;
- estrutura que suporte os esforços aplicados pelo atleta durante as remadas, principalmente a estrutura do encosto, para que as regulagens de altura e inclinação não sejam alteradas;
- cinta de segurança, exigida na categoria A; pode ser removível para que cada atleta possua a sua (para ser mais higiênico, já que há contato direto com o suor);
- material leve e resistente à corrosão.

Por fim, todas essas características citadas anteriormente devem assegurar conforto, segurança e bom desempenho aos atletas.

## 5. Apresentação das soluções, projeto e dimensionamento de cadeira

### 5.1 Estrutura da cadeira

Após análise de cadeiras de rodas (principalmente para utilização esportiva) disponíveis no mercado [8] e [9] e das propostas de solução dos trabalhos de formatura [4] e [5], decidiu-se por projetar uma estrutura tubular. Ressalta-se que todas essas cadeiras são feitas em estrutura tubular, para que o peso total não seja tão elevado.

A principal premissa adotada no projeto é a massa do atleta, avaliada em 100 kg. Outro ponto importante para o início do dimensionamento, é considerar também a força desenvolvida pelo atleta a cada remada, pois ela é diretamente recebida pelo encosto da cadeira e, conseqüentemente, transmitida para as outras partes da cadeira. Medir essa força não seria uma tarefa simples, pois exigiria utilizar sensores. Então, decidiu-se utilizar o seguinte raciocínio para estimá-la: mediu-se o curso do braço a cada remada (ou seja, a distância entre as posições em que os braços estão esticados e flexionados:  $\Delta S$ ) e o tempo necessário para que esse movimento seja realizado ( $\Delta t$ ). Foram feitas várias medições, chegando-se aos seguintes valores: distância de 0,80m e intervalo de tempo de 0,52s. Assim, foi possível calcular a aceleração ( $a$ ) de  $2,96 \text{ m/s}^2$ , através da relação (6). Depois foi feito o produto da massa do atleta, 100 kg, pela a aceleração, chegando-se ao valor de 296 N, que possui ordem de grandeza compatível à força desenvolvida por uma pessoa. Vale destacar que a massa acelerada corresponderia apenas à parte acima da cintura, mas utilizou-se toda a massa do atleta para ter-se um dimensionamento a favor da segurança. Além disso, para o dimensionamento foi utilizado um fator de segurança que garantirá a aplicação de uma força maior sem que a estrutura falhe (no caso de a força ter sido sub-estimada por essa simplificação adotada).

$$a = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (6)$$

Para aumentar a estabilidade do atleta, decidiu-se por utilizar uma chapa de aço no assento unindo os dois lados da estrutura tubular do assento. O assento ainda receberá um revestimento acolchoado, o que aumentará o conforto, sendo fixado à chapa de aço por meio de velcros. Um ponto importante de se utilizar a chapa para unir as duas estruturas é que o carregamento torna-se simétrico, ou seja, cada lado da cadeira receberá metade dos esforços. A figura 1 e a tabela 1 mostram um esquema das dimensões e dos esforços suportados por cada lado da estrutura tubular da cadeira.

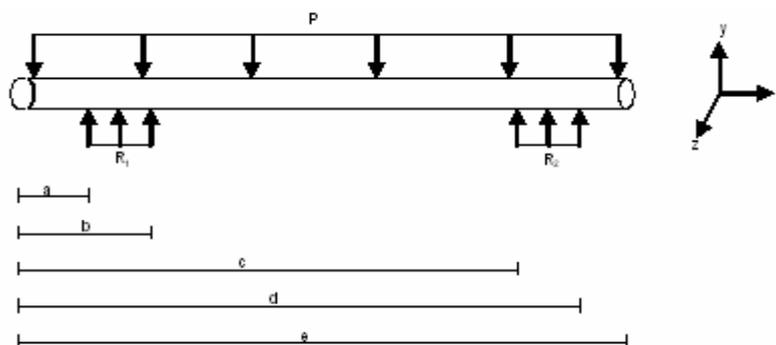


Figura 1: Esquema das dimensões e dos esforços aplicados na cadeira.

Tabela 1: Valores das incógnitas apresentadas na figura 1

Forças (N/m)			Dimensões (m)				
P	R1	R2	a	b	c	d	e
1.167	5.277	6.973	0,010	0,050	0,323	0,363	0,420

Seguindo o dimensionamento, calculou-se a tensão aplicada nos tubos da estrutura tubular, que corresponde à soma da tensão de cisalhamento e da tensão de tração. Para a tensão de tração, utilizou-se a relação (1), onde a força de tração  $P$  é a metade da força aplicada pelo atleta em cada remada (já que a estrutura é simétrica) e a área  $A$  é a área da secção transversal dos tubos. Já a tensão de cisalhamento é obtida pela relação (2), onde o momento fletor foi calculado através das relações apresentadas na figura 2, e  $I$  é o momento de inércia do tubo dado por (7).

$$I = \frac{\pi(d_e^4 + d_i^4)}{64} \quad (7)$$

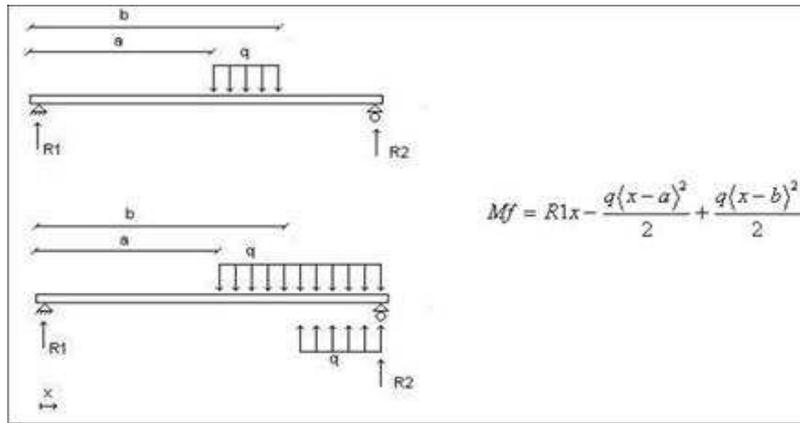


Figura 2: Momento fletor com carregamento equivalente. Fonte [4].

Além disso, como existem alguns furos nos tubos, é preciso levar em consideração os fatores intensificadores de tensão, utilizando-se a relação (4); o fator concentrador de tensão ( $K_t$ ) é da ordem de 1,9. Assim, no ponto mais crítico, ou seja, no ponto onde o momento fletor é máximo e onde há fatores de concentração de tensão (furos) a tensão aplicada é de 62,9 MPa.

Os tubos utilizados no dimensionamento apresentado são de aço ABNT 1020 de diâmetro externo de 22,4 mm e de 1,2 mm de espessura de parede. Apesar do fato de que os tubos de aço possuam pontos negativos como peso elevado e facilidade de corrosão, decidiu-se pelo seu emprego, pois diminuem-se os custos de fabricação, já que a realização de soldas nesse tipo de material não é muito cara e por tratar-se de um material de boa usinabilidade. O problema da corrosão pode ser minimizado com o emprego de uma pintura resistente à corrosão, além da cadeira não ficar em contato direto com a água. O peso é facilmente contornado pelo fato da estrutura poder ser menos robusta, já que esse aço possui boas propriedades referentes à resistência. O assento tem as medidas de 375mm de largura e 420mm de comprimento.

As estruturas tubulares do assento são conectadas umas às outras por chapas de aço ABNT 1020 soldadas, cuja espessura é de 1,5 mm. Essas chapas de aço têm a função de garantir os deslocamentos e ajustes transversais e longitudinais da cadeira, juntamente com o trilho em U.

A figura 3 apresenta um desenho de como será a estrutura do assento junto com os trilhos em U, descritos na seção 5.2.

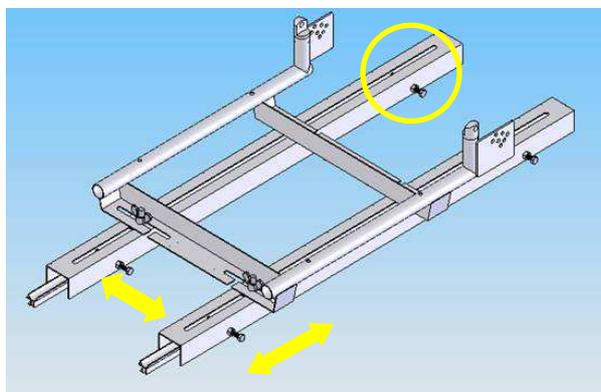


Figura 3: Desenho da estrutura do assento com os trilhos em U.

## 5.2 Trilhos do assento

Para fixar a cadeira ao barco, será necessária a fabricação de um dispositivo entre a cadeira e o trilho do barco. Um problema encontrado, ao se analisar alguns barcos, é que a distância entre eles não é padrão, o que exige algum tipo de regulagem. Essas regulagens precisam ser feitas no sentido longitudinal e transversal do barco. A regulagem longitudinal vai garantir o conforto do atleta, pois ele vai poder regular a distância da cadeira até o local onde ficam os remos, garantindo, assim, maior conforto para as pernas durante a prática do esporte. Já a regulagem transversal é necessária para garantir que a mesma cadeira possa ser utilizada em barcos diferentes, já que a distância dos trilhos dos barcos pode variar. As distâncias entre os trilhos dos barcos geralmente encontradas são: 165, 230 ou 280mm [4].

Para a fabricação desse trilho com regulagem longitudinal, foi utilizada como base uma chapa de aço ABNT 1020 de 1,5mm de espessura, a qual foi dobrada três vezes para fazer um perfil em U. Esse perfil em U passou por algumas modificações, para garantir a regulagem de distância e a fixação do mesmo no trilho do barco.

A figura 3 apresenta as regulagens transversais e longitudinais da cadeira junto ao trilho (setas amarelas), feitas através de parafuso (M8x25 sextavado) e porca borboleta. A figura 3 mostra também a fixação do perfil em U junto ao trilho do barco feito através de parafuso e porca, a qual é soldada ao perfil, garantindo um curso maior com rosca para o parafuso (M6x30 sextavado).

Foi determinado um trilho e foi verificado se ele suporta os esforços impostos pelos atletas. Para tanto, pode-se considerar o trilho como uma composição de três barras, sendo uma horizontal e duas verticais. A chapa dobrada selecionada para ser utilizada como base do trilho foi fabricada em aço ABNT 1020, gerando um perfil em U com as seguintes dimensões (em mm):  $r=45$ ,  $s=1,5$ ,  $t=1,5$  e  $u=35$ . O comprimento do trilho é de 800mm. As solicitações são provenientes do peso do atleta em cada um dos dois apoios da cadeira que possuem contato com o trilho. Após o dimensionamento, constatou-se que a tensão suportada pela barra horizontal do trilho em U é de 72,2 MPa, gerando um coeficiente de segurança próximo de 2,9. Para as barras verticais do trilho em U, foi feita a verificação quanto à compressão e quanto à flambagem. Assim, a tensão de compressão imposta pelo peso do atleta é de 4,02 MPa, sendo muito menor do que a carga que a peça pode suportar. A carga crítica de flambagem é de  $8,9 \cdot 10^6$  N, que é muito maior do que a carga aplicada. Desse modo, verifica-se que o trilho em U suporta todos os esforços satisfatoriamente, com um coeficiente de segurança de 2,9, no local mais solicitado.

## 5.3 Estrutura do encosto

O encosto pode ser dividido em duas estruturas secundárias: uma com menor diâmetro (parte superior) e outra com maior diâmetro (parte inferior). Essa divisão foi feita para que o encosto tivesse a regulagem de altura exigida pelos atletas e técnicos. Desse modo, a estrutura de menor diâmetro pode deslizar por dentro da estrutura de maior diâmetro, sendo esta última ligada diretamente ao assento através de uma articulação, o que garante a regulagem de inclinação, também exigida pelos atletas.

A estrutura do encosto inferior (de maior diâmetro) também foi projetada em estrutura tubular, seguindo as propostas do assento (aço ABNT 1020, com diâmetro externo de 22,4 mm e espessura de parede de 1,2 mm), com altura de 270 mm até a estrutura do assento. Para a condição de altura mínima do encosto da cadeira, apenas esta estrutura é utilizada. A tensão de 65,3 MPa representa a situação mais crítica, pois toda a carga gerada pelo atleta em cada remada é aplicada na extremidade superior, além de se considerar o fator de concentração de tensão devido a presença de furos, chegando-se a um fator de segurança de 3.

A estrutura do encosto superior (de menor diâmetro) também foi projetada em estrutura tubular: aço ABNT 1020, com diâmetro externo de 19,05 mm e espessura de parede de 1,2 mm. Para o dimensionamento, também se considerou a condição mais crítica, na qual toda a carga gerada pelo atleta em cada remada é aplicada na extremidade superior e há a presença de furos, o que exige a consideração do fator de concentração de tensão nos cálculos. Desse modo, a tensão suportada é de 64 MPa, com um fator de segurança de 3,2.

Para a regulagem de altura, foram definidas seis posições, após análise feita em função das sugestões dos próprios atletas, o que garante o conforto dos mesmos durante a prática do esporte, além da possibilidade de usar a cadeira sem encosto. Essas regulagens garantem alturas do encosto de: 270 mm (apenas com a estrutura inferior), mostrada na figura 4 a), 430, 460, 560, 585 mm (estas quatro últimas medidas através do uso das duas estruturas, inferior e superior), apresentada na figura 4 b); além da possibilidade de não utilizar encosto algum, figura 4 c).

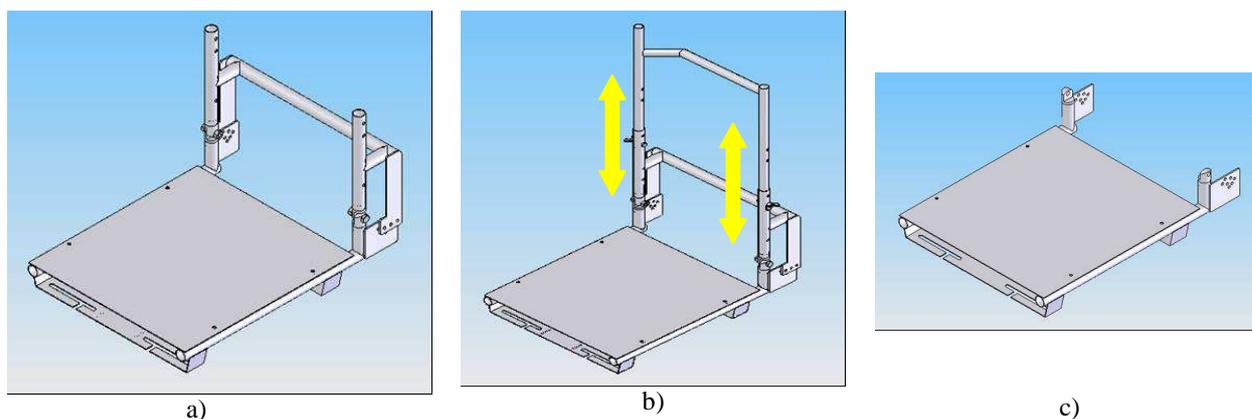


Figura 4: Diferentes regulagens de altura: a) com o encosto inferior; b) com as 2 estruturas; c) sem encosto.

A regulagem de inclinação é garantida através de uma articulação que une a estrutura do assento à estrutura do encosto inferior (de maior diâmetro), feita com parafusos (M8x30) e porcas do tipo parlock, garantido o movimento rotacional das duas estruturas sem que a porca escape. A escolha da regulagem de inclinação desejada é feita por meio de duas chapas de aço ABNT 1020 de 3 mm de espessura, sendo uma soldada à estrutura do assento e outra soldada à estrutura do encosto inferior. Essas duas chapas possuem furações. Por meio de parafusos (M6x25) e de porcas borboletas ou de cupilhas, a regulagem é escolhida quando o parafuso é passado pelo furo e fixado à porca. Vale destacar que esse mecanismo de fixação de regulagem de inclinação feito com chapas e com a articulação, deixa a região do assento totalmente livre para que os atletas possam entrar no barco com mais mobilidade, sem que colidam o corpo com as barras laterais comumente empregadas em cadeiras utilizadas na prática do remo adaptável. Além disso, são garantidas no máximo sete regulagens desde  $-5^{\circ}$  até  $26^{\circ}$ .

Vale destacar que o encosto também será acolchoado e deve ser fixado à estrutura do encosto por velcros ou por amarras.

#### 5.4 Assento e encosto acolchoados e cinta de segurança

O assento e o encosto serão recobertos por uma espécie de almofada, feita de espuma e couro marítimo, garantindo impermeabilidade ao conjunto. Essas almofadas do assento e do encosto devem melhorar o conforto dos atletas, ao utilizar a cadeira. Outro ponto importante é que elas são removíveis, para o caso de uma substituição ou para cada atleta possuir o seu próprio conjunto de almofadas. A fixação será feita por meio de tiras de velcro.

A almofada do assento terá tiras de velcro coladas em sua parte inferior para poder “grudar” nas tiras coladas na chapa do assento. Como o encosto não possui uma chapa entre as estruturas tubulares, é preciso fazer uma estrutura secundária (feita de tiras de tecido, semelhante aos utilizados em mochilas para fazer as alças), na qual as tiras de velcro são coladas. Esta estrutura, semelhante a uma cadeira de praia, está apresentada na figura 5 em marrom claro e as tiras de velcro estão em vermelho. O encosto acolchoado é feito com espuma de 40 mm de espessura e largura de 342 mm. Além disso, foi necessário repartir o encosto em três módulos: um para a estrutura tubular inferior (de maior diâmetro), que possui comprimento de 190 mm; e outros dois para a estrutura tubular superior (de menor diâmetro), com comprimentos de 70 mm e de 190 mm. O menor módulo (de 70 mm), junto com a tira correspondente a sua estrutura, precisa ser retirado quando as regulagens de altura intermediárias forem utilizadas, permitindo todo o funcionamento do sistema. A figura 5 mostra os três módulos do encosto acolchoado (em azul marinho) fixados à estrutura da cadeira.

Para a prática do remo adaptável na categoria A (apenas braços), é preciso que o atleta utilize uma cinta fixação que o prenda à cadeira, dando maior sustentação e estabilidade. Por isso, uma das fitas que faz parte da estrutura anteriormente descrita de fixação dos módulos do encosto acolchoado possui uma alteração para que possa ser colocada uma cinta de segurança. Essa cinta também precisa ser projetada para que o próprio atleta possa removê-la em caso de acidentes. O conjunto final do assento, encosto e cinta de segurança é mostrado na figura 5.

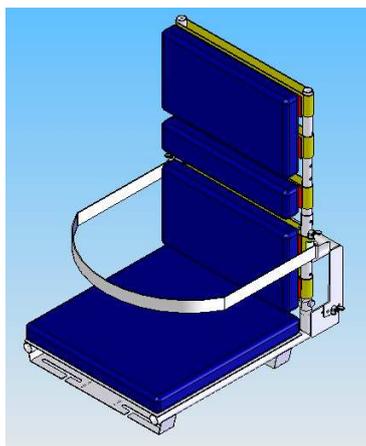


Figura 5: Assento e encosto acolchoados (3 módulos) e cinta de segurança.

### 5.5 Fixação do remo-ergômetro na cadeira

Um dos objetivos deste projeto é fazer com que a cadeira desenvolvida também possa utilizada no remo-ergômetro. Para tanto, foi necessário desenvolver um tipo de grampo para fixar a cadeira junto ao trilho do remo-ergômetro, conforme apresentado na figura 6 a). Além disso, a cadeira possui quatro ressaltos, que funcionam como guias, conforme apresentado na figura 6 a). Desse modo, o posicionamento de forma simétrica da cadeira junto ao trilho é garantido. A figura 6 b) mostra a cadeira fixada ao remo-ergômetro.



a)



b)

Figura 6: Cadeira junto ao remo-ergômetro: a) detalhe do grampo e guias; b) cadeira e remo-ergômetro.

## 6. Análise do projeto e resultados finais

Com o fim do dimensionamento e do projeto, desenhos de fabricação foram realizados para que o protótipo fosse construído. Durante a fabricação, foram necessárias algumas mudanças, principalmente para facilitar a construção. Embora a cinta de segurança, o assento e o encosto acolchoado não tenham sido fabricados até o momento por falta de patrocínio, foram realizados alguns testes na Raia Olímpica da USP com o protótipo desenvolvido no projeto tanto na utilização no remo-ergômetro, quanto no barco de remo. Assim, infelizmente os testes referentes ao conforto do atleta não puderam ser executados.

A fixação da cadeira junto ao remo-ergômetro foi realizada com sucesso, conforme foi apresentado no item 5.5. A cadeira e os trilhos em U também foram fixados ao barco de remo conforme apresentado na figura 7. Todas as regulagens propostas no projeto foram testadas e aprovadas e estão apresentadas na figura 7 também: regulagem de distância longitudinal e transversal da cadeira junto ao trilho em U; regulagem de inclinação feita por meio da articulação, das chapas e dos parafusos (M6x25) e porcas borboletas; regulagem de altura do encosto, também feita por meio de parafusos (M6x30) e porcas borboletas; e fixação do trilho U ao trilho do barco feita por meio de parafusos (M6x30). É importante destacar que o sistema de regulagem de inclinação deixa livre toda a região lateral da cadeira, facilitando o acesso dos atletas ao barco além de evitar colisões e pancadas no corpo.



Figura 7: Cadeira fixada ao barco de remo.

Uma outra necessidade do projeto era desenvolver uma cadeira que não tivesse uma massa elevada, para não comprometer o rendimento dos atletas durante os treinos e provas. Embora o projeto dessa cadeira tenha sido feito em aço ABNT 1020, a massa final do protótipo não foi muito maior, quando comparada à cadeira disponível no mercado (Wintech) e às outras duas desenvolvidas nos trabalhos anteriores [4] e [5], pois se trabalhou com estruturas esbeltas e coeficientes de segurança não tão elevados (o menor fator de segurança do projeto é de 2,9). Coeficientes de segurança menores dos utilizados poderiam trazer algum tipo de problema, pois não se pode garantir total homogeneidade dos materiais utilizados. A tabela 2 mostra a comparação das massas das cadeiras (com e sem trilho de fixação ao barco). A massa da cadeira desenvolvida neste projeto ficou em 4,5 kg, mais a massa dos trilhos de 2,3 kg, totalizando 6,8 kg. Conforme apresentado na tabela 2, a cadeira desenvolvida no trabalho [5], sem considerar os trilhos, que também foi fabricada em aço ABNT 1020, possui massa de 11kg. Já a cadeira, juntamente com os trilhos, desenvolvida no trabalho [4], possui uma massa total de 5,8 kg, pois foi projetada em alumínio; no entanto, esse material não se mostrou muito bom para essa aplicação, pois os furos, por onde são feitas as regulagens, aumentam de tamanho com a repetição das cargas, além de ser um material difícil de ser soldado (o que eleva o custo do processo de fabricação). A cadeira da Wintech (única disponível comercialmente) é a que ainda possui menor massa, mas ela possui alguns inconvenientes, como: componentes caros, como assento feito em fibra de carbono; baixa durabilidade; e falta de flexibilidade de uso em diferentes barcos de remo, já que ela foi projetada para ser utilizada apenas no barco do mesmo fabricante.

Tabela 2: Tabela comparativa com as massas das cadeiras analisadas.

	Massa (kg)	
	Cadeira	Trilho
<b>Cadeira Wintech</b>	4	
<b>Cadeira trabalho [4]</b>	4,3	1,5
<b>Cadeira trabalho [5]</b>	11	
<b>Cadeira projetada</b>	4,5	2,3

A realização deste projeto não foi orçada por uma empresa, já que não haveria patrocínio para o desenvolvimento do projeto. Todo esse projeto foi desenvolvido Laboratório de Máquinas Operatrizes do Departamento de Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecânicos e no Laboratório de Fenômenos de Superfície do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP. Apenas alguns materiais foram comprados. No entanto, pôde-se fazer uma estimativa de quanto esse projeto (cadeira, trilho em U e suportes de fixação) custaria para ser desenvolvido por terceiros, conforme é apresentado na tabela 3. Para tanto, foram feitos orçamentos dos materiais utilizados (chapas, tubos, parafusos e porcas), e do trabalho realizado pelo tapeceiro referente à fabricação do assento e encosto acolchoado e estimativa do custo de mão-de-obra para execução do projeto. Para a estimativa da mão-de-obra, considerou-se que um técnico precisaria de uma semana inteira (40 horas de trabalho) para realizar o trabalho, sendo que o salário pago pelo homem-hora no mercado é de R\$ 8,00. Além disso, foi estimado o custo referente ao uso de ferramentas e maquinário (torno, fresa e solda). Devido à utilização do aço carbono ABNT 1020, que possui fácil usinagem, solda e baixo custo de aquisição, o preço final projeto foi de R\$ 1.280,00, muito inferior do custo do projeto apresentado em [4], de R\$ 3.080,00, e em [5], de R\$ 3.450,00.

Tabela 3: Estimativas de custos referente à execução deste projeto.

Custos	R\$
Materiais	160,00
Serviços do tapeceiro	300,00
Mão-de-obra	320,00
Custo de maquinário	500,00
<b>Total</b>	<b>1280,00</b>

A figura 8 apresenta o protótipo final, já pintado, com todos os acessórios (cadeira, trilho em U e grampos de fixação), exceto a cinta de segurança, o assento e encosto acolchoados.



Figura 8: Protótipo final.

## 7. Conclusões

Diante de tudo que foi exposto neste trabalho, fica evidente que o resultado alcançado foi satisfatório, pois a cadeira pode ser utilizada por atletas que competem nas classes LA e A (classe que exige maior adaptação) tanto no barco como no remo-ergômetro. As regulagens de altura (que podem variar da configuração sem encosto até 585 mm), de inclinação do encosto (que podem variar de  $-5^{\circ}$  até  $26^{\circ}$ , sem que o espaço lateral da cadeira fosse utilizado, resultando em maior área livre para entrada e saída do barco) e de distância longitudinal e transversal do assento (para garantir conforto para as pernas dos atletas e intercambialidade entre barcos) também foram contempladas neste projeto. Apenas o conforto da cadeira não pôde ser avaliado, uma vez que o assento e o encosto estofado não foram fabricados. No entanto, acredita-se que se a recomendação para confecção do assento e do encosto acolchoado proposta neste trabalho for seguida, o quesito conforto também obterá um bom resultado. Desse modo, todos os pontos abordados asseguraram conforto, segurança e bom desempenho aos atletas.

Apesar de não terem sido feitos orçamentos de todas as etapas e componentes do protótipo projetado neste trabalho, foi possível estimar o custo do projeto em R\$ 1.280,00, muito inferior do custo do projeto apresentado em [4], de R\$ 3.080,00, e em [5], de R\$ 3.450,00. Essa redução de custo deveu-se principalmente devido à utilização do aço carbono ABNT 1020, que possui fácil usinagem, solda e baixo custo de aquisição.

Ao se analisar a tabela 2, fica evidente que o quesito referente à massa do protótipo foi alcançado com êxito, pois a cadeira desenvolvida no presente trabalho possui uma massa total (já incluindo os trilhos) de 6,8 kg trabalho. Como sugestão de melhoria para redução da massa do presente trabalho, acredita-se que a substituição da chapa de aço do assento por uma de madeira, pode reduzir a massa desse componente em até 40%. Além disso, os dois trilhos em U desenvolvidos neste projeto não precisam ser tão longos, como foram projetados, pois os atletas não usam toda essa extensão para regular a distância da cadeira longitudinalmente. Sugere-se uma redução de até 200 mm de comprimento de cada um dos trilhos, o que diminuirá a massa do mesmo em 25%. Assim, com a adoção dessas melhorias, acredita-se que a massa final da cadeira juntamente com os trilhos possa chegar a aproximadamente 6 kg.

Para tornar as regulagens mais práticas, foi proposta a utilização de pinos e cupilhas. No entanto, verificou-se que esta sugestão não se tornou muito efetiva, já que a utilização de porcas borboletas e parafusos resulta em regulagens mais firmes e precisas, sem diminuir a praticidade dos ajustes.

Vale destacar também que a estrutura desenvolvida ficou muito próxima do assoalho de barco, o que não elevou muito o centro de gravidade do sistema (barco e atleta). O aumento do centro de gravidade resultaria em maior instabilidade durante a prática do esporte.

## 8. Referências bibliográficas

- [1] Sadefrn. Disponível em: [http://www.sadefrn.org.br/deficiencia\\_fisica/](http://www.sadefrn.org.br/deficiencia_fisica/). Acesso em 30/01/08.
- [2] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 30/01/08.
- [3] SEPED - Secretaria da Pessoa com Deficiência e Mobilidade Reduzida - Prefeitura de São Paulo. Disponível em: [http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/deficiencia\\_mobilidade\\_reduzida/programas/paradesporto/0001](http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/deficiencia_mobilidade_reduzida/programas/paradesporto/0001). Acesso em 30/01/08.
- [4] POLETTTO, Gustavo de Andrade. Projeto e construção de uma cadeira fixa para remo adaptável. 2007. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- [5] NAKATU, Laurence Vinícius; TSUKAMOTO, Rubens Kasuto. Cadeira para remo adaptado: remo adaptável. 2007. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- [6] GERE, James M. Mecânica dos Materiais. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.
- [7] NORTON, Robert L. Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada. Porto Alegre: Editora Bookman, 2000.
- [8] Casa Ortopédica. Disponível em: [http://www.casaortopedica.com.br/catalogo/loja\\_tipo2.php?cat\\_id=46&pro\\_id=495](http://www.casaortopedica.com.br/catalogo/loja_tipo2.php?cat_id=46&pro_id=495). Acesso em 16/03/08.
- [9] Medical Show Room. Disponível em: <http://www.medicalshowroom.com.br/cadeiras.html>. Acesso em 16/03/08.

## PROJECT AND MANUFACTURE OF A SEAT FOR ADAPTATIVE ROWING

**Flávio Namura Macari**

flavio.macari@gmail.com

**Abstract.** This report aims the project and manufacture of a seat for the practice of adaptive rowing, which can be used in the rowing boat and out of it as a training device, permitting the practice of this sport by physically disabled people. The seat has fastenings and simple adjustments (height and inclination) enabling its use for different body builds. Furthermore, this project should provide security, comfort and good performance for its user and must be in conformity with the official rules of the rowing federations.

**Keywords.** *Seat, adaptive rowing, physically disabled people, adjustment, comfort.*