

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

“CADEIRA PARA REMO ADAPTADO”
REMO ADAPTÁVEL

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Graduação em Engenharia
Mecânica

Laurence Vinícius Nakatu
Rubens Kazuto Tsukamoto

Professora Orientadora:
Profa. Dra. Izabel Fernanda Machado

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

São Paulo

2007

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

“CADEIRA PARA REMO ADAPTADO”
REMO ADAPTÁVEL

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Graduação em Engenharia
Mecânica

Laurence Vinícius Nakatu
Rubens Kazuto Tsukamoto

Professora Orientadora:
Profa. Dra. Izabel Fernanda Machado

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

São Paulo
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Nakatu, Laurence Vinícius

**Cadeira para remo adaptável / L.V. Nakatu, R.K. Tsukamoto.
-- São Paulo, 2007.
p. 69**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.**

**1.Cadeira para remo adaptável (Projeto; Fabricação) I.Tsuka-
moto, Rubens Kazuto II.Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica III.t.**

RESUMO

Este trabalho objetiva o projeto e a fabricação de uma cadeira para remo adaptável destinada ao uso de atletas portadores de deficiência física. A proposta do projeto consiste em elaborar uma estrutura resistente, versátil e de facilidade de uso em diversas categorias do esporte. A abordagem do problema conduziu à escolha de uma estrutura que abrangesse os requisitos mínimos exigidos pelos atletas nos quesitos conforto, segurança e desempenho. Assim, foi desenvolvida uma estrutura básica composta pela base, encosto e dispositivo de ajuste. O item do projeto que o torna versátil e prático é a desmontagem da cadeira para adaptá-la ao tipo de categoria em questão, que será permitida pela construção de uma base em módulos.

ABSTRACT

This work objective the project and the manufacture of a chair for the Adaptive rowing destined to the physical disability athletes. The proposal of the project consists of elaborating resistant, versatile structure and easiness to use in diverse categories of the sport. The boarding of the problem lead to the choice of a structure that enclosed the minimum requirements demanded by the athletes in the questions comfort, security and performance. Thus, a composed basic structure for the base was developed, leans and adjustment device. The item of the project that becomes it versatile and practical is the disassembly of the chair to adapt it to the type of category in question, that will be allowed by the construction of the base in modules.

Agradecimentos

Agradecemos à Escola Politécnica da USP pelo ambiente propício ao amadurecimento intelectual e pela oportunidade da conquista de grandes amizades, ao Sr. Renato Correa Baena e Sra. Eliana Mutchnik da SEPED (Prefeitura do município de São Paulo), à Federação Paulista de Remo, ao Prof. Dr. Linilson Rodrigues Padovese, ao Sr. José Paulo Sabattini do Clube Pinheiros, ao Clube Pinheiros, à Sra. Mara Cristina Gabrilli (ONG PPP), à Confederação Brasileira de Remo (em especial ao Sr. Rodney Bernardo de Araújo e Sr. Júlio Noronha), aos professores Ricardo e Christian (Raia Olímpica da USP), ao Sr. Antônio Carlos Osse (Companhia da Canoagem), ao Prof. Dr. Marcos Barreto da FDTE, ao banco Nossa Caixa S/A (em especial ao Sr. Mário Sérgio, do departamento de marketing, pelo apoio financeiro), a nossa orientadora Profa. Dra. Izabel Fernanda Machado pela paciência e boa vontade em sempre nos atender para discutir sobre o andamento do trabalho, aos atletas que tiveram grande contribuição e participação no desenvolvimento do projeto e, por último, mas de importância relevante, a nossas famílias e amigos pelo apoio e suporte.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABELAS

1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – Remo e Remo Adaptável.....	2
1.2 – Cadeira para o Remo Adaptável	6
2 – OBJETIVO	9
3 – CÁLCULOS ESTRUTURAIS PRELIMINARES DO PROTÓTIPO	10
4 – AVALIAÇÕES DAS NECESSIDADES.....	14
4.1 – Estudo de viabilidade	14
4.2 – Especificação técnica da necessidade	15
4.3 – Matriz de decisão	19
4.4 – Seleção da solução	22
5 – PROJETO	23
5.1 – Desenvolvimento do projeto.....	23
5.2 – Sistema estrutural	24
5.3 – Assento	27
5.4 – Fixação da cadeira ao trilho.....	35
5.5 – Ajuste de inclinação	37
5.6 – Custo do Projeto.....	38
6 – RESULTADOS	39
7 – MELHORIAS FUTURAS	43
8 – CONCLUSÕES	44
ANEXO A - Enquete	46
ANEXO B – Desenhos de Conjunto e Montagem.	47
ANEXO C - Desenhos de Fabricação.....	54
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Características barco classe "A" (Fonte: CBR-Remo).....	4
Figura 2: Características barco classe "TA" (Fonte: CBR-Remo).	4
Figura 3: Características barco classe "LTA" (Fonte: CBR-Remo).....	5
Figura 4: Exemplo de assento variando com os atletas (Fonte: Hospitalar).	7
Figura 5: Cadeira de rodas para Basquetebol (Fonte: Ande.org).	7
Figura 6: Cadeira de rodas para Atletismo (Fonte: Ande.org).	8
Figura 7: Cadeira de rodas para Tênis (Fonte: Ande.org).....	8
Figura 8: Cadeira de rodas para Ciclismo - Bicicleta Shark (Fonte: Ande.org).	8
Figura 9: Chapa submetida a tensão biaxial.....	12
Figura 10: Elemento infinitesimal.	13
Figura 11 a) Desenho de conjunto; b) Encosto e base; c) Dispositivo de ajuste do encosto.....	24
Figura 12: Estrutura da base.....	25
Figura 13: Detalhe da estrutura da base.	25
Figura 14: Encosto.....	26
Figura 15: Espumas laminadas (Fonte: Apopular).	27
Figura 16: Exemplo de assento (Fonte: Hospitalar).	28
Figura 17: Assento para os atletas das categorias A ou TA que utilizam o cinto nas pernas.	29
Figura 18: Chapa.....	30
Figura 19: Deformação do tecido com o tempo (Fonte: Reatech).	31
Figura 20: Diagrama tensão-deformação para três ligas de aço (Fonte: Norton).....	33
Figura 21: Esquema de montagem do assento à chapa.....	34
Figura 22: Exemplo de fixação com velcro (Fonte: Reatch).	35
Figura 23: Fixação da cadeira ao trilho.....	35
Figura 24: Sistema de fixação da cadeira ao trilho.....	36
Figura 25: Sistema de fixação.	36
Figura 26: Elementos funcionais do dispositivo de comodidade.	37
Figura 27: Mola que força o travamento ao pino de regulagem.....	37
Figura 28: Configuração para categoria A (frontal).	39
Figura 29: Configuração para categoria A (atrás).	40
Figura 30: Configuração para categoria TA.....	41
Figura 31: Configuração para categoria TA.....	42
Figura 32: Esquema de montagem do assento à chapa.....	43
Figura 33: Chapa proposta.	43
Figura 34: Vista frontal do protótipo.	44
Figura 35: Vista traseira do protótipo.	44
Figura 36: Vista lateral direita do protótipo.....	45
Figura 37: Vista lateral esquerda do protótipo.	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Tipo de deficiência investigada (Fonte: IBGE).	1
Tabela 2: Campo de deslocamentos, deformações e de tensões.	10
Tabela 3: Comparação do preço do assento.	29
Tabela 4: Coeficiente de Poisson.....	32

1 – INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que cerca de 10% da população dos países em desenvolvimento é constituída por pessoas com algum tipo de deficiência. No Brasil, o Censo 2000 do IBGE [1], revelou existirem 24,6 milhões de pessoas de pelo menos uma das deficiências investigadas, o que corresponde a 14,5% da população, que era de 169,8 milhões. Só na cidade de São Paulo são mais de um milhão. O tipo de deficiência, segundo o IBGE ficou distribuído conforme tabela a seguir:

Tabela 1: Tipo de deficiência investigada (Fonte: IBGE).

	Dados IBGE	Nº de habitantes (em milhões)
Mental	1,24%	2,09
Física	0,59%	0,99
Auditiva	2,42%	4,08
Visual	6,97%	11,77
Múltiplos	-	-
Motora	3,32%	5,6
Total	14,5%	24,5

Dados IBGE censo 2000

Assim, os dados revelam que de cada 100 brasileiros, no mínimo 14 apresentam alguma limitação física ou sensorial. Trata-se de um número significativo e expressivo. No entanto, a dura realidade omite esses cidadãos da sociedade sem informar as condições a que são submetidos. Foram milhares de reivindicações para que o IBGE incluísse nos questionários do censo um item específico dos PPD's (Pessoas Portadoras de Deficiências). Por fim não deixa de ser um passo para melhoria de vida dessas pessoas que apresentam deficiência, deficiência que muitas das vezes são erroneamente interpretadas como falta de capacidade. Sobretudo são pessoas que também possuem perspectivas de melhores condições de vida, têm direitos ao lazer, saúde, educação e democracia.

Será árduo o processo de inclusão social da maioria (e por que não de toda a parcela) das pessoas portadoras de deficiência. Entretanto, um meio que está bem difundido atualmente é através do esporte, onde a deficiente mostra que é capaz de superar certas limitações. Assim, este projeto visa desenvolver e construir um protótipo de um cadeira para remo adaptável, para a utilização por deficientes físicos, tanto em treinamentos como em competições de grande importância como as Paraolimpíadas. Em parceria com a USP, que cede o espaço na Raia Olímpica, poderá ser feita a avaliação do protótipo, assim como as possíveis melhorias.

Os atletas de destaque do remo adaptável são: Cláudia Cícero dos Santos – categoria A (só braço), Silvan Marcena Braga – categoria TA (tronco e braço) e Maria Liduína Patrício de Souza – categoria LTA (perna, tronco e braço).

Em vista disso, a proposta deste trabalho é identificar e solucionar as principais dificuldades encontradas pelos deficientes físicos nos cadeiras tradicionais, permitindo dessa maneira um maior conforto por parte deles.

Com a construção de um protótipo, poder-se-á realizar pequenas melhorias de projeto para que a cadeira venha a ter uma evolução tecnológica atendendo as necessidades dos atletas.

1.1 – Remo e Remo Adaptável

O remo faz parte dos Jogos Olímpicos desde 1900. O esporte obedece à norma geral das organizações esportivas, sendo controlada, no âmbito mundial pela Fédération Internationale des Sociétés d’Aviron – FISA [2], com sede na Suíça.

Em 2001, a Federação Internacional de Remo (FISA) solicitou, formalmente, ao Comitê Paraolímpico Internacional (IPC), a inclusão do remo nos Jogos Paraolímpicos de 2008. Para tanto, foi exigida a realização de, pelo menos, dois campeonatos mundiais de remo adaptável, até 2005, e a participação de 24 nações em eventos adaptáveis no campeonato mundial de 2004. Em 2006 a Confederação Brasileira de Remo (CBR) realizou na cidade de São Paulo um congresso Nacional para a divulgação das novas regras de Remo Adaptável e esclarecer como seriam exigências para qualificação e vaga nas Paraolimpíadas. Após este primeiro envolvimento com esta modalidade que tem característica única no movimento

paraolímpico é gerida e organizada junto ao esporte olímpico convencional, a SEPED / PMSP através do decreto lei " Abrace o Paradesporto" 47452 de 10/07/2006, que institui e incentiva parcerias entre clubes convencionais e paradesportivos para o fomento e desenvolvimento do paradesporto com o apoio da Prefeitura Municipal de São Paulo. [3]

Em 2006 o Esporte Clube Pinheiros cedeu espaço e equipamento para o treinamento na Raia Olímpica da Usp. Em 2007 dois atletas Claudia Cícero dos Santos e Lucas Pagani da ONG- PPP que integravam a seleção Brasileira de Remo no Campeonato Mundial de Remo em Munique foram recordistas, campeões e qualificaram os barcos single feminino e doublé misto para as Paraolimpíadas de Pequim 2008. [4]

O termo “adaptável” é usado porque, no remo, o equipamento que é adaptado ao usuário para que ele possa praticar o esporte, não é este que precisa ser adaptado. Isso significa dizer que todas as regras do remo são aplicadas ao remo adaptável.

Ademais, sabe-se que na prática de esporte em geral existem sistemas de classificação para garantir uma competição justa. No remo há classes para homens e/ou mulheres, peso leve e pesado, para juniores e seniores. No remo adaptável também há classes para promover competições justas e possibilitar que pessoas com diferentes níveis de deficiência possam participar. Há, basicamente, três classes no remo adaptável [2] e são divididos de acordo com a “mobilidade” do atleta, como demonstrado a seguir:

- A – Atletas capazes de utilizar os braços para as remadas;
- TA – Atletas capazes de utilizar os braços e tronco para as remadas;
- LTA – Atletas capazes de utilizar os braços, tronco e pernas para as remadas.

Todos os remadores com deficiência devem ser classificados previamente pelo Comitê Paraolímpico de seus países. Detalhes das classes [2] são caracterizadas a seguir:

· Classe somente braços (A): usa acento fixo e com encosto.

Categoria de barco - single skiff (A 1x)

Tripulação - masculina ou feminina

PESO: 14 Kg.
COMPRIMENTO: 8,20m

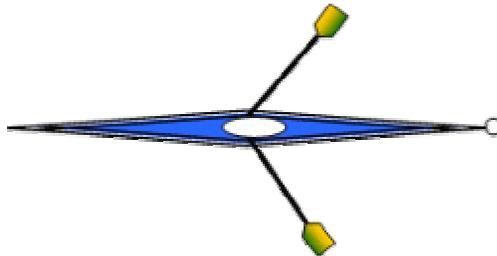


Figura 1: Características barco classe "A" (Fonte: CBR-Remo)

· Classe tronco e braços (TA): usa acentos fixos.

Categoria de barco - double skiff (TA 2x)

Tripulação - mista (1 homem e 1 mulher)

PESO: 27 Kg.
COMPRIMENTO: 10,40m

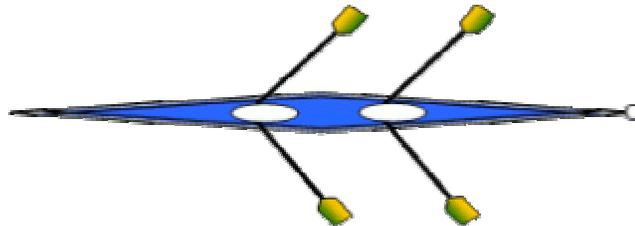


Figura 2: Características barco classe "TA" (Fonte: CBR-Remo).

· Classe pernas, tronco e braços (LTA): usa o carrinho, "cadeira que desliza no trilho".

Categorias de barco 4 com timoneiro (LTA 4+)

Tripulação - mista (2 homens e 2 mulheres)

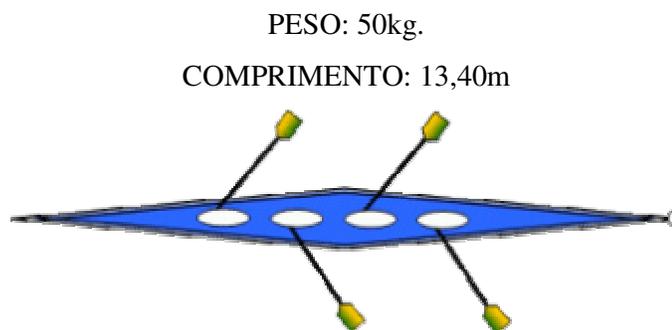


Figura 3: Características barco classe “LTA” (Fonte: CBR-Remo).

- Elegibilidade [2] para pertencer a uma classe ou outra é dado segundo alguns requisitos abaixo:

Para braços (A 1x)

- Paralisia cerebral: CP4, de acordo com a CP-ISRA;
- Prejuízo neurológico: equivalente a uma lesão completa na medula, no nível T 10;

Obs: serão permitidos mãos e abdômen saudáveis.

Para tronco e braços (TA 2x)

- Amputação: bilateral, acima dos joelhos;
- Paralisia cerebral: CP5, de acordo com a CP-ISRA;
- Prejuízo neurológico: equivalente a uma lesão completa na medula, no nível L4.

Para pernas, tronco e braços (LTA 4+)

- Cegueira: 10% de visão, de acordo com a IBSA (B3) e uso obrigatório de venda, nos treinos e competições, da saída até o retorno ao pontão;
- Amputação: a) um único pé;
 b) 3 dedos da mão;
- Paralisia cerebral: CP8, de acordo com a CP-ISRA;
- Prejuízo neurológico: perda de flexão e extensão do tornozelo;
- Prejuízo intelectual: critérios da Federação Desportiva Internacional para Pessoa com Inaptidão Intelectual (INAS-FID).

1.2 – Cadeira para o Remo Adaptável

Pode-se dividir a cadeira em quatro diferentes grupos para entender sua função e importância.

Sistema Estrutural - Deverá ser capaz de suportar os esforços resultantes dos movimentos dos atletas, proporcionando segurança ao mesmo. O sistema estrutural é composto pela base, encosto, dispositivo de comodidade e sistema de fixação.

Assento - Um item de grande importância nesse projeto, devido à proporção de conforto aos atletas, deve ter as seguintes características:

- Proporcionar postura correta e distribuir o peso do corpo no assento;
- Estabilizar os quadris facilitando as funções respiratórias e gastro-intestinais;
- Apresentar firmeza necessária ao bom posicionamento da pélvis;
- Manter a temperatura do corpo na região glútea;
- Conformar-se ao contorno do corpo: quanto maior e mais apropriado for o contato do indivíduo com a cadeira, menor será a pressão sobre áreas críticas, sujeitas a formação de úlceras de pressão;
- Manter a circulação do ar entre o assento e o corpo e assim evita a sudorese;
- Evitar a curvatura do assento de tecido que vem de fábrica nas Cadeiras de Rodas;
- Apresentar firmeza necessária ao bom posicionamento do tronco, evitando problemas respiratórios;
- Não deformar e ser facilmente lavável;
- Não esquentar nem provocar dores posturais oriundas da compressão de órgãos internos;
- Proporcionar maior estabilidade ao usuário.

Foram analisados modelos de assentos, conforme exemplos da Figura 1, que também são utilizados em cadeiras de rodas personalizadas. Ou seja, cada atleta teria o seu assento, pois este se moldaria de acordo com a anatomia do atleta. Porém este tipo de assento tem um custo elevado, pois cada atleta teria de possuir o seu próprio molde e tais assentos não são fabricados com um material confortável.



Figura 4: Exemplo de assento variando com os atletas (Fonte: Hospitalar).

Em outros esportes praticados por atletas deficientes físicos com cadeira de rodas, verificamos o uso de assentos planos, pois devido a constante movimentação do atleta um assento pré-moldado anatomicamente dificultaria seus movimentos. Ou seja, os assentos pré-moldados anatomicamente são ideais para o uso cotidiano onde não requerem movimentações constantes como nos esportes.

Como exemplo, podemos ilustrar um assento (em uma cadeira de rodas) utilizado por atletas de basquetebol (Figura 5), atletismo (Figura 6), tênis (Figura 7) e ciclismo (Figura 8).

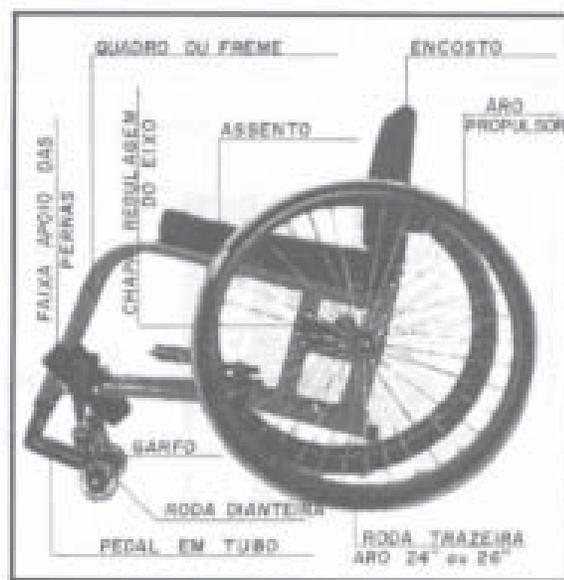


Figura 5: Cadeira de rodas para Basquetebol (Fonte: Ande.org).



Figura 6: Cadeira de rodas para Atletismo (Fonte: Ande.org).



Figura 7: Cadeira de rodas para Tênis (Fonte: Ande.org).



Figura 8: Cadeira de rodas para Ciclismo - Bicicleta Shark (Fonte: Ande.org).

2 – OBJETIVO

Visando a melhoria do desempenho do atleta portador da deficiência física, este trabalho visa o projeto, construção e avaliação de uma cadeira (protótipo) para remo adaptável. Para tanto, utilizou-se conceito de espiral de projeto e metodologia de projeto apresentado por KAMINSKI [5].

3 – CÁLCULOS ESTRUTURAIS PRELIMINARES DO PROTÓTIPO

Para o projeto da cadeira devem ser levados em conta os aspectos estruturais do conjunto. Para isso, fez-se necessário o cálculo da deformação da chapa. Esta se encontra sob o assento e terá que ser capaz de resistir ao peso e aos esforços resultantes dos movimentos dos atletas, sem que haja deformações significativas. Segundo TIMOSHENKO [6], as equações necessárias para a solução de um problema de elasticidade envolvem:

- Relações de deslocamentos e deformações;
- Equações constitutivas de material;
- Equações diferenciais de equilíbrio.

Tabela 2: Campo de deslocamentos, deformações e de tensões.

Campo de deslocamentos	Campo de deformações		Campo de tensões	
$u_x(x, y, z, t)$	$\varepsilon_x(x, y, z, t)$	$\gamma_{xy}(x, y, z, t)$	$\sigma_x(x, y, z, t)$	$\tau_{xy}(x, y, z, t)$
$u_y(x, y, z, t)$	$\varepsilon_y(x, y, z, t)$	$\gamma_{xz}(x, y, z, t)$	$\sigma_y(x, y, z, t)$	$\tau_{xz}(x, y, z, t)$
$u_z(x, y, z, t)$	$\varepsilon_z(x, y, z, t)$	$\gamma_{yz}(x, y, z, t)$	$\sigma_z(x, y, z, t)$	$\tau_{yz}(x, y, z, t)$

As relações entre deslocamentos e deformações são dadas (em condições de linearidade geométrica) por:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u_x}{\partial x}, \quad \varepsilon_y = \frac{\partial u_y}{\partial y}, \quad \varepsilon_z = \frac{\partial u_z}{\partial z} \quad (1)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x}, \quad \gamma_{xz} = \frac{\partial u_x}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial x}, \quad \gamma_{yz} = \frac{\partial u_y}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial y} \quad (2)$$

Para materiais com comportamento elástico-linear, homogêneos e isótopos, temos as seguintes relações (equações constitutivas):

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)], \quad \varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)], \quad \varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \quad (3)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}, \quad \gamma_{xz} = \frac{\tau_{xz}}{G}, \quad \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G}, \quad \text{onde } G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (4)$$

Ou de forma equivalente:

$$\begin{cases} \sigma_x = \lambda(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z) + 2G\varepsilon_x \\ \sigma_y = \lambda(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z) + 2G\varepsilon_y \\ \sigma_z = \lambda(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z) + 2G\varepsilon_z \end{cases}, \text{ onde } \lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \tau_{xy} = G\gamma_{xy} \\ \tau_{xz} = G\gamma_{xz} \\ \tau_{yz} = G\gamma_{yz} \end{cases} \quad (6)$$

Finalmente, temos três equações diferenciais de equilíbrio:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + b_x = \frac{\mu \partial^2 u_x}{\partial t^2} \quad (\bar{e}_x) \quad (7)$$

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + b_y = \frac{\mu \partial^2 u_y}{\partial t^2} \quad (\bar{e}_y) \quad (8)$$

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + b_z = \frac{\mu \partial^2 u_z}{\partial t^2} \quad (\bar{e}_x) \quad (9)$$

Para a solução do problema, é preciso estabelecer, também, as condições de contorno e as condições iniciais.

Condições presentes no contorno do sólido e que estão relacionadas a:

- i) deslocamentos prescritos;
- ii) carregamentos prescritos;
- iii) interação entre campo de deslocamentos/velocidades e carregamento/tensões.

- Cálculo da deformação da chapa representada conforme Figura 9, abaixo:

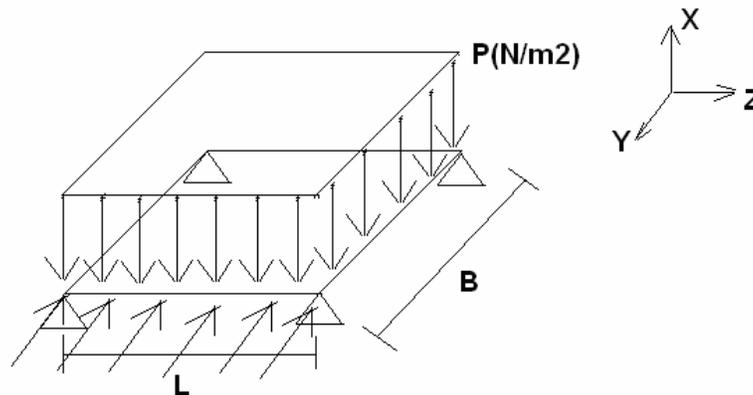


Figura 9: Chapa submetida a tensão biaxial.

Sabemos que a chapa será submetida a tensão normal no eixo x, devido a força peso do atleta, além disso, estará sujeito a uma tensão cisalhante, no eixo y, devido a força de reação do atleta no movimento de remada.

Dessa forma,

$$\sigma_x = \frac{P}{A} \quad (10)$$

Sabe-se que a variação da espessura ocorre apenas devido a tensão em x, como se observa na Figura 10, a seguir:

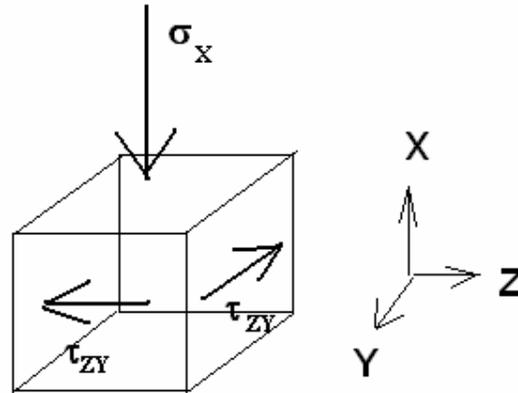


Figura 10: Elemento infinitesimal.

Portanto, tem-se:

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} \cdot [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \quad (11)$$

Tensão cisalhante nos parafusos – deve-se levar em consideração que os parafusos agüentem os esforços resultantes das remadas dos atletas.

Para o cálculo da tensão de cisalhamento admissível, segundo NORTON [7], tem-se:

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_e}{\sqrt{3}} \quad (12)$$

A área sob cisalhamento de rasgamento para um filete de rosca é a área do cilindro de seu diâmetro menor d_r :

$$A = \pi \cdot d_r \cdot w_i \cdot p \quad (13)$$

Onde: w_i - rosca tipo UNS/ISSO;

p - passo.

Logo, a tensão de cisalhamento para rasgamento de rosca no parafuso é:

$$\tau = \frac{F}{A} \rightarrow F = \tau_{adm} \cdot A \quad (14)$$

4 – AVALIAÇÕES DAS NECESSIDADES

A necessidade de desenvolvimento de uma cadeira para remo adaptável exclusivamente para os atletas portadores de deficiência física se deve ao desconforto no uso da cadeira tradicional influenciando negativamente no desempenho dos atletas.

O remo é um dos esportes que está sendo difundido cada vez mais [2], principalmente em regiões como a grande São Paulo, devido a alguns clubes com grandes infra-estruturas.

Há um crescente número de participantes no esporte, onde dependendo da categoria, o remo além de exercitar os membros inferiores, exercita também, diversos outros grupos musculares, aumentando a resistência do corpo assim como a própria auto-estima. Além disso, existe uma crescente participação dos atletas portadores de deficiência física em diversas competições (nacionais e internacionais) sendo a mais conhecida a Paraolimpíada.

Foi realizado um trabalho de pesquisa junto aos atletas para avaliar e determinar as suas principais necessidades para a prática do remo adaptável. Alguns dos itens analisados foram definidos em função de uma enquete feita com os atletas, a partir da qual foi possível fazer um levantamento de uma matriz de decisão. As perguntas para essa análise são apresentadas no ANEXO A

Considerando os fatos, concluiu-se que a necessidade analisada pode ser classificada como real.

4.1 – Estudo de viabilidade

Após definição da necessidade, esta foi relacionada com aspectos anatômicos, técnicos e de bem-estar do atleta portador de deficiência física para definir se o projeto seria viável ou não a partir das seguintes conclusões:

- O produto satisfaz a necessidade real de suprir a falta de conforto das cadeiras atuais;

- Partindo do estudo da necessidade e fundamentando na pesquisa realizada, constatou-se a exigência dos atletas em melhorias do assento para melhor desempenho nos treinos e competições;
- Constatou-se, também, a necessidade de cadeiras individuais ou personalizadas para que haja independência de treinamento, livrando-se da espera em desocupar a cadeira adaptável;
- Tal produto contribui com uma pequena parcela de inclusão social representando que há uma importância com o aumento da auto-estima do atleta deficiente ao tomar ciência de que investimentos para sua satisfação estão sendo feitos.

4.2 – Especificação técnica da necessidade

Um método de formulação das características do produto em questão foi considerá-lo como sendo um produto que recebe entradas desejáveis e indesejáveis e produz saídas desejáveis e indesejáveis, de forma que tendo definidas essas grandezas, pode-se partir para a especificação técnica do produto.

Entradas desejáveis:

- Suportar os esforços resultantes do atleta.

Saídas desejáveis:

- Conforto ao atleta;
- Comodidade ao atleta;
- Segurança ao atleta.

Entradas não-desejáveis:

- Uso inadequado do atleta;

Saídas não-desejáveis:

- Desconforto ao atleta;
- Cadeira não suportar aos esforços.

Para que se dê início ao estudo de soluções é preciso, primeiramente, identificar e formular completamente a necessidade a ser atendida pelo produto. Portanto, estabeleceu-se a especificação das características técnicas do produto da seguinte maneira:

Conjunto de requisitos

1. Funcionais

- Desempenho – suportar no máximo 80 kg de carga (peso médio de um atleta);
- Conforto – material do assento e do cinto confortável;
- Segurança – não permitir que o atleta se posicione inadequadamente;
- Comodidade – dispositivos que possibilitam a regulagem da cadeira facilmente;

2. Operacionais

- Durabilidade – vida útil dos principais componentes (mecânicos) não inferior a 5 (cinco) anos, com uso permanente;
- Confiabilidade – garantia de dois anos;

3. Construtivas

- Peso mínimo do barco – 14 kg (depende da categoria);
- Material – resistente aos esforços e as agressividades do meio;
- Dimensões máximas – 1 m;

Alternativas de Soluções

São inúmeras as configurações de montagem de uma cadeira que podem vir a satisfazer as necessidades dos atletas. Para simplificar e melhor definir na escolha da solução, dividiu-se a cadeira em partes principais:

1) Encosto

a) Fixo



b) Inclinação ajustável



c) Inclinação com 3 níveis de ajuste



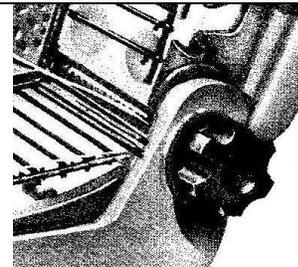
d) Ajuste vertical



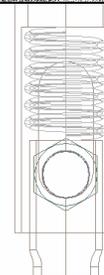
2) Dispositivo para ajuste da inclinação do encosto

a) Inclinação com níveis de ajuste

b) Inclinação ajustável



c) Inclinação ajustável (com o uso do cabo de aço e retorno por mola)



3) Assento

-
- a) Personalizado (chapa com estofamento)
 - b) Personalizado (assento de silicone)
 - c) Chapa com camadas de espumas e gel
 - d) Couro (costurado na estrutura)
-

4) Fixação no Trilho

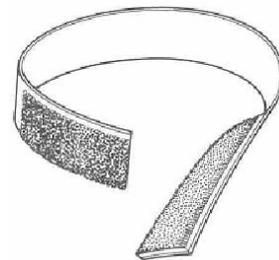
-
- a) Parafuso rosqueado
 - b) Pino
 - c) Trava (lingüeta desengrena pino)
-

5) Material da estrutura

-
- a) Aço
 - b) Alumínio temperado
 - c) Fibra de carbono
 - d) Plástico
-

6) Item de segurança

a) Cinto com velcro



b) Cinto fivela



c) Cinto com clipe

4.3 – Matriz de decisão

Conforme visto anteriormente, com base nas necessidades dos atletas apontadas pela enquete, foi possível ponderar os itens e elaborar um método para escolha de cada componente do projeto, conforme se verifica a seguir:

MATRIZ DE DECISÃO									
NECESSIDADES	PESO (P)	ALTERNATIVAS							
		1) ENCOSTO							
		a		b		c		d	
		NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP
Conforto	4	2	8	8	32	8	32	3	12
Segurança	5	5	25	5	25	5	25	5	25
Durabilidade	3	5	15	5	15	5	15	5	15
Confiabilidade	4	7	28	6	24	6	24	6	24
Versátil	4	0	0	8	32	8	32	4	16
Fácil (des) embarque	3	5	15	5	15	5	15	5	15
Fácil (des) montagem	3	5	15	5	15	5	15	5	15
Fácil utilização	3	5	15	6	18	6	18	6	18
Forma agradável	2	5	10	6	12	6	12	5	10
Baixo peso	3	5	15	5	15	5	15	5	15
Pouca manutenção	3	7	21	3	9	4	12	5	15
Facilidade fabricação	4	8	32	3	12	4	16	6	24
Soma			231		236		247		232

MATRIZ DE DECISÃO									
NECESSIDADES	PESO (P)	ALTERNATIVAS							
		2) DISPOSITIVO INCLINAÇÃO ENCOSTO							
		a		b		c			
		NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP		
Conforto	4	7	28	8	32	10	40		
Segurança	5	6	30	6	30	6	30		
Durabilidade	3	7	21	6	18	6	18		
Confiabilidade	4	5	20	5	20	5	20		
Versátil	4	7	28	9	27	9	36		
Fácil (des) embarque	3	5	15	5	15	5	15		
Fácil (des) montagem	3	6	18	5	15	6	18		
Fácil utilização	3	5	15	5	15	6	18		
Forma agradável	2	6	12	6	12	7	14		
Baixo peso	3	5	15	5	15	5	15		
Pouca manutenção	3	7	21	6	18	6	18		
Baixo custo fabricação	4	7	28	6	24	6	24		
Facilidade fabricação	4	7	28	6	24	7	28		
Soma			279		274		294		

MATRIZ DE DECISÃO

NECESSIDADES	PESO (P)	ALTERNATIVAS 3) ASSENTO							
		a		b		c		d	
		NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP
		Conforto	4	3	12	7	28	8	32
Segurança	5	5	25	5	25	6	30	5	25
Durabilidade	3	5	15	5	15	5	15	4	12
Confiabilidade	4	5	20	5	20	6	24	5	20
Versátil	4	3	12	6	24	5	20	3	12
Fácil (des)embarque	3	5	15	6	18	6	18	5	15
Fácil (des)montagem	3	5	15	7	21	8	24	4	12
Fácil utilização	3	5	15	6	18	6	18	5	15
Forma agradável	2	4	8	6	12	8	16	5	10
Baixo peso	3	5	15	5	15	8	24	8	24
Pouca manutenção	3	6	18	5	15	7	21	3	9
Baixo custo fabricação	4	7	28	4	16	3	12	8	32
Facilidade fabricação	4	8	32	4	16	6	24	8	32
Soma			230		243		278		238

MATRIZ DE DECISÃO

NECESSIDADES	PESO (P)	ALTERNATIVAS 4) FIXAÇÃO NO TRILHO							
		a		b		c			
		NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP		
		Conforto	4	3	12	7	28	6	24
Segurança	5	8	40	8	40	7	25		
Durabilidade	3	6	18	5	15	5	15		
Confiabilidade	4	7	28	7	28	8	32		
Versátil	4	4	16	5	20	5	20		
Fácil (des) embarque	3	2	6	6	18	6	18		
Fácil (des)montagem	3	1	3	7	21	5	15		
Fácil utilização	3	5	15	7	21	7	21		
Forma agradável	2	2	4	6	12	5	10		
Baixo peso	3	6	18	6	18	5	15		
Pouca manutenção	3	7	21	3	9	3	9		
Baixo custo fabricação	4	8	32	3	12	2	8		
Facilidade fabricação	4	8	32	3	12	2	8		
Soma			245		254		230		

MATRIZ DE DECISÃO

NECESSIDADES	PESO (P)	ALTERNATIVAS							
		5) MATERIAL DA ESTRUTURA							
		a		b		c		d	
		NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP
Conforto	4	7	28	7	28	7	28	5	20
Segurança	5	7	35	5	25	5	25	4	20
Durabilidade	3	8	24	9	27	9	27	5	15
Confiabilidade	4	8	32	8	32	8	32	5	20
Versátil	4	5	20	6	24	6	24	5	20
Fácil (des) embarque	3	6	18	6	18	6	18	5	15
Fácil (des)montagem	3	6	18	6	18	6	18	5	15
Fácil utilização	3	5	15	5	15	5	15	5	15
Forma agradável	2	6	12	7	14	7	14	5	10
Baixo peso	3	9	27	5	15	5	15	4	12
Pouca manutenção	3	4	12	6	18	6	18	3	9
Baixo custo fabricação	4	6	24	4	16	2	8	7	28
Facilidade fabricação	4	5	20	5	20	2	8	7	28
Soma			285		270		250		227

MATRIZ DE DECISÃO

NECESSIDADES	PESO (P)	ALTERNATIVAS							
		6) ITEM DE SEGURANÇA							
		a		b		c			
		NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP	NOTA (N)	NxP		
Conforto	4	7	28	6	24	6	24		
Segurança	5	7	35	7	35	7	35		
Durabilidade	3	4	12	9	27	8	24		
Confiabilidade	4	7	28	8	32	8	32		
Versátil	4	6	24	6	24	6	24		
Fácil (des) embarque	3	9	27	4	12	5	15		
Fácil (des)montagem	3	9	27	5	15	5	15		
Fácil utilização	3	9	27	8	24	8	24		
Forma agradável	2	8	16	3	6	5	10		
Baixo peso	3	8	24	7	21	8	24		
Pouca manutenção	3	3	9	5	15	7	21		
Baixo custo fabricação	4	8	32	4	16	7	28		
Facilidade fabricação	4	8	32	3	12	7	28		
Soma			321		263		304		

4.4 – Seleção da solução

Nos passos anteriores foram aplicadas algumas técnicas para a geração de soluções alternativas ou conceitos de solução, culminando nas possíveis soluções. Faz-se aqui uma descrição da concepção de solução escolhida para a “cadeira para remo adaptável”.

A solução é composta de diversos módulos. O primeiro módulo descrito é o **Encosto**, cuja inclinação tem três níveis de ajuste para melhor conforto do atleta. São posições pré-definidas durante o projeto e invariáveis. Seu ajuste é condicionado pelo dispositivo apresentado no módulo 2, **Dispositivo para ajuste da inclinação do encosto**. A escolha do dispositivo foi determinada pela simplicidade de fabricação do mecanismo e de adaptá-lo à cadeira, além de proporcionar facilidade quanto ao seu uso por parte dos atletas. Seu funcionamento e fabricação serão detalhados na fase do projeto.

No módulo seguinte, temos a escolha do tipo de **Assento** que é fabricado com várias camadas para que o mesmo possa se moldar com o peso do atleta e, dessa forma, cada atleta terá suas necessidades atendidas no quesito conforto. Além disso, a escolha da opção chapa com camadas de espumas e gel facilita na troca de assentos mantendo uma cadeira com estrutura única para a maioria dos atletas.

A **Fixação**, outro módulo, será feita por meio de um pino que se encaixará nos furos dos trilhos e manterá a posição fixa. Na necessidade de ajuste da posição, basta levantar o pino e a cadeira estará livre pra deslizar sobre o trilho até a posição desejada.

Dando continuidade, o módulo que trata do **Material** para a estrutura designou a escolha pelo aço na parte estrutural (apenas a placa de alumínio). Ponderando o custo e resistência, sua escolha é satisfatória. As dimensões serão determinadas posteriormente na fase de projeto.

Para finalizar, o item de **Segurança** tratado no último módulo apontou ser mais eficiente um cinto de velcro, dada a sua facilidade de uso caso o atleta se encontre em situação de risco, como um eventual tombo do barco.

5 – PROJETO

Após a seleção da solução foi possível definir que a cadeira seria projetada para poder ser utilizável em duas categorias: A (atletas que utilizam somente o braço para a remada) e TA (atletas que utilizam o braço e o tronco para a remada), atendendo dessa forma um maior número de atletas. Cada classe tem um limite de elegibilidade, baseado no tipo de deficiência e no grau de comprometimento, mas não há regra que proíba um remador mais incapacitado de competir numa classe menos incapacitada [2]. Para cada categoria temos configurações diferentes da cadeira que serão demonstradas no tópico final do projeto.

5.1 – Desenvolvimento do projeto

Este projeto foi dividido em quatro diferentes grupos a fim de facilitar a compreensão de cada um deles individualmente e, mais adiante, entender sua função como parte da cadeira em um todo. Os grupos são, então, subdivididos em:

- Sistema estrutural;
- Assento;
- Fixação trilho-cadeira
- Ajuste de inclinação.

É importante, aqui, ressaltar que o projeto foi desenvolvido baseado no conceito de utilização do maior número possível de peças já existentes no mercado. Dessa forma, algumas dimensões foram definidas de acordo com o que os fabricantes disponibilizam no mercado.

Para se ter uma visão inicial do projeto, optou-se por mostrar, primeiramente, seu desenho de conjunto (Figura 11) a fim de facilitar o entendimento e a localização dos diferentes grupos.

Os desenhos de conjunto e de montagem das peças encontram-se no ANEXO B e os de fabricação, no ANEXO C.

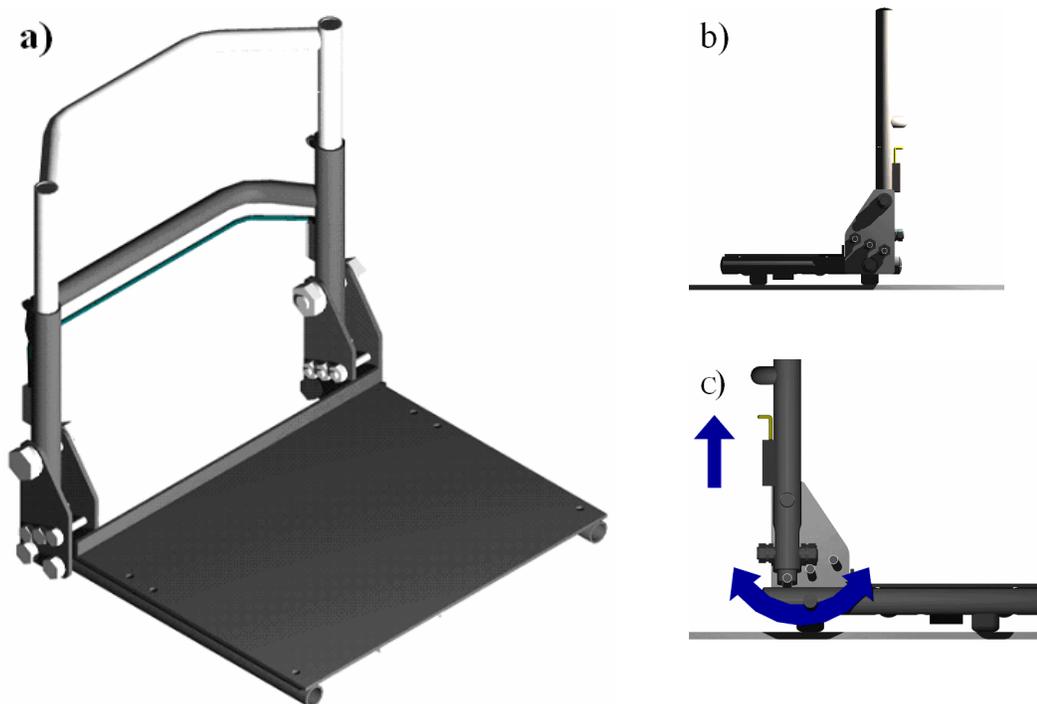


Figura 11a) Desenho de conjunto; b) Encosto e base; c) Dispositivo de ajuste do encosto.

5.2 – Sistema estrutural

Basicamente o sistema estrutural da cadeira pode ser composto por duas partes: a base e o encosto.

A estrutura da base é composta por duas barras principais, dispostas no sentido longitudinal da cadeira, sendo a união entre elas conforme Figura 12, por elementos de chapa dispostos na transversal unidos às barras por solda. As barras principais são unidas por um elemento de união (vide Figura 13) que permite retirar a parte do encosto para uso em outra modalidade. Os elementos transversais, além de proporcionar rigidez, servem para acomodar as guias que se prendem nos trilhos e no fixador utilizado para encaixe nas colunas do “remergômetro” utilizado em treinos. Sobre a estrutura da base será fixada uma chapa que acomodará o assento.

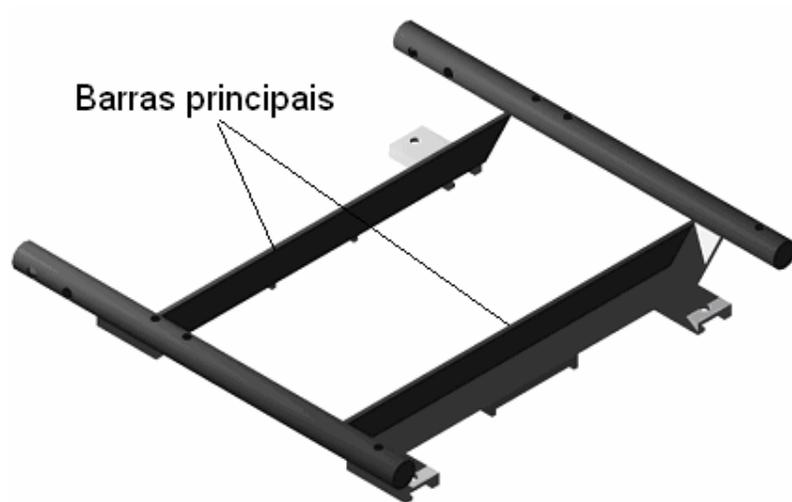


Figura 12: Estrutura da base.



Figura 13: Detalhe da estrutura da base.

Todas as barras da estrutura da base são do mesmo material, aço, devido a sua alta resistência e menor custo de material. As barras longitudinais principais possuem 24 mm de diâmetro externo com 5 mm de espessura e 325 mm de comprimento com 2 furos passantes na lateral para permitir a fixação do encosto e 3 furos passantes de cada lado para permitir a união entre a chapa e a estrutura da base através de parafusos (fendas simples) e porcas do tipo borboleta. O uso desses tipos de parafusos e porcas permite que a placa e a estrutura da base possam ser separadas facilmente, dessa forma os atletas poderão, por exemplo, mudar a configuração do

barco da categoria A para TA, ou vice-versa. Tal mudança é facilitada por um elemento de união cujo detalhe de fabricação se encontra no ANEXO C.

O “dispositivo de ajuste de inclinação” localizado na parte traseira da base permitirá regular a inclinação do encosto, proporcionando maior conforto aos atletas.

A estrutura do encosto é composta por quatro barras verticais e outras duas barras no sentido transversal à cadeira, conforme Figura 14, a seguir:

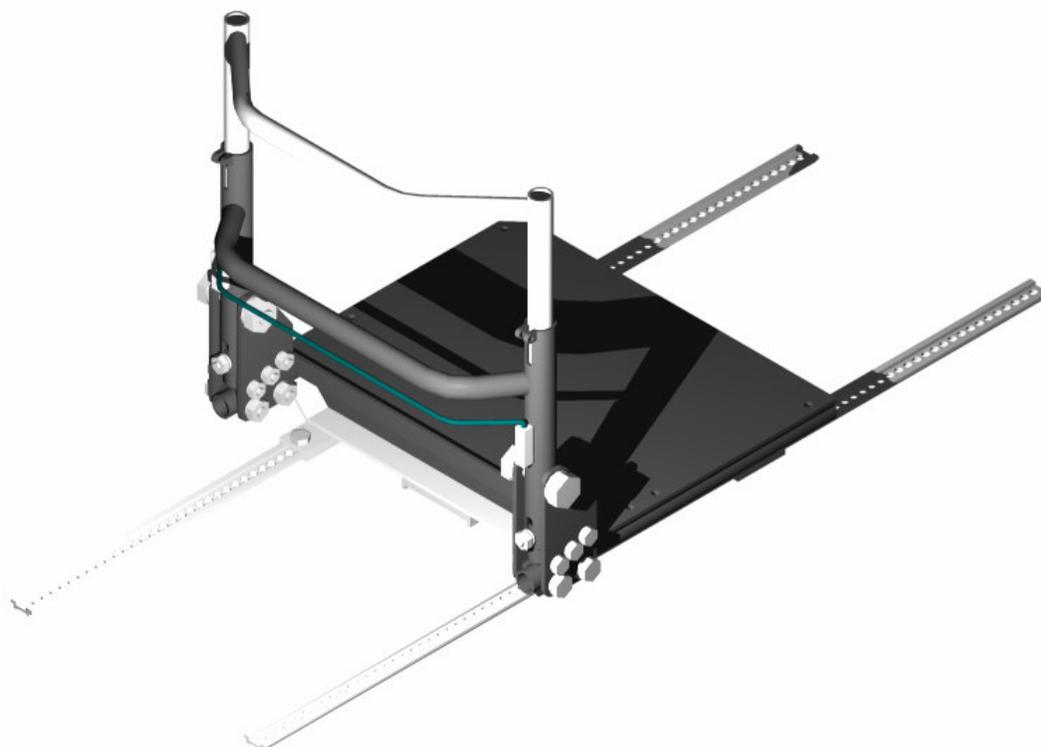


Figura 14: Encosto.

A união entre as barras verticais e transversais é através da soldagem e como representada na figura acima, as barras verticais superiores são móveis e possuem diâmetro menor do que as barras verticais inferiores, isso permite a regulagem da altura do encosto, proporcionando um maior conforto dos atletas nas remadas.

Foi determinado, com base nas necessidades dos atletas, e a partir de modelo representativo em tamanho natural, que o tamanho do encosto no seu comprimento máximo terá aproximadamente 430 mm. Sendo a parte superior (ou móvel) fabricado com o material alumínio aeronáutico com o diâmetro externo de 24 mm e 5 mm

espessura e a parte fixa com o material aço, com o diâmetro externo de 30 mm e 5,5 mm de espessura.

Além disso, a estrutura do encosto pode ser separada da estrutura da base, permitindo dessa forma mudar a configuração do barco da categoria A para TA, ou vice-versa.

Sobre a estrutura do encosto temos uma espuma laminada (Figura 15), 100% poliuretano de 5 cm de espessura [8].



Figura 15: Espumas laminadas (Fonte: Apopular).

Por medida de segurança foi colocada uma cinta (ao nível do diafragma, imediatamente abaixo dos mamilos ou dos seios, como descrito na norma). Para fácil utilização, essa cinta é composta por fitas de velcro.

5.3 – Assento

Para este projeto foi selecionado o assento fabricado por camadas de espumas e gel [9] (Figura 16) podendo ser revestido por um outro material por fora. Suas dimensões são: 410 mm de largura, 314 mm de comprimento e com a altura natural de 100 mm.

Hoje, alguns modelos de cadeiras de rodas utilizam esse tipo de assento permitindo também que cada deficiente sinta o máximo de conforto. A diferença do assento utilizado nessas cadeiras de rodas e o do projeto esta nas dimensões, dado que a cadeira para remo é menor, pois se limita pelo tamanho disponível no barco.

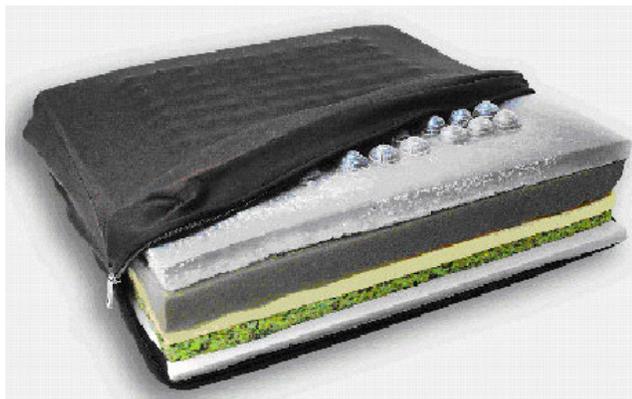


Figura 16: Exemplo de assento (Fonte: Hospitalar).

O Assento Prótika é composto internamente por 5 células interfuncionais com desempenho integrado. Essas células são acondicionadas numa capa protetora em tecido especialmente desenvolvido pela Prótika e não tem costuras ou protuberâncias na superfície de contato com as pernas.

O produto apresenta internamente uma base sólida - resistente até 100 kg de peso. Concebida por Engenheiros Biomédicos formados pela Johns Hopkins University no Estado de Maryland nos Estados Unidos [9], a célula de gel extremamente macio apresenta protuberâncias na parte superior, posicionadas de maneira a conformarem-se ao contorno do corpo do atleta.

O gel possui uma propriedade única, que é a de apresentar o mesmo movimento que a derme exerce sobre a ossatura quando submetida a um movimento circular. Assim, possui a mesma capacidade de proteção a movimentos e impactos que a derme propicia e com isso protege da mesma forma as partes que estejam em contato direto com o atleta. Além disso, o gel extremamente macio com protuberâncias evitando úlceras de pressão.

O Assento Prótika não restringe o seu uso, possibilitando assim que diferentes atletas usem o assento sem precisar trocar por um personalizado.

Tabela 3: Comparação do preço do assento.

	Assento Personalizado	Assento Prótika
Custo	**R\$600,00	R\$555,00
Fabricante	AACD	Hospitalar
Material	Moldado conforme a anatomia do atleta, porém, desconfortável com o movimento do atleta. **Custo apenas do assento	Molda conforme a anatomia do atleta, devido ao peso, e também com o movimento do atleta.
Obs:	Cada atleta passaria por vários exames sendo necessário maior investimento e tempo.	Compra direta, sobre encomenda.

Visando maior segurança para os atletas das categorias A e TA, com dificuldades nas pernas, pode-se optar por um modelo com um cinto para as pernas como na representação da Figura 17, abaixo:

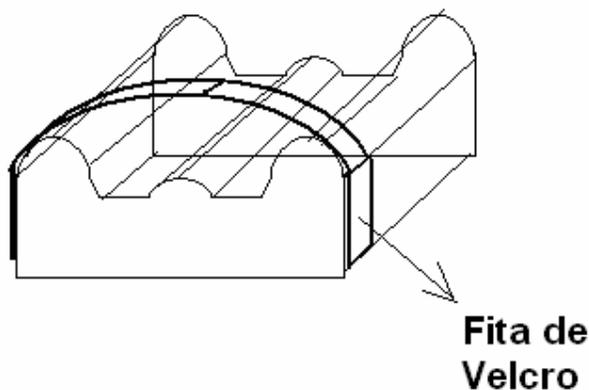


Figura 17: Assento para os atletas das categorias A ou TA que utilizam o cinto nas pernas.

Esse tipo de assento é fabricado com o mesmo material que os assentos sem o cinto nas pernas e as dimensões da estrutura da base permanecem os mesmos.

Sob o assento se localiza uma chapa de alumínio com 4 mm de espessura (Figura 18) com a mesma dimensão de um assento sem o cinto de segurança nas pernas, ou seja, de 410 mm por 340 mm. A parte traseira da chapa sofreu uma dobra de 90

graus, essa altura de 2cm serve para impedir o deslocamento do assento no momento de maior esforço do atleta.

A função da chapa é a de suportar a carga (peso do atleta) junto com a estrutura da base e, além disso, permitir a união entre o molde com a cadeira. Ressalvando que não há nenhum canto vivo na chapa para evitar possíveis lesões e garantir a integridade física dos atletas.

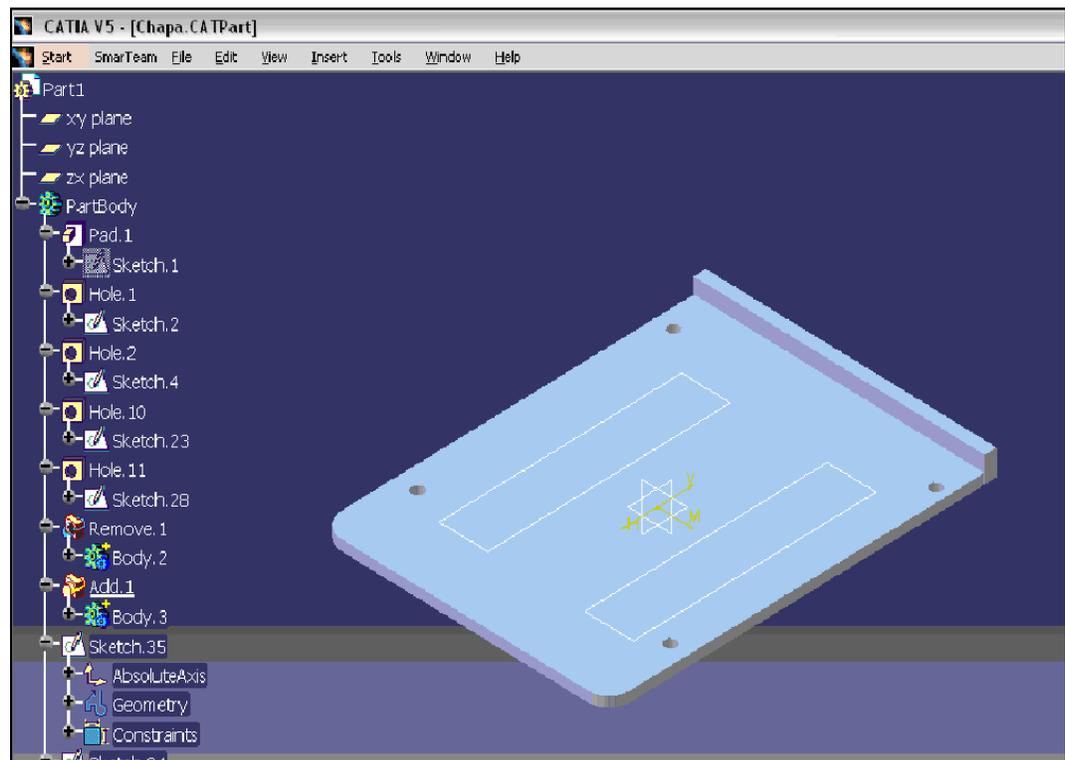


Figura 18: Chapa.

A escolha da chapa e não a do tecido se deve ao fato de o tecido deformar com o tempo de uso (conforme mostra a Figura 19), ou seja, tendência da parte do assento ceder para o interior da estrutura da base.



Figura 19: Deformação do tecido com o tempo (Fonte: Reatech).

- Cálculo da deformação da chapa

Considerando a massa do atleta ($M=80$ kg) se distribua uniformemente para toda a área da chapa e sabendo que o módulo de elasticidade do alumínio é $E=69$ GPa e o coeficiente de Poisson é $\nu=0,34$ (para alumínio) temos:

Tabela 4: Coeficiente de Poisson.

Coeficiente de Poisson ν	
Material	N
Alumínio	0,34
Cobre	0,35
Ferro	0,28
Aço	0,28
Magnésio	0,33
Titânio	0,34

Dessa forma, da eq.(9), tem-se:

$$\sigma_x = \frac{P}{A} = \frac{784}{0,095} = 8252,63 \text{ N} / \text{m}^2$$

Para a determinação da força no eixo y, foi necessário o uso do equipamento remergômetro, no qual um atleta simulou as remadas.

Os dados obtidos foram: W (potência média) = 82W

d (distância percorrida) = 119m

t (tempo) = 41s

Devido a uma margem de segurança, considera-se que a potência média obtida foi de W =150W.

$$\text{Portanto: } F_y = \frac{W}{V} = \frac{W}{\left(\frac{d}{t}\right)} = 51,68 \text{ N}$$

$$\tau_{yz} = \frac{F_y}{A} = \frac{51,68}{0,095} = 544 \text{ N} / \text{m}^2$$

Assim, sabe-se que a variação da espessura ocorre apenas da tensão em x e da eq.(10), calcula-se:

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} \cdot [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] = 11,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

$$\text{Variação da espessura} = 11,9 \cdot 10^{-8} \cdot 4 = 47,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

Mostra-se que a variação das dimensões da chapa de alumínio é praticamente nula.

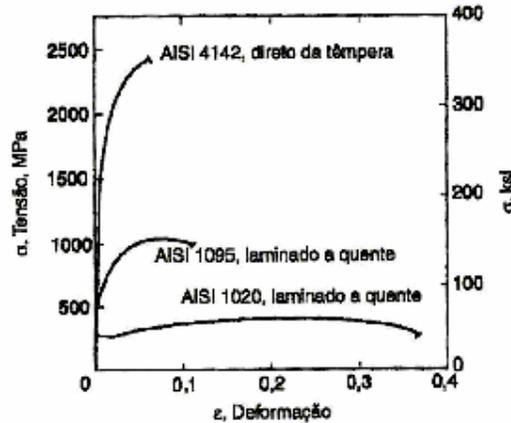


Figura 20: Diagrama tensão-deformação para três ligas de aço (Fonte: Norton).

- Cálculo da tensão cisalhante sobre os parafusos

Considerando como o material do parafuso o aço carbono, SAE1010, laminado a quente.

Sabe-se que seu limite de escoamento é $\sigma_e = 180 \text{ MPa}$.

Logo, da eq.(11) temos, $\tau_{adm} = \frac{\sigma_e}{\sqrt{3}} = 103,92 \text{ MPa}$ (tensão de cisalhamento admissível)

Considerando 4 parafusos (padrão ISO), com diâmetro maior $d = 7,00 \text{ mm}$, diâmetro menor $d_r = 5,77 \text{ mm}$ e passo $p = 1,00 \text{ mm}$.

Como calculado anteriormente $F_y = 51,68 \text{ N}$, por medida de segurança, considera-se que todos os parafusos são submetidos a essa força.

A área sob cisalhamento de rasgamento para um filete de rosca é a área do cilindro de seu diâmetro menor d_r e, da eq.(12):

$$A = \pi \cdot d_r \cdot w_i \cdot p = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Onde: $w_i = 0,8$ (ISO) – fator que define a porcentagem do passo ocupado pelo metal no diâmetro menor.

Dessa forma, da eq.(13), a tensão de cisalhamento para rasgamento de rosca no parafuso é:

$$\tau_{adm} = \frac{F_{adm}}{A} \rightarrow F_{adm} = \tau_{adm} \cdot A = 1,51kN$$

Como $F_y \leq F_{adm}$, não há problema quanto ao uso dos parafusos.

A união entre a chapa e a estrutura da base é por parafusos e porcas do tipo borboleta. E a união entre o molde e a chapa, através de fitas de velcro (Figura 21).

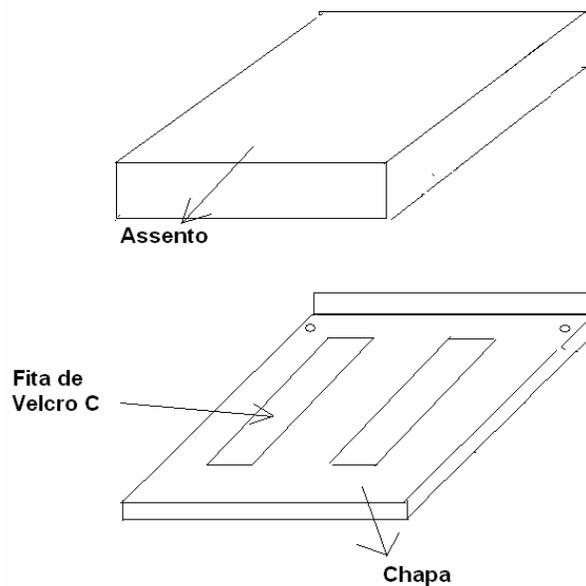


Figura 21: Esquema de montagem do assento à chapa.

Duas fitas de velcro são colocadas na parte superior da chapa e na parte interior do assento (Figura 22).



Figura 22: Exemplo de fixação com velcro (Fonte: Reatch).

5.4 – Fixação da cadeira ao trilho

Conforme Figura 23, Figura 24 e Figura 25, deve-se atentar ao correto posicionamento das barras e do elemento “c” indicado nas figuras para que a cadeira seja fixada ao trilho da seguinte forma:

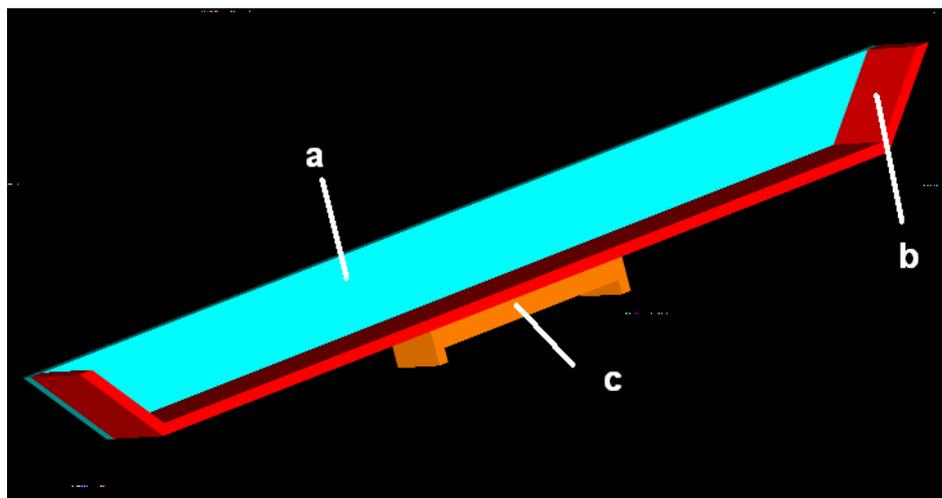


Figura 23: Fixação da cadeira ao trilho.

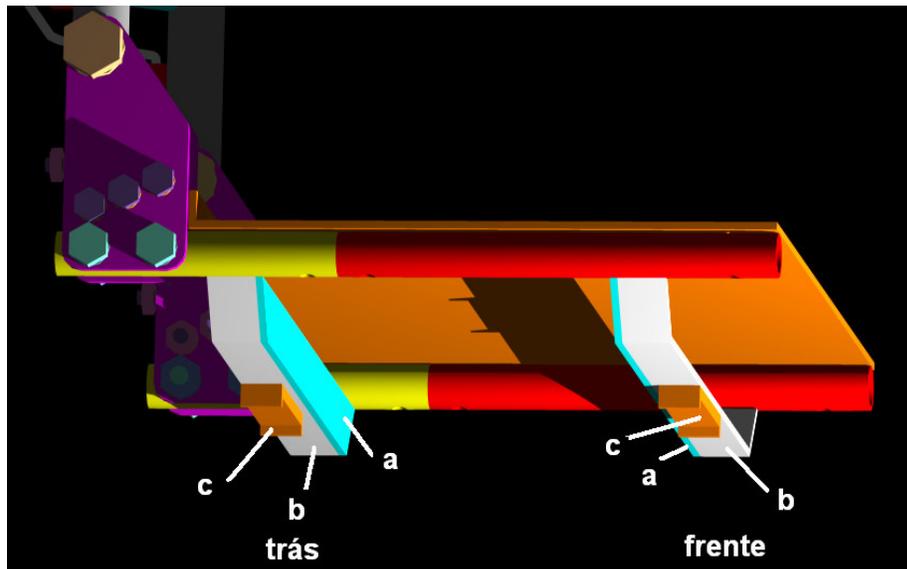


Figura 24: Sistema de fixação da cadeira ao trilho.

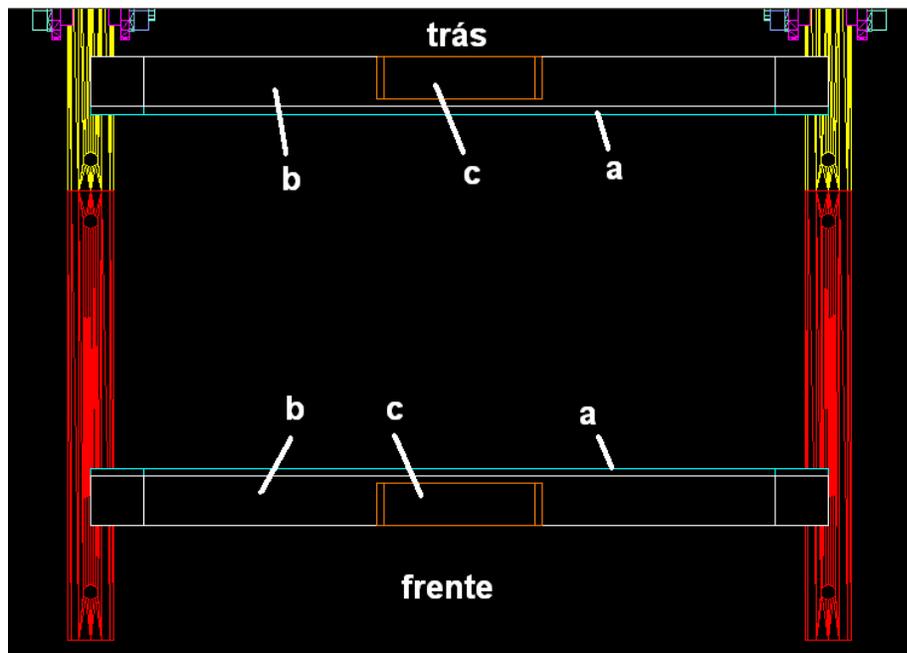


Figura 25: Sistema de fixação.

A distância entre os trilhos montados no barco utilizado para treino apresenta a distância padrão definidos pela norma da FISA. A posição “c” indica o local onde será possível acoplar a cadeira ao remergômetro. Mais desenhos de fixação e conjunto podem ser encontrados nos ANEXOS B e C.

5.5 – Ajuste de inclinação

Para atender as necessidades dos atletas que se queixavam do encosto que era incômodo e, eventualmente, limitava no momento da remada, sugerimos um dispositivo que é apresentado na Figura 26. Seu funcionamento é bem simples: ao acionar o puxador, o parafuso sobe, pois é ligado ao mesmo por um cabo de aço; essa ação permite liberar a fixação do pino de regulagem e escolher a posição desejada, já que o encosto pode girar devido ao pivô; escolhida a posição, o parafuso retorna por meio da ação de uma mola (Figura 27).

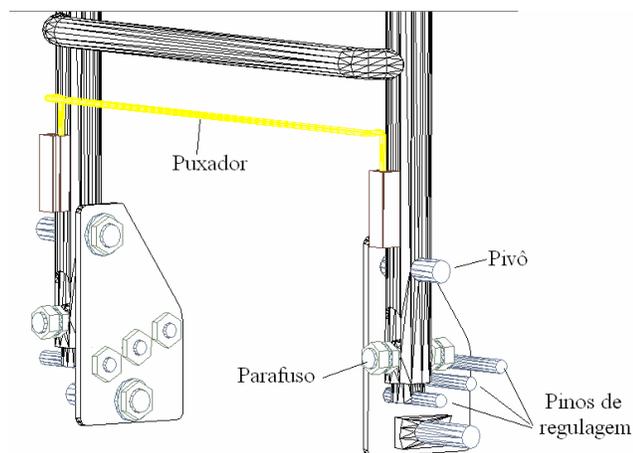


Figura 26: Elementos funcionais do dispositivo de comodidade.



Figura 27: Mola que força o travamento ao pino de regulagem.

5.6 – Custo do Projeto

O valor do custo da construção do protótipo é de R\$ 3450,00 (processo de fabricação R\$ 2500,00, matéria-prima R\$300,00, assento R\$555,00 e insumos R\$95,00), sem contar com eventuais modificações ou melhorias. Como insumos podemos compreender: fita de velcro, lona, espuma e nylon scott.

O valor foi determinado tomando-se como base os desenhos técnicos de fabricação da solução (apresentada nos tópicos anteriores), onde também foi possível determinar a quantidade de material (suas dimensões). Quanto aos materiais, foi determinado o valor com base em informações adquiridas em sites, livros e fabricantes. E quanto às formas construtivas determinou-se um valor com base no fabricante.

Valor do custo de fabricação demonstrado por peças:

- Coluna (2 peças): R\$ 104,00;
- Haste telescópica (2 peças): R\$ 69,00;
- Bucha-trava (2 peças): R\$ 69,00;
- Molas, parafusos, pinos e rebites: R\$ 69,00;
- Placa de articulação (4 peças): R\$ 317,00;
- Chapa para assento (1 peça): R\$ 104,00;
- Barra chata (3 peças): R\$ 289,00;
- Base-assento (2 peças): R\$ 138,00;
- Soldagem: R\$ 343,00.

6 – RESULTADOS

As possibilidades de uso da cadeira em duas categorias (A e TA) são, conforme a representação do conjunto, as seguintes:

- Configuração 1 (Figura 28 e Figura 29) – Para os atletas que praticam e competem na categoria A (só braço), a cadeira deve ser fixa e o uso do encosto é obrigatório.



Figura 28: Configuração para categoria A (frontal).

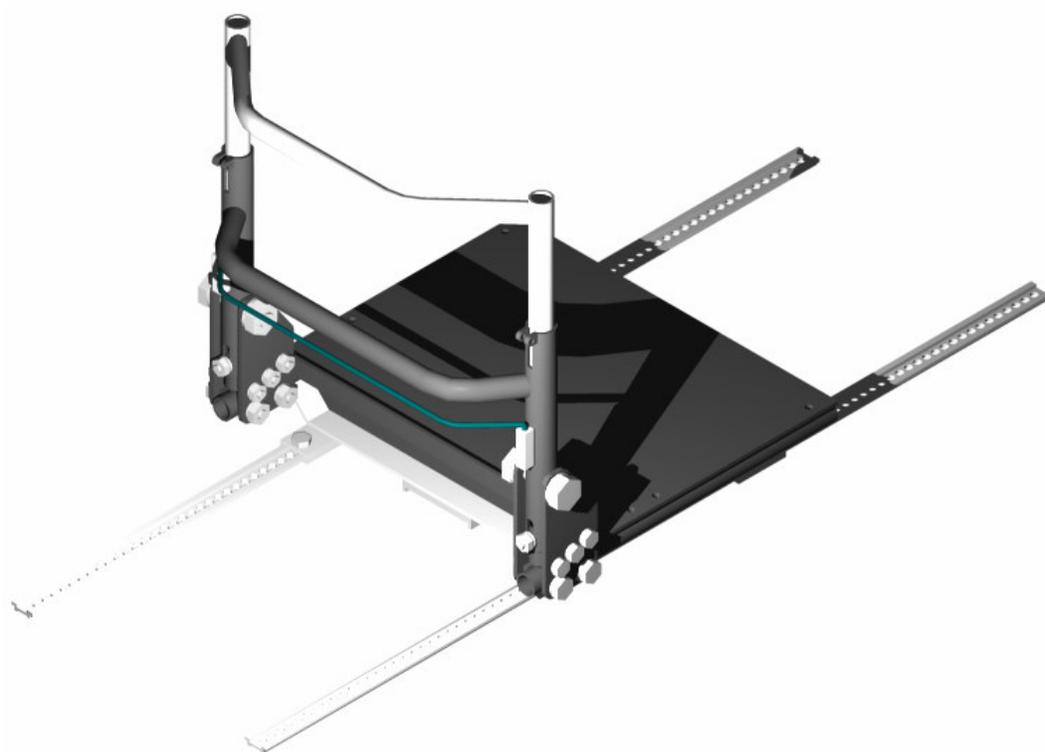


Figura 29: Configuração para categoria A (atrás).

Encosto - O atleta pode regular a inclinação do encosto (através do dispositivo de ajuste), de acordo com o seu perfil.

Assento - O assento é fixado na chapa através da união de fitas de velcro. A união entre a chapa e a estrutura base é através de parafusos e porca do tipo borboleta.

Trilho - A cadeira é fixada no trilho, pois nessa categoria não é permitido o seu deslocamento.

- Configuração 2 (Figura 30 e Figura 31) – Para os atletas que praticam e competem na categoria TA, (braço e tronco), a cadeira deve ser fixa e sem o uso do encosto.

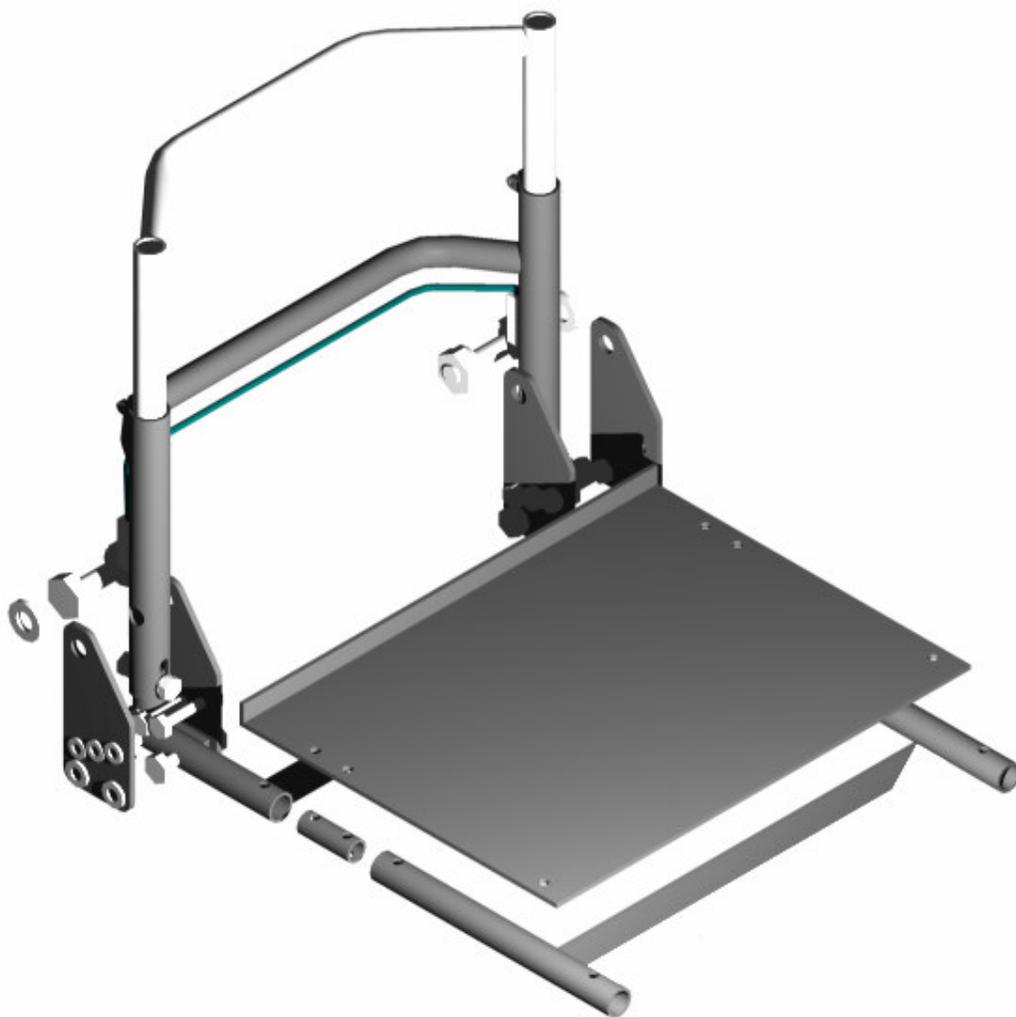


Figura 30: Configuração para categoria TA.

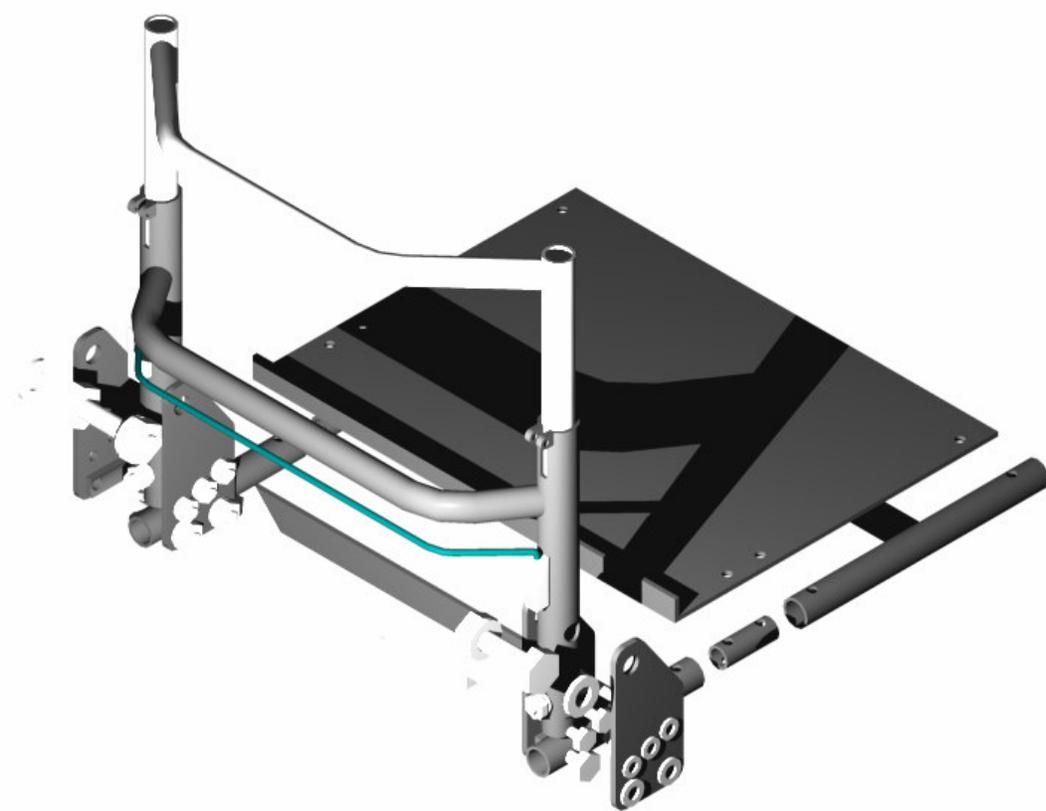


Figura 31: Configuração para categoria TA.

Encosto – Retirado.

Assento - O assento é fixado na chapa através da união de fitas de velcro. A união entre a chapa e a estrutura base é através de parafusos e porca do tipo borboleta.

Trilho - A cadeira é fixada no trilho, pois nessa categoria não é permitido o seu deslocamento.

7 – MELHORIAS FUTURAS

Como forma de dar continuidade ao projeto, algumas sugestões (conforme Figura 32) para a fixação do assento na chapa são apresentadas a seguir:

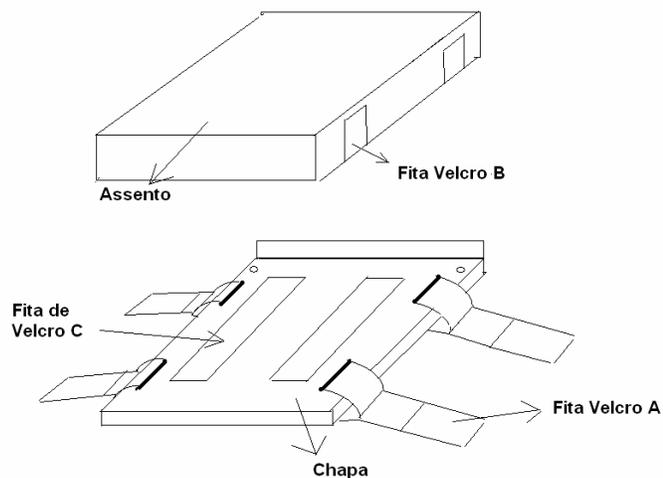


Figura 32: Esquema de montagem do assento à chapa.

Além das fitas de velcro em uso podem-se colocar mais quatro fitas de velcro laterais para a união entre a chapa e o assento.

Dessa forma, temos a seguinte alteração na chapa (Figura 33), com 4 “rasgos” para fixação da fita de velcro.

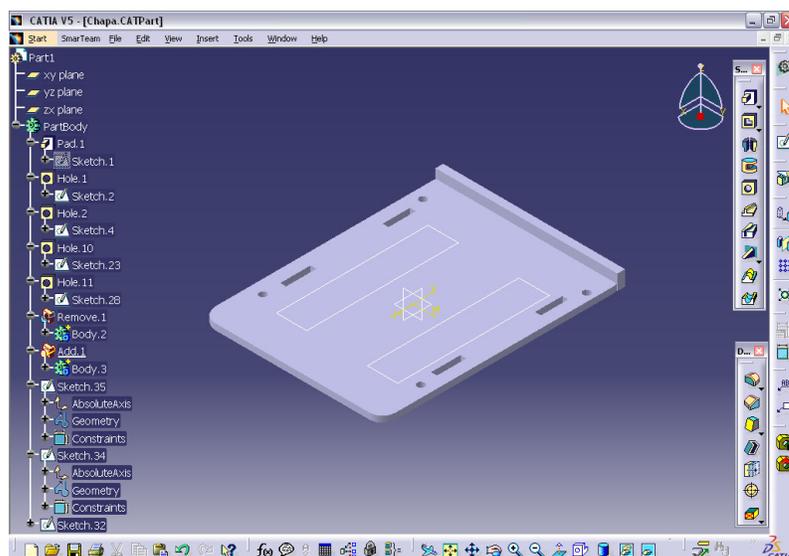


Figura 33: Chapa proposta.

8 – CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou sintetizar todos os pontos relevantes no projeto e fabricação de uma cadeira para remo adaptável no sentido de cobrir as necessidades exigidas pelos atletas portadores de deficiência física praticantes de remo.

Embora a fase de projeto tenha sido detalhada e bem trabalhada, deparamo-nos com imprevistos no processo de fabricação do protótipo. No entanto, foram pequenos detalhes que necessitaram modificações para facilidade construtiva, sem que houvesse dano ou prejuízo para a obtenção do resultado esperado.

Em posse do protótipo foi possível levá-lo até a raia olímpica da USP para testar seu encaixe no barco. Assim sendo, as fotos do protótipo em teste são apresentadas a seguir:



Figura 34: Vista frontal do protótipo.



Figura 35: Vista traseira do protótipo.



Figura 36: Vista lateral direita do protótipo.



Figura 37: Vista lateral esquerda do protótipo.

ANEXO A - Enquete

Atletas:

- A) Lina - Categoria LTA (sem encosto nas costas)
- B) Claudia - Categoria A
- C) Reinildo - Categoria TA

1) Sente alguma dificuldade quanto à mobilidade com o uso da cadeira atual? Onde?

- A) Sim, devido ao desconforto apresentado pelas cadeiras atuais.
- B) Não.
- C) Não.

2) Sente alguma dor com o uso da cadeira atual? Onde?

- A) Sim, na coluna (cansa).
- B) Sim, no coquis.
- C) Sim, na perna.

3) O que faz para minimizar essa dor?

- A) Usa apoio (almofada).
- B) Usa apoio (almofada).
- C) Usa apoio (almofada).

4) Qual a preferência pelo material do assento?

- A) Macio, como o gel, silicone.
- B) Macio, como almofada, espuma.
- C) Macio.

5) Sente falta de segurança com o uso da cadeira atual?

- A) Não.
- B) Não.
- C) Sim, não tem cinto de segurança para as pernas.

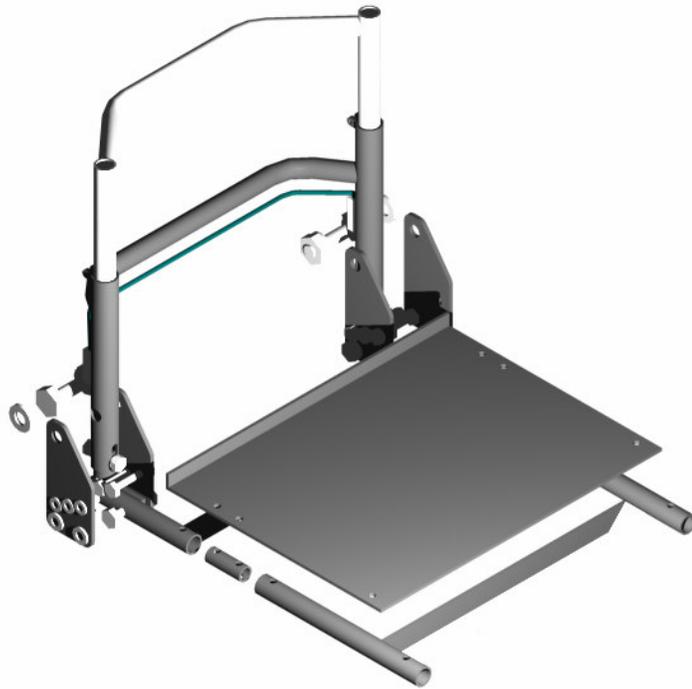
6) Para permitir que a cadeira se mova no trilho, qual a melhor posição de um possível dispositivo de ajuste? Na frente, lado direito, lado esquerdo, outros.

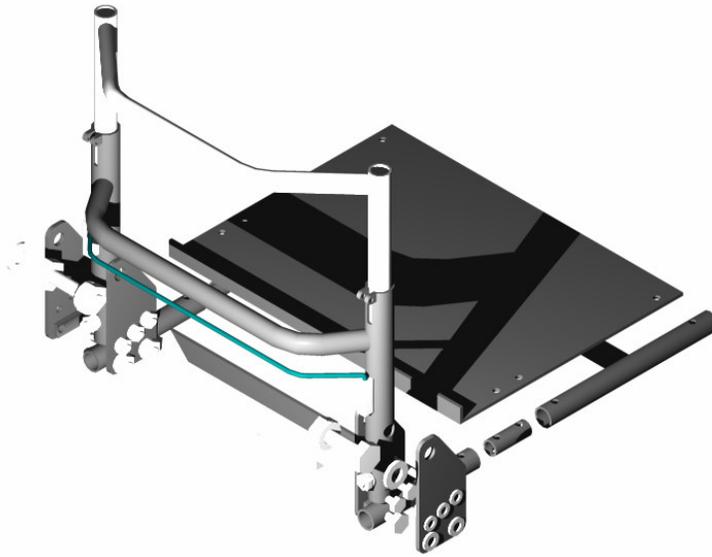
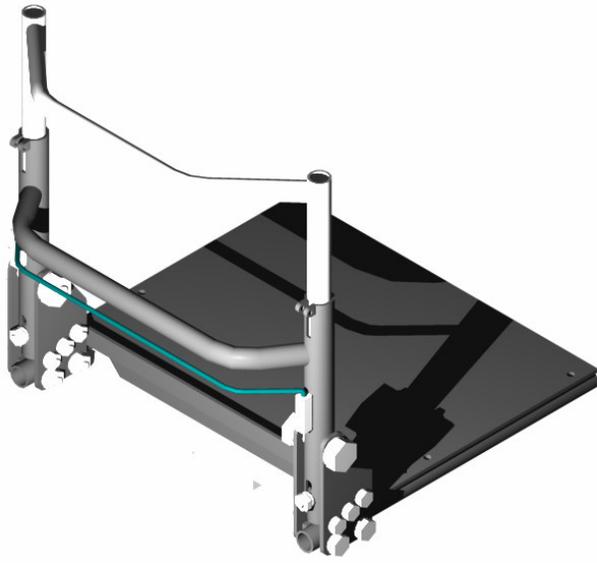
- A) Tanto faz.
- B) Na frente.
- C) Na frente.

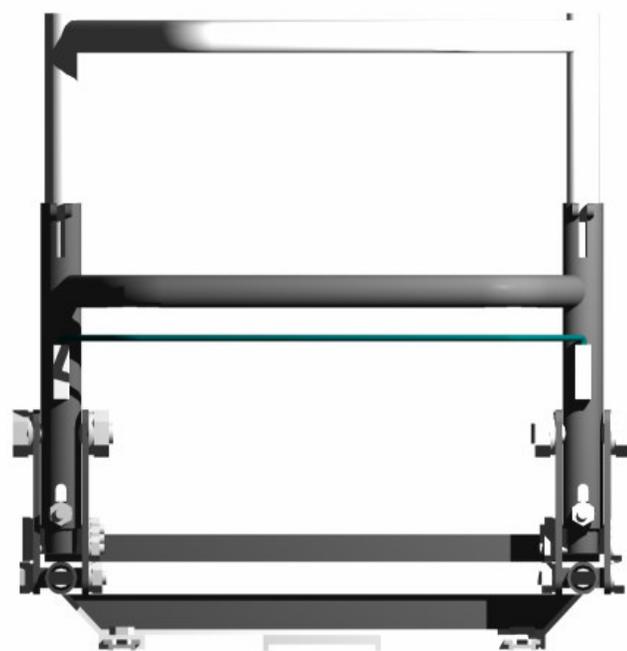
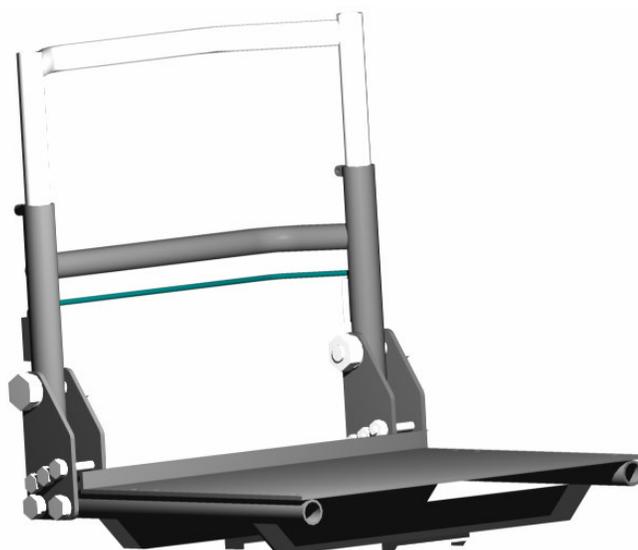
7) Em sua opinião, cite uma melhoria que poderia ser feita quanto as cadeiras.

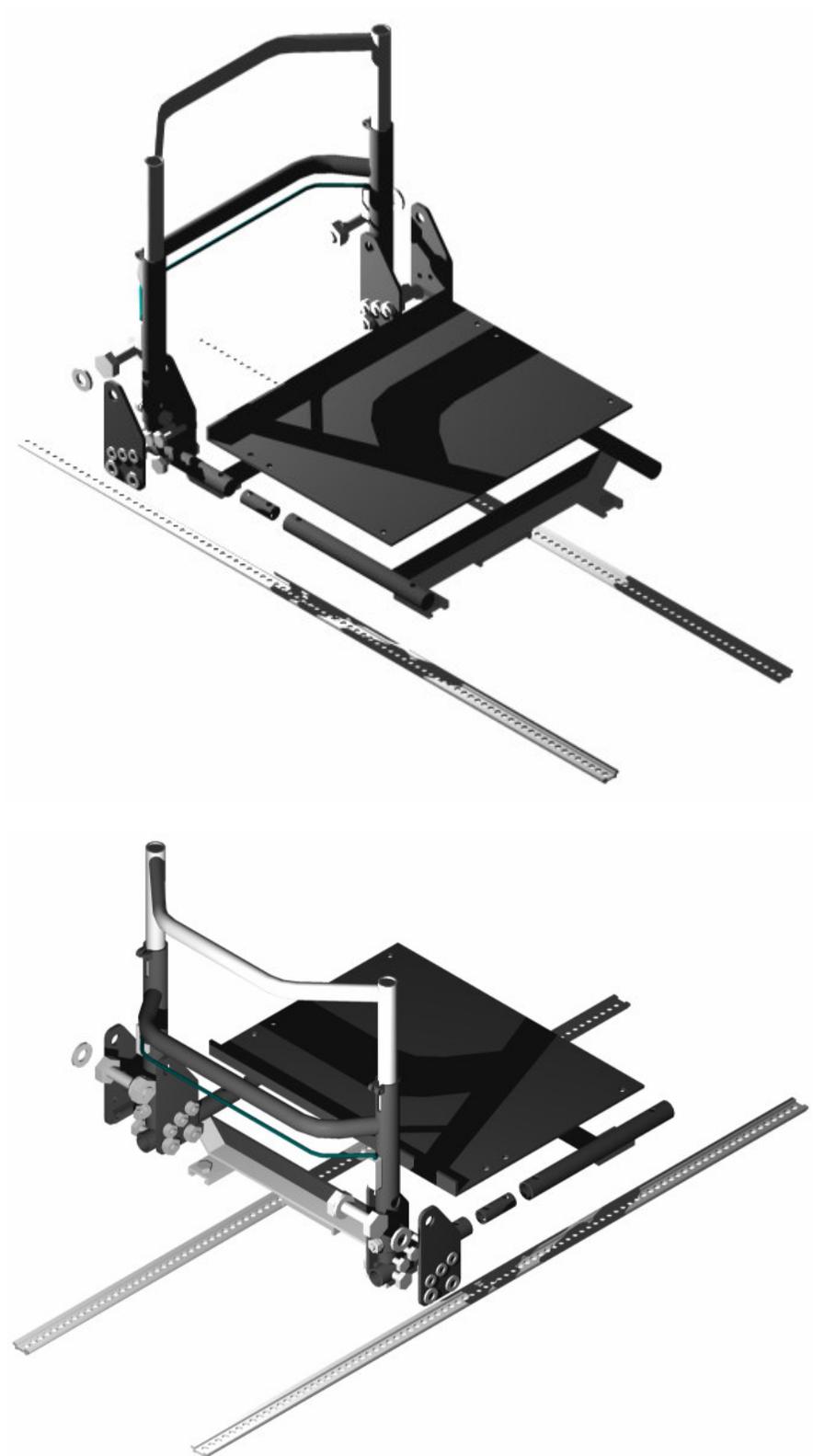
- A) Uso de um molde personalizado.
- B) Uso de um molde personalizado.
- C) Adição de um cinto de segurança para as pernas.

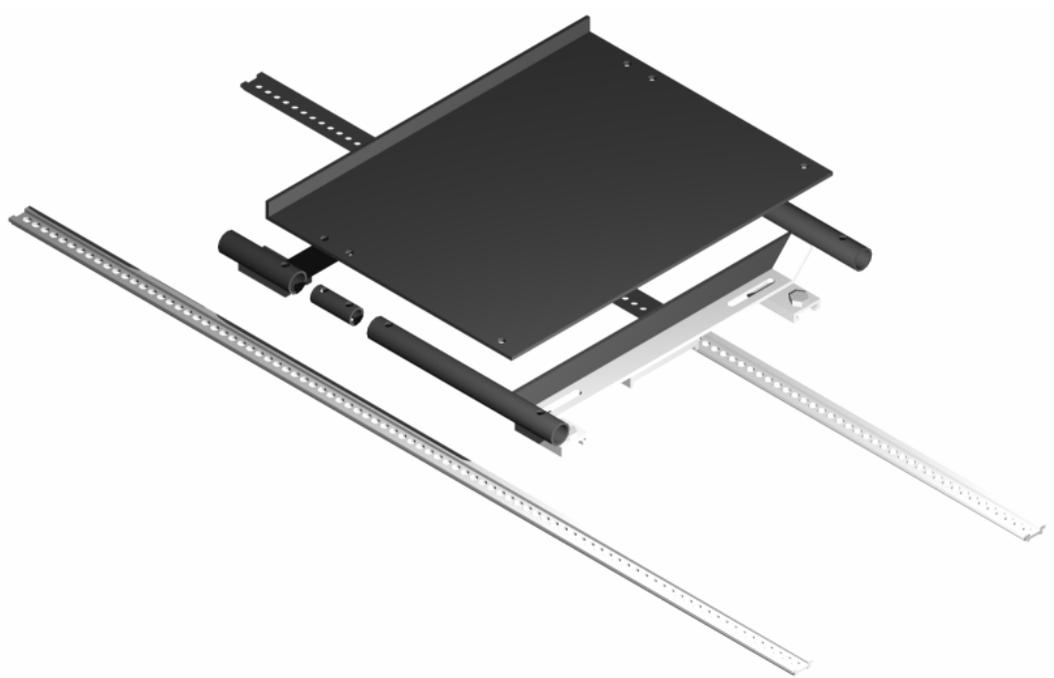
ANEXO B – Desenhos de Conjunto e Montagem.

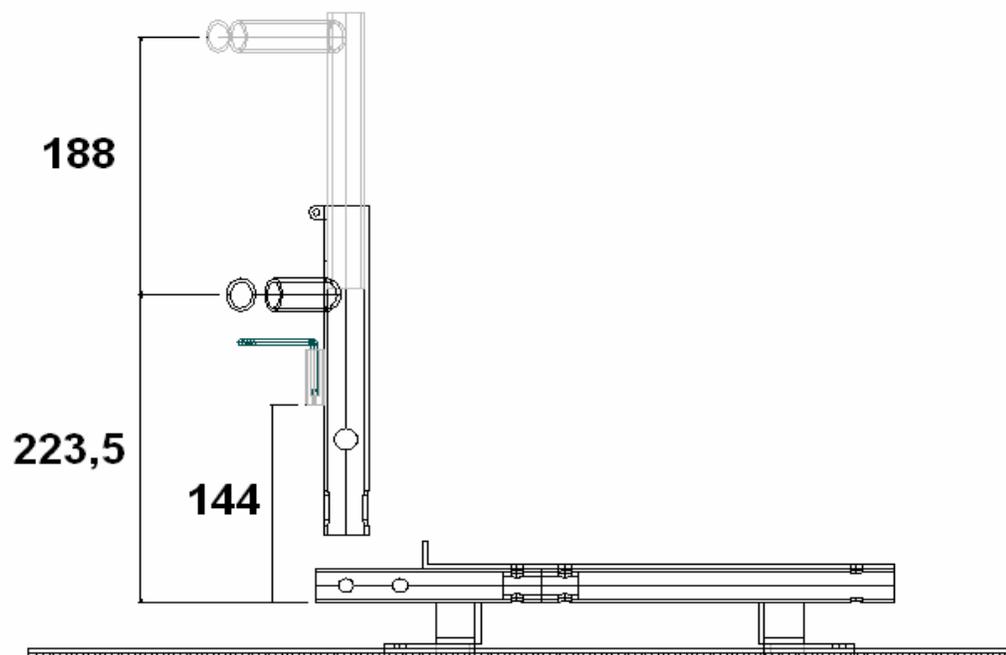
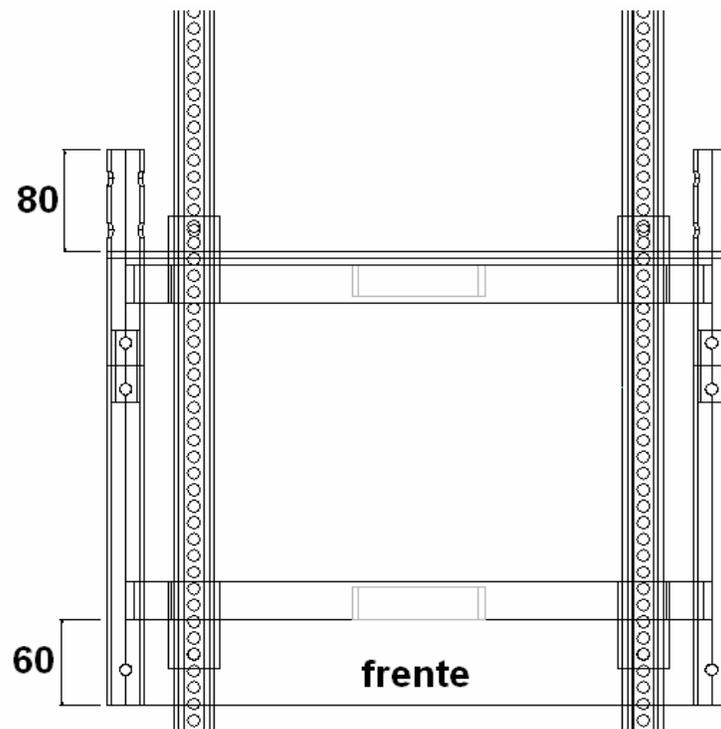


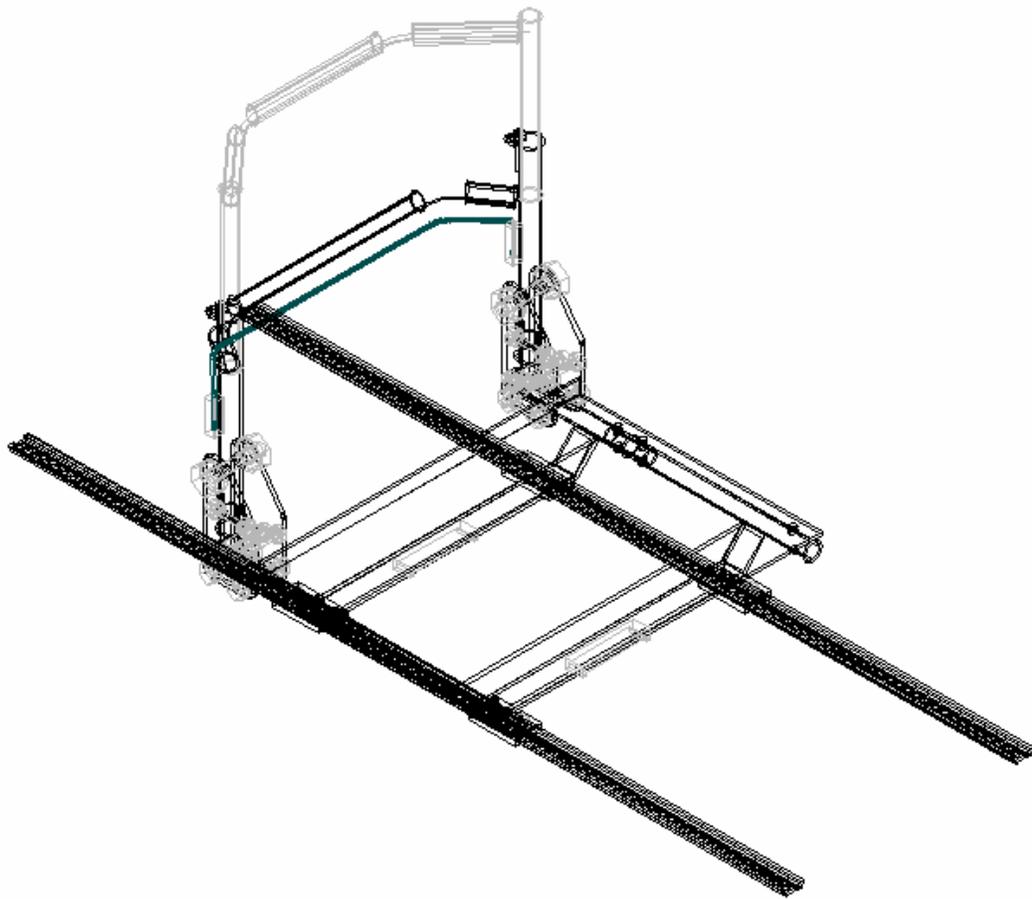




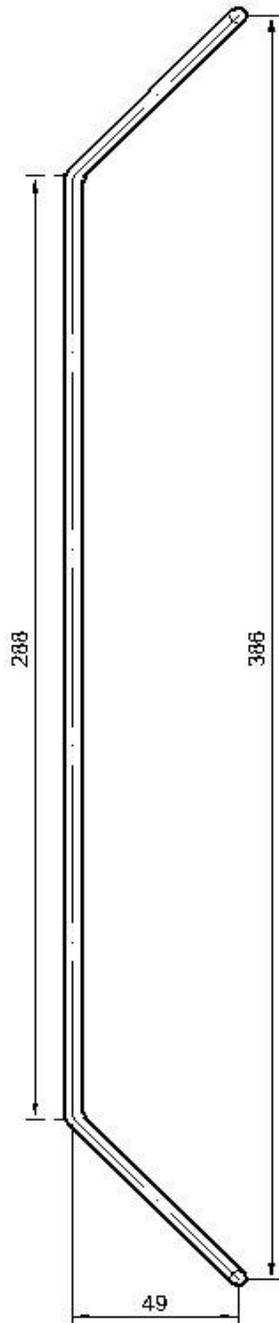




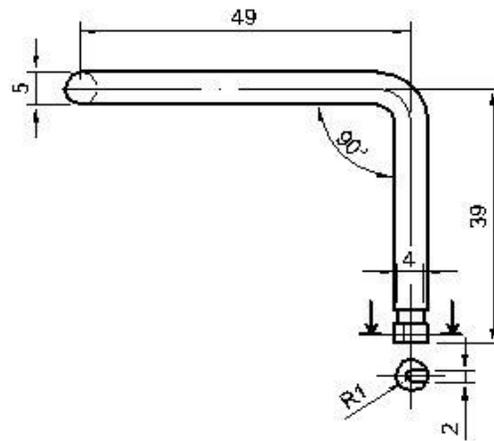




ANEXO C - Desenhos de Fabricação

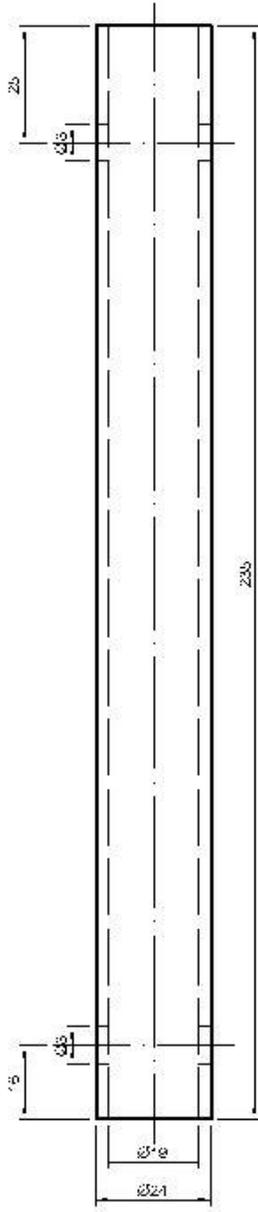


Escala 1:2

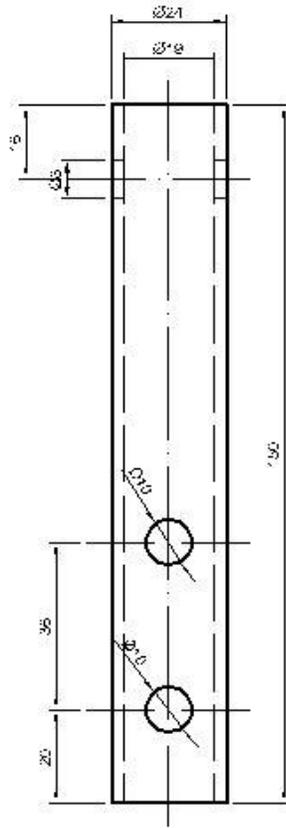


Escala 1:1

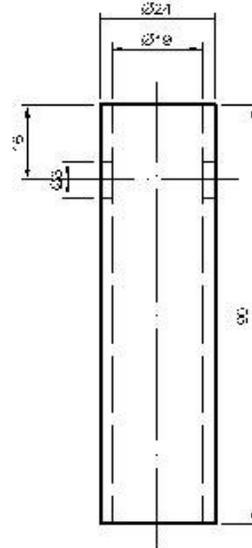
2	Tolerâncias gerais: $\pm 0,5$				
1	Material: Aço				
Obs.	Descrição				
<i>Ficha Técnica</i> Projeto: 1000	Título:	Cadeira adaptada Arame	Nome: Laurence	USP	Esc.: 1:1
			Quantidade: 1 peça	Data: 09/10/2007	



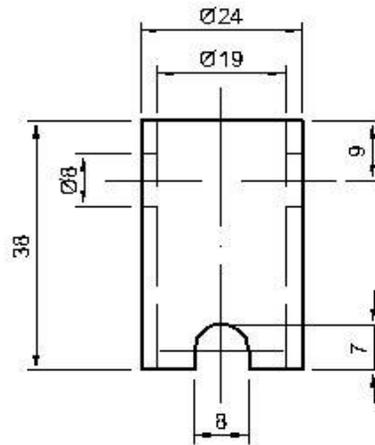
A



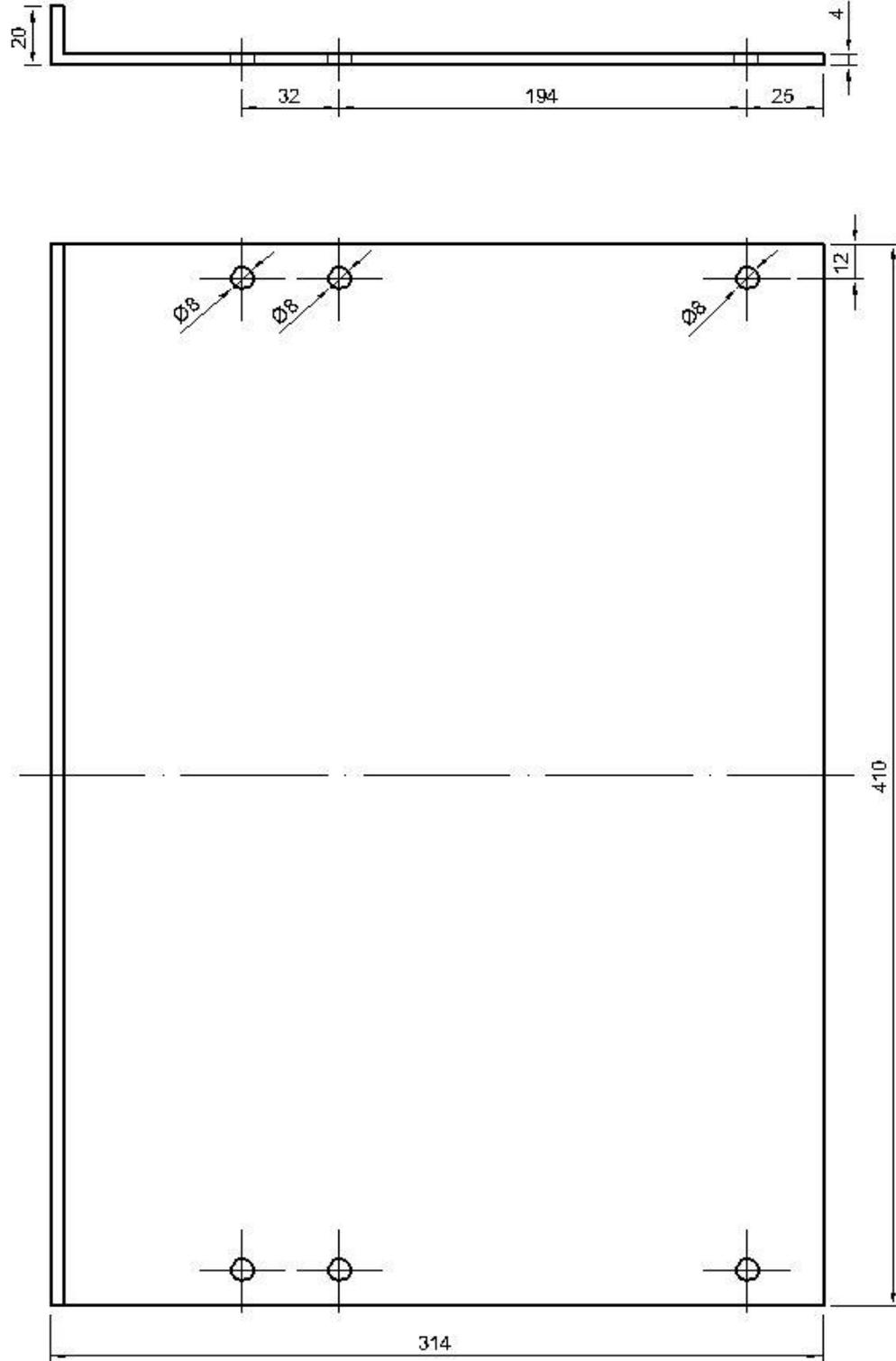
B



2	electrolas para la 45				
1	Vozalal 30				
Disa	Describido				
1:1	1:1	Julio	Casella suspenso	Folios 11	Enc 11
			Quartase 2 personas		



2	Tolerâncias gerais: $\pm 0,5$				
1	Material: Aço				
Obs.	Descrição				
<i>Fred Eberle</i> Engenheiro Mecânico	Título:	Cadeira adaptada Buchha Trava	Nome: Laurence	USP	Esc.: 1:1
			Quantidade: 2 peças	Data: 09/10/2007	



2	Tolerâncias gerais: $\pm 0,5$			
1	Material: Alumínio aeronáutico			
Obs.	Descrição			
<i>Ficha Técnica</i> Projeto 1010	Título:	Cadeira adaptada Placa de articulação	Nome: Laurence	USP
			Quantidade: 1 peça	Data: 09/10/2007
				Esc.: 12

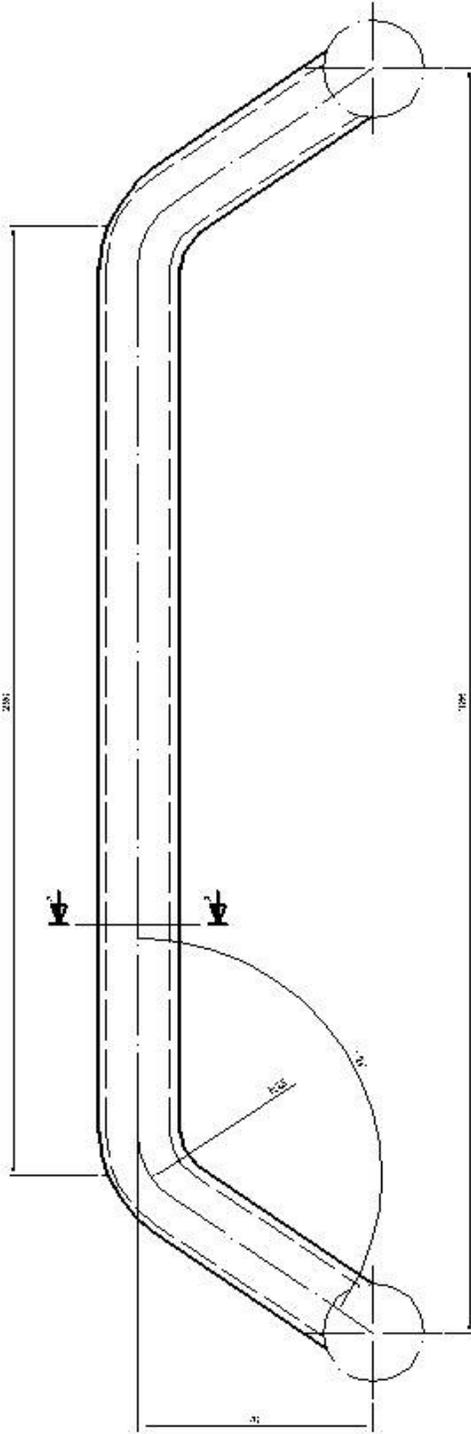
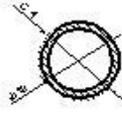
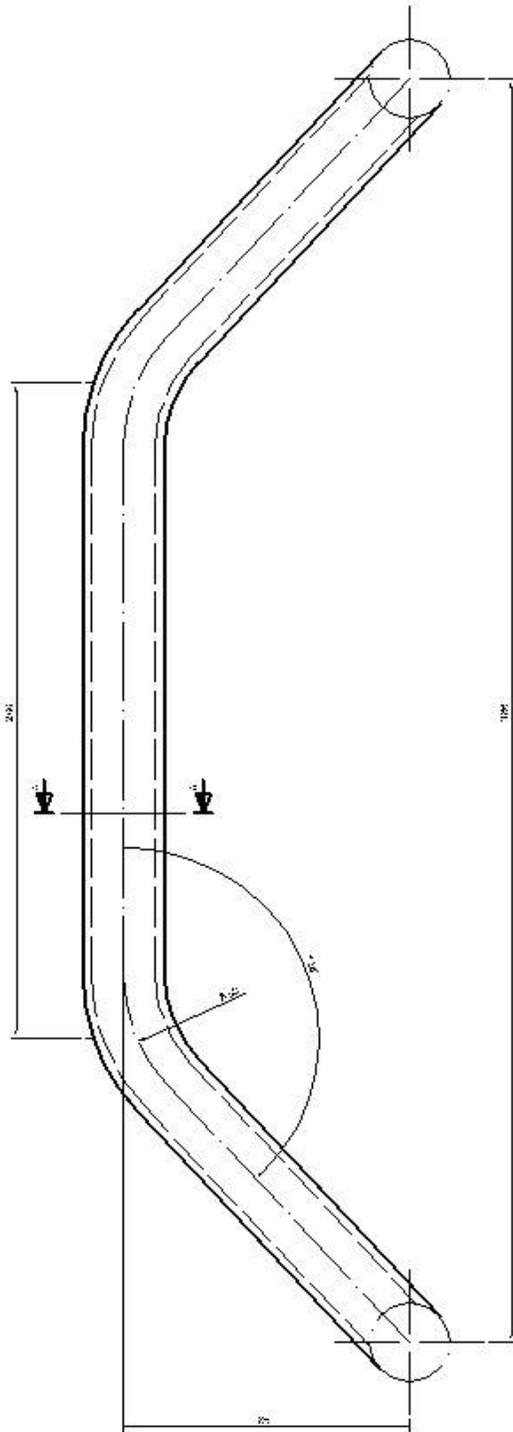


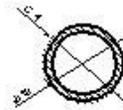
Fig. 1-1



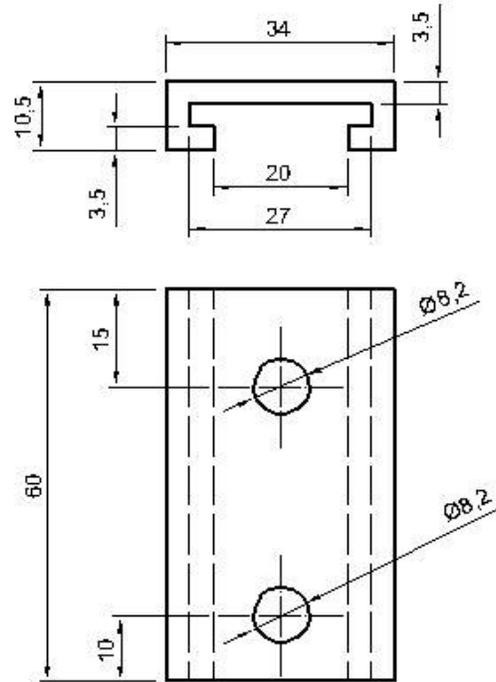
Project name		Date	
Drawing No.		Scale	
Author		Check	
Date		Date	
Project name		Project name	
Drawing No.		Drawing No.	
Author		Author	
Date		Date	



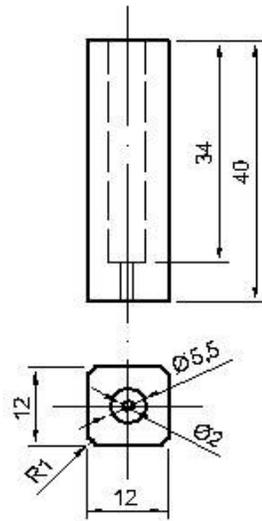
View 1-1



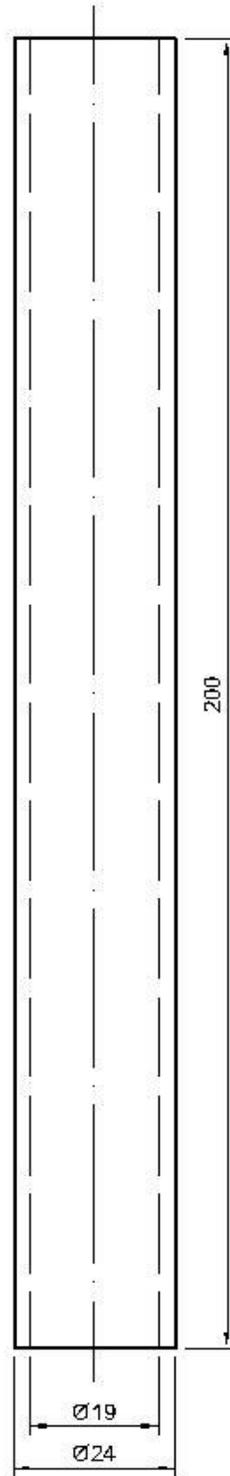
Nazwa zadania:		Nazwa ucznia:	
1. Dane techniczne:		Data wykonania:	
2. Opis zadania:		Data oddania:	
3. Wynik wykonania:		Ocena:	
4. Uwagi:		Podpis:	



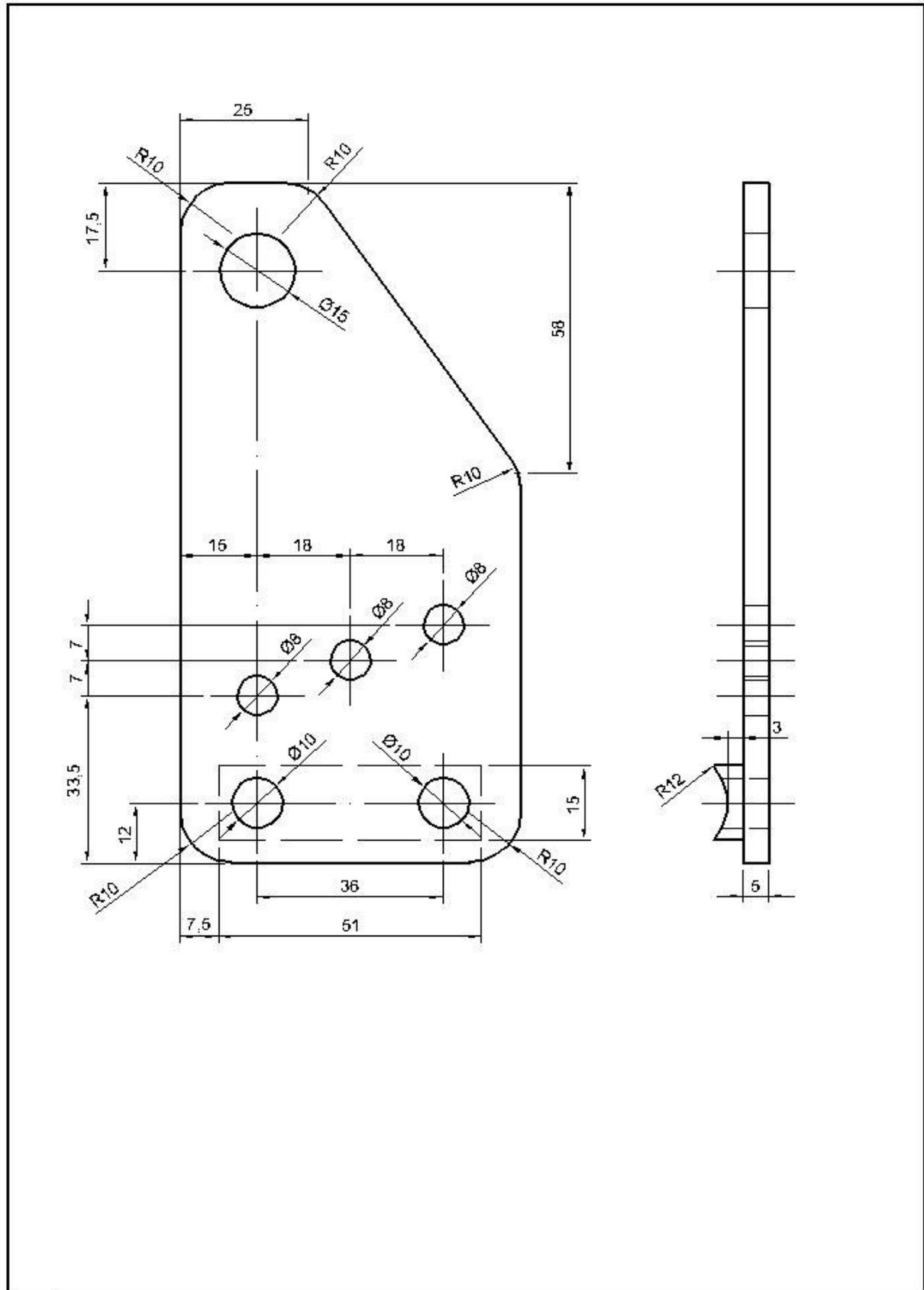
2	Tolerâncias gerais: $\pm 0,5$			
1	Material: Aço			
Obs.	Descrição			
<i>Ficha Técnica</i> Projeto: <i>Nome</i>	Título:	Cadeira adaptada Fixa Trilho	Nome: Laurence Quantidade: 4 peças	USP Data: 09/10/2007
				Esc.: 1:1



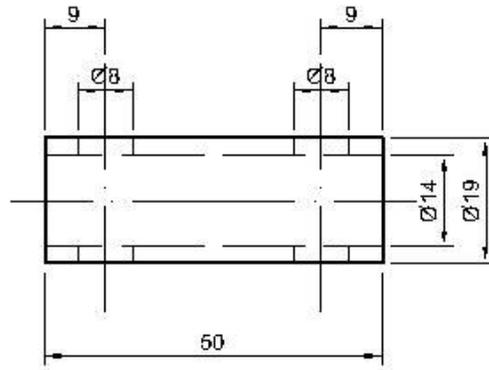
2	Tolerâncias gerais: $\pm 0,5$			
1	Material: Alumínio			
Obs.	Descrição			
<i>Ficha Técnica</i> Projeto: H&M	Título:	Cadeira adaptada Guia Arame	Nome: Laurence Quantidade: 2 peças	USP Data: 09/10/2007
				Esc.: 1:1



2	Tolerâncias gerais: ±0,5				
1	Material: Alumínio aeronáutico				
Obs.	Descrição				
<small>Proj. Elaborado Executado: HENRI</small>	Título: Cadeira adaptada Hasle Telescópica	Nome: Laurence		USP	Esc.: 1:1
		Quantidade: 2 peças		Data: 09/10/2007	



2	Tolerâncias gerais: $\pm 0,5$			
1	Material: Aço			
Obs.	Descrição			
<i>Projeto</i>	Título:	Cadeira adaptada Placa de articulação	Nome: Laurence	USP
			Quantidade: 4 peças	Data: 09/10/2007
				Esc.: 1:1



2	Tolerâncias gerais: $\pm 0,5$			
1	Material: Aço			
Obs.	Descrição			
<small>Proj. Elaborado</small>	<small>Título:</small>	<small>Nome:</small> Laurence	<small>USP</small>	<small>Esc.:</small>
<small>Projeto 1404</small>	Cadeira adaptada Elemento união base	Quantidade: 2 peças	Data: 09/10/2007	12

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 10 de abril de 2007.
- [2] CBR – Confederação Brasileira de Remo – Disponível em: <www.cbr-remo.com.br>. Acesso em 10 de abril de 2007.
- [3] SEPED/PMSP – Secretaria Especial da Pessoa com Deficiência e Mobilidade Reduzida – Disponível em: <http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/deficiencia_mobilidade_reduzida/legislacao/0001>. Acesso em 12 de abril de 2007.
- [4] ONG-PPP – ONG Projeto Próximo Passo – Disponível em: <www.ppp.org.br>. Acesso em 15 de abril de 2007.
- [5] KAMINSKI, P. C.; *Desenvolvendo Produtos com Planejamento Criatividade e Qualidade*. Rio de Janeiro, LTC-Livros Técnicos e Científicos, 1999.
- [6] TIMOSHENKO & GERE; *Mecânica dos Sólidos*. Rio de Janeiro, LTC-Livros Técnicos e Científicos, 1994.
- [7] NORTON, R. L.; *Design of machinery: a introduction to the synthesis and analysis of mechanisms and machines*. New York, McGraw-Hill, 1992.
- [8] Apopular – Espumas laminadas – Disponível em: <www.apopular.com.br>. Acesso em 19 de maio de 2007.
- [9] Hospitalar – Disponível em: <www.hospitalaraluguel.com.br>. Acesso em 22 de maio de 2007.