

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**DESENVOLVIMENTO DE MESA PORTÁTIL PARA EXAME PREVENTIVO DE
CÂNCER DE COLO DE ÚTERO**

Enio Atsushi Kobara

**São Paulo
2005**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DESENVOLVIMENTO DE MESA PORTÁTIL PARA EXAME PREVENTIVO DE
CÂNCER DE COLO DE ÚTERO**

*Vistº.
M. K.*

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

Enio Atsushi Kobara

Orientador: Marcelo Augusto Leal Alves

**Área de Concentração:
Engenharia Mecânica**

São Paulo

2005

TF_05

K 464 d

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DESENVOLVIMENTO DE MESA PORTÁTIL PARA EXAME PREVENTIVO DE
CÂNCER DE COLO DE ÚTERO

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600011114

FICHA CATALOGRÁFICA

Kobara, Enio Atsushi

**Desenvolvimento de mesa portátil para exame preventivo de
câncer de colo de útero / E.A. Kobara. – São Paulo, 2005.**

63 p.

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

- 1. Desenvolvimento de produtos 2. Inovações tecnológicas**
- 3. Exames médicos I. Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II.t.**

**Aos meus pais Hirotaro e Elza por todo o incentivo
e suporte que proporcionaram durante toda a minha
formação.**

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Orientador Marcelo Augusto Leal Alves pela ajuda no desenvolvimento deste projeto e ao Professor Luís de Campos Mariani por ter auxiliado nos primeiros contatos com o Hospital de Câncer de Barretos.

A toda a minha família, em especial aos meus pais que com inestimáveis contribuições possibilitaram a concretização deste projeto.

À minha namorada Juliana que sempre me apoiou e ajudou em todo o desenvolvimento.

Ao amigo e arquiteto Satio pelo tempo dedicado, e ao Roberto e João Branco por todo o auxílio prestado durante a fabricação.

Ao Dr. Edmundo e às enfermeiras Tânia e Márcia pela receptividade e atenção durante a visita ao Hospital.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma mesa ginecológica portátil para a realização de exames preventivos de câncer de colo de útero em regiões onde as mulheres têm mais dificuldade de acesso a hospitais ou não possuem conhecimento a respeito da importância de se fazer tal prevenção.

Partindo-se da análise de um modelo existente desenvolvido pelo Hospital de Câncer de Barretos, estudou-se a possibilidade de realizar melhorias ou o desenvolvimento de um novo modelo. Propô-se alternativas para todos os componentes da mesa avaliando-se os principais aspectos baseados em critérios estipulados de acordo com a necessidade, selecionando-os e realizando o estudo ergonômico da solução. Foram construídos protótipos que ajudassem no estudo mais detalhado da proposta encontrada e por fim, um modelo em escala real.

ABSTRACT

The present work has as objective the development of a portable gynecological table for the accomplishment of preventive examinations of cervical cancer in regions where women have more difficulty to access hospitals or they do not have the knowledge regarding the importance of making this prevention. Starting with the analysis of an existing model developed by the Hospital of Cancer of Barretos, it was studied possibility to carry through improvements or the development of a new model. Alternatives were proposed for all the components of the table evaluating the main aspects based on stipulated criteria in accordance to the necessity, selecting them and doing an ergonomic study of the solution. Models were constructed to help the detailed study of the proposal found and in the end a full size model was constructed.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 | ESTUDO DE VIABILIDADE | 3 |
| 2.1 | Análise do modelo atual | 3 |
| 2.2 | Estabelecimento da necessidade e critérios de projeto | 5 |
| 2.3 | Especificação técnica da necessidade | 5 |
| 2.4 | Desenvolvimento de alternativas | 6 |
| 2.4.1 | Síntese de soluções para os tipos de mesa | 7 |
| 2.4.2 | Modos construção dos pés | 10 |
| 2.4.3 | Tipos e fixação dos apoios de pés..... | 12 |
| 2.4.4 | Tipos e fixação dos apoios de cabeça..... | 14 |
| 3 | PROJETO BÁSICO..... | 18 |
| 3.1 | Análise técnico-econômica das soluções..... | 18 |
| 3.1.1 | Análise dos tipos de mesa | 18 |
| 3.1.2 | Análise dos modos de construção dos pés | 19 |
| 3.1.3 | Análise dos tipos e modos de fixação dos apoios de pés | 19 |
| 3.1.4 | Análise dos tipos e modos de fixação dos apoios de cabeça | 20 |
| 3.2 | Escolha da melhor solução | 20 |
| 3.2.1 | Seleção da mesa – matriz de decisão..... | 21 |
| 3.2.2 | Seleção modos de construção dos pés – matriz de decisão..... | 22 |
| 3.2.3 | Seleção dos tipos e modos de fixação dos apoios de pés – matriz de decisão | 22 |
| 3.2.4 | Seleção dos tipos e modos de fixação dos apoios de cabeça – matriz de decisão | 23 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.2.5 | Resumo das soluções escolhidas..... | 24 |
| 4 | ERGONOMIA DO PRODUTO..... | 25 |
| 5 | CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS..... | 28 |
| 6 | MECANISMOS DESENVOLVIDOS PARA MESA | 31 |
| 6.1 | Junções dos tubos..... | 31 |
| 6.2 | Ligaçāo da mesa com os pés na parte anterior..... | 32 |
| 6.3 | Ligaçāo da mesa com os pés na parte posterior..... | 32 |
| 6.4 | Apoio de cabeça..... | 34 |
| 6.5 | Nivelamento com o solo | 34 |
| 6.6 | Apoio para os pés..... | 35 |
| 7 | DIMENSIONAMENTO..... | 36 |
| 7.1 | Mesa em aço inox | 37 |
| 7.2 | Mesa em alumínio..... | 44 |
| 7.3 | Estudo de peso das alternativas..... | 51 |
| 8 | DETALHAMENTO | 52 |
| 9 | CONSTRUÇÃO DO MODELO | 54 |
| 10 | CUSTOS..... | 58 |
| 11 | CONCLUSĀO..... | 61 |
| 12 | BIBLIOGRAFIA..... | 63 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mala fechada..... | 4 |
| Figura 2 – Mala aberta e suas peças | 4 |
| Figura 3 – Mesa montada..... | 4 |
| Figura 4 – Mesa – solução 1 | 7 |
| Figura 5 – Mesa – solução 2 | 7 |
| Figura 6 – Mesa – solução 3 | 8 |
| Figura 7 – Mesa – solução 4 | 8 |
| Figura 8 – Mesa – solução 5 | 9 |
| Figura 9 – Mesa – solução 6 | 9 |
| Figura 10 – Fixação dos pés – solução 1..... | 10 |
| Figura 11 – Fixação dos pés – solução 2..... | 11 |
| Figura 12 – Fixação dos pés – solução 3..... | 11 |
| Figura 13 – Fixação dos pés – solução 4..... | 11 |
| Figura 14 – Fixação dos pés – solução 5..... | 12 |
| Figura 15 – Apoio para os pés – solução 1 | 12 |
| Figura 16 – Apoio para os pés – solução 2 | 13 |
| Figura 17 – Apoio para os pés – solução 3 | 13 |
| Figura 18 – Apoio para os pés – solução 4 | 14 |
| Figura 19 – Apoio para a cabeça – solução 1 | 14 |
| Figura 20 – Apoio para a cabeça – solução 2 | 15 |
| Figura 21 – Apoio para a cabeça – solução 3 | 15 |
| Figura 22 – Apoio para a cabeça – solução 4 | 16 |
| Figura 23 – Apoio para cabeça e detalhe – solução 5 | 16 |
| Figura 24 – Apoio para cabeça – solução 6 | 17 |
| Figura 25 – Modelo da mesa selecionado..... | 24 |
| Figura 26 – Dimensões da mesa | 26 |
| Figura 27 – Protótipo desenvolvido em Cad..... | 28 |
| Figura 28 – Protótipo e boneco em escala 1:6 | 29 |

| | |
|---|-----------|
| Figura 29 – Boneco posicionado sobre o protótipo – lateral | 29 |
| Figura 30 – boneco posicionado sobre protótipo – superior..... | 30 |
| Figura 31 – Mecanismo de junção..... | 32 |
| Figura 32 – Mecanismo de fixação da cama aos pés na parte anterior | 32 |
| Figura 33 –Fixação da cama aos pés na parte posterior..... | 33 |
| Figura 34 – Mecanismo de fixação..... | 33 |
| Figura 35 – Mecanismo do apoio de cabeça..... | 34 |
| Figura 36 – Mecanismo de ajuste de altura..... | 35 |
| Figura 37 – Apoio para os pés | 35 |
| Figura 38 – Região de esforço reduzido..... | 37 |
| Figura 39 – Tensões máximas – carregamento tipo um..... | 38 |
| Figura 40 – Deformações totais – carregamento tipo um | 39 |
| Figura 41 – Deformações verticais – carregamento tipo um | 40 |
| Figura 42 – Tensões máximas – carregamento tipo dois | 41 |
| Figura 43 – Deformações totais – carregamento tipo dois..... | 42 |
| Figura 44 – Deformações verticais – carregamento tipo dois..... | 43 |
| Figura 45 – Tensões máximas – carregamento tipo um..... | 45 |
| Figura 46 – Deformações – carregamento tipo um | 46 |
| Figura 47 – Deformações verticais – carregamento tipo um | 47 |
| Figura 48 – Tensões máximas – carregamento tipo dois | 48 |
| Figura 49 – Deformações – carregamento tipo dois..... | 49 |
| Figura 50 – Deformações verticais – carregamento tipo dois..... | 50 |
| Figura 51 – Pontos de desmontagem dos pés | 52 |
| Figura 52 – Modelo construído..... | 55 |
| Figura 53 – Mesa montada..... | 55 |
| Figura 54 –Mesa desmontada para transporte | 56 |
| Figura 55 – Acondicionamento para transporte..... | 56 |
| Figura 56 – Armação da mesa com apoio de cabeça..... | 57 |
| Figura 57 – Dobramento dos apoios de pés para transporte | 57 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Material utilizado na mesa fabricada | 3 |
| Tabela 2 – Dimensões principais da mesa | 3 |
| Tabela 3 – Matriz de decisão para a mesa..... | 21 |
| Tabela 4 – Matriz de decisão para mesa (continuação)..... | 21 |
| Tabela 5 – Matriz de decisão para a construção dos pés..... | 22 |
| Tabela 6 – Matriz de decisão para os apoios de pés..... | 22 |
| Tabela 7 – Matriz de decisão para os apoios de cabeça..... | 23 |
| Tabela 8 – Matriz de decisão para os apoios de cabeça (continuação)..... | 23 |
| Tabela 9 – Dimensões corporais para mulheres | 26 |
| Tabela 10 - Custos dos materiais adquiridos | 58 |
| Tabela 11 – Outros custos..... | 59 |
| Tabela 12 - Custos de materiais..... | 59 |
| Tabela 13 – Outros custos..... | 60 |
| Tabela 14 – Resumo comparativo dos custos | 60 |

1 INTRODUÇÃO

O câncer de colo do útero é o segundo mais comum entre mulheres no mundo, sendo esperados cerca de 471 mil casos novos em 2005. Somente no Brasil, estima-se que 20.690 mulheres serão portadoras deste tumor. [1]

A efetividade da detecção precoce do câncer do colo do útero por meio do exame de Papanicolau, associada ao tratamento deste câncer em seus estádios iniciais, tem resultado em uma redução das taxas de incidência de câncer cervical invasor que pode chegar a 90%. [2]

Nos países em desenvolvimento os casos são encontrados em estádios relativamente avançados e, consequentemente, a sobrevida média é de cerca de 49% após cinco anos. [1]

Para combater estes índices, o Hospital de Câncer de Barretos, também conhecido como Fundação Pio XII, vem desenvolvendo projetos para o diagnóstico precoce de tumores malignos, entre eles o câncer de colo do útero.

Devido à dificuldade de transporte até os hospitais, disponibilidade de horário, falta de conhecimento sobre seu estado de saúde e formas de prevenção ou até mesmo a ausência de sintomas, muitas mulheres deixam de fazer o exame de Papanicolau periodicamente. Com o intuito de cobrir essa parcela de mulheres não só da região de Barretos, como das regiões norte e nordeste, principalmente as de classe social mais baixa que vive nas zonas rurais, esta fundação desenvolveu uma mesa ginecológica portátil para que os exames possam ser realizados em locais mais afastados dos centros urbanos. Devido à simplicidade em se fazer a coleta de material para análise, isto poderia ser realizado por uma enfermeira, dispensando a necessidade de uma médica. Isto, aliada à praticidade e disponibilidade de mesas portáteis, o sistema de prevenção seria muito mais eficiente nessas regiões.

Segundo o Doutor Edmundo Carvalho Mauad, diretor técnico do Hospital, a mesa existente não satisfaz a necessidade completamente, sendo possível aprimorá-la.

Por apresentar peças pequenas que podem se perder, ser de montagem e desmontagem não práticas e de aparência não atraente, o presente trabalho, dentro do

programa *Poli Cidadã*, visa desenvolver uma nova mesa levando-se em conta os aspectos mencionados pretendendo-se o desenvolvimento de um novo modelo, baseado no já existente.

2 ESTUDO DE VIABILIDADE

2.1 Análise do modelo atual

A mesa elaborada pela Fundação pesa aproximadamente 6,5 kg sem o apoio de cabeça e possui as seguintes características construtivas:

Tabela 1 – Material utilizado na mesa fabricada

| Peca | Material de fabricação |
|---|------------------------|
| Tampo da mesa e pés | Alumínio |
| Articulações, sistema de fechamento e alças | Aço inox |
| Apoio para os pés e cabeça da paciente | Aço carbono niquelado |

As suas dimensões principais são:

Tabela 2 – Dimensões principais da mesa

| Dimensão | Mesa desmontada (cm) | Mesa montada (cm) |
|-------------|----------------------|-------------------|
| Altura | 23 | 66 |
| Largura | 9 | 46 |
| Comprimento | 74 | 74 |

Quando fechada, toma o formato de uma mala com alças para transporte, conforme figura 1, abrigando internamente os quatro pés e os apoios para os pés e cabeça da paciente, conforme figura 2.

A montagem é feita abrindo-se a mala e soltando-se as porcas-borboleta que fixam os pés ao tampo para evitar movimentos e encaixando-os nos furos localizados nos quatro cantos da mesa. Fixam-se as mãos-francesas aos prisioneiros utilizando-se as porcas-borboleta e depois de virada a mesa, colocam-se os apoios para os pés e cabeça, que são simplesmente encaixados em seus respectivos lugares.

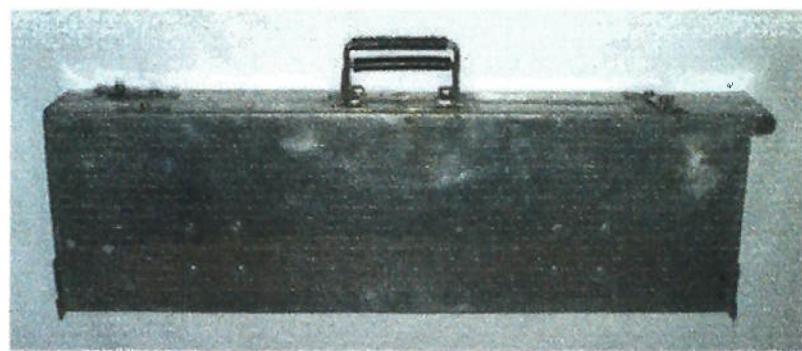


Figura 1 – Mala fechada



Figura 2 – Mala aberta e suas peças



Figura 3 – Mesa montada

Segundo as enfermeiras Márcia e Tânia, do Hospital de Câncer de Barretos, que já atuaram em exames de Papanicolau com a mesa portátil, a altura do modelo existente é a ideal para se realizar os exames levando-se em conta a facilidade das pacientes em subir na mesa. Ainda segundo as enfermeiras, não há problemas de resistência mecânica pois já utilizaram a mesa com pessoas de aproximadamente 140kg e não houve nenhum caso em que se deixou de efetuar a coleta por motivos semelhantes. Porém, já houve situações em que pacientes hesitaram em subir por falta de confiança na estrutura.

O processo de montagem e desmontagem, apesar de simples, é um tanto trabalhoso. Percebe-se a possibilidade de aprimorar os mecanismos de fixação de todas as partes assim como o sistema de regulagem de altura do apoio de cabeça. Sua estrutura aparenta estar superdimensionada, sendo possível, portanto, a redução de peso e sua aparência podem ser melhoradas.

Por se tratar de um equipamento hospitalar, a estética é um fator muito importante e deve ser analisada durante todo o andamento do projeto.

2.2 Estabelecimento da necessidade e critérios de projeto

De acordo com os dados coletados durante a visita ao Hospital em 11 de abril de 2005, percebeu-se a necessidade de desenvolver uma mesa compacta, de fácil montagem e desmontagem, com durabilidade alta, atraente esteticamente e que proporcione conforto tanto para a paciente como para a pessoa que efetua o exame. Será levada em conta a possibilidade de reduzir o peso, porém sem elevar o custo final do produto.

2.3 Especificação técnica da necessidade

Para o problema proposto anteriormente, levantaram-se os seguintes requisitos de projeto:

- ❖ Construtivo
 - Peso inferior a 6kg se possível
 - Materiais compatíveis entre si e resistentes à corrosão
 - Peças sem complexidade de fabricação

- Suportar o peso equivalente a uma pessoa de 150kg
- Dimensões aproximadas para mesa montada: 46cm x 74cm x 66cm de altura (sem os apoios)
- Dimensões aproximadas para mesa desmontada: 9cm x 23cm x 74cm

❖ Operacional

- Durabilidade por tempo indeterminado
- Facilidade de montagem e desmontagem
- Ser confiável para a paciente
- Transporte confortável
- Apoio para cabeça regulável

❖ Funcional

- Posição confortável para a paciente e para a enfermeira durante o exame
- Apoios para pés e cabeça confortáveis
- Alça para transporte da mesa fechada
- Fechos seguros que não abram sozinhos, independentemente da posição de transporte
- Mesa estável sem que haja a possibilidade de derrubar a paciente

2.4 Desenvolvimento de alternativas

Este item do projeto será desenvolvido em quatro partes, que são descritas a seguir:

- ❖ Síntese de soluções para os tipos de mesa
- ❖ Modos de construção dos pés
- ❖ Tipos e fixação dos apoios de pés
- ❖ Tipos e fixação dos apoios de cabeça

2.4.1 Síntese de soluções para os tipos de mesa

- ◆ Mesa semelhante à construída atualmente. Possui uma dobra no meio no sentido longitudinal

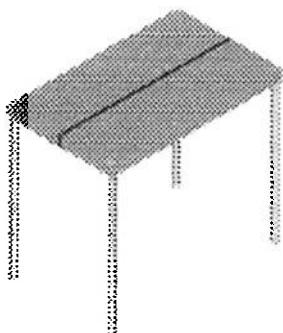


Figura 4 – Mesa – solução 1

- ◆ Mesa semelhante à construída atualmente, porém com uma dobra no sentido transversal

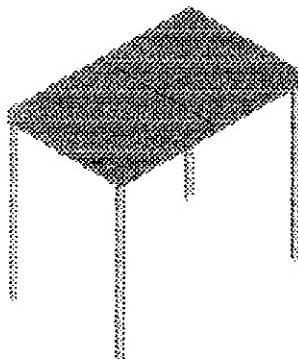


Figura 5 – Mesa – solução 2

- ◆ Mesa com duas dobras, uma na transversal e outra longitudinal

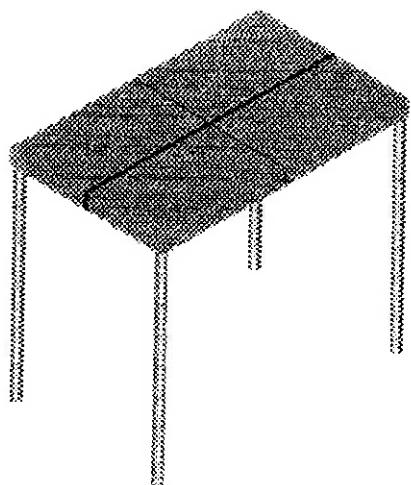


Figura 6 – Mesa – solução 3

- ❖ Mesa com tampo deslizante. As metades se sobrepõem na desmontagem

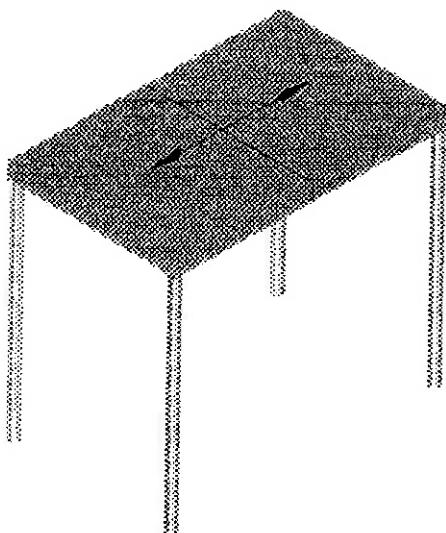


Figura 7 – Mesa – solução 4

- ◆ Mesa com uma dobra longitudinal e pés em forma de X

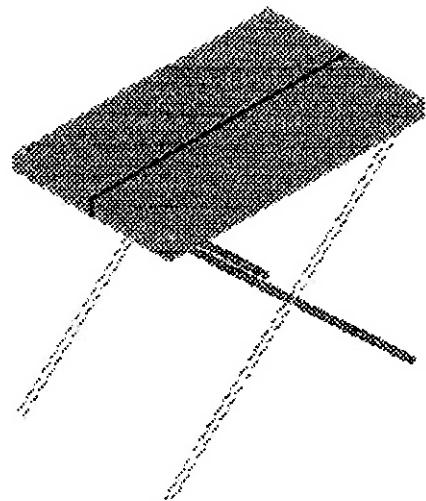


Figura 8 – Mesa – solução 5

- ◆ Mesa com assento rígido e apoio para as costas com tecido (região pontilhada).

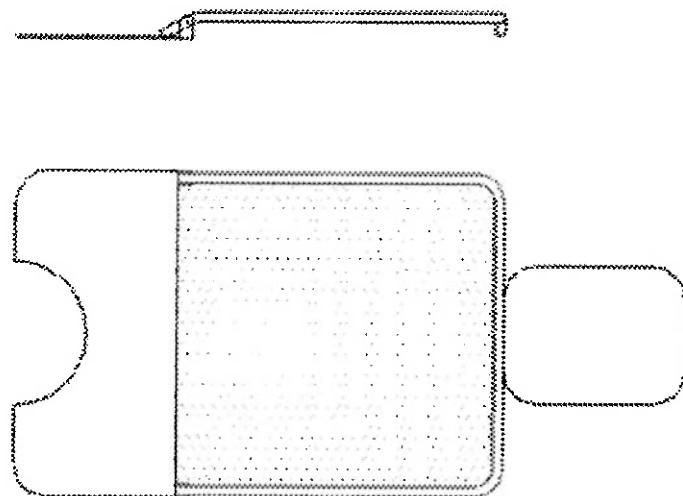
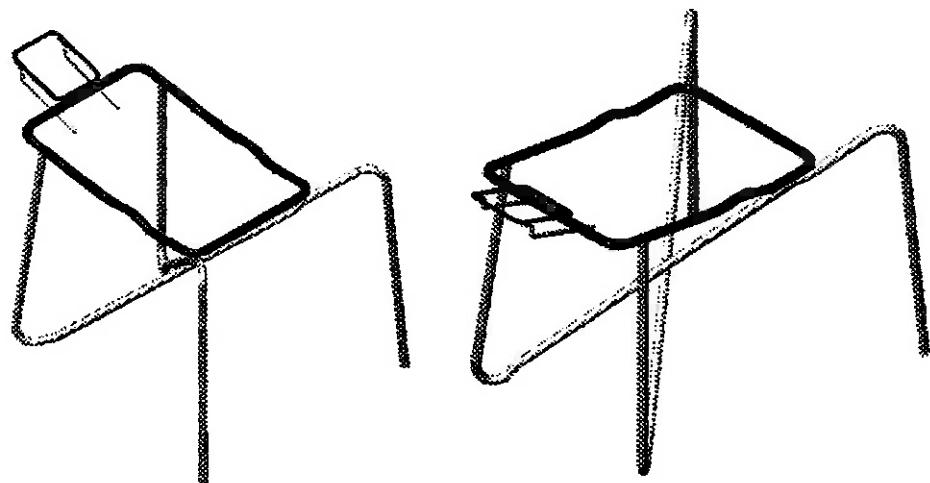


Figura 9 – Mesa – solução 6

◆ Mesa construída totalmente com tubo curvado desmontável



2.4.2 Modos construção dos pés

◆ Solução 1

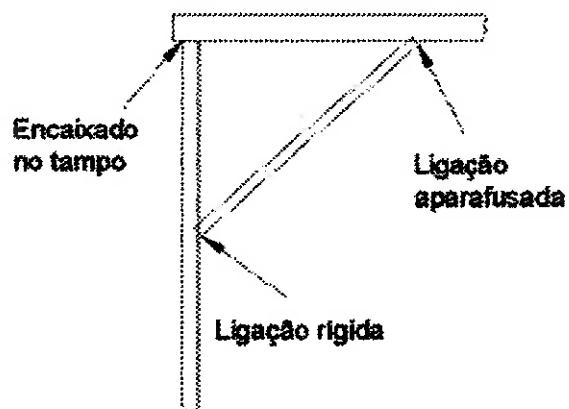


Figura 10 – Fixação dos pés – solução 1

◆ Solução 2

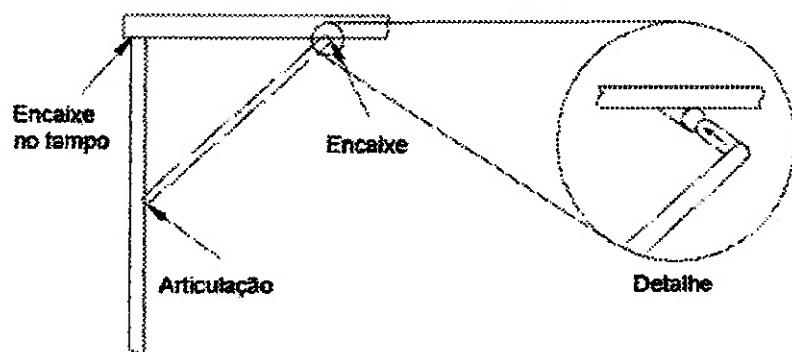


Figura 11 – Fixação dos pés – solução 2

❖ Solução 3

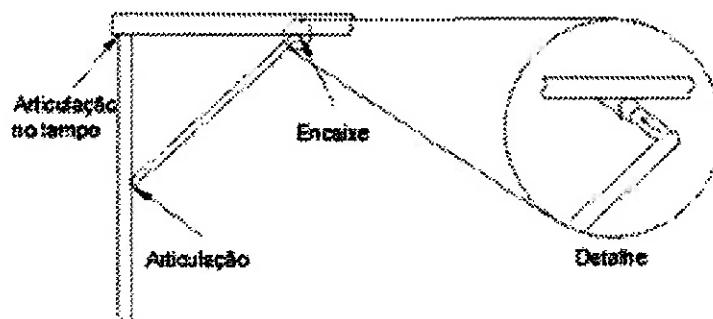


Figura 12 – Fixação dos pés – solução 3

❖ Solução 4

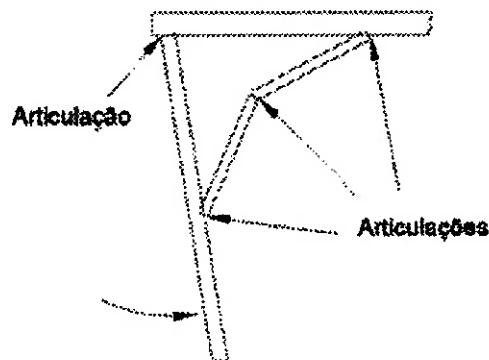


Figura 13 – Fixação dos pés – solução 4

- ◆ Solução 5 – Pés encaixados na mesa através de um guia (cinza claro) preso por pino com mola.

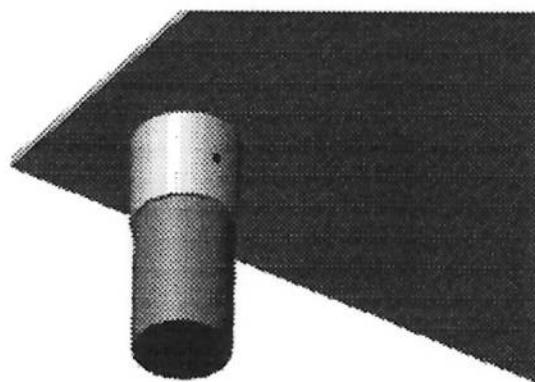


Figura 14 – Fixação dos pés – solução 5

2.4.3 Tipos e fixação dos apoios de pés

- ◆ Os apoios são encaixados em um suporte localizado na parte externa da mesa e o conjunto é todo rígido.

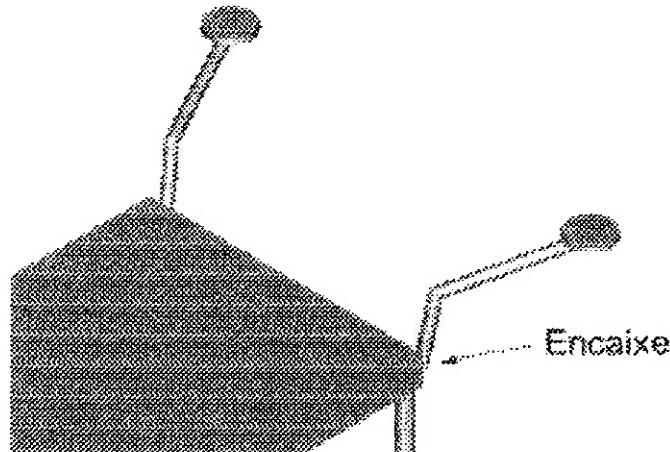


Figura 15 – Apoio para os pés – solução 1

- ◆ Semelhante à solução anterior, porém o apoio é soldado a um tubo que se encaixa ao pé da mesa durante a montagem

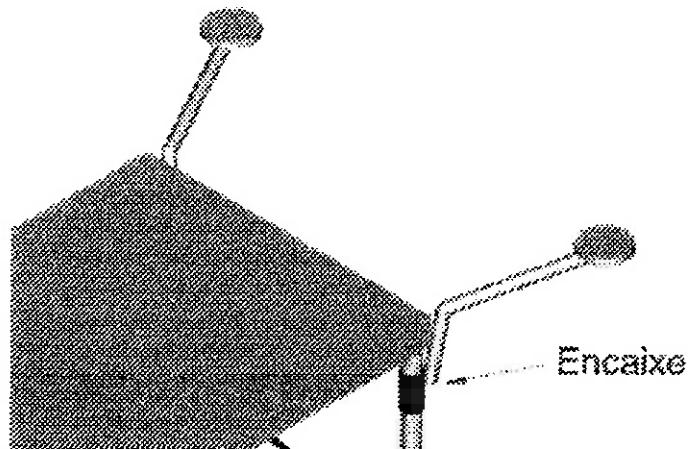


Figura 16 – Apoio para os pés – solução 2

- ◆ O apoio possui duas articulações (onde indicado na figura 14), que podem ser dobrados para dentro da mesa durante a desmontagem. Travas impedem o movimento durante o uso.

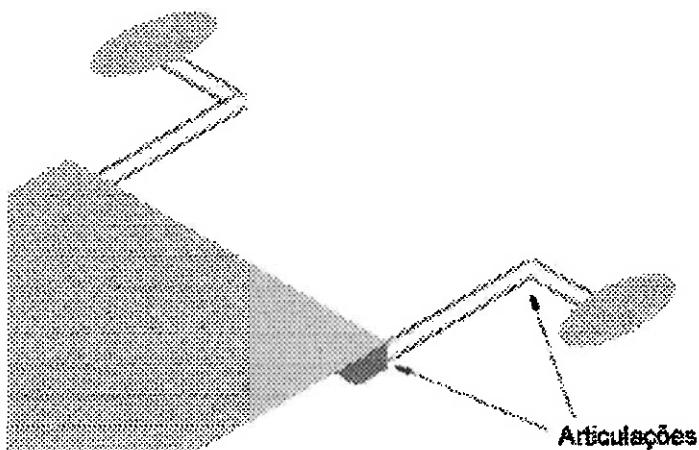


Figura 17 – Apoio para os pés – solução 3

- ◆ O apoio possui uma articulação com dois graus de liberdade. Para a desmontagem gira-se o conjunto em torno do eixo do braço mais comprido conforme indicado na figura 15 e dobra-se para dentro da mesa.

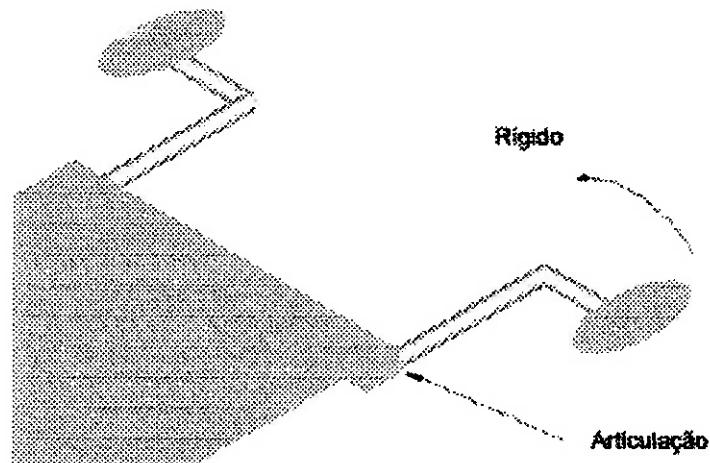


Figura 18 – Apoio para os pés – solução 4

2.4.4 Tipos e fixação dos apoios de cabeça

- ◆ O apoio é articulado na parte inferior da mesa e é dobrado conforme indicado na figura 17 no momento da desmontagem. A parte em contato com a cabeça é feita de tecido ou material semelhante.

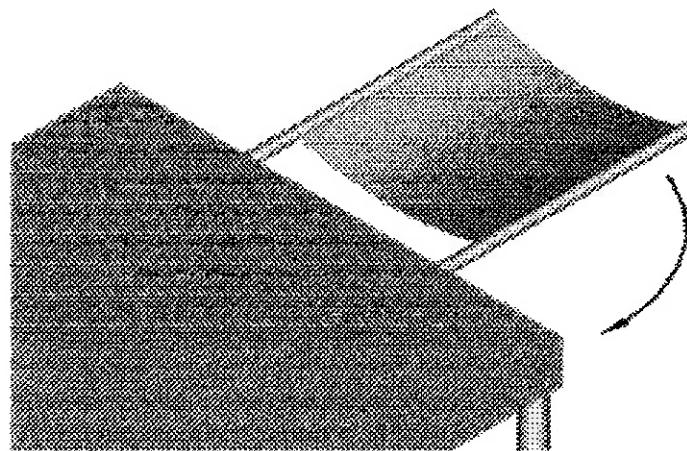


Figura 19 – Apoio para a cabeça – solução 1

- ◆ Semelhante à solução anterior, porém a parte que tem contato com a cabeça é rígida e articulada no meio. Na desmontagem dobra-se o conjunto para dentro e ao dobrar a mesa, este dobra junto.

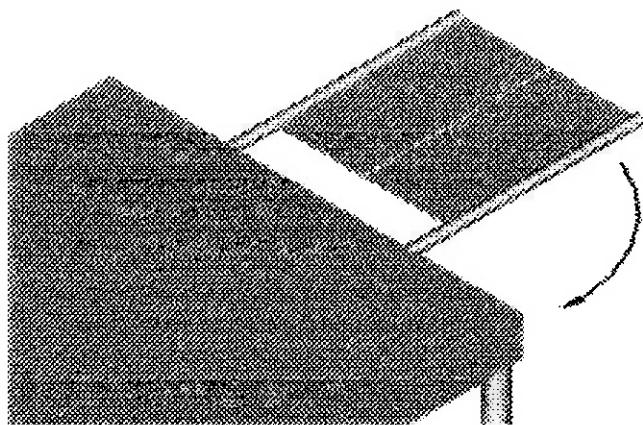


Figura 20 – Apoio para a cabeça – solução 2

- ◆ Este apoio trata-se de um conjunto separado da mesa que é encaixado em furos nas laterais do tampo após a montagem.

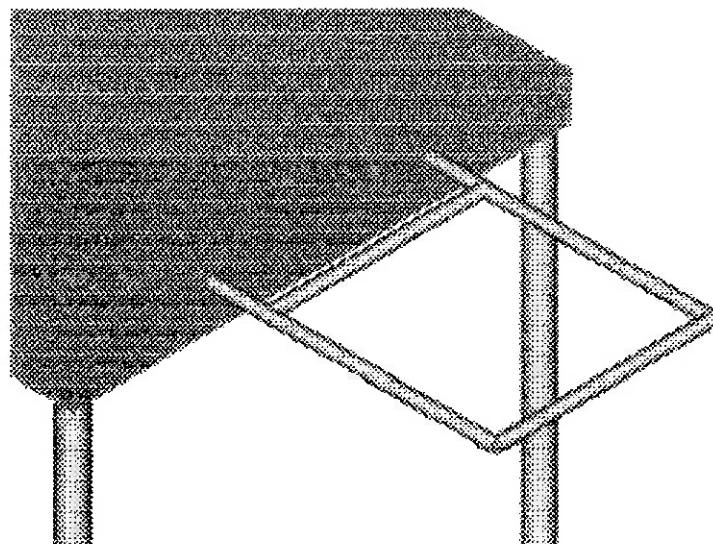


Figura 21 – Apoio para a cabeça – solução 3

- ◆ Semelhante à solução anterior, porém as extremidades do apoio são encaixadas em suportes situados na parte externa da mesa, não havendo furos laterais.

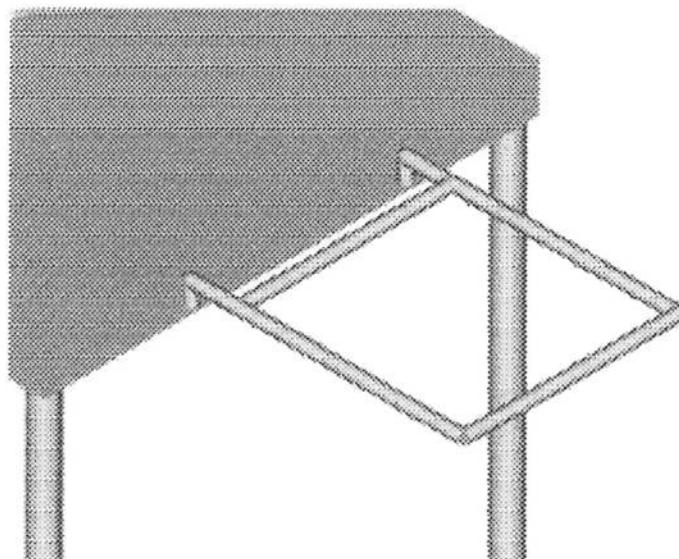


Figura 22 – Apoio para a cabeça – solução 4

- ❖ Solução voltada para a mesa com apoio para as costas com tecido (solução 6).

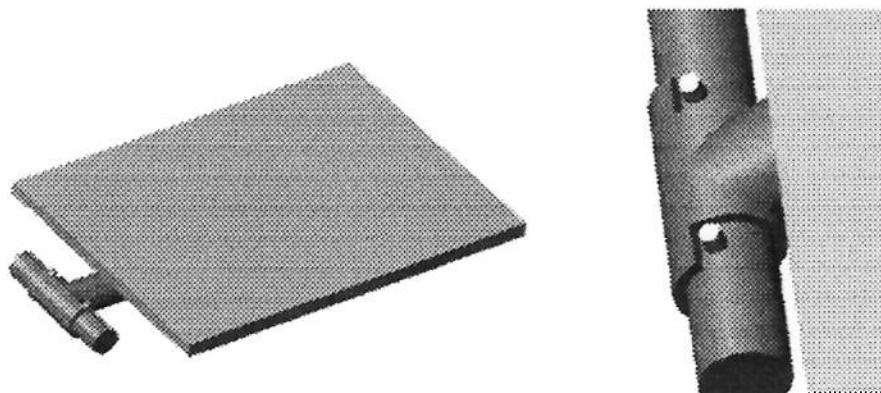


Figura 23 – Apoio para cabeça e detalhe – solução 5

- ❖ Esta solução consiste em uma armação em tubo curvado ligado a dois suportes que serão montados na mesa. A regulagem será feita por deslizamento. Esta alternativa é voltada para as soluções 6 e 7.

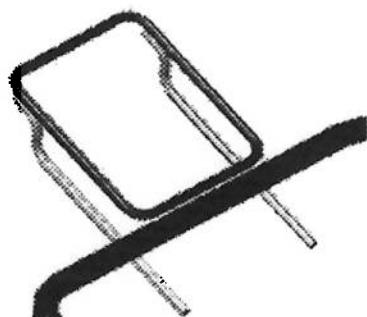


Figura 24 – Apoio para cabeça – solução 6

3 PROJETO BÁSICO

3.1 Análise técnico-econômica das soluções

3.1.1 Análise dos tipos de mesa

A primeira solução apresentada (tampo de mesa com uma dobra na direção longitudinal) é a que apresenta maior facilidade de fabricação, assim como a segunda solução (uma dobra transversal), e que pode apresentar menores complicações no dimensionamento. Por estas alternativas apresentarem poucas articulações, se comparada à solução 3 que apresenta dobrões nas duas direções, evita-se problemas de rigidez durante a utilização da mesma.

A quarta solução (tampo deslizante) é uma solução interessante no sentido em que é de fácil montagem e não apresenta grandes dificuldades de dimensionamento. Porém, por apresentar dimensões menores que o comprimento dos pés, haveria a necessidade de se projetar pés articulados ou encaixados, sendo um fator de complicação na fabricação. Problema idêntico é o encontrado na solução 2.

O problema da solução 5 é bem semelhante a esses casos. Devido ao formato em X de suas pernas, estas tornam-se muito compridas para acomodarem-se dentro da mesa desmontada.

A sexta alternativa apresentada destaca-se das demais pelo fato de ser constituída por duas superfícies: uma rígida e outra maleável composta por tecido. Devido à uma boa parte ser coberta por uma malha, há uma grande possibilidade de redução de peso comparando-se às outras propostas, além de melhorar a aparência do produto final. Além disso, o conjunto é desmontável em três partes, compondo um volume final de aproximadamente 15cm x 27cm x 50 cm.

A última solução apresentada difere de todas as anteriores pois é composta totalmente por tubos curvados, sendo a cama forrada com uma malha. Além da redução de peso pela não utilização de chapas, possui um design totalmente diferente, apresentando-se como um produto mais moderno e atraente esteticamente. As dificuldades podem estar na fabricação do mesmo por possuir curvas em algumas partes

dos tubos. As vantagens aparecem no transporte visto que é possível a redução de volume.

3.1.2 Análise dos modos de construção dos pés

O aspecto positivo da primeira solução é o fato de ser encaixado no tampo da mesa proporcionando rigidez ao conjunto. Porém, a ligação parafusada não é muito interessante no sentido em que se pode perder a porca de fixação caso não sejam tomados os cuidados necessários.

As soluções 2, 3 e 4 já não apresentam o problema apontado anteriormente. A vantagem observada nas duas últimas alternativas decorre de os pés estarem presos à mesa por articulações, simplificando a montagem e desmontagem.

Já uma característica única da última solução é a de, na hora da montagem, simplesmente desdobrar-se os pés da mesa, sem a necessidade de se efetuar o encaixe do sistema de travamento. Diminui-se assim o tempo de preparação para o exame e também a probabilidade de montagem inadequada, evitando-se assim acidentes.

A última solução demonstra-se interessante pela facilidade de montagem e desmontagem (pelo simples pressionamento de um pino desencaixa-se os pés) e também pelas facilidades construtivas, além de proporcionar rigidez ao conjunto. Nestas alternativas as peças não se perderão pois haverá um elástico internamente às duas partes que constituem os pés que por fim estará presa à mesa.

O cálculo para essas estruturas não difere muito, assim como a fabricação destes, não sendo portanto um fator decisivo a ser levado em conta.

3.1.3 Análise dos tipos e modos de fixação dos apoios de pés

As duas primeiras soluções apontadas para o apoio dos pés parecem ser as mais simples construtivamente por não apresentarem articulações. Porém as terceira e quarta soluções, apesar de exigirem um pouco mais de mão de obra para se fabricar, apresentam-se como um conjunto único com a mesa, anulando a possibilidade de se perdê-las, além do fato de se demonstrarem práticas para a montagem e desmontagem.

3.1.4 Análise dos tipos e modos de fixação dos apoios de cabeça

As duas primeiras soluções têm a vantagem de estarem ligadas à mesa por articulações, o que facilitaria o processo de montagem e desmontagem bem como evitaria perda. Construtivamente, cada solução apresenta um aspecto negativo: as soluções 1 e 2 possuem articulações e as soluções 3, 4 e 5 apresentam uma forma mais complexa de se fabricar. Porém, todas as soluções apresentadas satisfazem à necessidade adequadamente. Deve ser lembrado que, caso a mesa escolhida seja tanto a solução 6 como a 7, necessariamente é preciso adotar como alternativa para apoio de cabeça as de número 5 ou 6 pois são as únicas que possuem compatibilidade com o formato.

3.2 Escolha da melhor solução

Os critérios e pesos a serem utilizados para a escolha da melhor solução dentre todas apresentadas são:

1. Simplicidade do componente – peso 1: leva em conta a forma e princípio de funcionamento do mecanismo, e também no que se refere à fabricação e construção.
2. Funcionalidade – peso 2: o produto deve cumprir sua função adequadamente e sem a possibilidade de falhas.
3. Facilidade operacional – peso 3: sistemas práticos e rápidos para evitar ao máximo demoras e complicações no momento da montagem. A desmontagem também deve ser fácil.
4. Segurança do mecanismo – peso 3: o mecanismo não pode apresentar possibilidade de escapar / destravar, podendo causar acidentes.
5. Estética (possibilidade de melhorias) – peso 3: por se tratar de um equipamento hospitalar, a estética é um fator importante. Além de demonstrar cuidados com a higiene, demonstra maior confiabilidade.
6. Durabilidade – peso 2: a vida útil deve ser indeterminada, independentemente da freqüência de uso.

7. Custo de fabricação – peso 2: custos de toda mão-de-obra para fabricação e montagem na fábrica, e se cabível, custo de material envolvido (caso seja necessário utilização de materiais especiais).

3.2.1 Seleção da mesa – matriz de decisão

Tabela 3 – Matriz de decisão para a mesa

| Critérios | | Solução 1 | | Solução 2 | | Solução 3 | | Solução 4 | |
|--------------|------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| Nº | Peso | Nota | Nota Final |
| 1 | 1 | 7 | 7 | 10 | 10 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 2 | 2 | 9 | 18 | 9 | 18 | 8 | 16 | 9 | 18 |
| 3 | 3 | 9 | 27 | 7 | 21 | 6 | 18 | 9 | 27 |
| 4 | 3 | 10 | 30 | 7 | 21 | 6 | 18 | 7 | 21 |
| 5 | 3 | 7 | 21 | 9 | 27 | 8 | 24 | 9 | 29 |
| 6 | 2 | 9 | 18 | 9 | 18 | 7 | 14 | 9 | 18 |
| 7 | 2 | 8 | 16 | 8 | 16 | 6 | 16 | 7 | 14 |
| Total | | | 137 | | 131 | | 112 | | 134 |

Tabela 4 – Matriz de decisão para mesa (continuação)

| Critérios | | Solução 5 | | Solução 6 | | Solução 7 | |
|--------------|------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| Nº | Peso | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final |
| 1 | 1 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 |
| 2 | 2 | 8 | 16 | 9 | 18 | 9 | 18 |
| 3 | 3 | 7 | 21 | 7 | 21 | 9 | 27 |
| 4 | 3 | 6 | 18 | 8 | 24 | 9 | 27 |
| 5 | 3 | 8 | 24 | 8 | 24 | 10 | 30 |
| 6 | 2 | 8 | 16 | 9 | 18 | 8 | 16 |
| 7 | 2 | 7 | 14 | 8 | 16 | 7 | 14 |
| Total | | | 117 | | 129 | | 142 |

3.2.2 Seleção modos de construção dos pés – matriz de decisão

Tabela 5 – Matriz de decisão para a construção dos pés

| Critérios | | Solução 1 | | Solução 2 | | Solução 3 | | Solução 4 | | Solução 5 | |
|--------------|------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Nº | Peso | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final |
| 1 | 1 | 4 | 4 | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 8 | 8 |
| 2 | 2 | 8 | 16 | 7 | 14 | 7 | 14 | 8 | 16 | 8 | 16 |
| 3 | 3 | 5 | 15 | 6 | 18 | 8 | 24 | 8 | 24 | 8 | 24 |
| 4 | 3 | 9 | 27 | 5 | 15 | 5 | 15 | 9 | 27 | 7 | 21 |
| 5 | 3 | 7 | 21 | 6 | 18 | 6 | 18 | 7 | 21 | 10 | 30 |
| 6 | 2 | 8 | 16 | 7 | 14 | 7 | 14 | 8 | 16 | 8 | 16 |
| 7 | 2 | 6 | 12 | 6 | 12 | 5 | 10 | 5 | 10 | 7 | 14 |
| Total | | 111 | | 97 | | 102 | | 120 | | 129 | |

3.2.3 Seleção dos tipos e modos de fixação dos apoios de pés – matriz de decisão

Tabela 6 – Matriz de decisão para os apoios de pés

| Critérios | | Solução 1 | | Solução 2 | | Solução 3 | | Solução 4 | |
|--------------|------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Nº | Peso | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final | Not | Nota Final |
| 1 | 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 2 | 2 | 8 | 16 | 8 | 16 | 9 | 18 | 9 | 18 |
| 3 | 3 | 6 | 18 | 5 | 15 | 9 | 27 | 9 | 27 |
| 4 | 3 | 7 | 21 | 6 | 18 | 7 | 21 | 6 | 18 |
| 5 | 3 | 5 | 15 | 6 | 18 | 8 | 24 | 8 | 24 |
| 6 | 2 | 6 | 12 | 6 | 12 | 7 | 14 | 7 | 14 |
| 7 | 2 | 7 | 14 | 6 | 12 | 7 | 14 | 6 | 12 |
| Total | | 103 | | 98 | | 124 | | 119 | |

3.2.4 Seleção dos tipos e modos de fixação dos apoios de cabeça – matriz de decisão

Tabela 7 – Matriz de decisão para os apoios de cabeça

| Critérios | | Solução 1 | | Solução 2 | | Solução 3 | |
|--------------|------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| Nº | Peso | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final |
| 1 | 1 | 7 | 7 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 2 | 2 | 9 | 18 | 9 | 18 | 8 | 16 |
| 3 | 3 | 9 | 27 | 7 | 21 | 6 | 18 |
| 4 | 3 | 8 | 24 | 8 | 24 | 8 | 24 |
| 5 | 3 | 9 | 27 | 6 | 18 | 7 | 21 |
| 6 | 2 | 9 | 18 | 8 | 16 | 8 | 16 |
| 7 | 2 | 7 | 14 | 6 | 12 | 7 | 14 |
| Total | | | 135 | | 114 | | 115 |

Tabela 8 – Matriz de decisão para os apoios de cabeça (continuação)

| Critérios | | Solução 4 | | Solução 5 | | Solução 6 | |
|--------------|------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| Nº | Peso | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final | Nota | Nota Final |
| 1 | 1 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 2 | 2 | 7 | 14 | 10 | 20 | 9 | 18 |
| 3 | 3 | 6 | 18 | 9 | 27 | 10 | 30 |
| 4 | 3 | 8 | 24 | 10 | 30 | 9 | 27 |
| 5 | 3 | 7 | 21 | 10 | 27 | 9 | 27 |
| 6 | 2 | 8 | 16 | 9 | 18 | 9 | 18 |
| 7 | 2 | 7 | 14 | 8 | 14 | 10 | 20 |
| Total | | | 113 | | 144 | | 148 |

3.2.5 Resumo das soluções escolhidas

- Mesa: solução 7 – mesa com construída com tubos curvados
- Apoio de cabeça: solução 6 – tubo curvado regulável

A configuração da mesa composta pelas soluções escolhidas (com exceção dos apoios para os pés) é mostrada na figura 25.



Figura 25 – Modelo da mesa selecionado

4 ERGONOMIA DO PRODUTO

A fim de melhorar as condições de trabalho das enfermeiras e proporcionar um maior conforto às pacientes, o estudo de ergonomia mostra-se fundamental neste projeto. No Brasil, a preocupação com ergonomia começou na década de 1980, quando teve início a informatização dos escritórios. Com isso, a má postura e a qualidade dos equipamentos começaram a ser razões não só de preocupação por causa das dores que afetavam os funcionários como dos fabricantes que, oferecendo um melhor produto, aumentavam suas vendas e contribuíam para o aumento de rendimento do funcionário e seu desempenho no trabalho [7].

Neste projeto em específico, leva-se em conta o bem-estar das enfermeiras já que melhorando seu objeto de trabalho, se estaria evitando um cansaço desnecessário que mais tarde poderia levar a um distúrbio osteomuscular relacionado ao trabalho (Dort). No caso se estaria levando em conta o peso da mesa, bem como a comodidade e facilidade de transporte pelas enfermeiras.

Em relação às pacientes, a mesa será construída com uma armação de tubo curvado fechada com uma tela de nylon. Isso proporciona maior conforto durante o exame (não existindo uma superfície fria) e facilita a fabricação, visto que não é necessário nenhum tipo de estofamento ou forro isolante. Aliado a isso está a questão estética, já que apresenta-se como um produto mais moderno e também reduz o peso final do equipamento.

Paralelo ao estudo ergonômico, a antropometria é fundamental para que toda a análise de conforto venha a ser alcançada. Isso porque sem as dimensões corretas para acomodar o corpo, o estudo de conforto perde sua importância.

Por se tratar de um equipamento utilizado por mulheres, é preciso analisar as dimensões relevantes das usuárias para então determinar os comprimentos, larguras e alturas convenientes.

Os dados apresentados abaixo se referem aos tamanhos corporais de modo a ajustar a 95% das mulheres, com exceção da largura da mão, que se ajusta a ambos os sexos [8].

Tabela 9 – Dimensões corporais para mulheres

| Dimensão corporal | Tamanho |
|--------------------------------|----------------|
| Largura máxima do corpo | 46,2cm |
| Altura sentada ereta | 90,7cm |
| Largura do quadril sentado | 40,4cm |
| Largura de cotovelo a cotovelo | 40,9cm |
| Largura de ombro a ombro | 43,2cm |
| Altura do cotovelo sentado | 17,5cm |
| Altura do ombro sentado | 62,5cm |
| Largura da cabeça | 21,0cm |
| Comprimento da cabeça | 25,7cm |
| Largura do pé | 10,6cm |
| Comprimento do pé | 29,1cm |
| Largura da mão | 9,6cm |

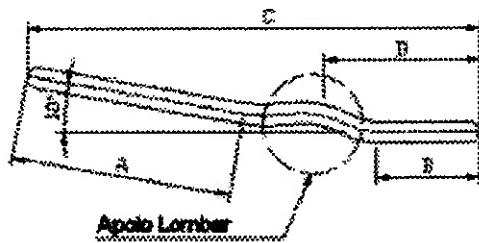
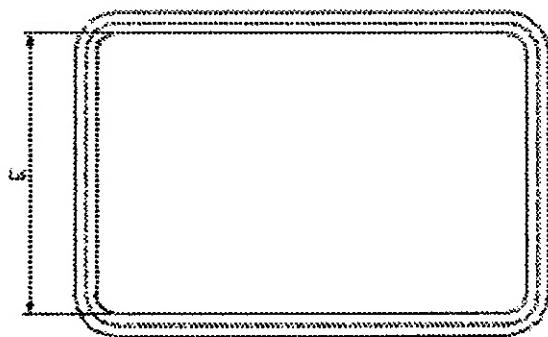


Figura 26 – Dimensões da mesa

Tendo em mente a solução encontrada conforme a figura 26 e que uma mulher sentada possui 62,5cm de altura até os ombros, se definiu para o comprimento total da mesa o valor de 68cm, já se contabilizando as perdas pelos diâmetros dos tubos superior e inferior e uma folga. Para melhorar o conforto da paciente quando deitada, a mesa possuirá uma inclinação de 10°, e assim é definido o tamanho C como sendo aproximadamente 67cm.

O apoio lombar é um detalhe importante pois possibilita um correto apoio da coluna e maior conforto comparando-se com algo não anatômico, como por exemplo uma mesa reta. Assim, está prevista uma pequena curvatura da mesa na região lombar como indicado na figura fornecendo assim um correto apoio para a coluna vertebral. Esta distância está situada a aproximadamente 20cm de altura a partir do assento para uma pessoa sentada, definindo assim a medida D. Por consequência a medida A fica definida como sendo aproximadamente 36cm.

Considerando-se que a largura de ombro a ombro é de 43,2cm, adotou-se para a medida E aproximadamente 45cm, sendo possível aumentar levemente para levar em conta uma folga.

Para o apoio da cabeça, será adotado uma forma retangular de 21cm de comprimento por 18cm de largura pois, apesar desta parte apresentar dimensões maiores, a área que estará efetivamente em contato com suporte será a região posterior. A altura da mesa será mantida igual ao do modelo original, igual a aproximadamente 70cm pois segundo as enfermeiras, esta é a altura ideal.

5 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

No decorrer do desenvolvimento do projeto, percebeu-se a necessidade de se construir modelos para ajudar na compreensão e visualização do produto a ser detalhado. Foi criado então um modelo em Cad, conforme mostra a figura 27, e posteriormente um outro em arame e tela como apresentado a seguir.

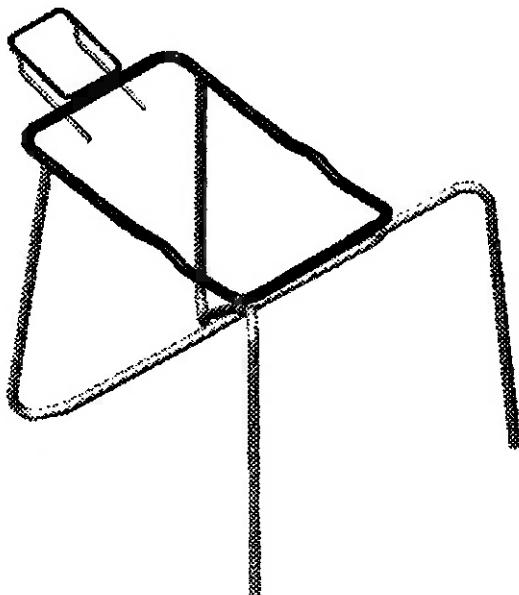


Figura 27 – Protótipo desenvolvido em Cad

Com a ajuda do modelo virtual acima, construiu-se um protótipo em escala 1:6 para avaliar as dimensões encontradas com o auxílio de um boneco nesta mesma escala.

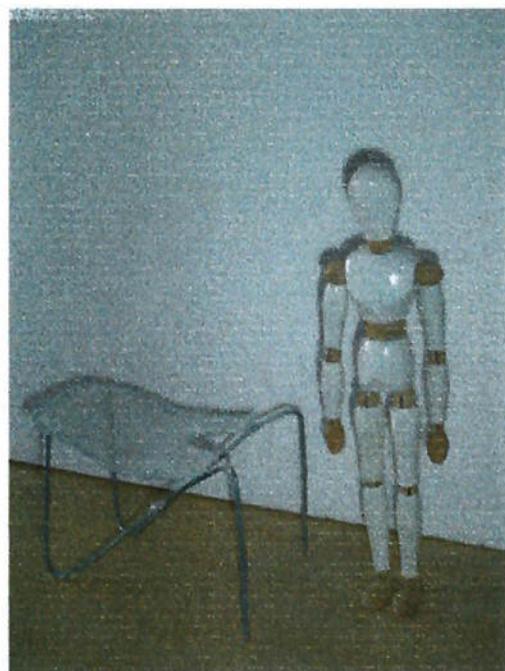


Figura 28 – Protótipo e boneco em escala 1:6

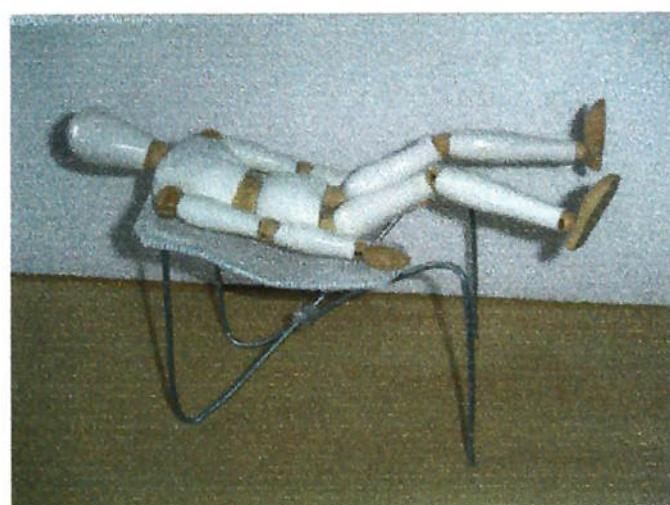


Figura 29 – Boneco posicionado sobre o protótipo – lateral

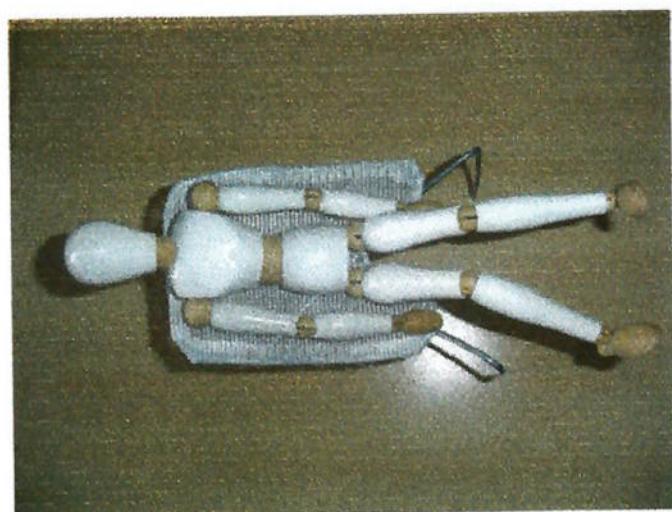


Figura 30 – boneco posicionado sobre protótipo – superior

Posicionando o boneco na mesa observou-se que os tamanhos estão coerentes. Através do protótipo foi possível fazer um estudo mais fácil tanto da ergonomia como do aspecto visual e pequenas alterações julgadas necessárias. Além disso, contribuiu para determinação dos locais de desmontagem e para os estudos de encaixe, verificando para qual condição deveria ser desenvolvido cada mecanismo.

6 MECANISMOS DESENVOLVIDOS PARA MESA

Analisando-se o modelo final escolhido com a ajuda do protótipo, verificou-se a possibilidade de dividir os tubos em lugares convenientes de modo a reduzir o volume final do equipamento, o qual é basicamente composto por dois longos tubos onde, em suas interseções, há um pino não desmontável atuando como ponto de rotação entre essas partes. Assim, é possível segmentá-los em locais de menores esforços facilitando o transporte e armazenamento do mesmo.

Observando-se o protótipo construído em Cad, percebe-se a necessidade de desenvolver ao menos seis mecanismos para desmontagem e regulagem, detalhados a seguir.

Para todos os mecanismos pensou-se em uma forma para que as peças não pudessem se desprender do conjunto, evitando-se assim a perda de componentes. Assim sendo, todas as partes desmontáveis possuirão um elástico interno que manterá a ligação.

6.1 Junções dos tubos

Conforme definido anteriormente, será necessário dividir a estrutura em segmentos menores. Como a mesa é formada inteiramente por tubos é possível a utilização de somente um mecanismo de encaixe para todo o conjunto, diferindo somente nos diâmetros internos. Desse modo, pensou-se em um sistema de encaixe macho-fêmea onde a trava será feita por um pino com mola localizado no lado macho. O lado fêmea possuirá um furo no qual este pino se encaixará travando o mecanismo. A desmontagem poderá ser feita pelo simples pressionamento do pino enquanto puxa-se a outra parte da estrutura. É um mecanismo de fácil construção e manuseio, e o mais importante, seguro pois uma vez encaixado, não há a possibilidade de se soltar acidentalmente.

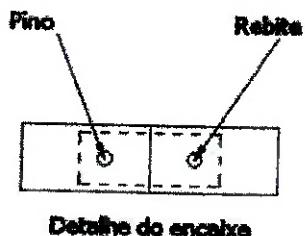


Figura 31 – Mecanismo de junção

6.2 Ligação da mesa com os pés na parte anterior

A ligação entre a estrutura da mesa e a perna anterior será feita por um sistema semelhante à utilizada na junção dos tubos. O cilindro interno maciço será fixado perpendicularmente à mesa, e por um sistema de pino será encaixado e travado junto ao pé.

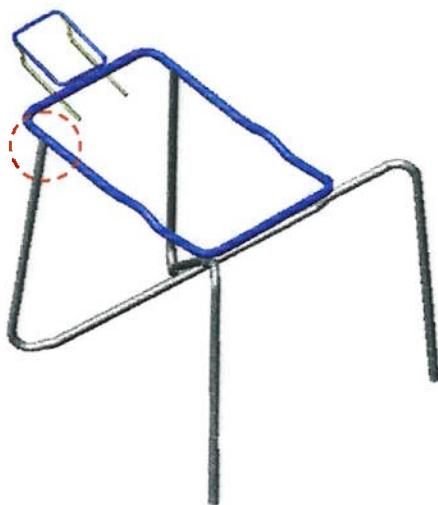


Figura 32 – Mecanismo de fixação da cama aos pés na parte anterior

6.3 Ligação da mesa com os pés na parte posterior

Esta região apresenta uma dificuldade por haver uma angulação entre a armação da mesa e as diagonais dos pés. Assim, verificou-se a necessidade de se criar um dispositivo que fixasse a mesa mas que fosse de simples montagem e que não sofresse influência do ângulo formado entre os dois pés, como por exemplo algum encaixe que

apresentasse interferência na montagem ou desmontagem. Foi encontrada uma solução em que há a rotação do tubo inferior da mesa, no qual há dois pinos fixados, em relação a estes suportes, nos quais os pinos são presos. O esboço é mostrado na figura 33.

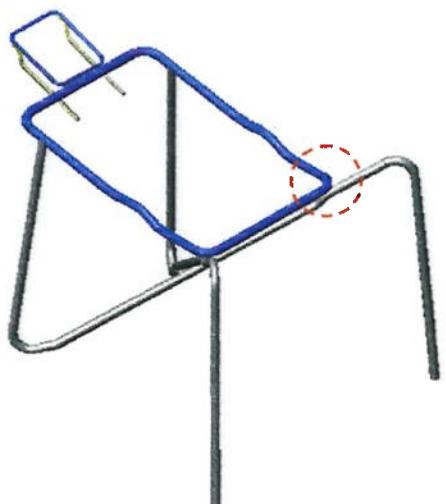


Figura 33 –Fixação da cama aos pés na parte posterior

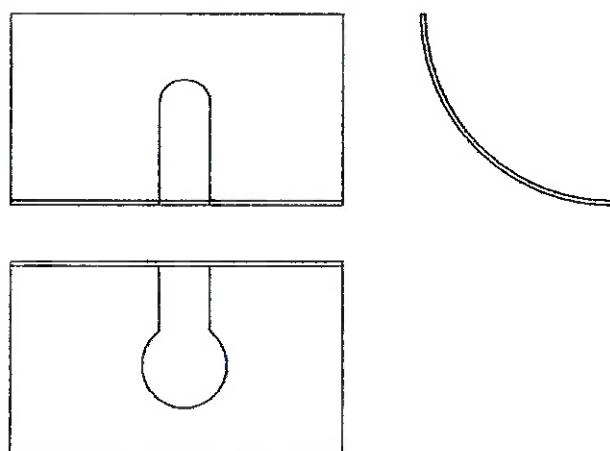


Figura 34 – Mecanismo de fixação

6.4 Apoio de cabeça

O apoio para cabeça será composto por uma armação em tubo fechado com tela. Em sua parte inferior haverá dois suportes deslizantes que serão encaixados na mesa. No local de encaixe há um sistema que fará o ajuste de altura de acordo com a paciente e também uma trava fim de curso evitando assim que o apoio caia. Para transporte, esse apoio será recolhido ao máximo para dentro, se sobrepondo parcialmente à mesa.

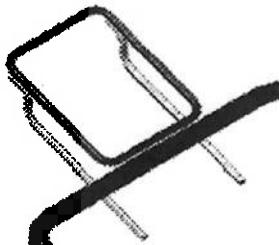


Figura 35 – Mecanismo do apoio de cabeça

6.5 Nivelamento com o solo

Para que a mesa se ajuste aos diferentes tipos de piso, seja regular ou não, será desenvolvido um sistema de regulagem que permita ajustar o comprimento dos pés de forma a manter a mesa firme, sem balançar. Como observado na solução, há duas pernas nas quais os tubos estão com suas aberturas para baixo e duas formadas por tubos curvados. Desse modo, o ajuste será feito somente naquelas onde o tubo está aberto, sendo as duas restantes, pés fixos.

Internamente a estas extremidades, haverá uma peça com rosca na qual será colocado um prisioneiro preso a um pé de borracha. Assim, para a regulagem, basta rotacionar a peça de borracha até atingir a altura adequada.

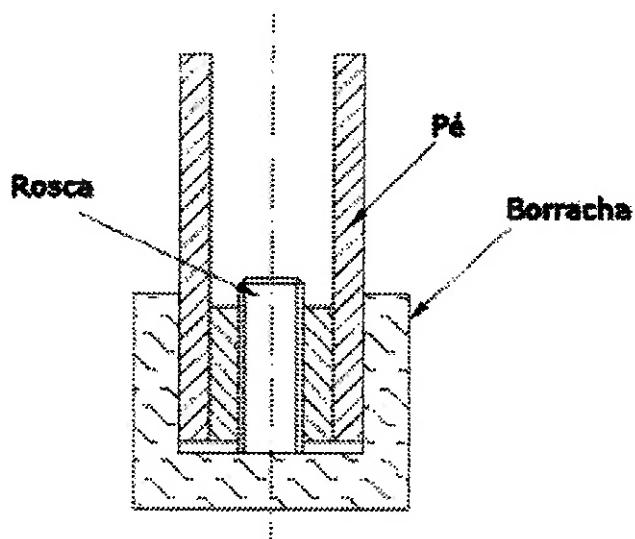


Figura 36 – Mecanismo de ajuste de altura

6.6 Apoio para os pés

A concepção da estrutura da mesa foi desenvolvida tendo-se em mente a necessidade de um apoio para os pés da paciente durante o exame. Desse modo, as duas curvas superiores que ultrapassam a altura da mesa servirão como suporte para o mecanismo, como mostra a figura 37.

Figura 37 – Apoio para os pés

Este será construído com tubo curvado revestido com tela de nylon e possuirá um pino que atuará como articulação, ficando presa à estrutura.

7 DIMENSIONAMENTO

Para fazer a análise dos esforços atuantes na mesa utilizou-se o programa de elementos finitos ANSYS. A simulação foi dividida em dois tipos de carregamentos, os quais, a partir de agora, serão chamados de um e dois, respectivamente: um simulando a paciente começando a sentar-se na mesa (portanto o carregamento se encontra concentrado na região do assento) e outro no qual a paciente já se encontra totalmente deitada (carregamento distribuído em toda a mesa).

Levando-se em conta que, segundo as enfermeiras do hospital, a pessoa mais pesada que já realizou o exame pesava em torno de 140 kg, adotou-se para o dimensionamento a carga de 200 kg, portanto utilizando-se de um fator de segurança de 1,4.

Para a definição das intensidades das cargas aplicadas, estimou-se que durante o tipo um os 200kg estariam aplicados de forma distribuída no tubo de aproximadamente 500mm de comprimento, resultando numa carga distribuída de 4 kN/m vertical para baixo. Já para o tipo dois, aproximou-se a força exercida pela rede por um carregamento resultante do tensionamento da mesma formando um ângulo de 10° para baixo em relação à horizontal. Assim, determinou-se que as cargas distribuídas seriam de 870N/m vertical para baixo e 4931 N/m horizontal para dentro, ambas as forças aplicadas nas quatro arestas da mesa.

Foram realizadas pré-simulações no intuito de verificar quais as dimensões aproximadas dos tubos necessárias, começando a partir de tubos de Ø1" x 1/8" de espessura de parede. Pelo fato de a estrutura apresentar níveis altos de tensão, da ordem de 270 MPa, o diâmetro foi aumentado para 1.1/4" com espessura de 1/8", alcançando resultados satisfatórios. Ao analisar as tensões, foram observados locais com baixos valores, sendo levantada a hipótese de se reduzir a espessura de parede para 1/16" nessas regiões. Desse modo, as simulações abaixo partem deste princípio, já utilizando tubos de parede mais fina nas regiões menos solicitadas, as quais estão indicadas na figura 38.

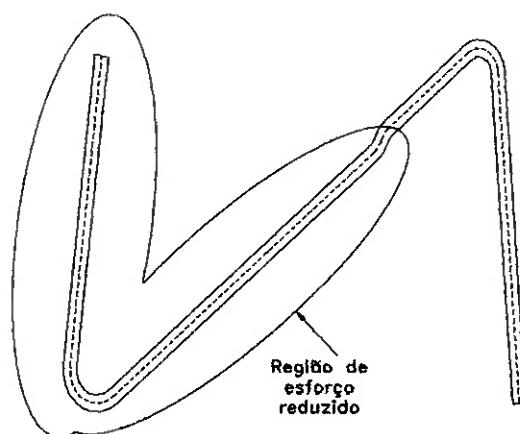


Figura 38 – Região de esforço reduzido

Foram feitos dois estudos: um com tubos de aço inox e outro de alumínio os quais são apresentados a seguir.

7.1 Mesa em aço inox

A estética é um fator muito importante no projeto, portanto pensou-se na possibilidade de se utilizar o aço inox AISI-304 como material visto que apresenta um bonito acabamento, não necessita de nenhum tipo de pintura e é muito utilizado em hospitais. As propriedades adotadas para o dimensionamento foram:

- ❖ Módulo de elasticidade: 189,6 GPa
- ❖ Coeficiente de Poisson: 0,28
- ❖ Limite de escoamento: 196 Mpa

Os resultados da simulação estão apresentados a seguir.

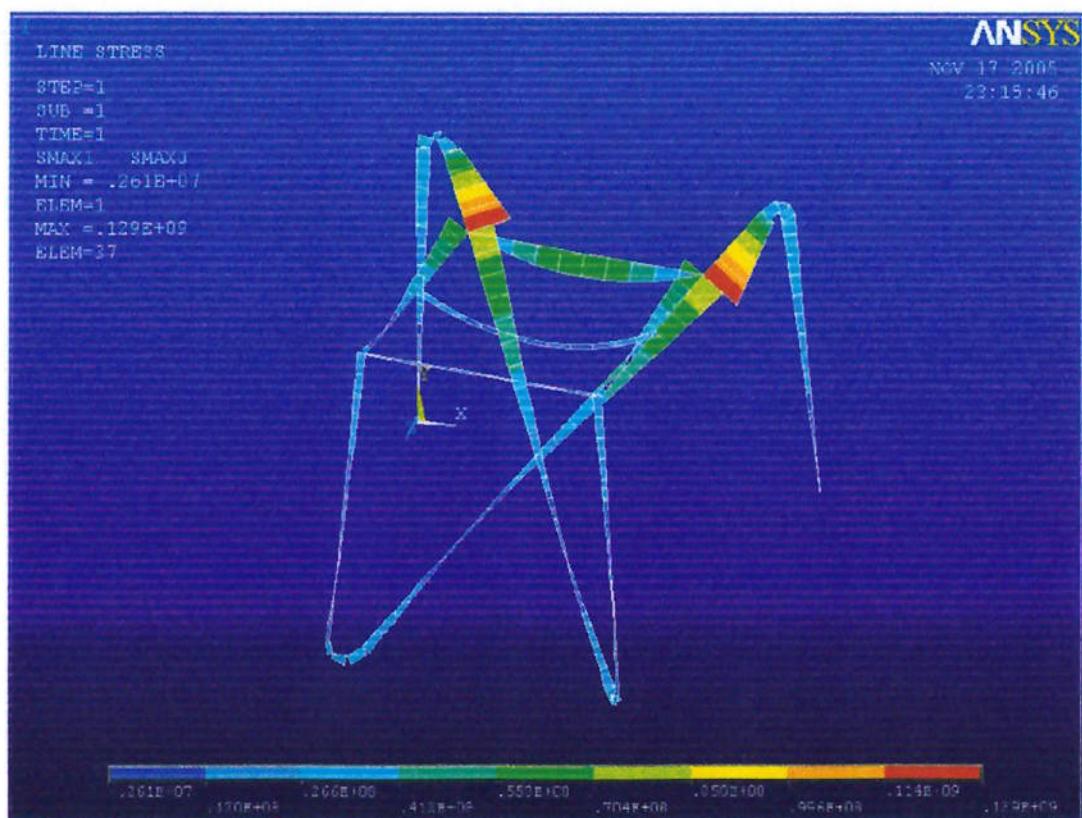


Figura 39 – Tensões máximas – carregamento tipo um

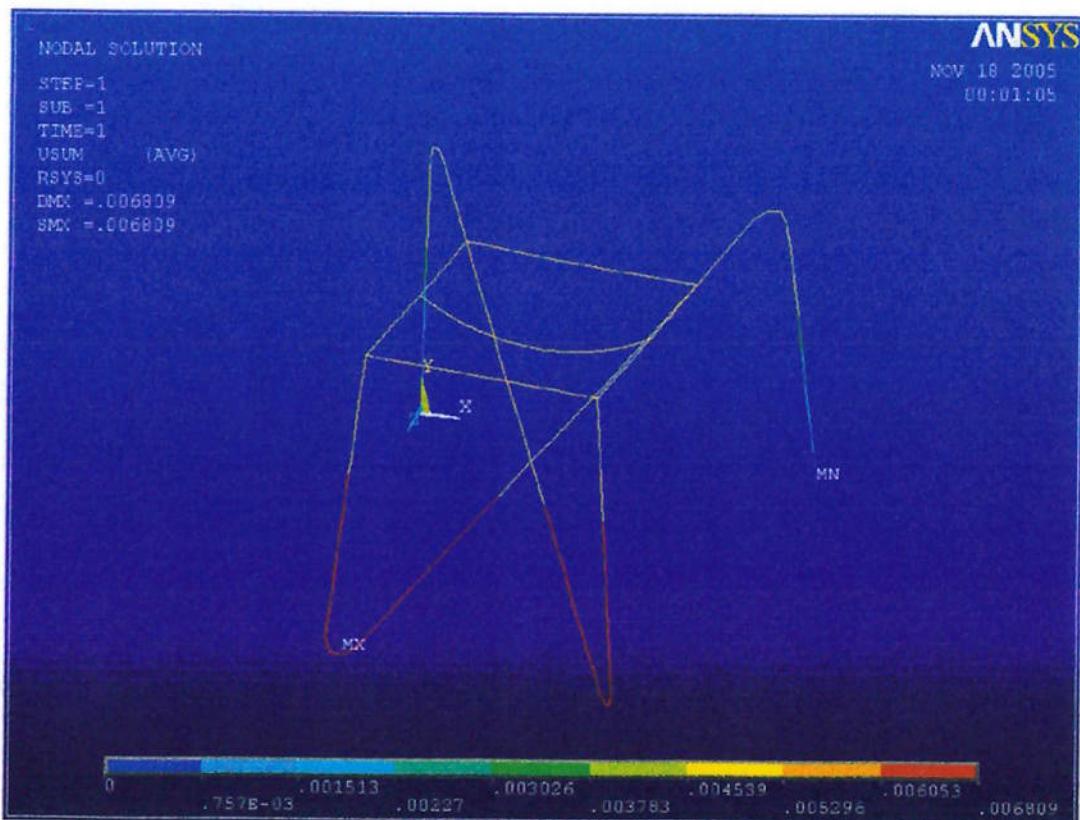


Figura 40 – Deformações totais – carregamento tipo um

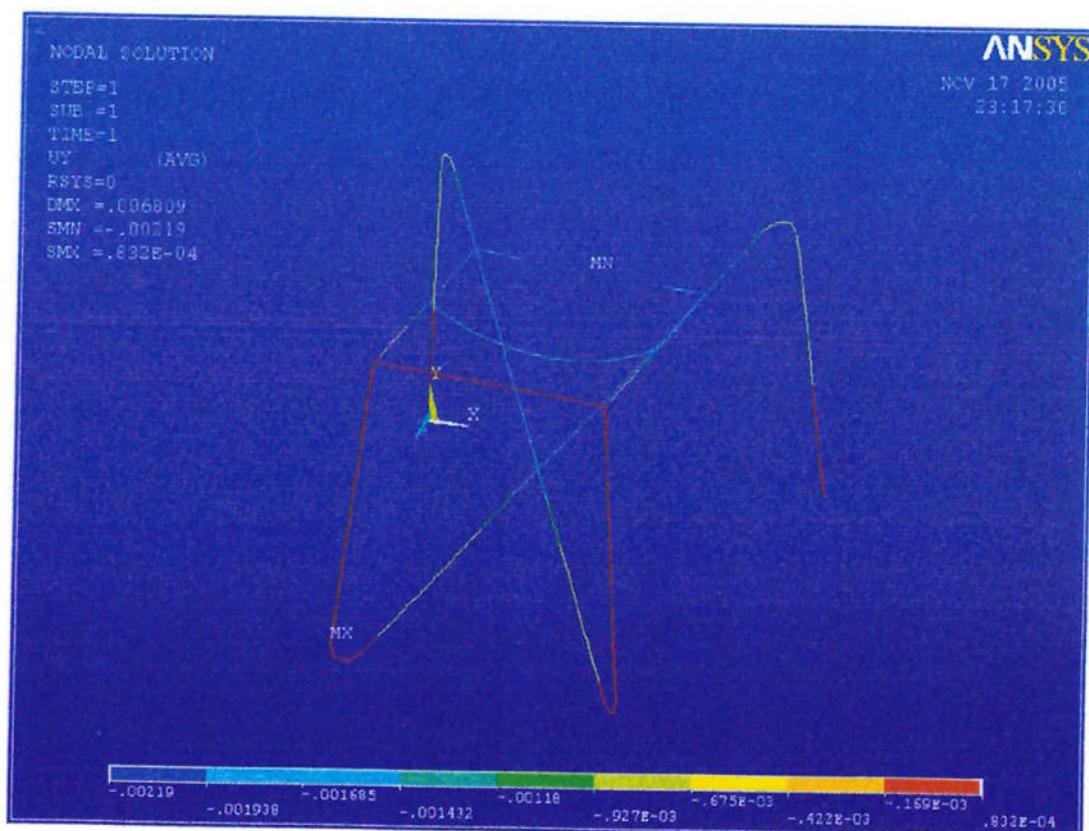


Figura 41 – Deformações verticais – carregamento tipo um

Simulando o carregamento tipo dois obtiveram-se os seguintes resultados, mostrados pelas figuras 42, 43 e 44.

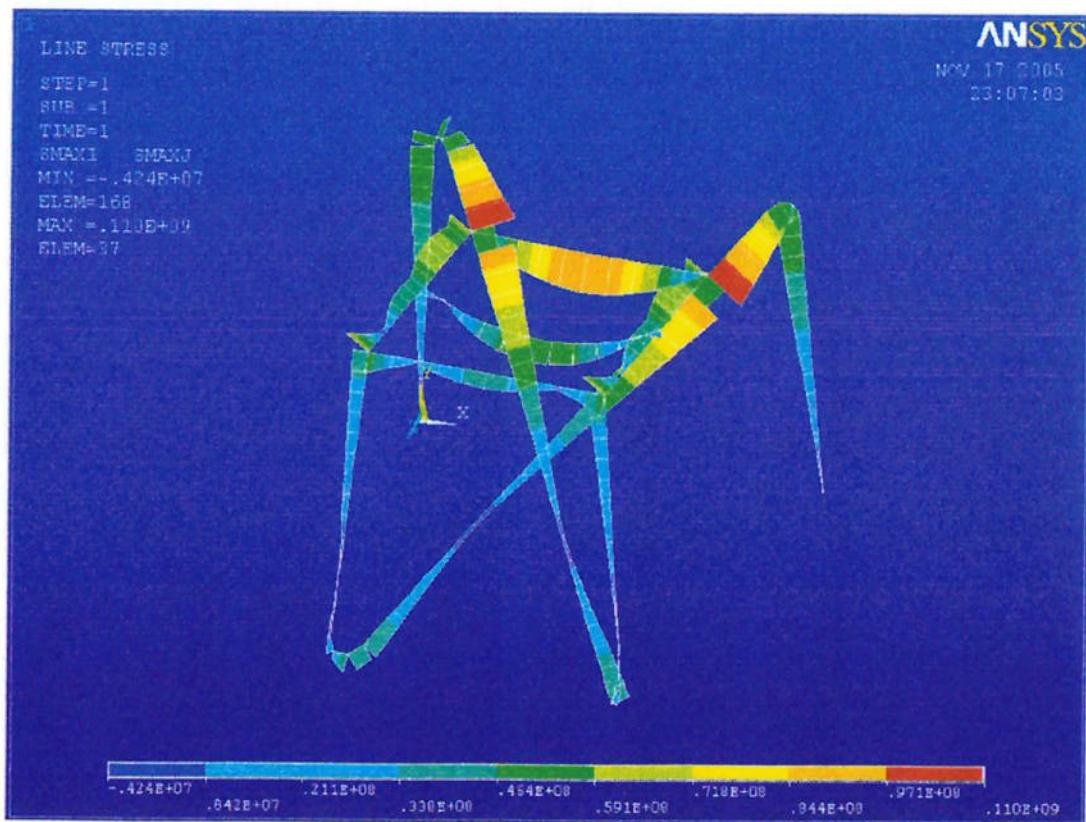


Figura 42 – Tensões máximas – carregamento tipo dois

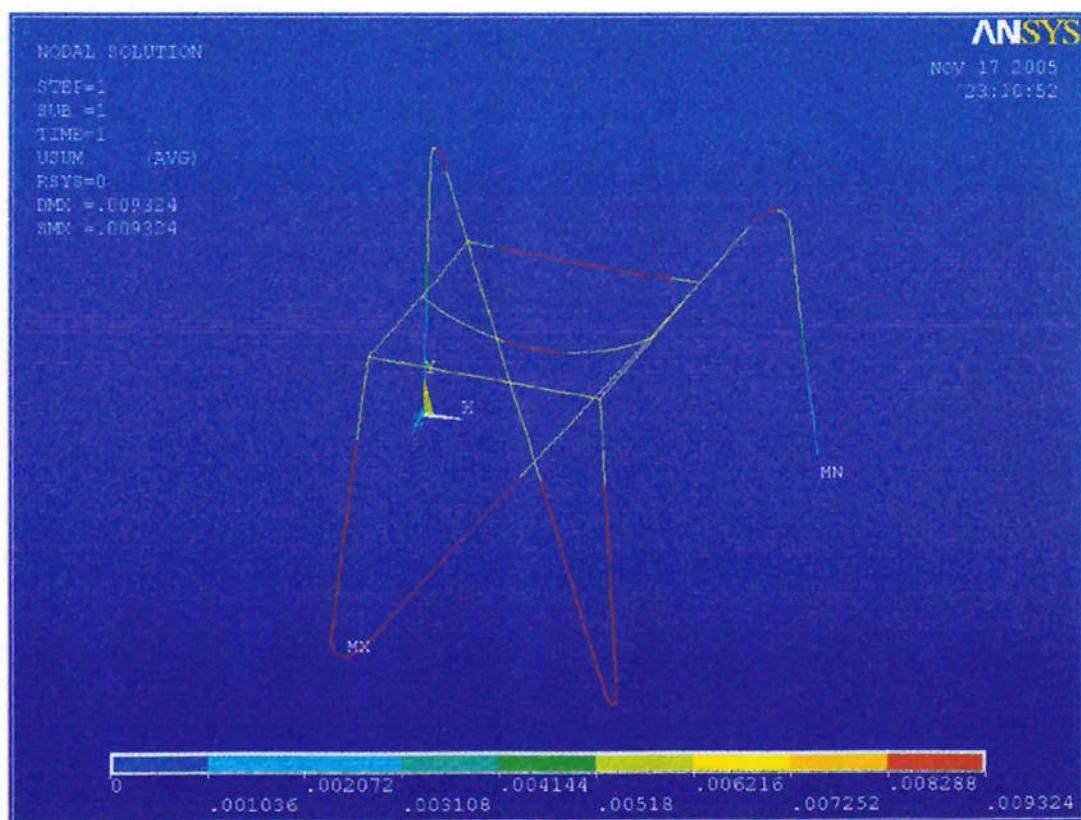


Figura 43 – Deformações totais – carregamento tipo dois

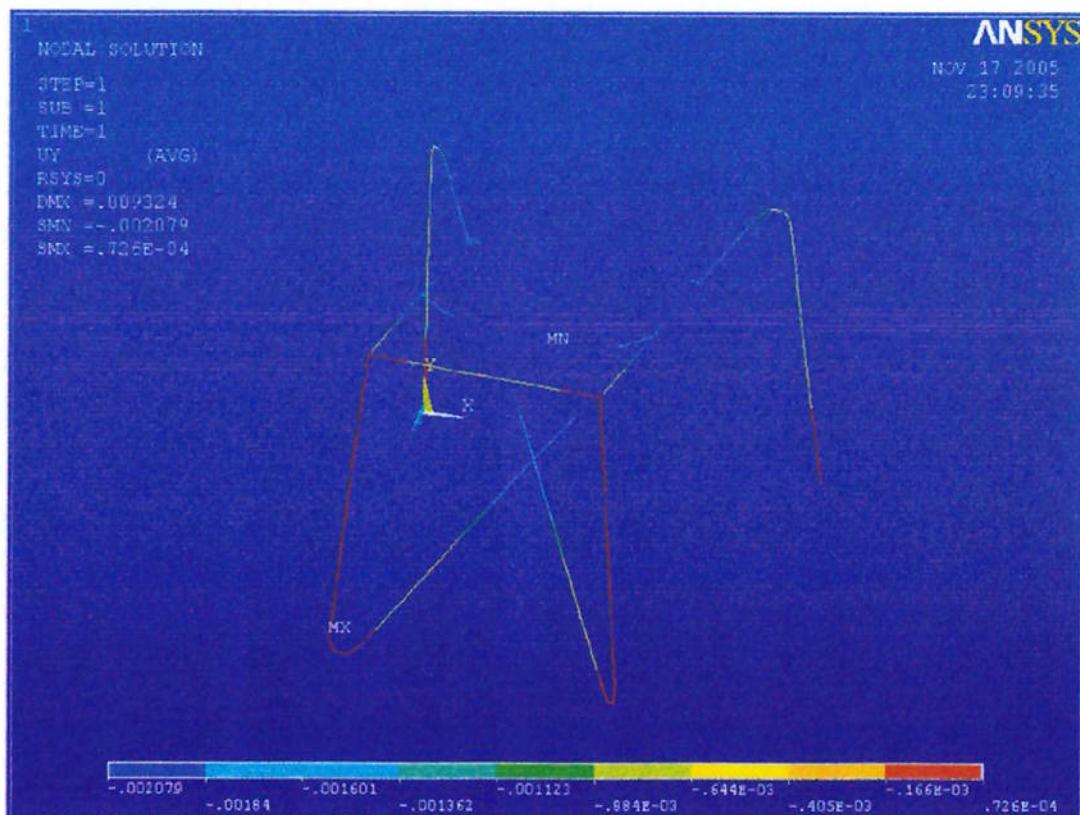


Figura 44 – Deformações verticais – carregamento tipo dois

Para que seja possível verificar a coerência dos resultados obtidos com a simulação, é necessário haver um parâmetro que sirva como base de comparação. Assim foram feitos cálculos rápidos com algumas simplificações em relação ao carregamento atuante real, somente para identificar qual a ordem de grandeza esperada.

Para o carregamento tipo um, pode-se calcular a flecha máxima aproximando-o por uma viga bi-apoiada com um carregamento uniformemente distribuído de 4 kN/m. A equação para o cálculo deste valor é dado por [9]:

$$\delta_{mdx} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = 0,6\text{mm}$$

onde $q = 4 \text{ kN/m}$

$L = 0,5\text{m}$

$E = 189,6 \text{ GPa}$

$I = 2,94 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$

De acordo com a figura 42 o deslocamento máximo que ocorre no meio do tubo carregado, tomando como base o eixo de coordenadas global é de 2,19mm. Dado que as extremidades cederam 1,6mm chega-se ao valor de 0,59mm para a flecha máxima. Assim, a partir desta análise e da observação dos outros valores, pode-se concluir que a simulação para este carregamento está correta.

Verificando os valores obtidos na segunda simulação, percebe-se que os níveis de deformação estão semelhantes aos anteriores em relação à ordem de grandeza, podendo-se afirmar a coerência desta.

Os resultados obtidos com as simulações mostram que o nível de tensão máximo alcançado de 129 MPa acontece na situação em que a paciente está sentada somente na parte frontal da cama. Isto é condizente com o que realmente ocorre pois todo o peso está concentrado nas duas pernas posteriores da mesa, causando um grande momento na mesma. Ao observar a figura 40, nota-se que o restante da mesa está sofrendo esforços pequenos, sendo portanto resultados esperados.

O deslocamento máximo encontrado, de aproximadamente 10mm, acontece quando a paciente está deitada na mesa, conforme mostra a figura 44, porém ao observar a figura 45, se nota que há um pequeno deslocamento vertical, de no máximo 2mm para baixo, que ocorre no tubo de reforço da mesa. Assim, conclui-se que aquele deslocamento refere-se, em sua maior parte, a deslocamentos no plano paralelo ao chão. O mesmo acontece para o carregamento tipo um, que apesar de o carregamento estar concentrado no tubo frontal, o deslocamento apresenta-se pequeno.

Através dos números obtidos, de baixas deformações e de tensões abaixo do admissível, se pode concluir que é viável a construção com esse tipo de material para as condições apresentadas.

7.2 Mesa em alumínio

Outro material com possibilidade de uso é o alumínio. Este possui a vantagem de ser de baixa densidade e apresentar boa resistência mecânica, além de sua aparência também ser boa. Há diversos tipos de alumínio e pensando-se no custo, foi estudado o

uso do 6063 que, além de propriedades mecânicas adequadas, é um material comercial fácil de ser encontrado.

Para a análise da viabilidade da construção em alumínio, utilizaram-se os seguintes valores para as propriedades mecânicas:

- ◆ Módulo de elasticidade: 71,7 GPa
- ◆ Coeficiente de Poisson: 0,34
- ◆ Limite de escoamento: 168 MPa

Para o estudo com o alumínio, procedeu-se da mesma forma como descrito para o aço inox e os resultados obtidos estão mostrados a seguir.

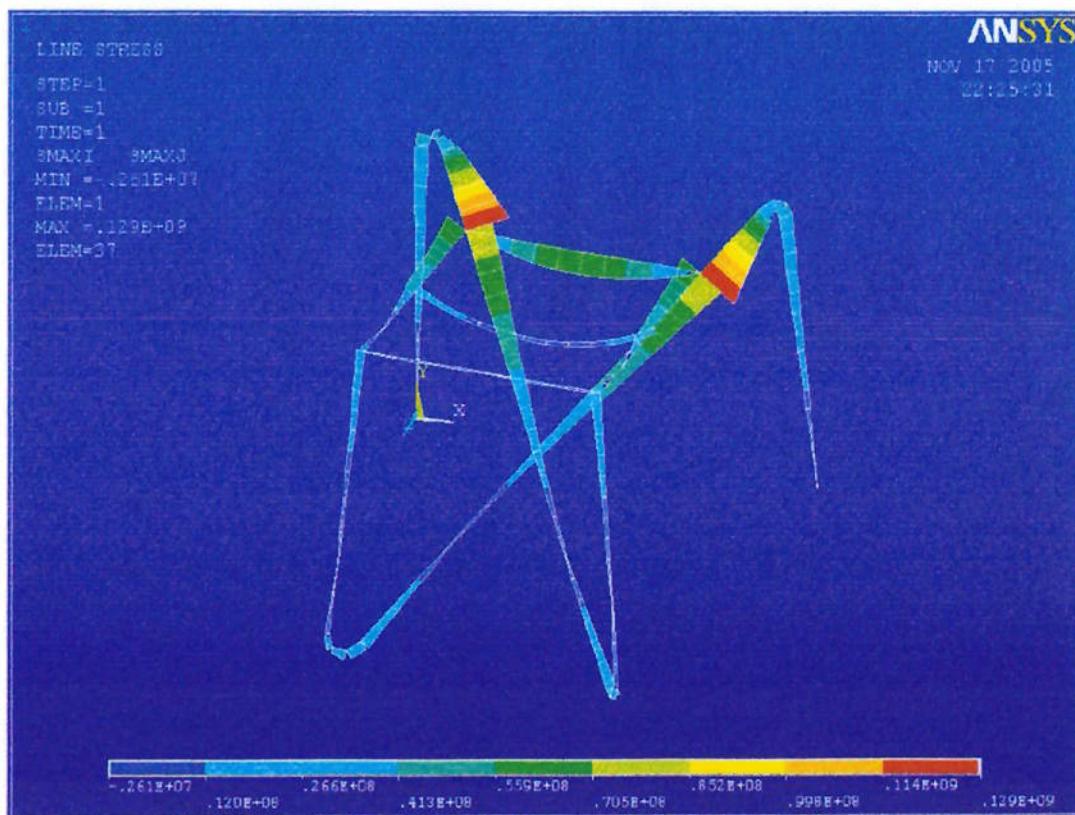


Figura 45 – Tensões máximas – carregamento tipo um

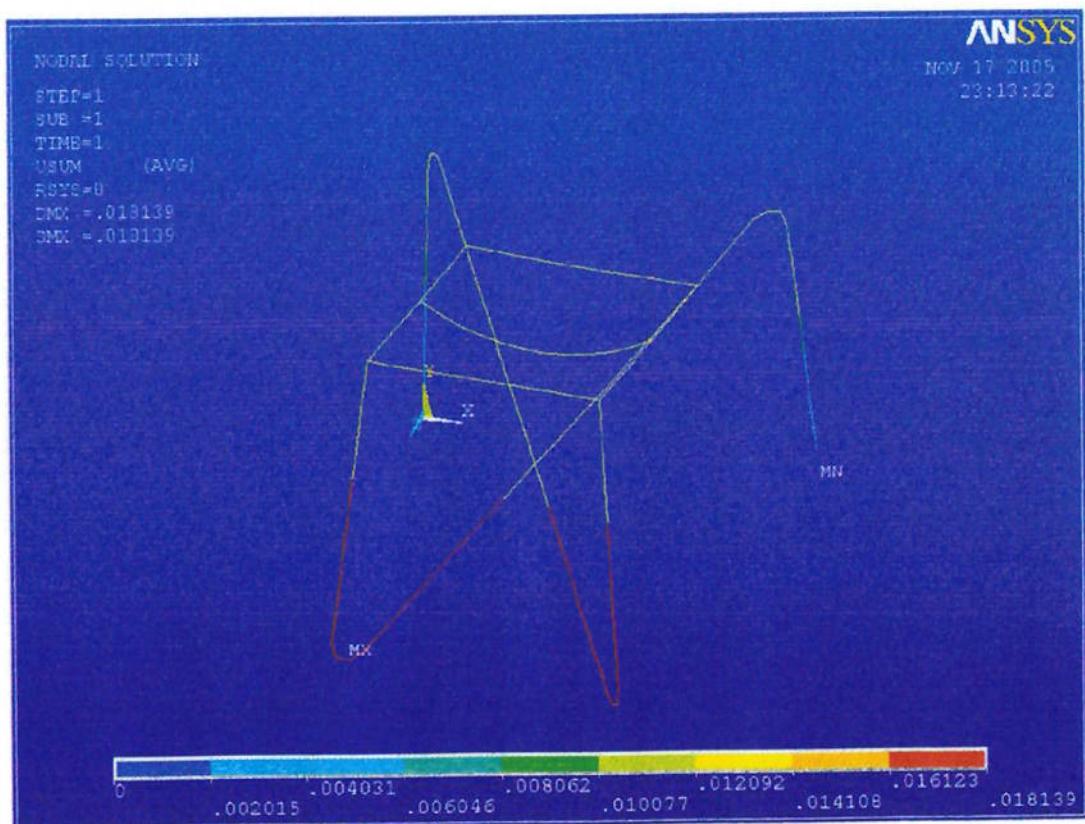


Figura 46 – Deformações – carregamento tipo um

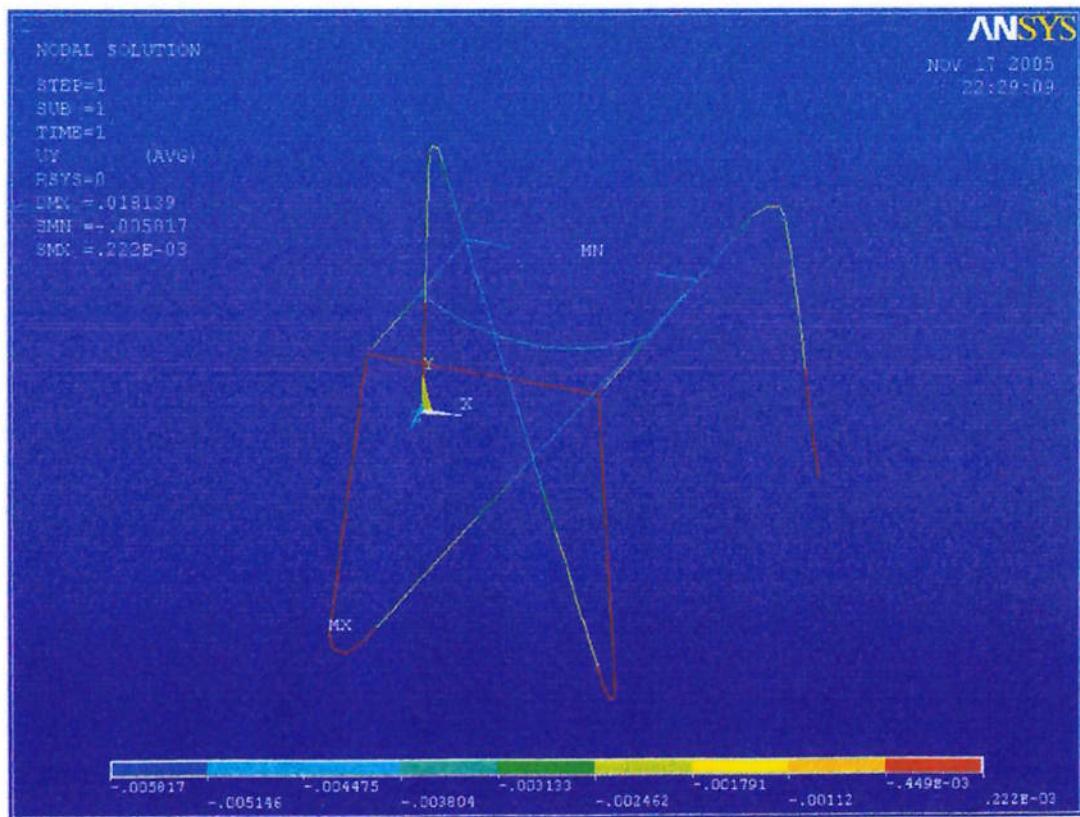


Figura 47 – Deformações verticais – carregamento tipo um

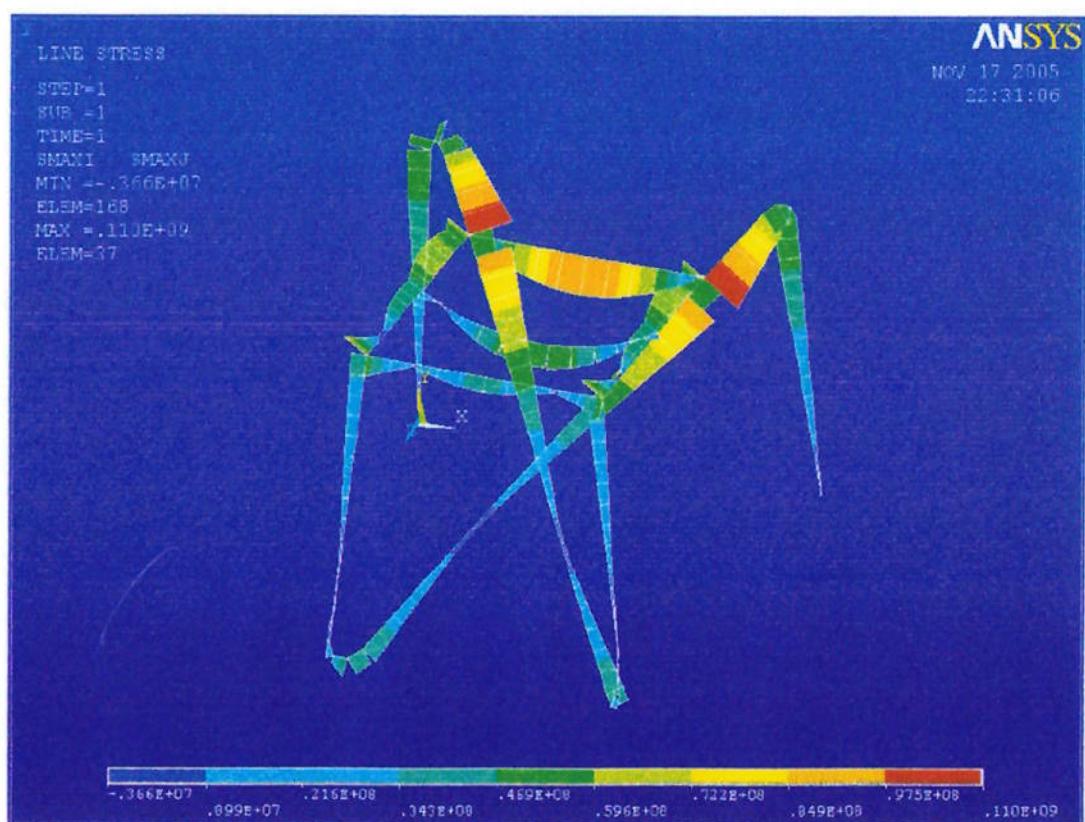


Figura 48 – Tensões máximas – carregamento tipo dois

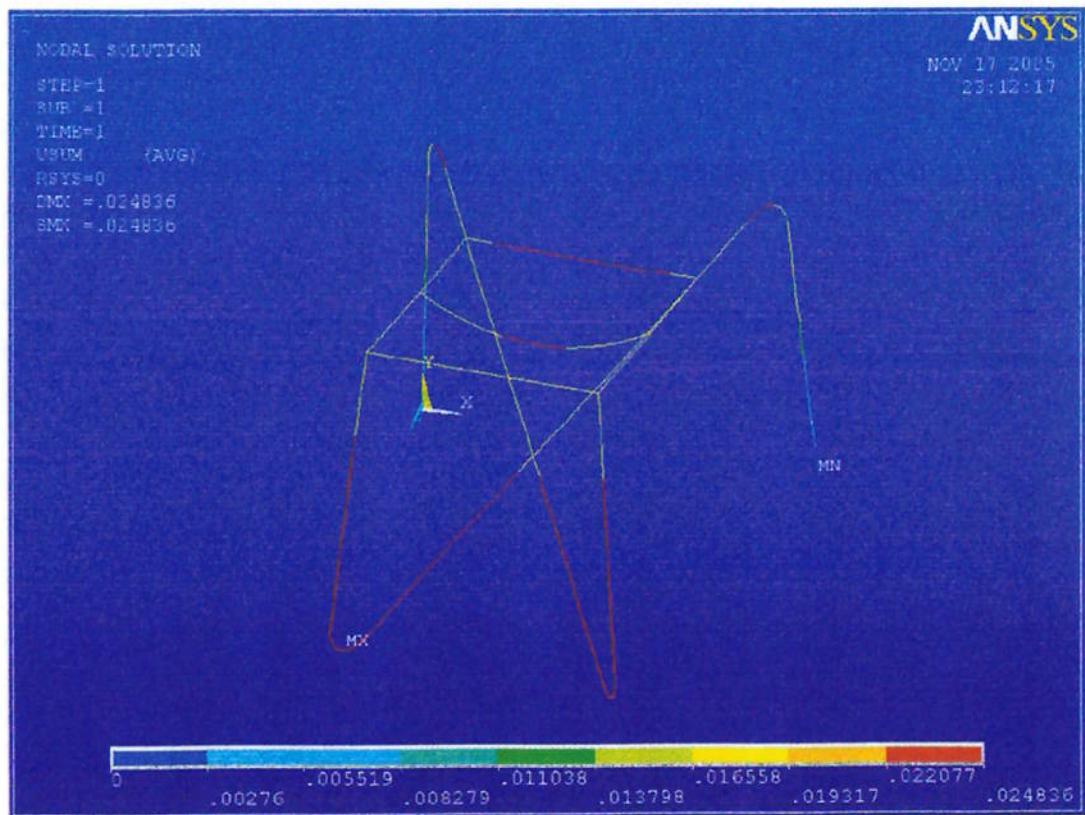


Figura 49 – Deformações – carregamento tipo dois

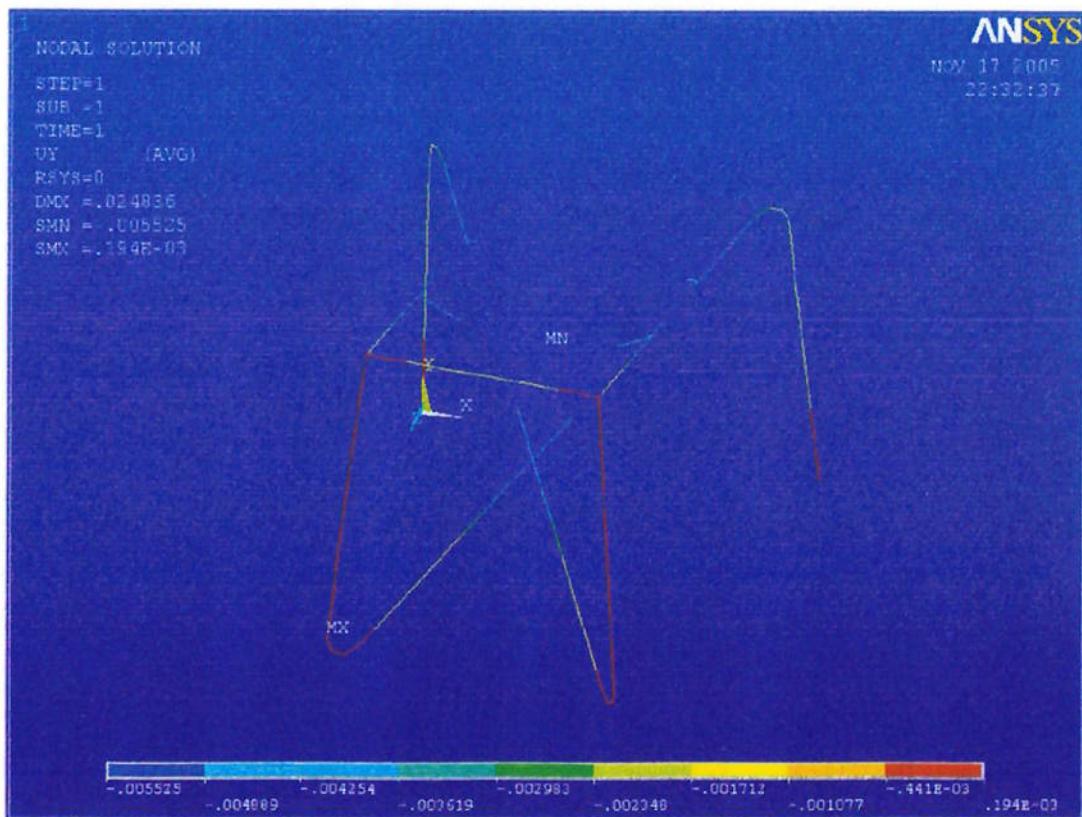


Figura 50 – Deformações verticais – carregamento tipo dois

Procedendo-se da mesma forma como feito para o aço inox, espera-se uma flecha máxima de 1,5mm. Como as extremidades cederam 4,5mm em relação às coordenadas globais, a deformação total esperada para este ponto é de aproximadamente 6mm. Através da simulação, foi encontrado um deslocamento máximo de 5,8mm, sendo, portanto, correta a simulação. Para o carregamento tipo dois, as deformações apresentam-se em níveis semelhantes ao anterior, apresentando portanto coerência nos dados.

A máxima tensão encontrada na simulação com o alumínio foi de 129 MPa, idêntica ao ocorrido com o aço inox e acontece na mesmo tipo de carregamento, já explicado anteriormente. Porém, as deformações apresentam-se em valores superiores, sendo encontrado o valor máximo de aproximadamente 25mm conforme mostra a figura 50. Da mesma forma como ocorreu para a simulação anterior, se verifica que esse deslocamento ocorre em grande parte no plano horizontal, sendo a deformação vertical

máxima de 6mm para baixo. Mesmo na situação em que o carregamento está todo concentrado no tubo frontal, este valor não é superior a 6mm (figura 48).

Logo, os resultados alcançados permitem concluir que é possível a construção da mesa com tubos de alumínio, que apesar de apresentar deformações um pouco superiores ao do aço inox, encontram-se dentro de padrões perfeitamente aceitáveis.

7.3 Estudo de peso das alternativas

Como as simulações mostraram a viabilidade de se utilizar tanto o aço inox como o alumínio para a fabricação, há um ponto importante neste projeto que agora deve ser levado em conta, que é o peso.

A partir do protótipo desenvolvido em Cad, foi estimada a seguinte quantidade de tubos para a fabricação:

- ❖ Tubo Ø1 1/4" x 1/8" x 5,4m para os pés
- ❖ Tubo Ø1 1/4" x 1/8" x 2,4m para a cama

Sabendo-se que o peso por metro do tubo de alumínio citado acima é de 0,77 kg/m e para o tubo de aço inox é de 2,3 kg/m, resultam nos seguintes pesos totais: 6 kg de alumínio e 17,9 kg de aço inox.

Assim, dado que ambos os materiais se adequam às necessidades em termos de propriedades mecânicas, há uma vantagem muito maior na utilização do alumínio visto que o peso final do produto é um fator importante. Logo, define-se como material de construção o alumínio 6063.

8 DETALHAMENTO

Conforme descrito no item “7 Dimensionamento”, pela possibilidade de se reduzir peso, foram utilizados tubos de duas espessuras, sendo o mais fino aplicável na região especificada anteriormente.

Assim, para as pernas, esta região será construída com tubo $\text{Ø}1\frac{1}{4"} \times 1/16"$ e o restante, locais com maiores tensões, com tubo de $\text{Ø}1\frac{1}{4"} \times 1/8"$. Para a cama, todos serão com tubo $\text{Ø}1\frac{1}{4"} \times 1/8"$ com exceção do reforço, que será de tubo $\text{Ø}1\frac{1}{4"} \times 1/16"$.

Os pés possuirão pontos de divisão para redução do tamanho durante o transporte e serão feitos em três lugares, conforme indicado na figura 52. Os mecanismos de acoplamento são conforme mostrado no item “6.1 Junções dos tubos”.

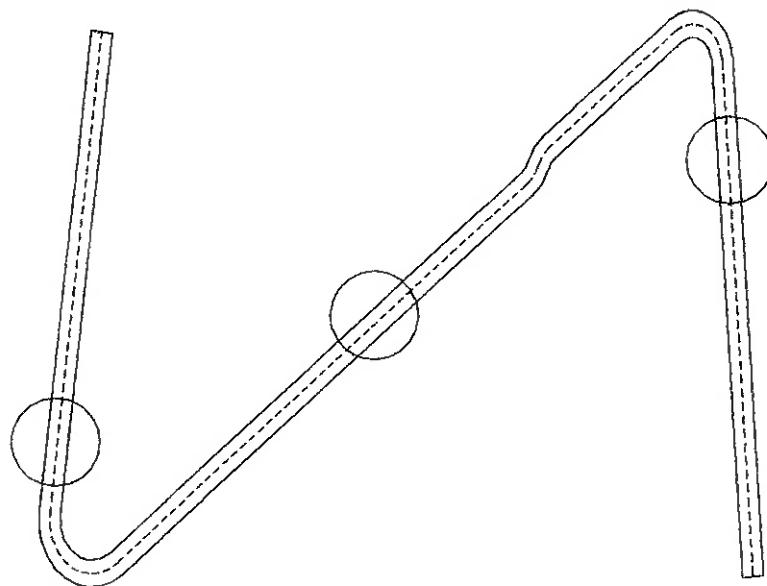


Figura 51 – Pontos de desmontagem dos pés

A armação da mesa não será desmontável pois, devido à presença da tela esticada, isto dificultaria a montagem e desmontagem. Além disso, suas dimensões são relativamente pequenas, não dificultando o transporte ou armazenamento.

O apoio de cabeça será regulável, porém não desmontável. Durante o transporte, basta recolher ao máximo o apoio em direção à mesa.

Os apoios para os pés serão articulados e não destacáveis das pernas. Para a montagem ou desmontagem, basta rotacioná-los em relação ao eixo de fixação.

Conforme foi definido no item “6.5 Nivelamento com o solo”, os pés situados na parte posterior da mesa serão providos de sistema de nivelamento. Porém, conforme o projeto, este apresenta uma leve inclinação em relação ao solo. Assim, é necessário que o mecanismo de nivelamento consiga ser adaptável a esta condição de não perpendicularidade. Portanto, neste ponto será utilizado um pé nivelador que possui uma esfera na junção do parafuso com o pé propriamente dito, podendo se adequar às condições impostas.

9 CONSTRUÇÃO DO MODELO

O modelo foi construído em escala real e durante sua fabricação, foi percebido que nem todos os componentes puderam ser construídos conforme o projeto inicial. Os principais problemas ocorreram nas curvaturas dos tubos, que por apresentarem pouca espessura de parede não se conseguia a forma desejável deformando-se. Desse modo, nesses locais houve a substituição de tubo por barra de alumínio maciça para que não fosse necessária nenhuma mudança no desenho geral do equipamento. A grande desvantagem dessa correção é o aumento de peso do conjunto.

É utilizada a tela de PVC em três lugares: na mesa, no apoio de cabeça e no apoio dos pés. Como há a possibilidade de que ela suje no decorrer do uso, as telas foram colocadas de modo que, caso seja necessário, possa se efetuar a retirada da mesma para limpeza e posteriormente ser recolocada. Quando preciso, também poderá ser trocada facilmente.

Conforme detalhado anteriormente, os pés são divididos em três lugares formando quatro partes cada. Quando desmontados são presos por velcro evitando que haja movimento das peças. Já a mesa não será desmontável visto que não há necessidade devido ao seu reduzido tamanho.

As figuras abaixo ilustram o protótipo construído, que pesa 9,6 kg.



Figura 52 – Modelo construído



Figura 53 – Mesa montada



Figura 54 – Mesa desmontada para transporte



Figura 55 – Acondicionamento para transporte



Figura 56 – Armação da mesa com apoio de cabeça



Figura 57 – Dobramento dos apoios de pés para transporte

10 CUSTOS

Os custos relacionados ao projeto referem-se à aquisição de materiais e à mão-de-obra de fabricação, e estão detalhados a seguir. As quantidades indicadas abaixo se referem às utilizadas para construção, incluindo os componentes inutilizados durante a fabricação, bem como a mão-de-obra e o processo de anodização.

Tabela 10 - Custos dos materiais adquiridos

| Material | Qtd | Preço Unit. (R\$) | Preço Total (R\$) |
|--------------------------------------|------|----------------------|----------------------|
| Tubo de alumínio Ø1.1/4" x 1/8" | 9,25 | 14,00 | 129,50 |
| Tubo de alumínio Ø1.1/4" x 1/16" | 4,85 | 14,00 | 67,90 |
| Barra de alumínio Ø1.1/4" | 4,30 | 14,00 | 60,20 |
| Tubo de alumínio Ø1/2" x 1,24 | 0,84 | 14,00 | 11,80 |
| Pés niveladores articulados | 2 | 8,50 | 17,00 |
| Pés niveladores fixos | 2 | 3,50 | 7,00 |
| Velcro | 2 | 1,70 | 3,40 |
| Tela de PVC | 3 | 14,00 | 42,00 |
| Rebite pop | 100 | 0,04 | 4,00 |
| Mola Ø3/8" x 6 | 6 | 0,25 | 1,50 |
| Parafuso sextavado interno 1/4" x 35 | 4 | 0,71 | 2,84 |
| Parafuso cabeça cilíndrica M3 x 20 | 6 | 0,30 | 1,80 |
| Chapa aço inox AISI-304 esp. 1,5mm | 2 | 0,35 | 0,70 |
| Tubo aço inox AISI-304 Ø15 x 50 | 2 | 0,25 | 0,50 |
| Barra latão | 6 | 0,10 | 0,60 |
| Total | | | 350,74 |

Tabela 11 – Outros custos

| Descrição | Custo total (R\$) |
|------------------------|-------------------|
| Mão-de-obra | 3.000,00 |
| Anodização do alumínio | 250,00 |
| Total | 3.250,00 |

Por ser um modelo, os custos apresentaram-se elevados visto que é preciso iniciar o processo de fabricação para então detectar quais modificações são necessárias. Isso explica o alto consumo de materiais e que faz parte do processo de desenvolvimento. Nas tabelas abaixo estão relacionados os custos efetivos para a construção da mesa após tomar como base o modelo desenvolvido.

Tabela 12 - Custos de materiais

| Material | Qt. | Preço Unit. (R\$) | Preço Total (R\$) |
|--------------------------------------|------|----------------------|----------------------|
| Tubo de alumínio Ø1.1/4" x 1/8" | 4,60 | 14,00 | 64,40 |
| Tubo de alumínio Ø1.1/4" x 1/16" | 1,50 | 14,00 | 21,00 |
| Barra de alumínio Ø1.1/4" | 4,30 | 14,00 | 60,20 |
| Tubo de alumínio Ø1/2" x 1,24 | 0,50 | 14,00 | 7,00 |
| Pés niveladores articulados | 2 | 8,50 | 17,00 |
| Pés niveladores fixos | 2 | 3,50 | 7,00 |
| Velcro | 2 | 1,70 | 3,40 |
| Tela de PVC | 1 | 14,00 | 14,00 |
| Rebite pop | 100 | 0,04 | 4,00 |
| Mola Ø3/8" x 6 | 6 | 0,25 | 1,50 |
| Parafuso sextavado interno 1/4" x 35 | 4 | 0,71 | 2,84 |
| Parafuso cabeça cilíndrica M3 x 20 | 6 | 0,30 | 1,80 |
| Chapa aço inox AISI-304 esp. 1,5mm | 2 | 0,35 | 0,70 |

| | | | |
|---------------------------------|---|------|---------------|
| Tubo aço inox AISI 304 Ø15 x 50 | 2 | 0,25 | 0,50 |
| Barra latão | 6 | 0,10 | 0,60 |
| Total | | | 205,94 |

Tabela 13 – Outros custos

| Descrição | Custo total (R\$) |
|------------------------|-------------------|
| Mão-de-obra | 2.400,00 |
| Anodização do alumínio | 250,00 |
| Total | 2.650,00 |

O resumo dos valores acima é apresentado na tabela 14.

Tabela 14 – Resumo comparativo dos custos

| Descrição | Custo do modelo (R\$) | Custo do próximo equip. (R\$) |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Matéria-prima | 350,74 | 205,94 |
| Mão-de-obra e anodização | 3.250,00 | 2.650,00 |
| Total | 3.600,74 | 2.855,94 |

A grande diferença entre os custos está no fato de que durante a fase de fabricação do equipamento, por se tratar de algo totalmente novo, gasta-se mais tempo e material até atingir os resultados esperados. Assim, conforme se aumenta a produção, maior é a possibilidade de se reduzir os custos já que permite o desenvolvimento de ferramentas próprias.

11 CONCLUSÃO

Os benefícios que serão alcançados com o desenvolvimento de uma mesa portátil estão no fato de ser um equipamento simples e prático de manusear. Assim, o produto poderá ser utilizado não só na região do Hospital de Barretos bem como se tornar amplamente disseminado em regiões de difícil deslocamento e distantes de centros de saúde.

Para a escolha da solução final de todos os componentes, levou-se em conta principalmente a facilidade de manuseio do equipamento e a possibilidade de construir um sistema único, com a diminuição da probabilidade de se perder componentes ou danificá-los por quedas. Isso contribui também para as operações de montagem e desmontagem, pois as peças móveis já estão em seus devidos lugares.

Realizou-se o estudo de ergonomia e antropometria para a definição das medidas da mesa de modo a se adequar ao público alvo e para que suas dimensões fossem otimizadas. Para possibilitar maior conforto às pacientes foi utilizado uma tela de PVC, que além de contribuir para a redução do peso, melhorou a estética.

Foram encontrados problemas durante a fabricação pois algumas geometrias definidas apresentaram dificuldades de construção, principalmente no que se refere aos tubos curvados. Desse modo, estes locais foram fabricados com barras de alumínio maciço, o que contribuiu para o aumento do peso final do equipamento.

Comparando-se os custos de fabricação do modelo e de um novo equipamento fabricado de acordo com o construído, percebe-se a possibilidade de se reduzir o valor final, principalmente se produzido em maior escala.

De acordo com a proposta do projeto conseguiu-se atingir o objetivo, desenvolvendo um equipamento diferenciado em sua aparência e que satisfaz a necessidade do exame. Seus mecanismos são de fácil montagem e desmontagem, sendo também fácil de transportar. O único problema detectado é o peso, que devido aos motivos explicados anteriormente, ultrapassou o valor esperado mas não será algo que irá atrapalhar no transporte. Porém nota-se que é possível que o produto final venha a

ficar com um peso menor apenas modificando um pouco o desenho das pernas e da mesa ou utilizando tubos Schedule, que apresentam espessura de parede um pouco maior.

12 BIBLIOGRAFIA

- [1] BRASIL. Instituto Nacional de Câncer – INCA. **Incidência de Câncer no Brasil – estimativa 2005.** 2005. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2005>>
- [2] BRASIL. Instituto Nacional de Câncer – INCA. **Viva Mulher – Programa de Controle do Câncer do Colo do Útero.** 2002. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/prevencao/programas/viva_mulher/documentos/nota_tecnica.pdf>
- [3] MAUAD, E.C. et al. **Cervical Cancer Screening Among Urban Brazilian Women.** In: CANCER DETECTION AND PREVENTION 2004 SYMPOSIUM. França, 2004. p.S-147.
- [4] REGISTRO HOSPITALAR DE CÂNCER 1985-2002. São Paulo: Hospital de Câncer de Barretos, 2002.
- [5] KAMINSKI, P.C. **Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.
- [6] MORGAN, C.T. et al. **Human Engineering Guide to Equipment Design.** Estados Unidos da América, 1963.
- [7] ARCowEB. **Revista Projeto Design.** Brasil. Edição 304. Junho 2005.
- [8] FILHO, J.J.B. **Antropometria aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial.** São Paulo: Fau, 1999.
- [9] TIMOSHENKO, S.P.; GERE, J.E. **Mecânica dos sólidos volume 1.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1992.