

**Daniel Soliani de Castro**

**Paula Akemi Yokomizo**

# **Dispositivo Auxiliar de Plicatura**

Monografia de Conclusão de Curso  
apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para  
obtenção do Título de Engenheiro

**Daniel Soliani de Castro**

**Paula Akemi Yokomizo**

# **Dispositivo Auxiliar de Plicatura**

Monografia de Conclusão de Curso  
apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para  
obtenção do Título de Engenheiro

Área de concentração:  
Engenharia Mecatrônica

Orientador:  
Prof. Dr. Tarcísio Antonio Hess  
Coelho

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única dos autores e com anuênciça de seu orientador. São Paulo, 10 de Dezembro de 2008.

Assinaturas dos autores.

Assinatura do orientador.

### Ficha Catalográfica

Daniel Soliani de Castro  
Paula Akemi Yokomizo,  
Dispositivo Auxiliar de Plicatura. São Paulo, 2008. 79 p.

Monografia de Conclusão de Curso (Graduação) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos.

1. Mecanismos. 2. Mecânica de Precisão. 3. Cirurgia. I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos.



# Resumo

Durante a gravidez, o feto pode pressionar os músculos abdominais da mulher de tal forma que excede a sua elasticidade. Ocorre então a *diástase* da *aponeurose* (distensão do invólucro que envolve os músculos) para que as vísceras da mãe não sejam pressionadas, pois isso acarretaria problemas respiratórios (entre outros). A diminuição da pressão interna no abdome pode gerar problemas estéticos além de inúmeros problemas funcionais.

Para corrigir a *diástase*, após o parto são feitas *plicaturas* (tracionamento através de costura) na *aponeurose*. Quando a distensão ocorre na região infra-umbilical, é corrigida juntamente com a cesariana. Já na região supra-umbilical é necessário aumento da incisão para que a mesma seja realizada.

Tendo como foco a correção da *diástase* na região supra-umbilical, o objetivo do presente trabalho é a construção de um dispositivo que auxilie a correção deste problema sem a necessidade de aumento da incisão da cesariana.

Para isso, será desenvolvido um mecanismo que, a partir do descolamento da pele e da incisão da cesariana, consiga alcançar a região supra-umbilical e tracionar novamente a *aponeurose* através de uma *plicatura*.

# Abstract

During pregnancy, the fetus may over pressure the woman's abdominal muscles, exceeding its elasticity. This causes a softness of the aponeurosis (muscle's housing) so the mother's organs don't get pressed, because that could cause respiratory problems (among others). The loss of abdominal pressure may cause a series of functionary and esthetical issues.

To correct the aponeurosis, after giving birth, plicatures (addition of traction through sewing) are made in the aponeurosis. When the softness occurs below the navel, it is corrected together with the cesarean procedure. Although, when it is located in the upper navel area, it is necessary to increase de cesarean's incision's size.

Focusing in the upper navel area aponeurosis's softness correction, this work's goal is to build a device to help this problem's correction without increasing the cesarean's incision. In order to do so, it will be developed an equipment that, through the cesarean's incision, manages to reach the upper navel area and bring good traction again to the aponeurosis through plicatures.

# Conteúdo

## **Lista de Figuras**

## **Lista de Tabelas**

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>Motivação</b>	<b>16</b>
2.1	Anatomia Abdominal . . . . .	16
2.2	O Problema da Gravidez . . . . .	18
2.3	Possíveis Regiões da <i>Diástase da Aponeurose</i> . . . . .	18
2.4	Tratamento da <i>Diástase</i> . . . . .	19
2.5	Dificuldades no Tratamento Supra-Umbilical . . . . .	20
<b>3</b>	<b>Objetivo</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>Soluções</b>	<b>25</b>
4.1	Grampeador . . . . .	25
4.2	Automatização de Costura Manual . . . . .	26
4.3	Máquina de costura . . . . .	27
<b>5</b>	<b>Análise das Melhores Soluções</b>	<b>28</b>
5.1	Método <i>Chain Stitch</i> . . . . .	28
5.2	Método <i>Lock Stitch</i> . . . . .	30
<b>6</b>	<b>O Projeto</b>	<b>32</b>
6.1	Definição da Melhor Solução . . . . .	32
6.1.1	Parte Comum entre Soluções . . . . .	32

6.1.2	Parte Divergente entre Soluções . . . . .	33
6.1.3	Processo de Escolha . . . . .	34
<b>7</b>	<b>O Modelo</b>	<b>36</b>
7.1	Descrição dos Materiais . . . . .	36
7.2	Análise do Desempenho . . . . .	36
7.3	Aprimoramentos no Modelo . . . . .	39
7.4	Simplificação do Modelo . . . . .	41
<b>8</b>	<b>O Protótipo</b>	<b>45</b>
8.1	Visão Geral . . . . .	45
8.2	Dados Iniciais . . . . .	46
8.2.1	<i>Campo de Trabalho</i> . . . . .	46
8.2.2	Parte 1 - Movimentação da Agulha . . . . .	47
8.2.3	Parte 2 - Rotação do Braço . . . . .	48
8.2.4	Dimensões do Protótipo . . . . .	50
8.3	Descrição dos Mecanismos . . . . .	50
8.3.1	Parte 1 - Movimentação da Agulha . . . . .	50
8.3.2	Parte 2 - Rotação do Braço . . . . .	51
8.4	Dimensionamento . . . . .	57
8.4.1	Parte 1 - Movimentação agulha . . . . .	57
8.4.2	Parte 2 - Rotação do Braço . . . . .	61
8.5	Materiais Utilizados . . . . .	64
8.6	Simulação Virtual . . . . .	66
8.7	Montagem . . . . .	67
8.7.1	Alterações no Projeto . . . . .	67
8.7.2	Testes . . . . .	68
<b>9</b>	<b>Melhorias Necessárias</b>	<b>72</b>

<b>10 Cronograma</b>	<b>74</b>
<b>Referências</b>	<b>76</b>
<b>Apêndice A – Apêndice</b>	<b>77</b>
A.1 Glossário . . . . .	77
<b>Apêndice B – Apêndice</b>	<b>79</b>
B.1 Desenhos . . . . .	79

# Listas de Figuras

2.1	Músculos Abdominais (2)(4) . . . . .	17
2.2	<i>Aponeurose e Linha Alba(2)(4)</i> . . . . .	17
2.3	Região Supra e Infra Umbilical(1) . . . . .	19
2.4	Exemplo da Técnica de <i>Plicatura</i> em Tecido . . . . .	19
2.5	Método Clumper(8) . . . . .	20
2.6	Método Atual de Correção da <i>Diástase</i> da <i>Aponeurose</i> (1) . . . . .	20
2.7	Modelo Esquemático das Camadas da Pele . . . . .	21
2.8	Protuberância(1) . . . . .	21
2.9	<i>Campo de trabalho</i> do cirurgião quando não há remoção da <i>cicatriz umbilical</i> . À direita, detalhe da <i>cicatriz umbilical</i> (1) . . . . .	22
2.10	Reconstrução da <i>Cicatriz Umbilical</i> : é feita uma incisão na pele em formato de "U"e a camada sub-cutânea é costurada à pele(1) .	22
2.11	I - Cicatriz da Cesariana; II - Cicatriz Extendida(1) . . . . .	23
2.12	Diagrama Resumo do Problema . . . . .	23
4.1	Pinça para juntar a parte distendida da <i>aponeurose</i> . . . . .	25
4.2	Grampeador . . . . .	26
4.3	Modelo de Costura Manual . . . . .	26
5.1	Agulha com Sulco(5) . . . . .	28
5.2	À esquerda, agulha penetrando no tecido. À direita, agulha saindo e deixando o <i>loop</i> de linha(5) . . . . .	29
5.3	Mecanismo <i>Chain Stitch</i> : a) Agulha forma <i>loop</i> ao sair do tecido. b) Gancho recua: <i>Loop</i> dentro do <i>loop</i> anterior. c) Gancho prende o novo <i>loop</i> e tecido se move(6) . . . . .	29

5.4	<i>Lock Stitch.</i> a) Agulha penetra no tecido e forma <i>loop</i> . b) e c) Gancho rotativo prende a linha da agulha e passa em volta da bobina. d) Ponto é apertado. e) O tecido é movido(6) . . . . .	30
6.1	Método para movimentação da agulha . . . . .	32
7.1	Modelo para Análise . . . . .	37
7.2	<i>Campo de Trabalho</i> . . . . .	37
7.3	Tubos Guia e Extensores . . . . .	37
7.4	Gancho e Agulha . . . . .	38
7.5	Funcionamento do Modelo . . . . .	38
7.6	Resultado . . . . .	39
7.7	Enchimento . . . . .	39
7.8	Calço . . . . .	40
7.9	Captura do Gancho . . . . .	40
7.10	<i>Loop</i> . . . . .	41
7.11	Modelo com Alterações . . . . .	41
7.12	Agulha com Sulco . . . . .	42
7.13	Posicionamento da Linha . . . . .	42
7.14	<i>Chain Stich</i> Simplificado: a) Agulha sobre o tecido com a linha enganchada. b) Agulha penetra no tecido. c) Agulha pega a linha na parte inferior. d) Agulha sobe rotacionando 180°. . . . .	43
7.15	Bambu Usinado . . . . .	43
7.16	Modelo Simplificado . . . . .	44
7.17	Resultado Final . . . . .	44
8.1	Mecanismo em Duas Partes. Parte 1: Movimentação da Agulha. Parte 2: Rotação do Braço. . . . .	45
8.2	<i>Campo de Trabalho</i> - Perspectiva . . . . .	46
8.3	<i>Campo de Trabalho</i> - Dimensões . . . . .	46
8.4	Visão do Cirurgião . . . . .	47
8.5	Cenário do Equipamento no Interior do Corpo . . . . .	48

8.6	Linha-Base para Cálculo da Rotação . . . . .	49
8.7	Ângulos de Ação . . . . .	49
8.8	Nomenclatura Biela-Manivela . . . . .	50
8.9	Akulha e Guia . . . . .	51
8.10	Junta Rotativa Explodida . . . . .	52
8.11	Akulha Presa ao Eixo . . . . .	52
8.12	Parte 1 Completa . . . . .	53
8.13	Movimentação Braço-Peças . . . . .	53
8.14	Cálculo do Comprimento Efetivo de Costura . . . . .	55
8.15	Mecanismo Parte 1 . . . . .	57
8.16	Dimensionamento da Polia 1 . . . . .	58
8.17	Dimensionamento do Acoplamento Braço . . . . .	59
8.18	Mesa Suporte . . . . .	62
8.19	Dimensionamento da Polia 2 . . . . .	63
8.20	Posição da Polia 2 . . . . .	63
8.21	Mesa Polia 2 . . . . .	64
8.22	Modelo Virtual . . . . .	66
8.23	Colocação do Motor . . . . .	67
8.24	Apoio para Movimentação do Eixo . . . . .	68
8.25	Roda para Movimentação . . . . .	69
8.26	Apoio para Evitar Flambagem . . . . .	69
8.27	Apoio para Inserção da Agulha . . . . .	69
8.28	Apoio Melhorado . . . . .	70
8.29	Protótipo Final . . . . .	70
8.30	Inteface do Software UMC2 . . . . .	71
8.31	Placa para Acionamento do Motor . . . . .	71
9.1	Rasgo Usinado . . . . .	73
10.1	Cronograma de Atividades do Projeto (1º semestre). . . . .	74



# **Lista de Tabelas**

6.1	Problemas Discutidos com o Cirurgião . . . . .	34
8.1	Dimensões para o Protótipo . . . . .	50
8.2	Materiais de Cada Peça . . . . .	65

# 1 Introdução

A cirurgia é uma prática cada vez mais comum e mais segura no meio da medicina. Isso só se tornou possível devido ao avanço da tecnologia e à interdisciplinaridade entre diversas áreas, como medicina, física, matemática, química e engenharia.

Esta última ainda tem muito para evoluir. Com o conhecimento profundo do corpo humano, com a definição das necessidades para um procedimento mais eficaz e seguro e com o diálogo com a engenharia, grandes evoluções poderão surgir a partir do aprimoramento dos métodos já existentes e do aumento da qualidade do procedimento.

Este projeto visa o desenvolvimento de um equipamento para uma aplicação cirúrgica específica visando melhorias ao médico e ao paciente.

Nelé, as seguintes fases serão exploradas: definição das necessidades médicas, especificações técnicas, definição dos procedimentos, definição de alternativas e escolha da mais adequada, elaboração de um protótipo para demonstração de sua funcionalidade e avaliação do seu desempenho.

## 2 Motivação

### 2.1 Anatomia Abdominal

A principal função dos músculos é promover o movimento, ou seja, desenvolver tensão e executar trabalho mecânico. Esses apresentam propriedade elástica, isto é, após sofrer deformação voltam ao seu estado original(3).

Os músculos são envoltos por um invólucro de tecido fino, porém resistente (similar à composição dos tendões), chamado de *aponeurose*. Ao contrário dos músculos, a *aponeurose* não apresenta propriedades elásticas, sendo pouco suscetível a deformações.

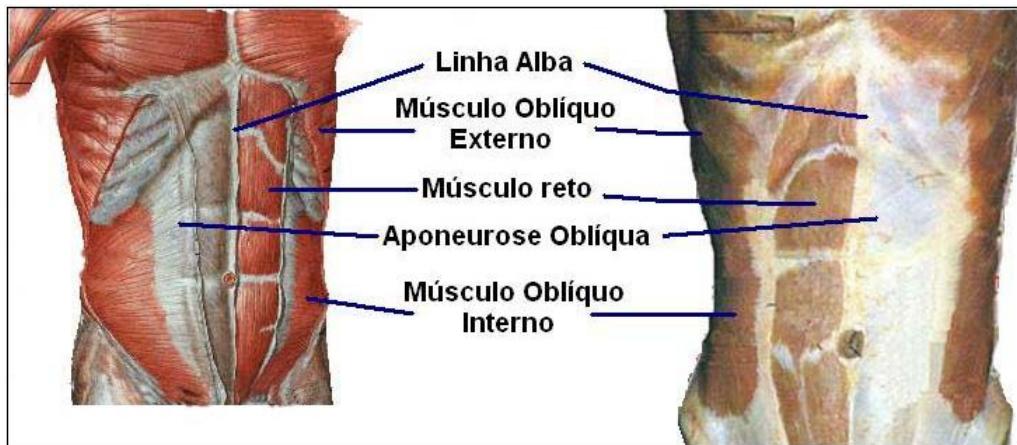
A região abdominal apresenta 3 tipos principais de músculos, os retos, os oblíquos internos e os oblíquos externos. Esses músculos estão presentes em ambos os lados do corpo.

Tanto os músculos do lado esquerdo quanto os do lado direito possuem o invólucro, ou *aponeurose*, os envolvendo. Esses invólucros se unem na região central do corpo (na linha onde se localiza o umbigo), formando uma camada um pouco mais espessa. Esta camada tem o formato de uma linha, que está presente desde o púbis até os ossos do tórax e é chamada de *linha alba*.

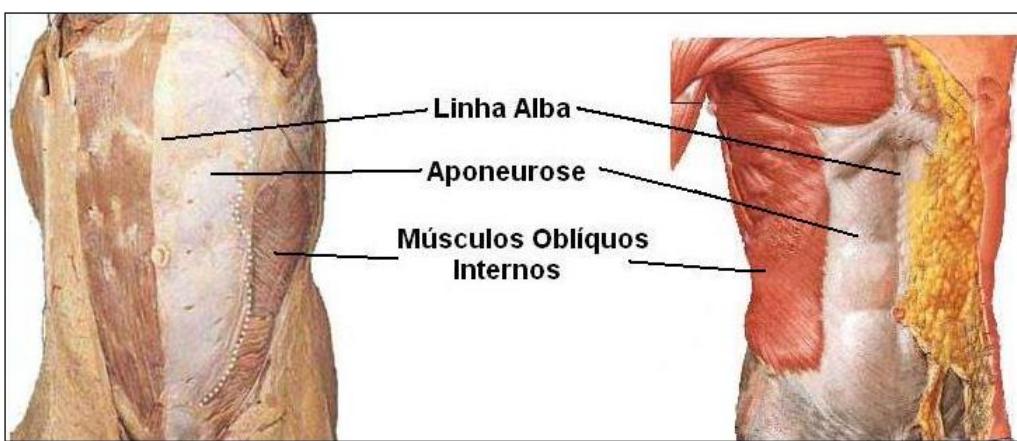
É possível ver na Fig. 2.1 a *aponeurose* e a *linha alba*; à esquerda em um modelo de corpo humano e à direita em um corpo humano dissecado.

A função da *aponeurose* é manter certa pressão interna nas vísceras. Essa pressão não só é responsável pelo bom funcionamento dos órgãos (como intestino, vesícula e rins) como também pela otimização dos movimentos peristálticos.

É possível observar na Fig. 2.2 a *aponeurose* recobrindo toda a região abdominal e a *linha alba* na região central, juntamente com o umbigo.



**Figura 2.1:** Músculos Abdominais (2)(4)



**Figura 2.2:** Aponeurose e Linha Alba(2)(4)

## 2.2 O Problema da Gravidez

O útero de uma mulher grávida tende a crescer de acordo com o desenvolvimento do feto. Os músculos são elementos flexíveis e, graças a isso, a gravidez não prejudica a saúde da mãe. Caso o feto crescesse e os músculos não se flexibilizassem, o feto tenderia a pressionar as vísceras da mãe, que consequentemente pressionariam o diafragma causando implicações na respiração, podendo levar até mesmo à morte.

Dependendo da gravidez, é possível que o crescimento da barriga exceda os limites elásticos dos músculos, o que poderia causar os sintomas já descritos (como implicações na respiração etc). Para que isso seja evitado, ocorre uma distensão do invólucro que envolve os músculos abdominais (*aponeurose*). Essa distensão é conhecida por *diástase* da *aponeurose*.

Como a *aponeurose* não é um elemento flexível, após a *diástase*, a mesma não pressiona as vísceras com a mesma intensidade de antes.

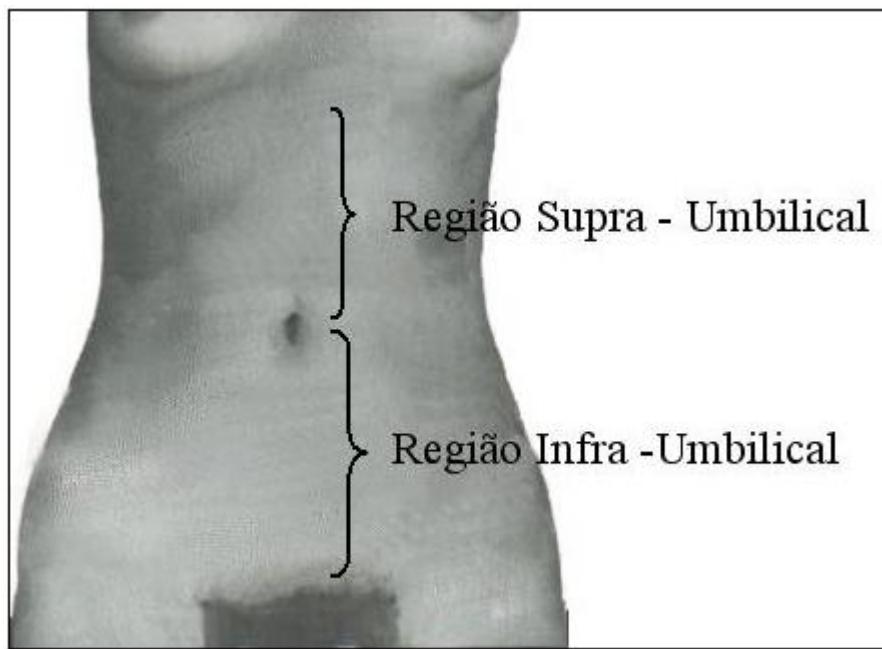
Este problema gera diminuição da pressão interna no abdome, que causa inúmeros problemas, dentre eles:

- Incapacidade de eliminação completa da urina;
- Incapacidade do completo esvaziamento das vesículas, podendo acarretar em formação de cálculo renal;
- Hábito intestinal lento.

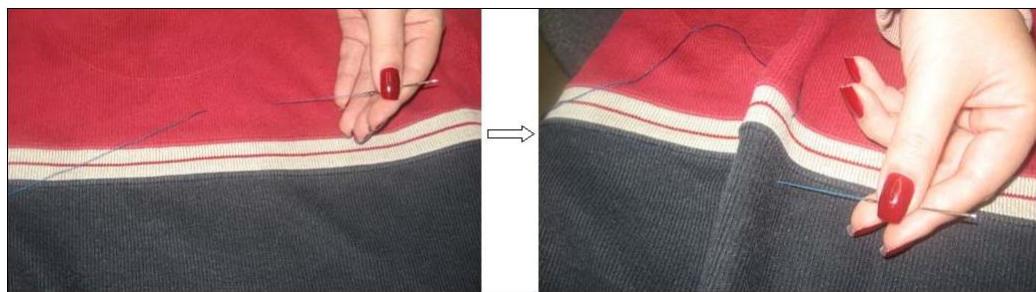
## 2.3 Possíveis Regiões da *Diástase da Aponeurose*

Devido ao fato de no fim da gravidez o feto se posicionar na região abdominal inferior, é de costume que o local com maior distensão seja a região abaixo do umbigo (infra-umbilical). Esse é o tipo de *diástase* mais comum.

Em alguns casos, em que o feto permanece na região superior, acontece a *diástase da aponeurose* na região acima do umbigo (supra-umbilical). Em casos extremos, ainda é possível que a *diástase* ocorra em toda a *aponeurose* (1)(Fig. 2.3).



**Figura 2.3:** Região Supra e Infra Umbilical(1)



**Figura 2.4:** Exemplo da Técnica de *Plicatura* em Tecido

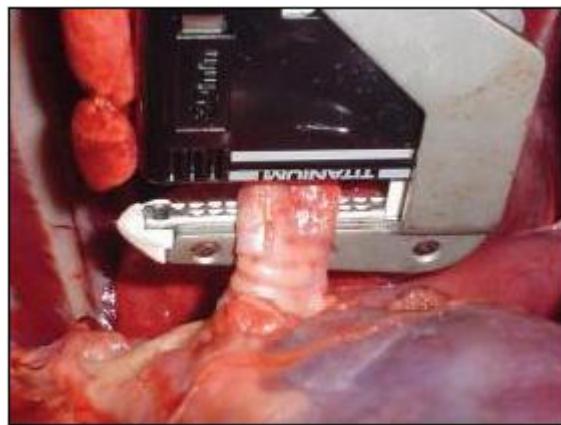
## 2.4 Tratamento da *Diástase*

Para recuperar a pressão interna perdida com a distensão da *aponeurose*, é necessário tracioná-la e, consequentemente, toda a região abdominal. Essa técnica leva o nome de *plicatura*.

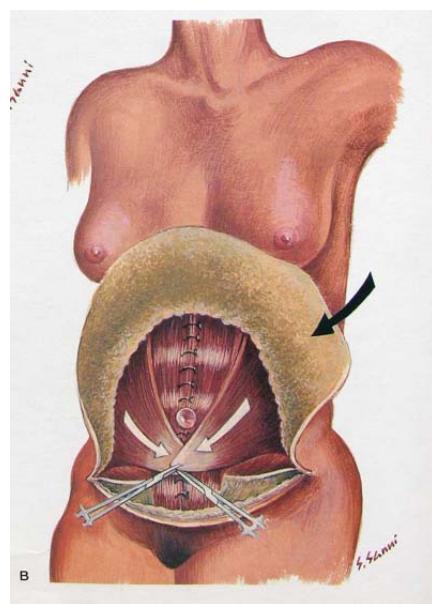
Uma das formas de aplicar esta tração é através de uma costura na região central da *aponeurose* (*linha alba*). Ela é feita na região central visando manter a simetria do corpo (Fig. 2.4).

Além da costura, existem outras técnicas, como o Clumper. Esse método funciona exatamente como um grampeador (Fig. 2.5). Essa técnica não é comum no caso de *plicatura* em grávidas devido ao fato do equipamento requerer muito espaço, tornando-se inviável.

Nos casos de *diástase* na região infra-umbilical, o cirurgião que realiza a ce-



**Figura 2.5:** Método Clumper(8)



**Figura 2.6:** Método Atual de Correção da *Diástase da Aponeurose*(1)

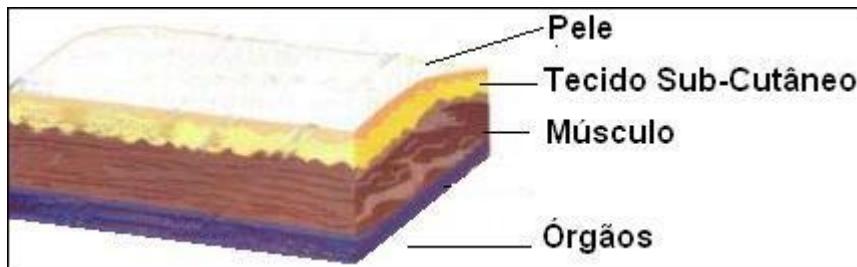
sariana faz a *plicatura* durante a própria cirurgia, não sendo necessária uma nova intervenção médica.

Nos casos de *diástase* na região supra-umbilical, a intervenção cirúrgica é mais complexa. Devido à relevante alteração estética, deve ser analisado o custo-benefício desta intervenção antes da mesma ser executada (Fig. 2.6).

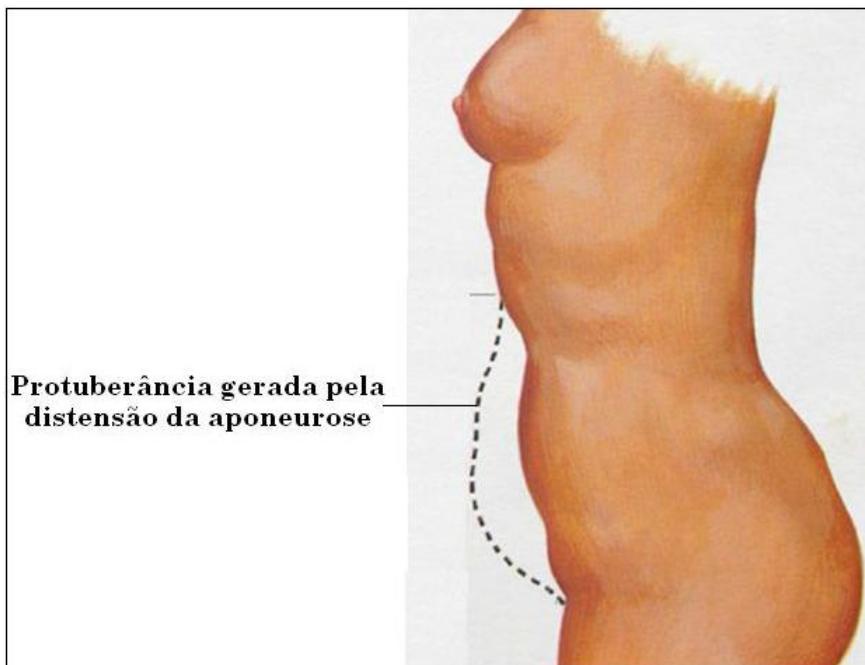
## 2.5 Dificuldades no Tratamento Supra-Umbilical

Para a intervenção supra-umbilical é necessário fazer o descolamento da pele e do tecido sub-cutâneo dos músculos (Fig. 2.7).

Muitos dos casos de *diástase* supra-umbilical ocorrem em mulheres sem muitas



**Figura 2.7:** Modelo Esquemático das Camadas da Pele



**Figura 2.8:** Protuberância(1)

alterações na pele, gordura e formato do abdome. Nesses casos, observa-se uma protuberância na região abdominal que causa grande desconforto estético para a paciente (Fig. 2.8).

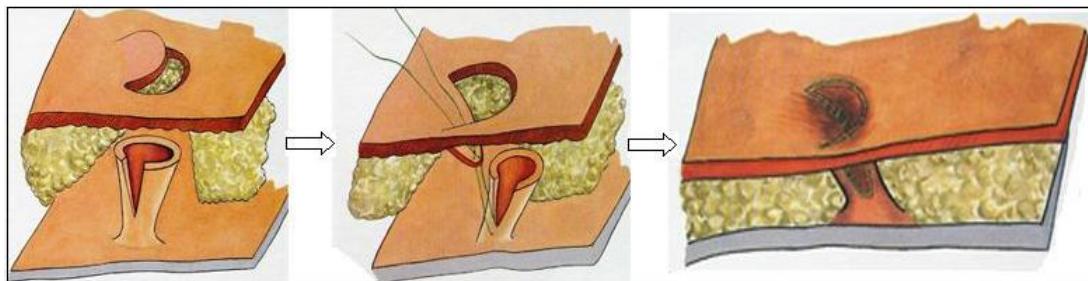
Para ter acesso à região supra-umbilical, é necessário que o cirurgião contorne a *cicatriz umbilical* (Fig. 2.9), caso contrário a mesma teria de ser removida e depois reconstruída.

Em um procedimento como este, em que o *campo de trabalho* é muito restrito, reconstruir a *cicatriz umbilical* sem gerar assimetrias é um procedimento muito complexo (Fig. 2.10). Logo, a *cicatriz umbilical* deve ser preservada.

Além de contorná-la, para esse tratamento necessita-se de uma grande área de trabalho, já que a distância entre a incisão e a região onde será realizada a *plicatura* é grande. A *incisão transversa* realizada na cesariana pode não ter a extensão suficiente para o acesso supra-umbilical, fazendo-se necessária a ampliação



**Figura 2.9:** *Campo de trabalho* do cirurgião quando não há remoção da *cicatriz umbilical*. À direita, detalhe da *cicatriz umbilical*(1)



**Figura 2.10:** Reconstrução da *Cicatriz Umbilical*: é feita uma incisão na pele em formato de "U" e a camada sub-cutânea é costurada à pele(1)

da incisão (Fig. 2.11).

A partir dos problemas apontados, é necessário que se faça uma análise do custo-benefício dessa intervenção. Quando o desconforto é meramente estético (caso da protuberância), o tratamento não é recomendado, pois o aumento da cicatriz da incisão supera a desvantagem da protuberância. Porém, quando a saúde e bom funcionamento fisiológico são ameaçados, o tratamento é recomendado, mas em alguns casos não é aceito pela paciente devido ao fator estético.

Na Fig. 2.12 é apresentada uma visão geral do problema com as possibilidades de acontecimento e ações tomadas. Assim, o foco deste projeto é solucionar as duas saídas marcadas como NOK.

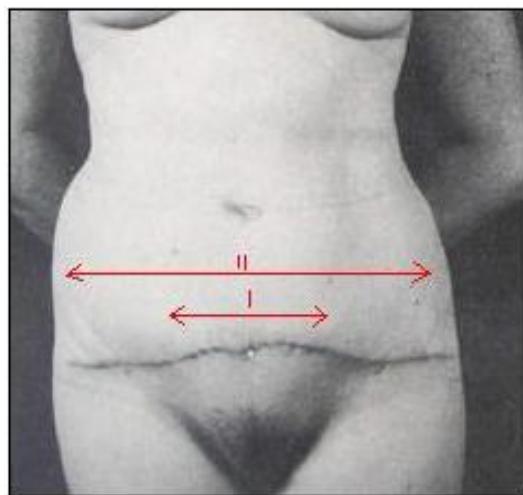


Figura 2.11: I - Cicatriz da Cesariana; II - Cicatriz Extendida(1)

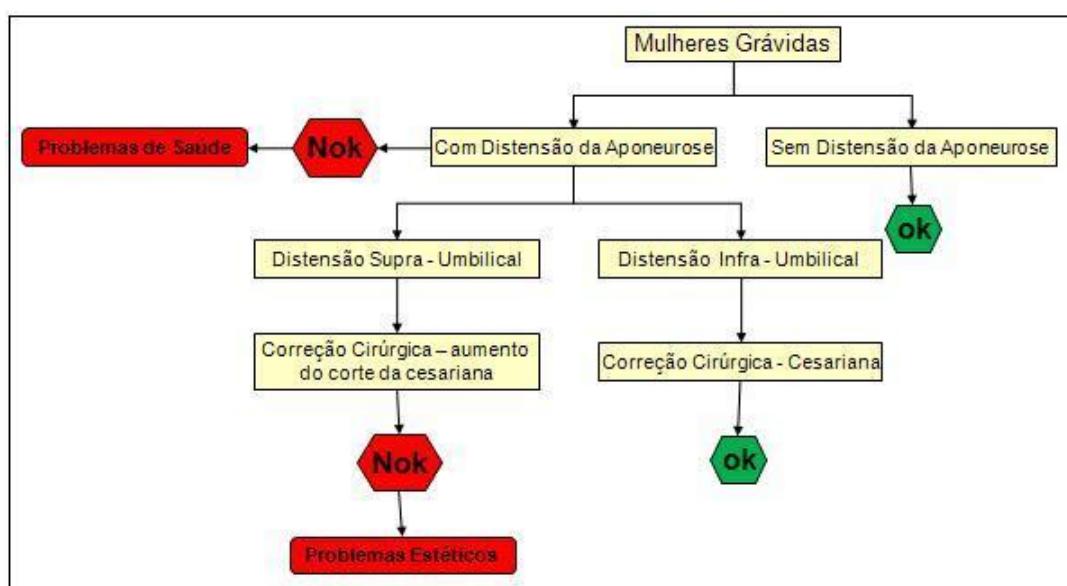


Figura 2.12: Diagrama Resumo do Problema

### 3    Objetivo

O objetivo deste projeto é desenvolver uma ferramenta para auxiliar uma técnica cirúrgica, a *plicatura* na região supra-umbilical para correção da distensão da *aponeurose*, sem aumento do corte da cesariana.

# 4 Soluções

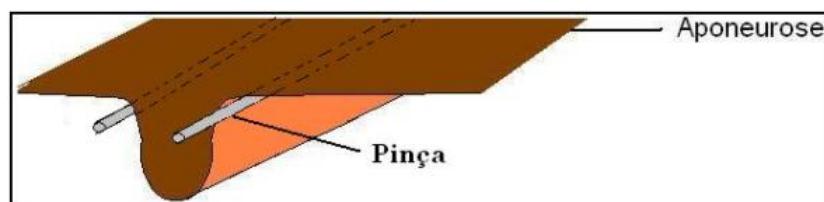
## 4.1 Grampeador

Uma das soluções encontradas para a resolução do problema foi utilizar uma espécie de grampeador. Para que seja possível utilizar esse dispositivo, é necessária, inicialmente, uma pinça de apoio para juntar a parte distendida da *aponeurose* que se deseja tracionar novamente (Fig. 4.1).

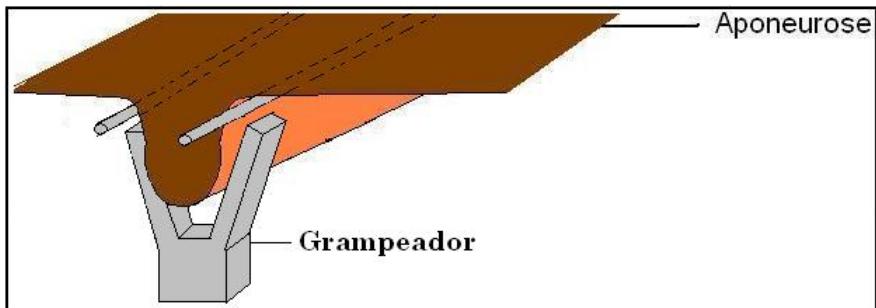
Seria utilizado, então, um grampeador em forma de Y, programado para colocar grampos com um espaçamento pré-estabelecido (Fig. 4.2). O mecanismo para tal finalidade não apresenta grande complexidade, pois realizaria movimentos repetitivos em seqüência sem mudanças de eixos e rotações. Porém, ao analisar o espaço físico disponível durante a cirurgia, verificou-se que não seria possível a sua implantação.

O acesso à região da *aponeurose* supra-umbilical não é fácil, pois a *cicatriz umbilical* não deve ser retirada. Desse modo, o equipamento utilizado teria que alcançar o ponto desejado pelas laterais (aumentando de maneira considerável as restrições de tamanho).

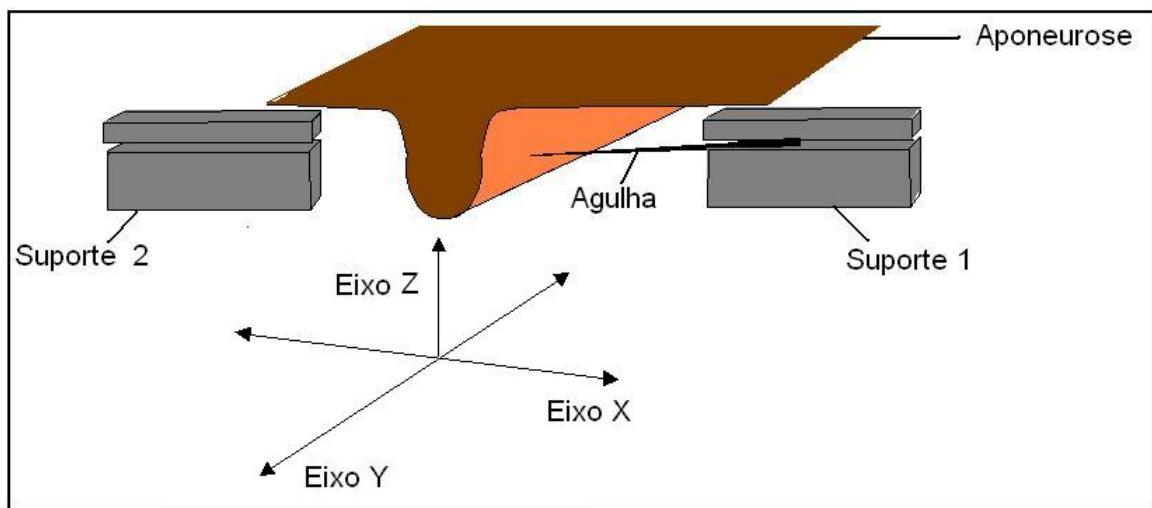
Além disso, a área de trabalho é extremamente restrita, visto que o espaço livre é apenas aquele obtido através do descolamento da pele já explicitado no item 2.5.



**Figura 4.1:** Pinça para juntar a parte distendida da *aponeurose*



**Figura 4.2:** Grampeador



**Figura 4.3:** Modelo de Costura Manual

## 4.2 Automatização de Costura Manual

Após análise da solução anterior, chegou-se à conclusão de que a melhor maneira para a correção do problema seria através de uma costura na *aponeurose* para esta voltar a realizar a pressão anteriormente exercida.

A idéia, nesse caso, é desenvolver um mecanismo que funcione como uma mão humana costurando. Para tanto, seria necessária novamente a utilização da pinça já descrita no Item 4.1.

O processo de costura apresenta os seguintes passos (Fig. 4.3):

1. Aproximar o Suporte 1 (com agulha) da *aponeurose* (eixo X);
2. Transpassar a *aponeurose* (eixo X);
3. Aproximar o Suporte 2 da *aponeurose* (eixo X);
4. Prender a agulha com o Suporte 2;

5. Soltar a agulha do Suporte 1;
6. Afastar a agulha da *aponeurose* com o Suporte 2 até que a agulha tenha passado por completo (eixo X);
7. Girar 180° a agulha (eixo Z);
8. Mover ambos os Suportes no eixo Y;
9. Aproximar a agulha da *aponeurose* com o Suporte 2 (eixo X);
10. Repetir o processo.

Como é possível notar, há muita complexidade de movimentos: rotações e translações horizontais (movimentação dos suportes) e verticais (soltar e prender a agulha nos suportes). Além disso, é necessário grande torque para permitir a perfuração da *aponeurose*.

Outro grande empecilho deste método é a transmissão de movimento. Como há necessidade de contornar a *cicatriz umbilical* e não é possível colocar motores no interior da paciente, o processo torna-se muito complexo e de grande imprecisão.

### 4.3 Máquina de costura

Devido à complexidade encontrada no método 4.2, uma alternativa encontrada para a solução desse problema foi a utilização do mecanismo de uma máquina de costura.

Dessa forma, não há a necessidade do giro da agulha. Uma parte dela, contendo a linha de sutura, atravessa o tecido a ser costurado. Do outro lado da *aponeurose*, um outro mecanismo conclui o movimento prendendo o fio. Existem dois possíveis métodos, um com uma e outro com duas linhas. Em ambos os casos, pode-se utilizar apenas um eixo, o que facilita a execução do projeto.

# 5 Análise das Melhores Soluções

Devido aos prós e contras descritos, a última solução foi considerada a melhor para o desenvolvimento do projeto.

Existem, atualmente, diversos tipos de mecanismos de costura *Loop Stitch*, cada um funcionando de uma maneira diferente. Serão analisados dois deles: *Chain Stitch* e *Lock Stitch*.

Para qualquer um desses casos, deve-se utilizar um tipo de agulha especial, que possui um sulco em sua ponta (Fig. 5.1). Dessa forma, a agulha penetra no tecido e, ao sair, forma um *loop* (um pequeno laço) do outro lado (Fig. 5.2).

## 5.1 Método *Chain Stitch*

Este é o método mais simples, que utiliza apenas um fio para a costura. A parte inferior da agulha atravessa o tecido, e no seu retorno forma um *loop*. Imediatamente após isso, um gancho fixado na parte inferior da máquina de costura o segura. Em seguida, a agulha volta para cima até sair do tecido.

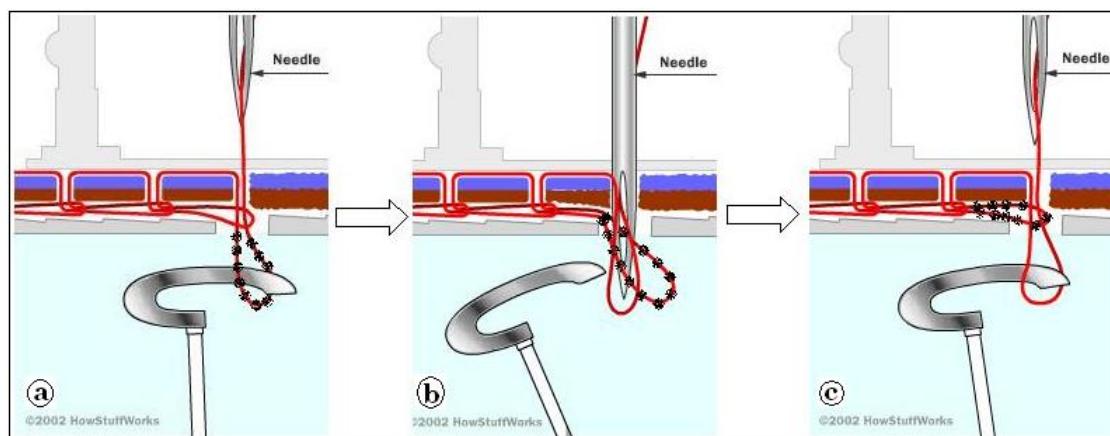
O tecido então é movido e a agulha desce novamente. Nesse momento, o



**Figura 5.1:** Agulha com Sulco(5)



**Figura 5.2:** À esquerda, agulha penetrando no tecido. À direita, agulha saindo e deixando o *loop* de linha(5)



**Figura 5.3:** Mecanismo *Chain Stitch*: a) Agulha forma *loop* ao sair do tecido. b) Gancho recua: *Loop* dentro do *loop* anterior. c) Gancho prende o novo *loop* e tecido se move(6)

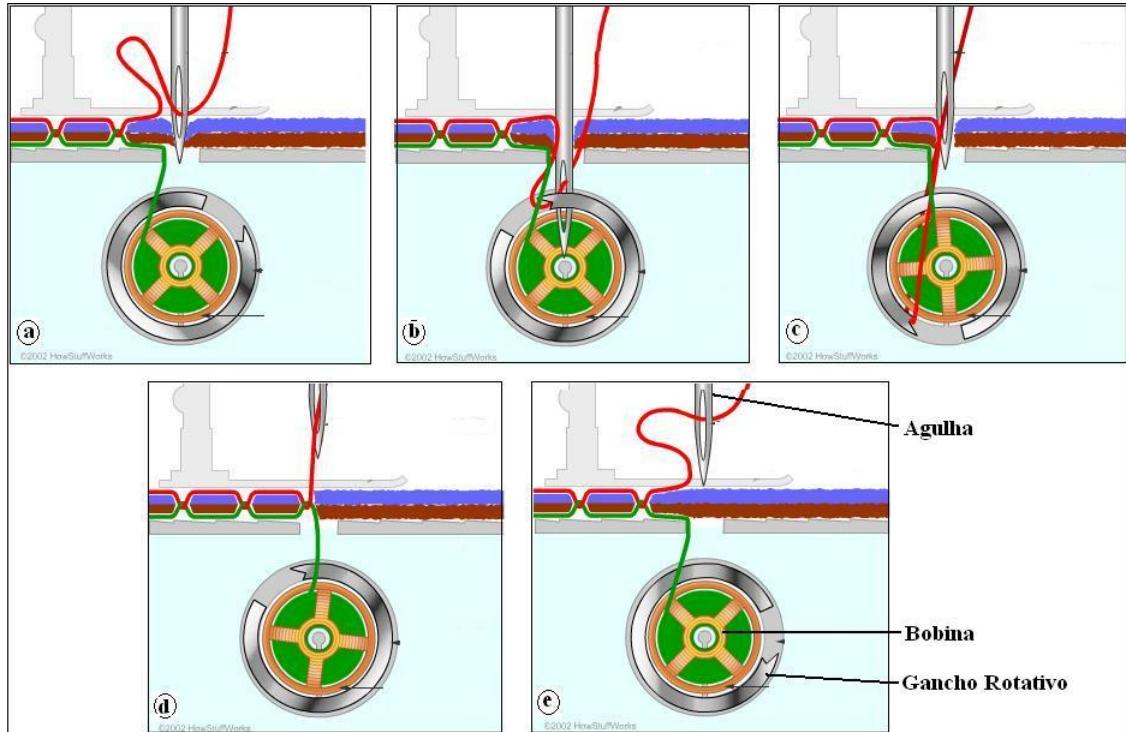
gancho recua e a agulha deixa o novo *loop* exatamente dentro do anterior. Desse modo a linha vai se entrelaçando e formando a costura (7)(Fig. 5.3).

Esse procedimento se repete sucessivas vezes até que a costura atinja o ponto desejado.

A desvantagem deste método é a facilidade com que o ponto se desfaz. A primeira forma disso acontecer é quando a linha se rompe, onde toda a costura é desfeita, já que se trata de um movimento contínuo. O segundo caso acontece se dois pontos são dados muito próximos um do outro e a região entre os dois se dilacera. Isto gera perda de tração no ponto.

A principal vantagem dessa técnica é sua rapidez e simplicidade. Porém, devido à facilidade com que pode ser desfeito, não é muito utilizada.

Uma alternativa para contornar esses problemas é não usar sutura contínua.



**Figura 5.4:** *Lock Stitch*. a) Agulha penetra no tecido e forma *loop*. b) e c) Gancho rotativo prende a linha da agulha e passa em volta da bobina. d) Ponto é apertado. e) O tecido é movido(6)

..

A cada dois ou três pontos, o cirurgião interrompe o procedimento e aplica um nó. O contra-ponto é o aumento do tempo de operação.

## 5.2 Método *Lock Stitch*

Este é o método utilizado pela maioria das máquinas de costura. O seu funcionamento consiste um gancho rotativo com uma bobina (carretel de linha) no meio, ambos embaixo do tecido. Esse gancho age de forma conjunta com a agulha, entrelaçando o seu fio com o da agulha. Ele se move em sincronia com o motor que move a agulha para cima e para baixo.

Há quatro passos básicos durante o seu funcionamento (Fig. 5.4).

Da mesma forma que o tipo *Chain Stitch*, a parte inferior da agulha atravessa o tecido e forma o *loop*. O gancho rotativo, então, segura-o e o faz passar em volta da bobina, entrelaçando assim as duas linhas.

Enquanto o gancho dá uma volta completa, a agulha vai subindo. Desse modo, o ponto é apertado. Ao término do movimento o tecido é movido.

Este procedimento ocorre seguidas vezes.

Nesse tipo de costura, tem-se a vantagem de que os pontos não se desfazem com tanta facilidade quanto os do primeiro método. Porém o mecanismo para o seu funcionamento é mais complexo e requer um espaço físico maior.

# 6 O Projeto

## 6.1 Definição da Melhor Solução

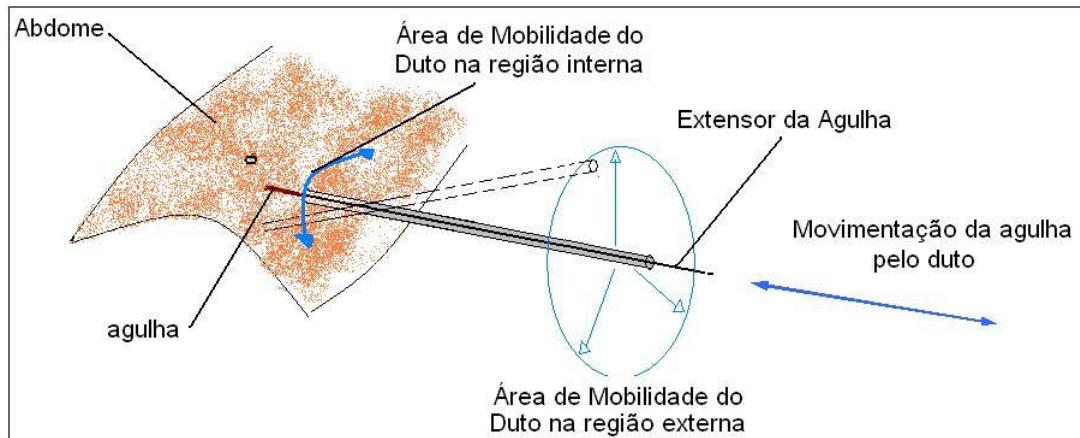
### 6.1.1 Parte Comum entre Soluções

A partir do estudo realizado, foram descartadas as alternativas de grampeador e costura manual pelos motivos já apresentados nos Itens 4.1 e 4.2.

Primeiramente, deve ser notado que em ambos os métodos em análise (*Chain Stitch* e *Lock Stitch*), são utilizados os mesmos mecanismos e técnicas para movimentação da agulha e perfuração do tecido. O que os difere é apenas o modo como é presa a linha após a agulha perfurar o tecido e formar o *loop*, no outro lado.

Visando manter o objetivo principal do projeto, de não aumentar a cicatriz da cesariana, será utilizada uma técnica de endoscopia para movimentar a agulha durante a realização da *plicatura* (Fig. 6.1).

Será feita uma pequena incisão na região abdominal que dará acesso a um tubo rígido, que servirá de duto para passagem e locomoção da agulha. A partir da incisão, o tubo terá movimentação de rotação ao redor do ponto da pele em



**Figura 6.1:** Método para movimentação da agulha

que foi feita a intervenção, dando assim alcance para a agulha percorrer toda a região abdominal.

Como essa incisão a ser realizada para a movimentação da agulha é extremamente pequena (aproximadamente 2 mm de diâmetro), a paciente não sofrerá nenhuma alteração estética na região.

A agulha será movimentada por um extensor que passará pelo tubo. Através dele, a mesma poderá avançar ou recuar em direção ao corpo pelo movimento concorrente ao duto.

Ao movimentar o duto por sua área de mobilidade na região externa, a agulha é consequentemente movida dentro do corpo na área de mobilidade na região interna. A área da última é menor que a externa devido às proporções dos braços externo e interno. Isto faz com que o posicionamento da agulha seja preciso.

Há também outro mecanismo comum aos dois métodos: a pinça. Esta prenderá a *aponeurose* para execução da *plicatura*, independentemente de qual método for escolhido. Atualmente já existem diversos tipos de pinças (principalmente na área de cirurgia gastro-intestinal), e é possível utilizá-las sem problemas, mesmo tendo a *cicatriz umbilical* interferindo no *campo de trabalho*.

A *incisão transversa* da cesariana será utilizada para efetuar o descolamento da pele (técnica já dominada pelos cirurgiões da área), para inserção de uma câmera (para acompanhamento do cirurgião) e para inserir a pinça.

Assim como já mencionado, os métodos em questão apresentam duas partes: a inserção da agulha e o método como a linha é presa. A agulha intervirá por meio de uma incisão endoscópica, o método para prender a linha terá de ser colocado pela *incisão transversa*.

### 6.1.2 Parte Divergente entre Soluções

Alguns pontos divergentes entre as duas soluções apresentadas foram analisados em conjunto com o médico que está auxiliando o projeto.

Julgou-se necessária a opinião de um especialista na área de cirurgia, pois, apesar dos estudos de engenharia apresentarem um grande leque de possibilidades, é necessário avaliar também a melhor solução aplicada à realidade médica.

Os temas abordados excluiriam imediatamente uma das soluções.

**Tabela 6.1:** Problemas Discutidos com o Cirurgião

<b>Problema</b>	<b>Fator limitante para um dos métodos</b>
Espaço efetivo dentro da cavidade abdominal após afastamento da pele	Se não houver espaço suficiente para o equipamento utilizado no método Lock Stitch, este deverá ser descartado.
Força do ponto	Pode-se desconsiderar o método Chain Stitch caso o seu ponto não seja suficientemente resistente.
Segurança para a paciente	Se um dos métodos não apresentar as devidas condições de segurança exigidas pelo ética médica, não será utilizado.
Redução do tempo de operação	Caso não seja recomendado que a paciente fique um tempo maior na mesa de cirurgia, o método mais lento será descartado.
Resistência da linha de sutura utilizada em procedimentos cirúrgicos	Se um dos métodos influenciar a resistência da linha de sutura, tanto durante como após a cirurgia, não poderá ser implementado.

### 6.1.3 Processo de Escolha

Após discussão dos pontos levantados no item 6.1.2 e de acordo com a visão de engenharia acoplada à prática na medicina, tomou-se a decisão da solução que seria implementada.

Ambas as propostas (métodos *Chain Stitch* e *Lock Stitch*) foram bem aceitas pelo cirurgião e seriam capazes de solucionar o problema da *plicatura* de forma bem sucedida. Nenhum dos pontos levantados inviabilizou as alternativas quando vistas do ponto de vista médico.

Analizando-as sob a ótica da engenharia, três fatores foram considerados para a decisão: qualidade da sutura, tamanho e simplicidade da solução.

No primeiro aspecto, a única diferença relevante entre o produto final de cada uma delas era a tensão suportada pelo ponto. Porém, para a sua aplicação na medicina, este fato não era de tanta relevância já que a sutura mais suscetível à tração (método *Chain Stitch*) já era suficiente para sua utilidade na *plicatura* da *aponeurose*. Isso se deve ao fato dos pontos não estarem expostos ao meio ambiente, diminuindo assim consideravelmente as possíveis causas de uma ruptura.

Como em termos de qualidade as duas soluções eram possíveis, os outros dois quesitos foram analisados, tamanho e simplicidade, para que a decisão final fosse tomada. Em ambos, o método *Chain Stitch* se sobressaiu.

Seu tamanho é menor e, consequentemente, é um método menos invasivo. Apesar da boa qualidade e tamanho reduzido, o principal fator para a escolha foi a simplicidade. Por se tratar de um projeto de alta complexidade, quanto maior a simplicidade das soluções, melhor.

Logo, de acordo com os quesitos analisados, a proposta final a ser desenvolvida será a do método *Chain Stitch*.

# 7 O Modelo

Antes da elaboração do protótipo final, foi desenvolvido um modelo simplificado (Fig. 7.1) para realização de simulações a fim de se testar a técnica escolhida. Dessa forma, foi possível uma melhor avaliação das dificuldades que seriam encontradas na execução do projeto.

## 7.1 Descrição dos Materiais

Para simular o campo disponível para trabalho (região abdominal) foi utilizada uma caixa de papelão e para representar a *aponeurose*, uma espuma de pincel (Fig. 7.2). Por se tratar de um mero modelo, não foram seguidas à risca proporções e composição de materiais.

O principal objetivo dessa montagem era a análise da complexidade dos movimentos a serem executados pelo protótipo. Apesar das simplificações realizadas, foi possível essa avaliação.

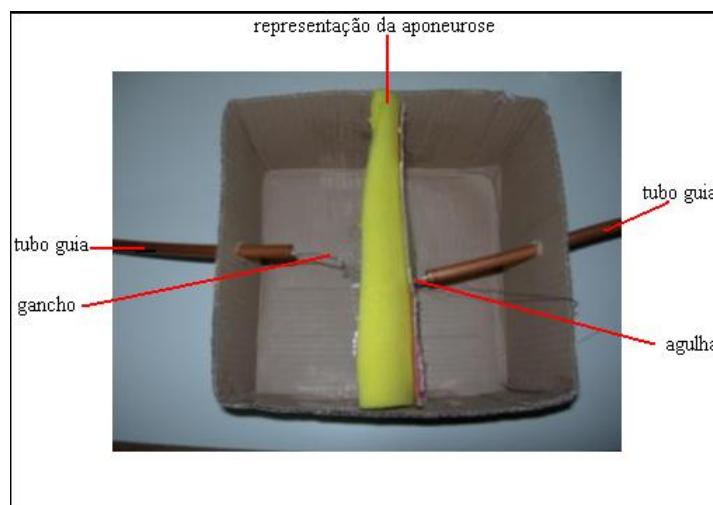
Os tubos guia da agulha e do gancho são feitos de cobre e possuem diâmetro interno de 7 mm e comprimento de 300 mm. Os cabos extensores para movimentação da agulha e do gancho possuem 2 mm de diâmetro (Fig. 7.3).

Tanto a agulha com sulco (comprada em loja especializada) quanto o gancho (feito a partir de um clips) foram soldados na ponta dos cabos extensores (Fig. 7.4) para que pudesse ser movimentados.

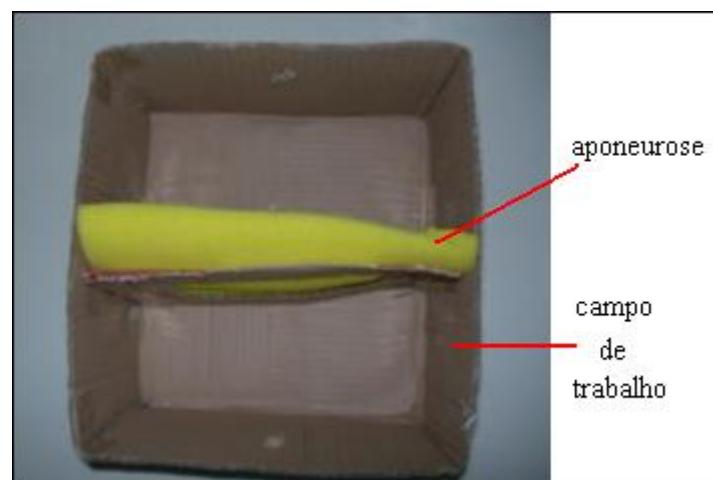
Foi utilizada uma linha comum de costura para realização dos ensaios. Foi escolhida uma cor em que se pudesse visualizar facilmente o processo da sutura.

## 7.2 Análise do Desempenho

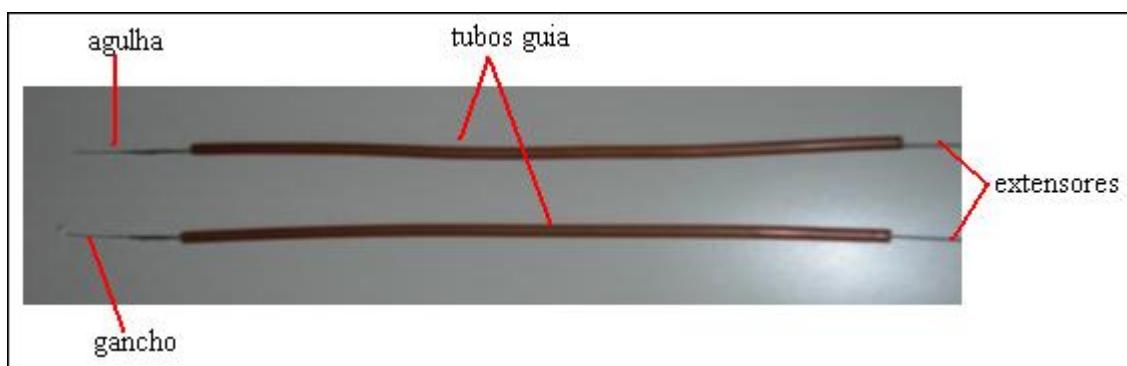
Ao analisar o desempenho do modelo foi detectado que o método apresentava maior complexidade que o previsto. Não só foi notada a imprescindível necessidade de precisão no alinhamento, como também a dificuldade em sincronizar o



**Figura 7.1:** Modelo para Análise



**Figura 7.2:** Campo de Trabalho



**Figura 7.3:** Tubos Guia e Extensores



**Figura 7.4:** Gancho e Agulha



**Figura 7.5:** Funcionamento do Modelo

movimento do gancho com a agulha (Fig. 7.5).

Uma das principais dificuldades encontradas foi o fato de a linha não formar um *loop* perfeito, o que torna mais difícil a passagem do gancho. Aliado a este fato, o *loop* não é formado sempre no mesmo local, o que dificultaria a automatização do processo, que requer bastante sincronismo entre linha, gancho e agulha.

Foi notado também que, devido ao diâmetro do extensor ser menor que a metade do diâmetro interno do tubo guia, a movimentação se tornou extremamente imprecisa. Da maneira como o modelo foi construído, os extensores, além de executarem o movimento estabelecido pelo operador, também se movimentavam de modo não previsível no interior dos tubos guia. Esse fato prejudicou bastante a execução do movimento como um todo.

Apesar das dificuldades enfrentadas com o modelo desenvolvido, o resultado obtido foi satisfatório (Fig. 7.6).



**Figura 7.6:** Resultado



**Figura 7.7:** Enchimento

### 7.3 Aprimoramentos no Modelo

Como um dos principais focos de imprecisão era a movimentação no interior do extensor, foi colocado um enchimento de forma a reduzi-la no sentido radial do tubo (Fig. 7.7). Essa iniciativa já facilitou bastante o processo, dando maior precisão para o movimento do gancho e da agulha.

Além disso, foram colocados dois calços feitos do mesmo material do campo disponível para trabalho (um de cada lado) para limitar o movimento dos tubos na direção vertical (Fig. 7.8). Desse modo, os pontos são dados sempre na mesma altura. Restringiu-se assim a mobilidade vertical do gancho e da agulha, auxiliando dessa maneira a captura do *loop* e facilitando significativamente a execução do movimento (Fig. 7.9).

A linha de costura foi substituída por uma de nylon (material utilizado na maioria das cirurgias) para uniformizar a formação do *loop* na volta da agulha



**Figura 7.8:** Calço



**Figura 7.9:** Captura do Gancho



Figura 7.10: Loop

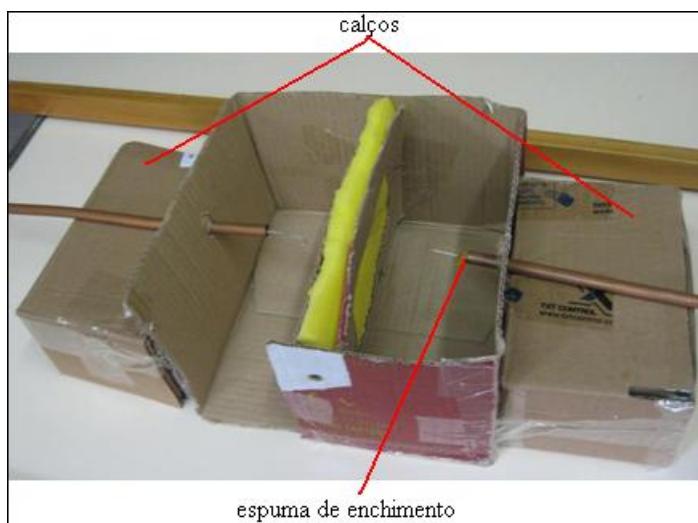


Figura 7.11: Modelo com Alterações

(Fig. 7.10). Com essa substituição, foi mais fácil capturar o *loop* com o gancho.

O modelo com as alterações descritas acima pode ser observado na Fig. 7.11.

Com as alterações realizadas no modelo, o tempo de execução da sutura foi reduzido consideravelmente. O método foi simplificado e os resultados se mantiveram.

## 7.4 Simplificação do Modelo

Constatou-se que o modelo desenvolvido conseguia atingir o seu objetivo de forma aceitável. Porém, para a sua automatização, seria necessária uma sincronia bastante precisa entre os movimentos executados pela agulha, o gancho e a linha de sutura.



**Figura 7.12:** Agulha com Sulco



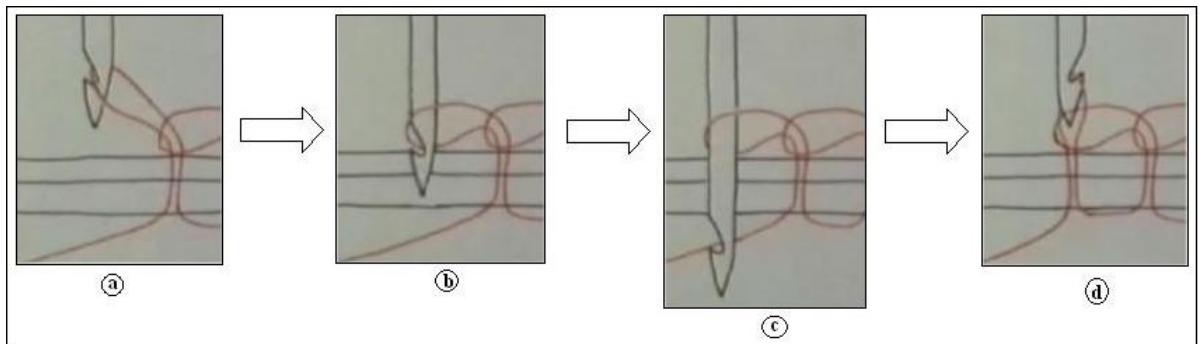
**Figura 7.13:** Posicionamento da Linha

Foi avaliado então, um método simplificado de *Chain Stitch*, utilizado nos primórdios da automação de costura, que utiliza um tipo específico de agulha (de crochê tunisiano) (Fig. 7.12) e que torna dispensável a utilização do gancho.

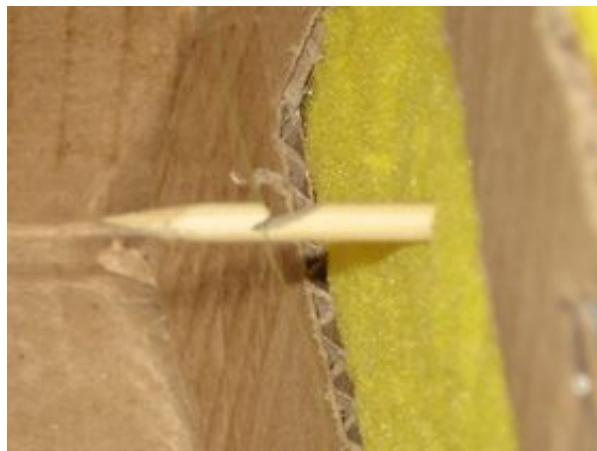
Com essa simplificação, a linha fica somente presa (do lado oposto ao da agulha) de modo que consiga ser capturada pela agulha sem dificuldades (Fig. 7.13).

Neste método, a agulha perfura a superfície, deixando a linha no lado de cima do material a ser costurado. Ao fazer esse movimento a linha fica em torno da agulha como um laço.

Na parte inferior, a agulha engancha o fio e rotaciona 180°, para que na volta seu sulco não puxe a linha no lado superior. Dessa forma, a agulha, ao voltar, faz com que o fio de baixo passe no meio do laço formado anteriormente ao seu redor.



**Figura 7.14:** *Chain Stich* Simplificado: a) Agulha sobre o tecido com a linha enganchada. b) Agulha penetra no tecido. c) Agulha pega a linha na parte inferior. d) Agulha sobe rotacionando 180°.



**Figura 7.15:** Bambu Usinado

Logo depois, a agulha se locomove para o próximo ponto (Fig. 7.14).

As agulhas já prontas encontradas no mercado apresentavam diâmetros muito superiores ao desejado e a sua ponta não era afiada o suficiente para que se pudesse perfurar qualquer tipo de material. Utilizou-se então uma vareta de bambu com a ponta usinada (Fig. 7.15) de modo a deixá-la com um sulco para conseguir enganchar a linha e fazê-la passar para o outro lado do tecido.

O modelo montado anteriormente foi apenas adaptado para atender às novas especificações do projeto (Fig. 7.16). Foi constatado que para uma eficiente costura, é necessário que a agulha recue 10 mm da superfície a ser costurada (para garantir que a linha forme o *loop*) e que a mesma avance 20 mm após perfurar a superfície (para garantir que vá de encontro com a linha).

Nesse método o resultado obtido foi também bastante satisfatório (Fig. 7.17), mas com movimentos muito mais simplificados.



**Figura 7.16:** Modelo Simplificado



**Figura 7.17:** Resultado Final

# 8 O Protótipo

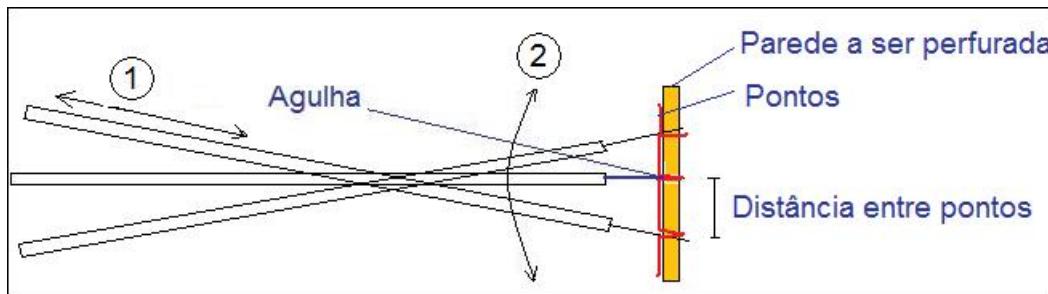
A partir da definição de qual o método a ser implementado no projeto, teve início a fase de elaboração dos mecanismos a serem utilizados para a execução dos movimentos.

## 8.1 Visão Geral

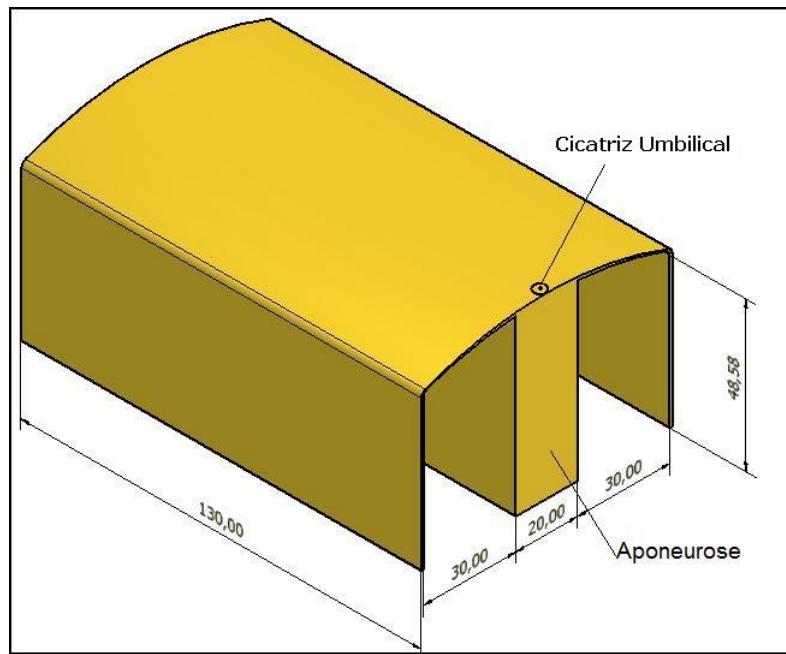
Em conjunto com o professor orientador, foram definidos os mecanismos que seriam utilizados no protótipo para que fosse possível a realização de todos os movimentos necessários para o funcionamento do método.

Conforme explicitado anteriormente, com as simplificações inseridas no projeto, a complexidade dos movimentos envolvidos no processo diminui significativamente, e da mesma maneira os mecanismos envolvidos.

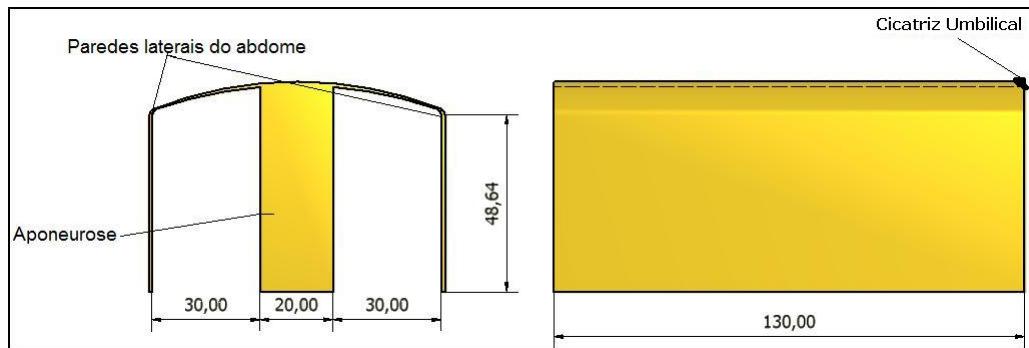
O equipamento pode ser separado em duas grandes partes: a Movimentação da agulha e Rotação do braço da agulha. A primeira é responsável pela execução dos pontos, a segunda pelo distanciamento entre eles (Fig. 8.1). Cada uma das partes é acionada por diferentes motores.



**Figura 8.1:** Mecanismo em Duas Partes. Parte 1: Movimentação da Agulha. Parte 2: Rotação do Braço.



**Figura 8.2:** *Campo de Trabalho - Perspectiva*



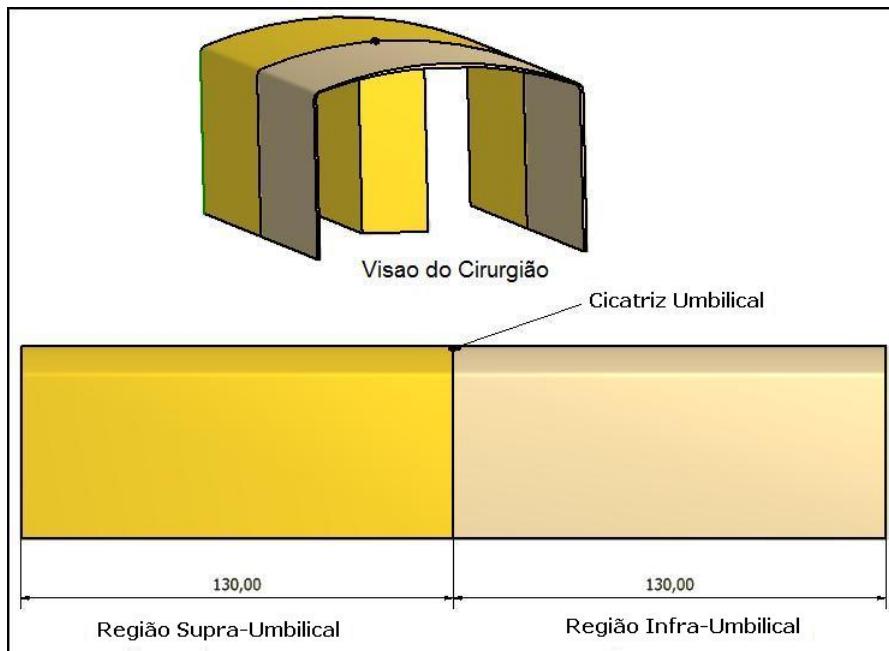
**Figura 8.3:** *Campo de Trabalho - Dimensões*

## 8.2 Dados Iniciais

Serão apresentadas a seguir as dimensões disponíveis para a atuação do equipamento (dados obtidos com o cirurgião). Essas são as informações que não se pode alterar, pois têm relação com a anatomia humana.

### 8.2.1 *Campo de Trabalho*

As condições iniciais do projeto são todas baseadas no corpo humano. As distâncias a serem percorridas pela agulha são diretamente dependentes das dimensões do corpo humano e, para obtenção de um cenário mais realista, o cirurgião foi consultado para informar as distâncias, espessuras e comprimentos do *campo de trabalho* após o descolamento e afastamento da pele (Fig. 8.2 e Fig. 8.3).



**Figura 8.4:** Visão do Cirurgião

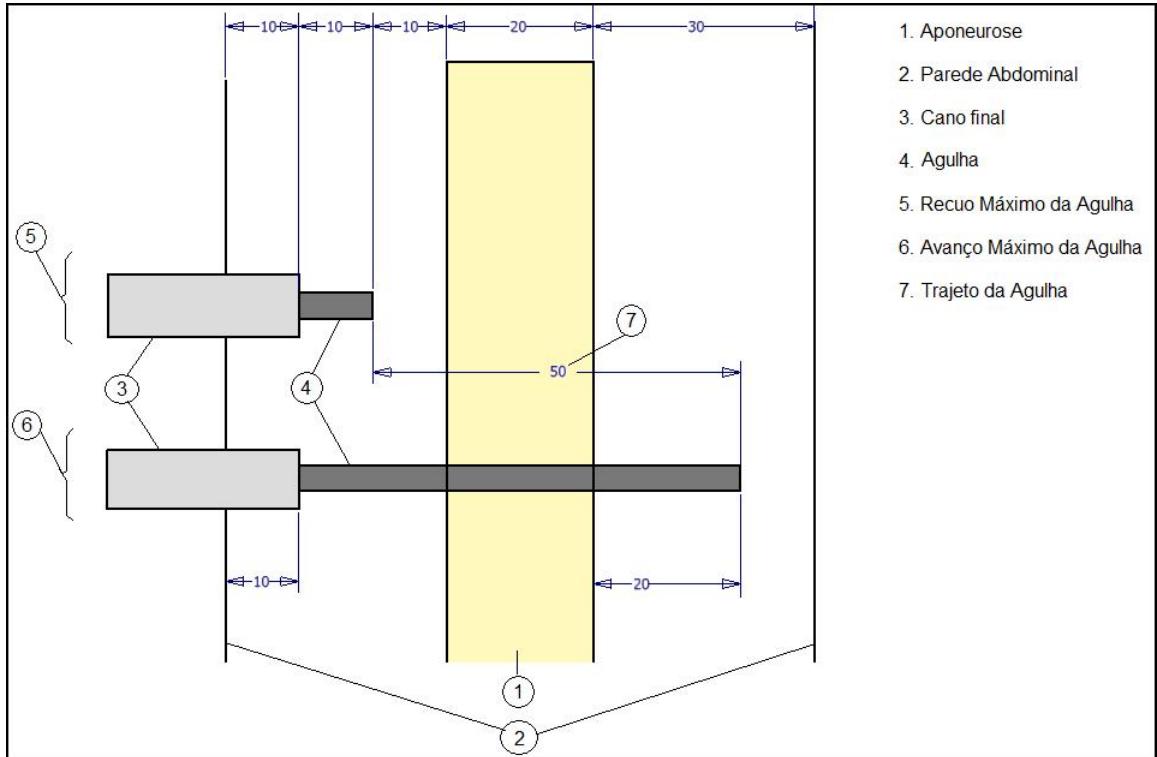
O  em questão trata apenas da região supra-umbilical, a visão do cirurgião é mais completa e complexa, como pode ser visto na Fig. 8.4.

### 8.2.2 Parte 1 - Movimentação da Agulha

Para não haver o risco do equipamento escapar da parede abdominal durante o processo, será imposto que 10 mm do Cilindro de Fixação (por onde a agulha será guiada no interior da cavidade abdominal) deverão estar no interior do abdome da paciente. De acordo com o modelo teste (Item 7.4), foi constatado que para o bom funcionamento da costura, a agulha deve percorrer um trajeto de 50 mm (recurso de 10 mm antes da perfuração da aponeurose e avanço de 20 mm após). Logo, o cenário do equipamento no interior do corpo pode ser visto na Fig. 8.5.

Pode-se então, tirar as primeiras especificações de projeto a partir desse esquema:

- (1) Cilindro de Fixação: 10 mm no interior da cavidade abdominal;
- (2) Trajeto da agulha: 50 mm;
- (3) Na posição recuada, a agulha deve estar 20 mm para dentro da cavidade abdominal (10 mm dentro do Cilindro de Fixação e 10 mm para fora).



**Figura 8.5:** Cenário do Equipamento no Interior do Corpo

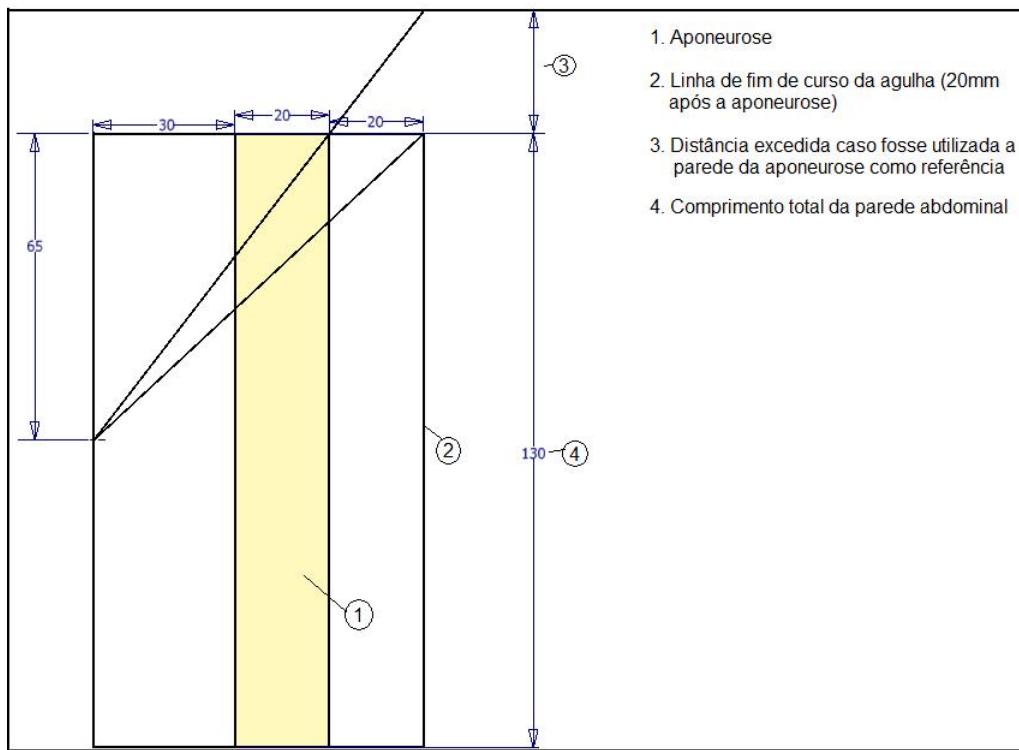
### 8.2.3 Parte 2 - Rotação do Braço

A rotação do braço deve ser tal que faça a agulha percorrer toda a área a ser costurada. Não se pode considerar a superfície da *aponeurose* como base para os cálculos relativos à distância a ser percorrida, devido ao fato da agulha avançar 20 mm após a *aponeurose*. Dessa forma, pequenas porções do início e do final do tecido não serão suturadas, mas caso contrário, a agulha excederia as regiões limítrofes do *campo de trabalho* (Fig. 8.6).

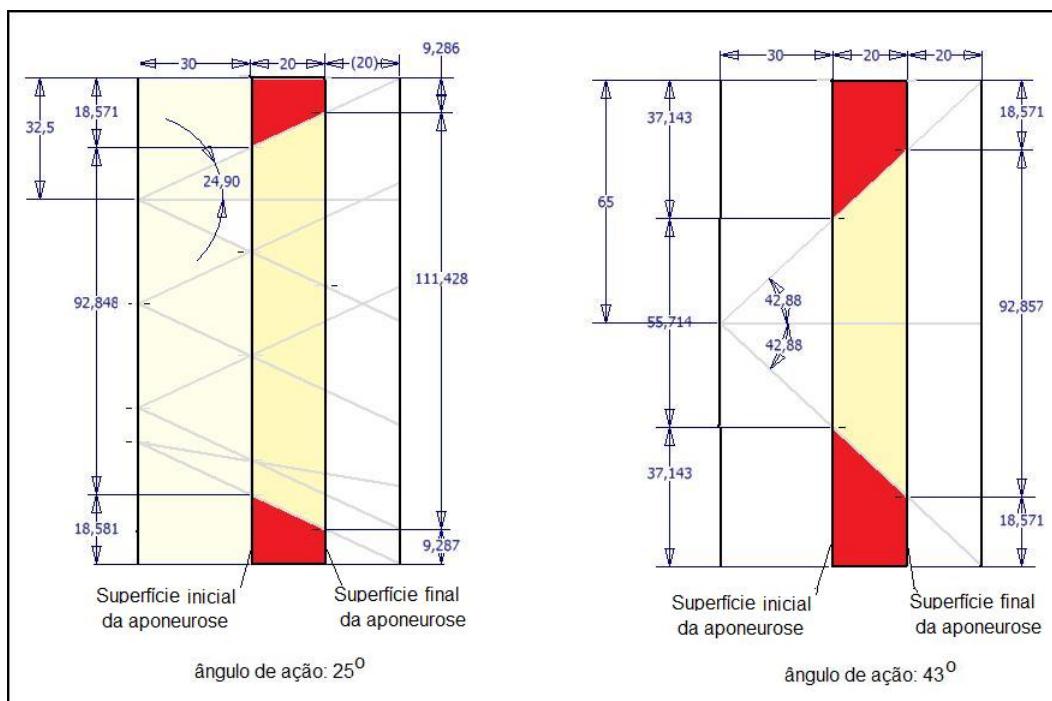
Caso todo o comprimento a ser costurado fosse percorrido em uma só passagem, o ângulo de ação da agulha seria de 43°. Neste cenário, 43 por cento da superfície inicial da aponeurose (lado mais próximo da agulha) e 71 por cento da superfície final (lado mais afastado da agulha) estariam costuradas.

Já, se o comprimento a ser costurado fosse percorrido em mais de uma passagem, supondo um ângulo de ação de 25° (comprimento de cada passagem seria de 65 mm, ao invés de 130 mm), 71 por cento da superfície inicial da aponeurose e 86 por cento da superfície final estariam costuradas (Fig. 8.7).

Logo, pode-se notar que é mais vantajoso fazer um maior número de passagens com um menor ângulo de ação, pois a região suturada será maior. Além disso, em alguns locais, as suturas são sobrepostas, e pelos dois motivos explicitados, a



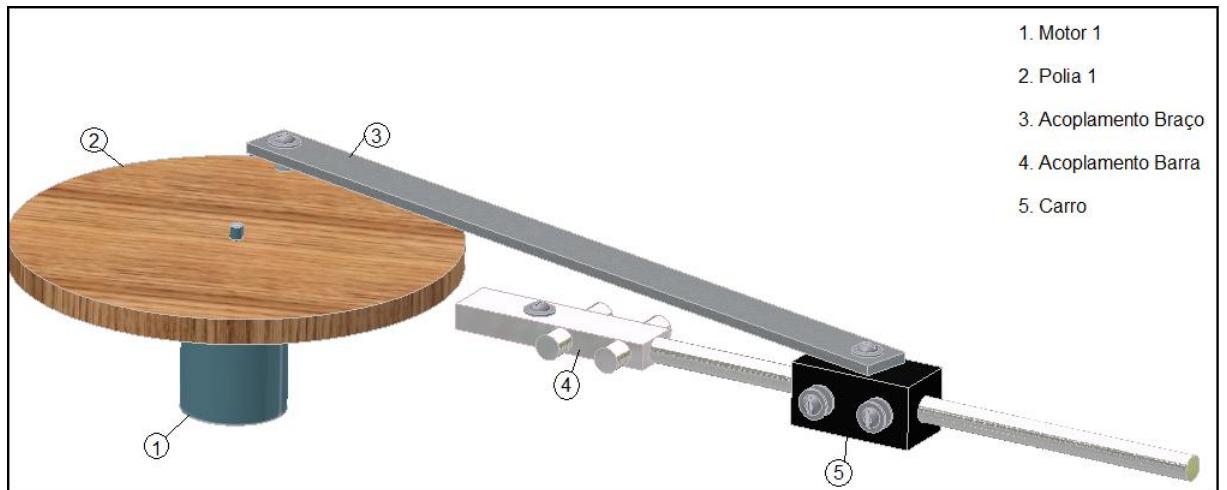
**Figura 8.6:** Linha-Base para Cálculo da Rotação



**Figura 8.7:** Ângulos de Ação

**Tabela 8.1:** Dimensões para o Protótipo

Dimensão	Real	Protótipo
Aponeurose	20 mm	60 mm
Trajetória da agulha	50 mm	150 mm
Comprimento total	130 mm	390 mm
Ângulo de ação	25°	25°
Distância entre pontos	5 mm	15 mm

**Figura 8.8:** Nomenclatura Biela-Manivela

costura é mais eficiente.

#### 8.2.4 Dimensões do Protótipo

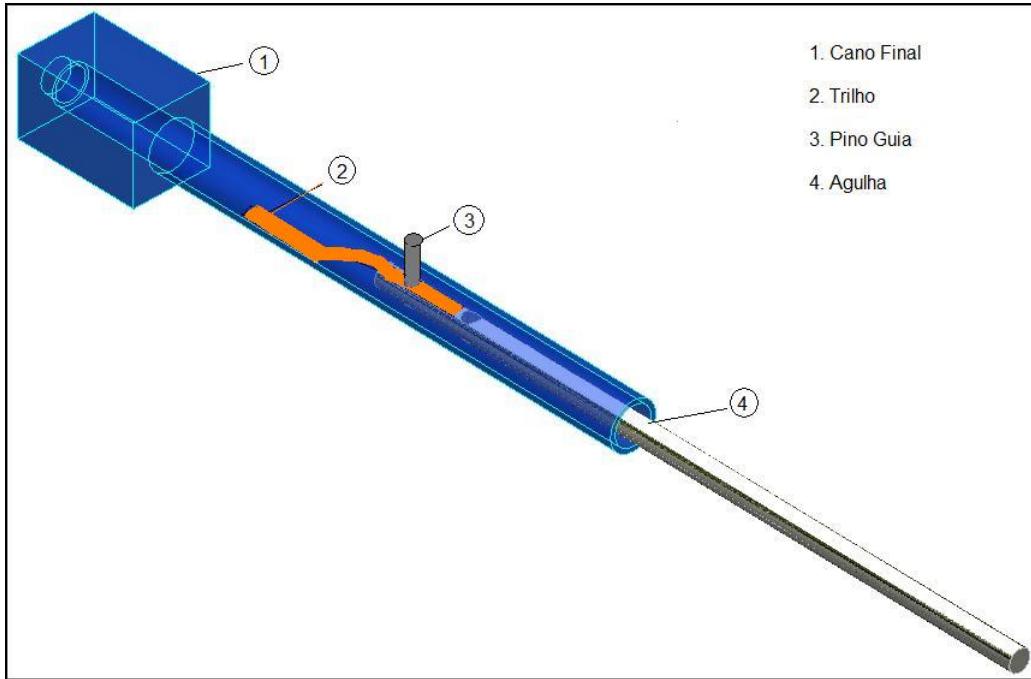
Para melhor análise do mecanismo, o protótipo terá dimensões três vezes maiores que a realidade. Logo, pode-se observá-las na Tab. 8.1.

### 8.3 Descrição dos Mecanismos

#### 8.3.1 Parte 1 - Movimentação da Agulha

A movimentação da agulha é cíclica, pois a cada ponto deve ser feita a aproximação e o afastamento. Para essa execução será utilizado o mecanismo de biela-manivela. Serão atribuídos os seguintes nomes às peças: Motor 1, Polia 1, Acoplamento Barra, Carro e Acoplamento Braço (Fig. 8.8).

A agulha necessitará do grau de liberdade de rotação em torno de seu próprio eixo para poder executar o movimento da costura. Para tanto, esta passará por



**Figura 8.9:** Agulha e Guia

dentro de um cilindro que possui uma guia na forma de um rasgo, que determina esse movimento de rotação. Da agulha sairá um pino que será encaixado na guia deste cilindro, e desta forma, ao movimentar-se (vai e vem), a mesma rotacionará de acordo com a trajetória da guia, como pode ser visto na Fig. 8.9.

O carro possui apenas um grau de liberdade (biela-manivela), enquanto a agulha possui dois (o gerado pela biela-manivela e a rotação em torno do próprio eixo). Para que isso se torne possível, é necessário unir o carro à agulha através de uma junta rotativa.

A junta rotativa consiste em um pino que apóia a cabeça do eixo onde a agulha será presa (Fig. 8.10), impedindo seu movimento transversal e permitindo sua rotação no seu próprio eixo. A agulha é presa ao eixo com auxílio de uma camisa e dois pinos (Fig. 8.11).

Unindo a biela-manivela à junta rotativa (prendendo por barras fixas o Carro ao Acoplamento), tem-se por completo a primeira parte do mecanismo de costura (Fig. 8.12).

### 8.3.2 Parte 2 - Rotação do Braço

Para realizar a rotação do braço, será utilizado um quadrilátero articulado. Desta forma, o movimento de rotação de uma polia pode mover o braço no ângulo desejado (Fig. 8.13).

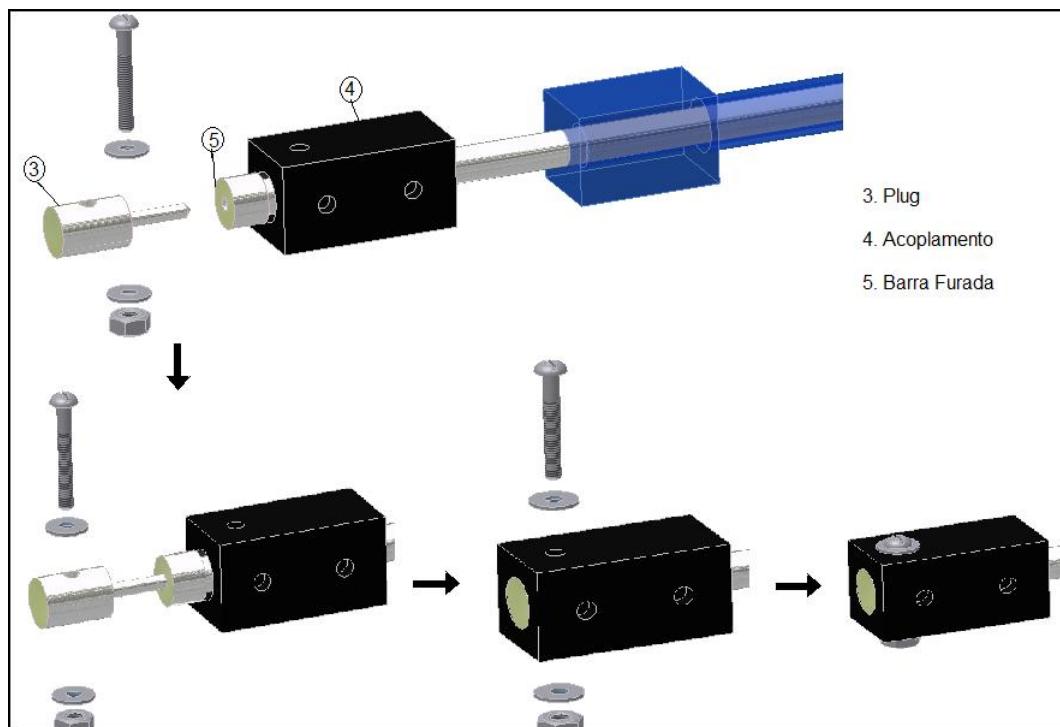


Figura 8.10: Junta Rotativa Explodida

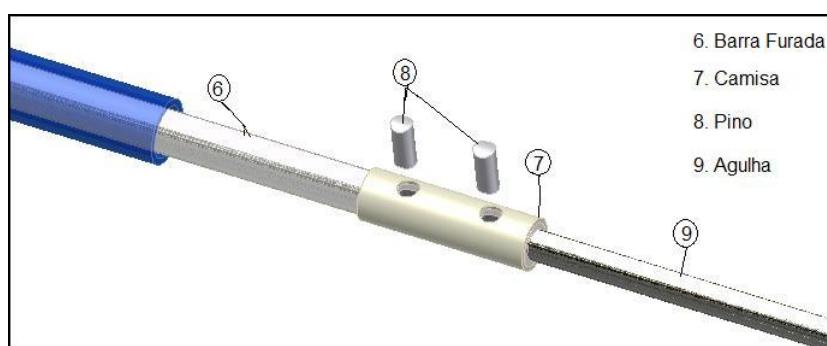
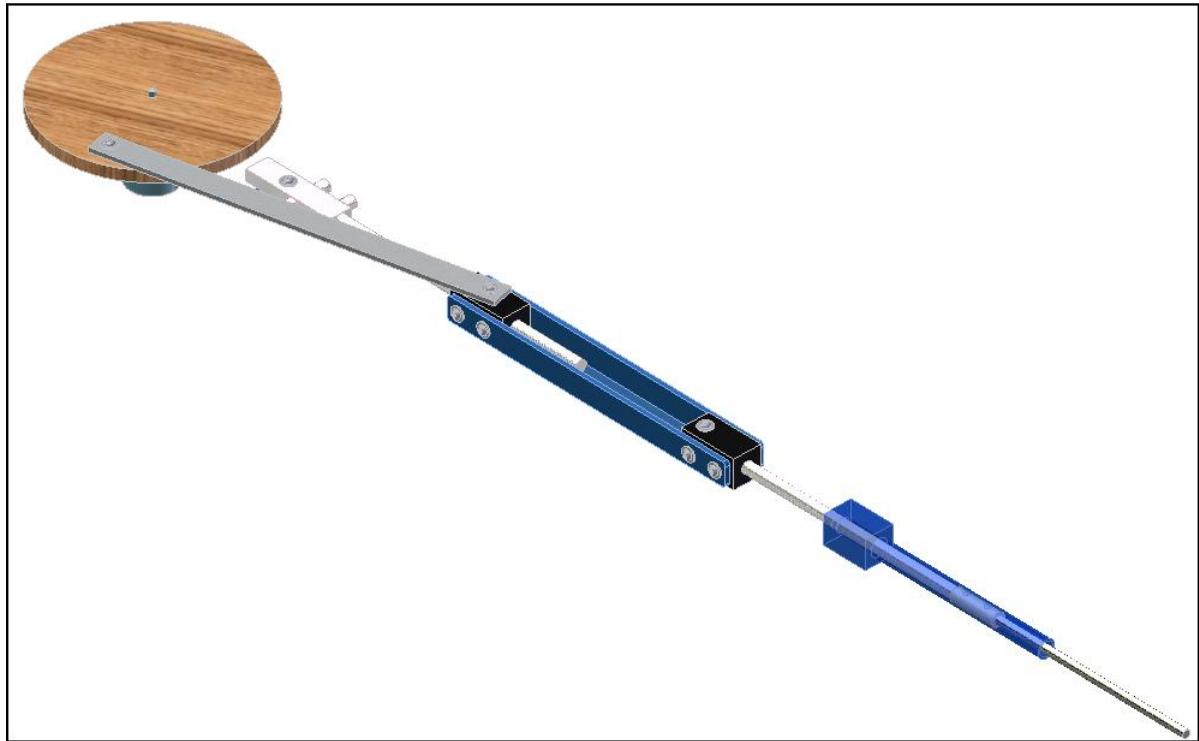
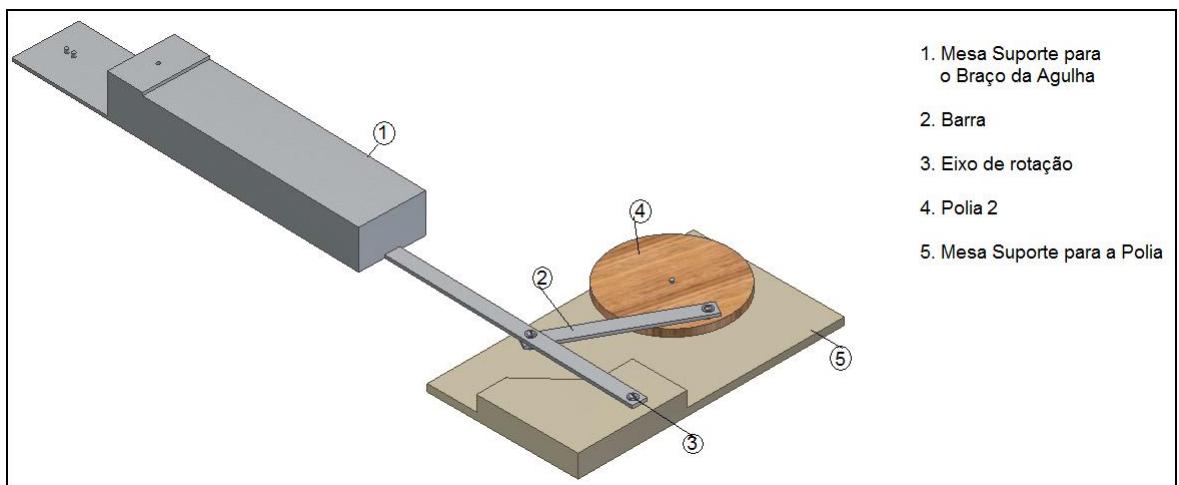


Figura 8.11: Agulha Presa ao Eixo



**Figura 8.12:** Parte 1 Completa



**Figura 8.13:** Movimentação Braço-Peças

Inicialmente, seria utilizado apenas um motor no equipamento inteiro, porém alguns fatores inviabilizaram o seu uso.

Para que isso fosse possível, o motor ligado à Polia 1 (para a movimentação da agulha) também movimentaria a Polia 2, sendo necessária uma redução. Para esse cálculo, são necessários dois parâmetros: a distância entre pontos ( $dp$ ) e o ângulo de ação ( $aa$ ). Da Tab. 8.1, tem-se que:

$$dp = 15\text{mm}$$

(8.1)

$$aa = 25^\circ$$

(8.2)

O ângulo total ( $at$ ) que o quadrilátero articulado terá que percorrer é duas vezes o ângulo de ação ( $at = 50^\circ$ ).

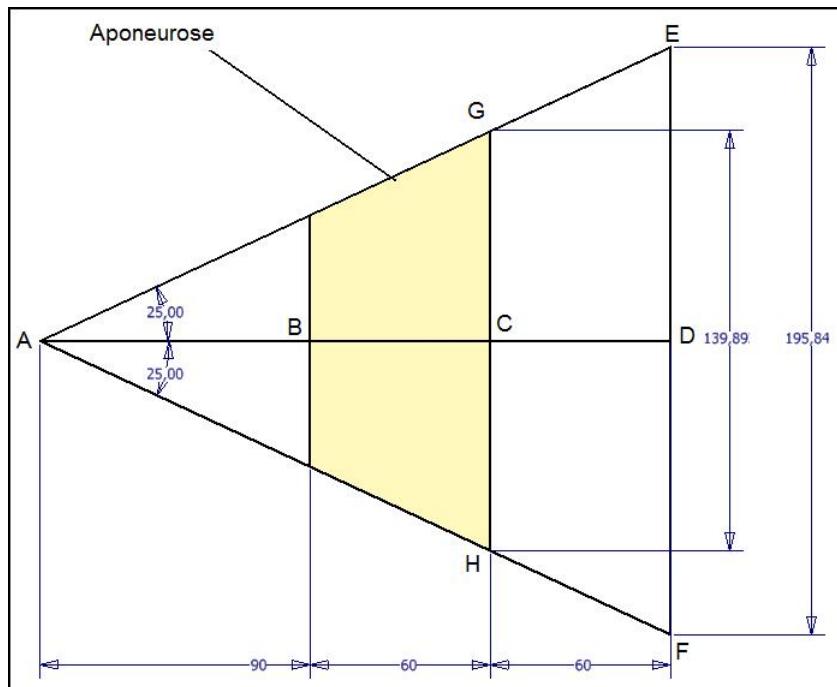
O comprimento efetivo ( $cf$ ) a ser costurado pode ser obtido a partir da Fig. 8.14:

Logo, apesar do comprimento total (EF) ser 195,84 mm (3 x 65 mm), a distância efetiva de costura é dada pela distância GH, área em que efetivamente estarão os pontos.

Portanto, das Eqs. 8.2 e ?? tem-se que o número de pontos ( $np$ ) é:

$$np = \frac{cf}{dp} = \frac{140,0}{15} = 9$$

(8.3)



**Figura 8.14:** Cálculo do Comprimento Efetivo de Costura

Logo, como cada ponto equivale a um ciclo completo da Polia 1, tem-se que a Polia 1 terá de executar 9 voltas enquanto o braço se desloca  $50^\circ$ .

A partir da Equação 8.3 obtém-se o ângulo percorrido pela Polia 1 (ap1):

$$ap1 = 9 \times 360^\circ = 3240^\circ$$

(8.4)

Dessa forma, da Equação 8.4, obtém-se a redução (R) necessária para apenas um motor:

$$R = \frac{\text{rotação Polia 1}}{\text{rotação Polia 2}} = \frac{3240}{50} = 64,8 X$$

(8.5)

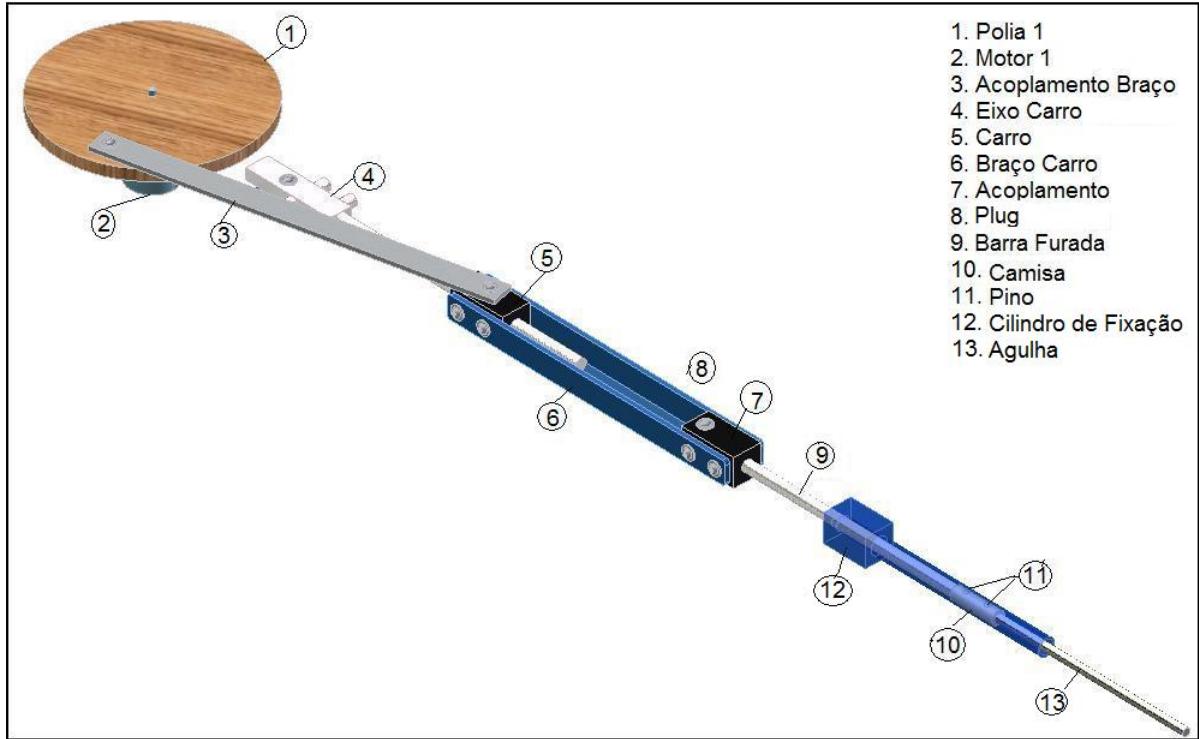
Três alternativas eram possíveis para executar tal redução:

- Alternativa A: Redução por rodas de atrito. Posto que a Polia 1 tem diâmetro de 170 mm, seriam necessárias no mínimo três reduções para se obter a rotação desejada, caso contrário as polias apresentariam tamanhos inviáveis para o projeto (polias intermediárias de diâmetros maiores que 400 mm). Com tais dimensões, haveria muita perda devido a possíveis escorregamentos e perda de sincronismo.
- Alternativa B: Redução planetária, que apresenta grande redução para braços não muito longos. Seria usado um anel fixo, a Polia 1 como planeta ou sol, e o braço da agulha como braço da redução. Porém, as dimensões do projeto impossibilitam grandes alterações quanto ao diâmetro do anel e do planeta. Logo, havia duas opções: um diâmetro muito grande de anel (maior que 1,5 m, inviabilizando o projeto) ou um extremamente pequeno de planeta (como não seriam utilizadas engrenagens, e sim rodas de atrito, haveria escorregamentos prejudiciais ao funcionamento do protótipo). Mesmo nessas condições, as reduções seriam de no máximo 30 vezes e por isso, esta alternativa foi descartada.
- Alternativa C: Redutor harmônico, que possibilitaria o resultado desejado com apenas uma redução, porém os custos envolvidos com esse elemento são muito grandes. Ao se analisar o custo-benefício, chegou-se à conclusão de que a inclusão de tal redutor não era viável.

Logo, foram colocados dois motores ao invés de apenas um. Há ainda uma série de vantagens quanto à solução encontrada (dois motores), como:

- Possibilidade de controlar a distância entre pontos;
- Possibilidade de controlar o número de pontos;
- Não sobrecarga da agulha (ao inserir a agulha na *aponeurose*, o movimento de rotação continua, podendo haver então flexão da agulha e de todos os mecanismos conectados à mesma).

As duas primeiras vantagens são realmente bastante relevantes, já que de acordo com o paciente, pode ser necessário efetuar um maior número de pontos ou espaçá-los menos.



**Figura 8.15:** Mecanismo Parte 1

## 8.4 Dimensionamento

### 8.4.1 Parte 1 - Movimentação agulha

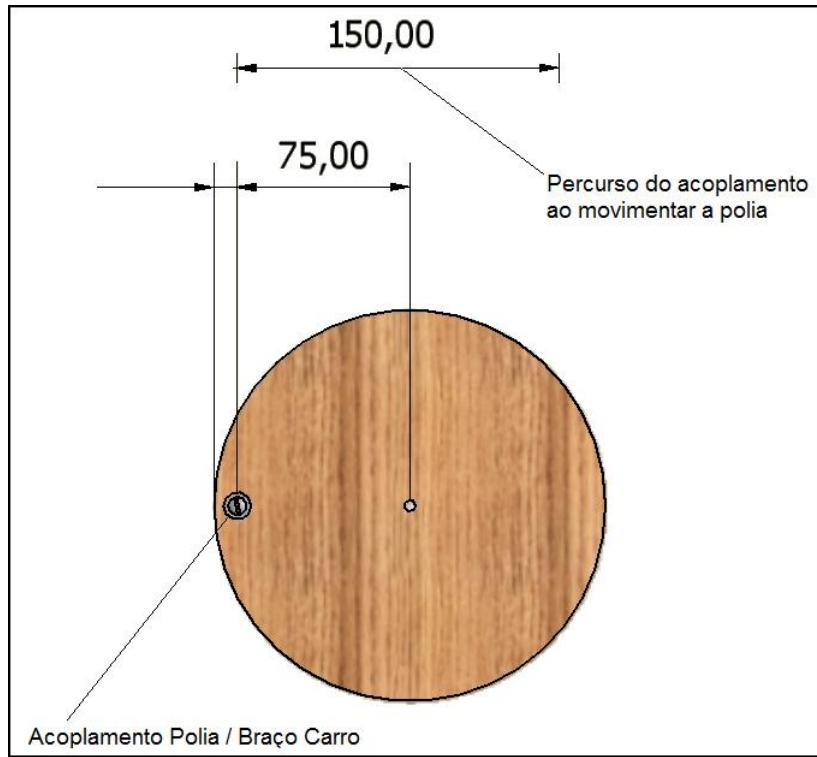
Este mecanismo contém 11 peças a ser dimensionadas (Fig. 8.15), pois o motor será apenas adaptado ao equipamento e a agulha já foi usinada, suas dimensões serão mantidas.

#### 8.4.1.1 Polia 1

A primeira peça a ser dimensionada neste mecanismo é a polia da biela manivela (Polia 1). Como a cada período deve ser executado um ponto, a distância percorrida pela agulha deve ser a mesma que a do carro, que consequentemente deve ser a mesma que a do ponto de acoplamento da barra na polia (150 mm).

A distância do ponto de acoplamento à borda da polia é de 10 mm. Logo, o diâmetro da Polia 1 é de 170 mm (Fig. 8.16).

A polia será presa ao motor e ambos estarão presos ao braço, estrutura que rotacionará ao redor do corpo para efetuar a sutura.



**Figura 8.16:** Dimensionamento da Polia 1

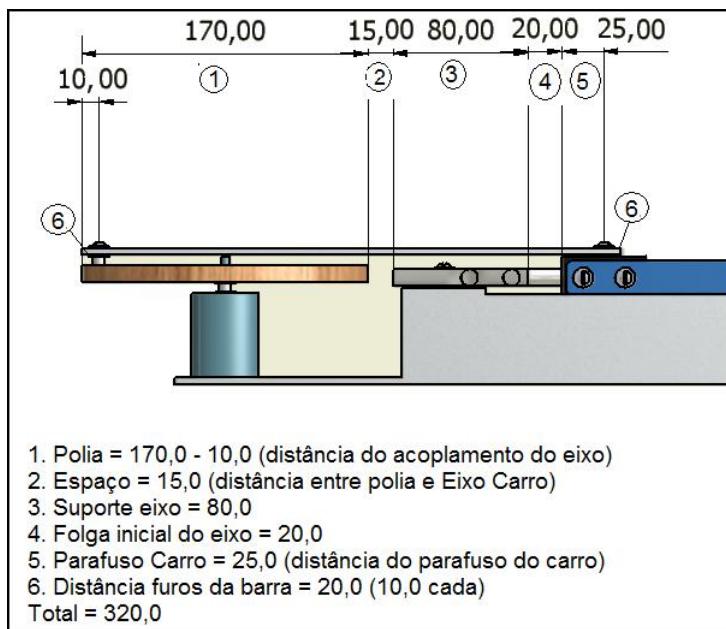
#### 8.4.1.2 Eixo Carro

Uma vez definido o diâmetro da Polia 1, deve ser definido o eixo em que o carro correrá (Eixo Carro). O diâmetro do eixo foi imposto como 9,52 mm ( $3/8"$ ). Como neste eixo vai correr o carro, seu comprimento deve ser igual ao do percurso completo do carro (150 mm), mais 50 mm do tamanho do carro, mais uma folga de 10 mm no final do curso (para evitar acidentes de desacoplamento) e 20 mm no início (para evitar que alguma imprecisão force o fim do curso e comprometa a polia ou o eixo do motor). Totalizando, o eixo possui 230 mm de comprimento.

Este eixo será preso à uma estrutura de 80x20x10 mm, que servirá de estrutura fixadora entre o eixo e o braço de rotação.

#### 8.4.1.3 Carro

O carro será uma peça de 25x25x50 mm com um furo passante de 9,52 mm ( $3/8"$ ). Por esse furo passará o Eixo Carro. Para se ligar à polia, será colocado um parafuso com arruelas (para evitar a restrição da rotação em torno do eixo do parafuso). Em suas laterais haverá 2 parafusos de cada lado para acoplar o carro ao Braço Carro, estrutura que transmite o movimento de oscilação do carro para a junta rotativa.



**Figura 8.17:** Dimensionamento do Acoplamento Braço

#### 8.4.1.4 Acoplamento Carro

Esta barra liga a Polia 1 ao Carro. Possui um furo em cada extremidade (distantes 10 mm da borda) para que passe os parafusos prendendo a barra aos outros elementos. Seu comprimento deve ser definido a partir da distância entre o carro e o acoplamento da Polia 1 (Fig. 8.17).

#### 8.4.1.5 Braço Carro

O objetivo desta barra é não permitir nenhum movimento entre o carro e o acoplamento, apenas transmitir todo o deslocamento horizontal do carro. Logo, ele é parafusado nas laterais do carro e do acoplamento com dois parafusos (para evitar rotação).

Seu comprimento é o percurso do carro (pois na posição inicial, não pode haver choque entre o acoplamento e o Eixo Carro), 150 mm, mais a folga que o eixo possui no final (10 mm), mais o tamanho do carro e do acoplamento (50 mm cada), mais a folga entre os elementos (11 mm), para evitar acidentes devido a imprecisões de montagem. Como os furos estão a 10 mm da borda e os furos no carro e no acoplamento estão a 12,5 mm da borda deles, é necessário descontar 2,5 mm de cada elemento. Assim, a barra completa possui 266 mm.

#### 8.4.1.6 Acoplamento e Plug

Esta peça possui dimensões de 25x25x50 mm. Um furo de 14,29 mm (9/16") de diâmetro e 48 mm de profundidade e, nos 2 mm restantes, um furo de 9,52 mm (3/8") de diâmetro.

Dessa forma, ao acoplar o eixo suporte para agulha (que possui 9,52 mm (3/8") de espessura e uma cabeça de 14,29 mm ((9/16"))), este permite a rotação em torno de seu próprio eixo. Para bloquear a translação no sentido do eixo, é colocado um Plug, que apóia o eixo através de um cilindro, bloqueando assim seu grau de liberdade de translação.

O Plug é preso através de um parafuso passante e possui espessura de 20 mm e seu eixo (que apóia a cabeça da agulha) 7,14 mm (9/32") de diâmetro e 48 mm de comprimento. Seu funcionamento pode ser visto na Fig. 8.10.

#### 8.4.1.7 Cilindro de Fixação

Esta peça é a que conecta o mundo exterior à cavidade abdominal do paciente. Foi imposto que 30 mm de sua extremidade ficarão internos à cavidade para que não haja agressão à pele devido à movimentação de vai e vem da agulha.

Este cilindro possui 220 mm de comprimento, sendo que 200 mm são de um cilindro de 15,87 mm (5/8") de diâmetro e 1,5 mm de espessura, onde se encontra a guia (em forma de uma rasgo ao longo de seu comprimento) por onde passará o pino acoplado à agulha, guiando seu movimento de rotação. Os 200 mm são decorrentes de 150 mm de percurso da agulha, mais 10 mm da região interna à cavidade abdominal e mais 40 mm para percurso do pino guia da agulha.

Nos 20 mm de base, o diâmetro interno de 12,7 mm (1/2") se mantém por 15 mm. Os últimos 5 mm possuem um furo de 9,52 mm (3/8") de diâmetro, possibilitando assim o eixo suporte da agulha passar, mas não o permite sair (posto que há uma camisa nos 40 mm finais, que por aumentar o diâmetro, impossibilitando a passagem).

#### 8.4.1.8 Eixo de Fixação da Agulha, Agulha e Pinos

Este eixo possui diâmetro de 9,52 mm (3/8") e sua extremidade um diâmetro de 14,29 mm ((9/16")), assim como já mencionado no Item 8.4.1.6, com um pequeno furo para que o Plug possa prensá-lo, mas permitindo a rotação em torno de seu próprio eixo.

No outro extremo, o eixo possui 2 furos passantes (para acoplamento da agulha e camisa) e um furo concêntrico de 7,14 mm (9/32") de diâmetro e 60 mm de profundidade (para acoplamento da agulha).

Seu comprimento total é de 282 mm. 10 mm de cabeça, 2 mm de espessura do acoplamento e 60 mm para o acoplamento da agulha (1º furo a 10 mm, 2º a 50 mm, sendo por este segundo onde passa o pino de guia para rotacionar a agulha). Para montagem do equipamento, é necessário colocar o Cilindro de Fixação até o fim do Eixo de Fixação da Agulha e somente depois colocar a Agulha, Camisa e Pinos. Desta forma, o comprimento do cilindro de 9,52 mm (3/8") de diâmetro deve ser 220 mm (comprimento do Cilindro de Fixação) mais 50 mm (comprimento do acoplamento para agulha).

A Camisa é um cilindro de 12,7 mm (1/2") de diâmetro externo, 9,52 mm (3/8") de diâmetro interno e 60 mm de comprimento, com dois furos (a 10 mm de distância de cada borda) e é acoplado ao eixo ao prender a agulha. Ela serve para impedir que o eixo de fixação da agulha escape do Cilindro de Fixação.

Os Pinos servem para prender a agulha à Camisa e também para guiar a agulha através do Cilindro de Fixação durante sua movimentação. O pino do segundo furo é maior, pois passará pela Camisa e pela guia do Cilindro de Fixação.

### 8.4.2 Parte 2 - Rotação do Braço

#### 8.4.2.1 Mesa Suporte

A rotação do braço deve ser feita de forma que a distância do centro da Polia 1 permaneça sempre a mesma. Dessa forma, ao rotacionar, o movimento da agulha se manterá com a mesma amplitude de movimento.

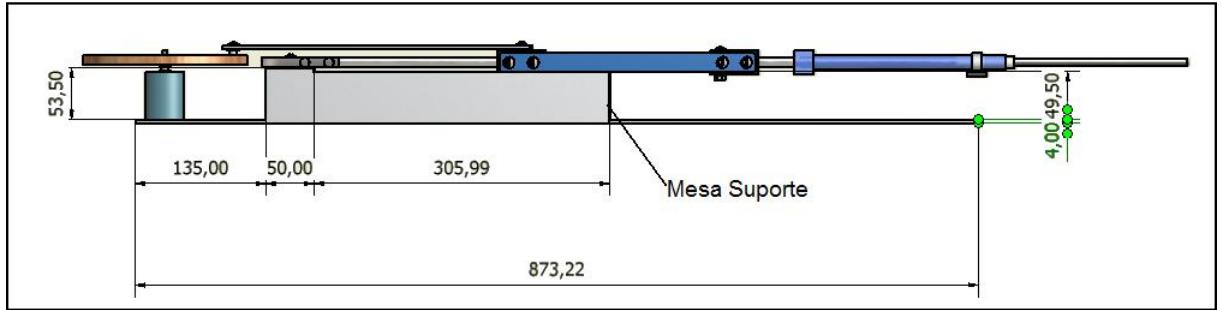
A distância dos equipamentos montados é de 841,99 mm.

A parte central dessa mesa deve ter a altura necessária para servir de suporte ao movimento do carro, evitando que haja flexão da barra (Fig. 8.18).

#### 8.4.2.2 Polia 2

Para o quadrilátero articulado, deve ser dimensionada a Polia 2 para que, a cada rotação seja percorrida a distância desejada.

Como o que move a polia é um motor, quanto mais distante da paciente, melhor. Porém, consequentemente, quanto mais distante da paciente, maior será



**Figura 8.18:** Mesa Suporte

o diâmetro da polia.

Foi imposto que a distância da Polia 2 na direção do movimento da agulha seria de 150 mm. Posto isso, basta calcular qual deve ser a distância percorrida para o ângulo de 25°.

O eixo de rotação foi deslocado em 10 mm, pois se isso não fosse feito, esse teria de ser exatamente embaixo da incisão abdominal.

Com esse deslocamento, a distância da Polia 2 muda, alterando assim o raio de giraçāo. O novo ângulo passa a ser 25,28°.

$$\tan(25,28) = \frac{x}{140} \rightarrow x = 66,12 \text{ mm}$$

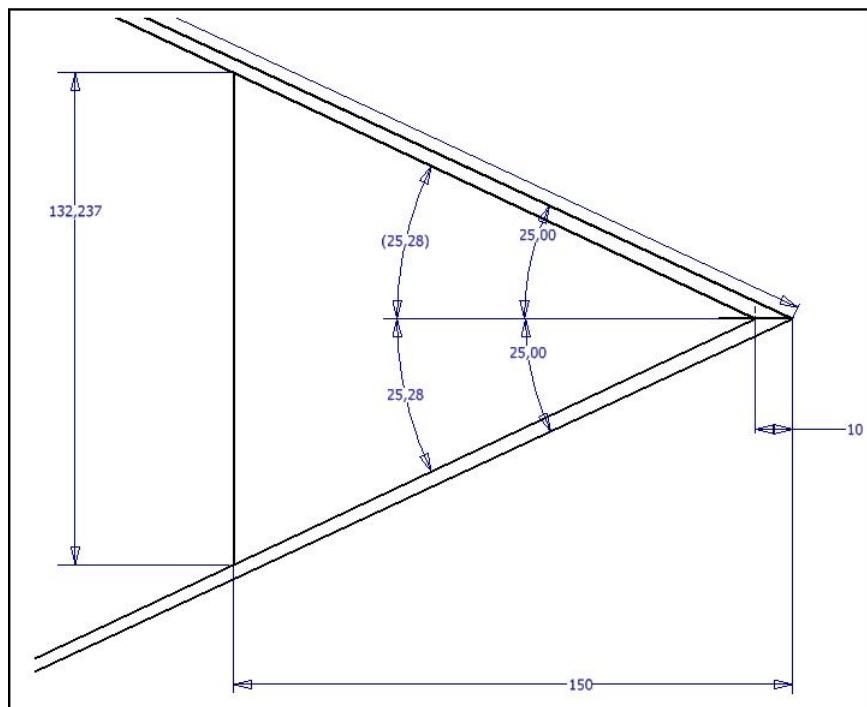
(8.6)

Da Eq. 8.6, tem-se o novo raio da Polia 2. Como o parafuso para prender a barra deve ficar a 10 mm de distância da margem, tem-se que o diâmetro da Polia 2 é 152,2 mm (Fig. 8.19).

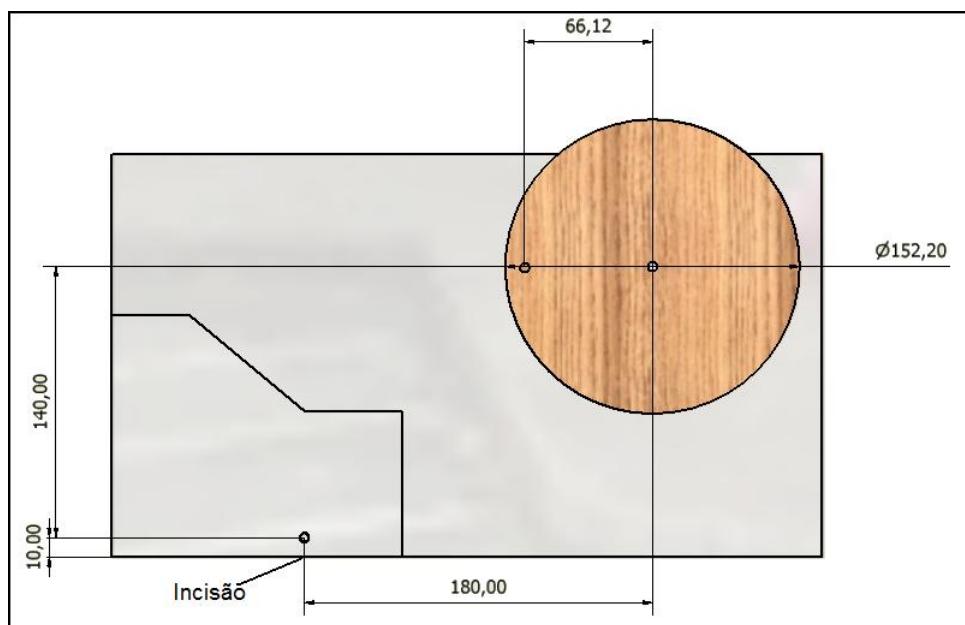
Para não ocorrer interferência do movimento da polia na barra, foi imposta uma distância (perpendicular ao movimento da agulha) maior que a área de alcance da barra. Já que a área de alcance é 152,2 mm, foi imposta uma distância de 180 mm (Fig. 8.19).

#### 8.4.2.3 Braço Rotação

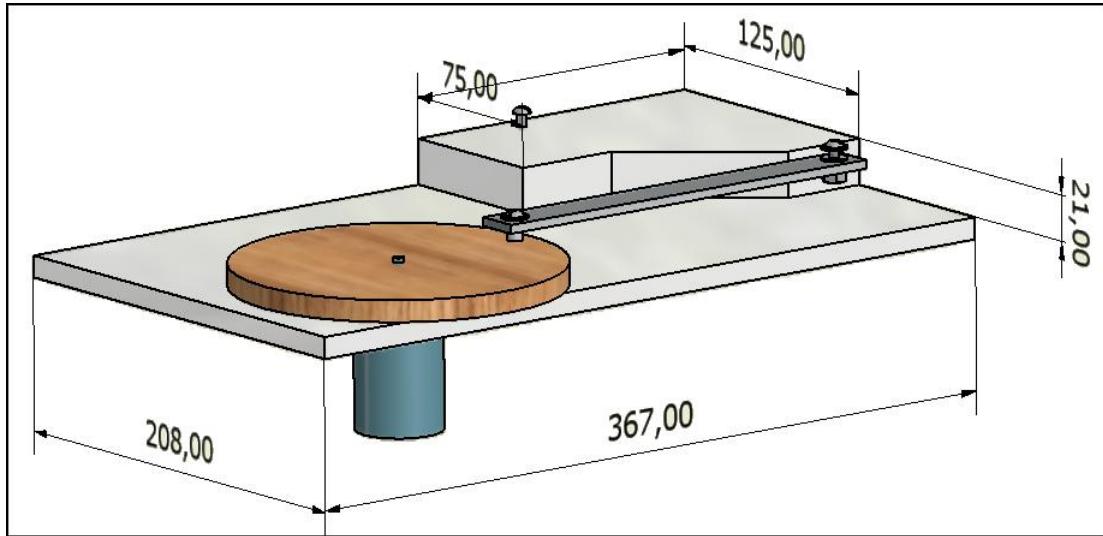
O braço de rotação deve ter dimensão igual à distância da Polia 2 até a incisão (180 mm) mais a distância dos furos (10 mm de cada lado). Logo, uma barra



**Figura 8.19:** Dimensionamento da Polia 2



**Figura 8.20:** Posição da Polia 2



**Figura 8.21:** Mesa Polia 2

20x200 mm.

#### 8.4.2.4 Mesa Polia 2

Essa peça é um suporte para a Polia 2, com os espaçamentos corretos para o eixo do Motor 2, Barra de Movimentação e eixo de rotação do Braço de Rotação (Fig. 8.21).

## 8.5 Materiais Utilizados

Após a decisão de todo o equipamento a ser desenvolvido, foram escolhidos os materiais a serem utilizados na confecção de cada uma das partes. Não levada em consideração a necessidade de esterilização das peças e consequentemente a sua composição, pois os custos do projeto foram reduzidos.

Foi escolhido, para a maior parte das peças, o acrílico de espessura 4 mm. O material foi escolhido principalmente devido à sua transparência, pois desse modo seria possível visualizar o interior do funcionamento dos mecanismos.

Para as partes maiores e que não requerem essa propriedade (como polias e mesas de apoio), foi escolhida a madeira de espessura 10 mm, que apresenta menor custo e possui os parâmetros necessários para o projeto. Blocos e eixos maciços desse mesmo material foram usinados para cumprirem o papel dos carros e alguns dos eixos.

Foram adquiridos tubos de alumínio de diferentes diâmetros (já citados an-

**Tabela 8.2:** Materiais de Cada Peça

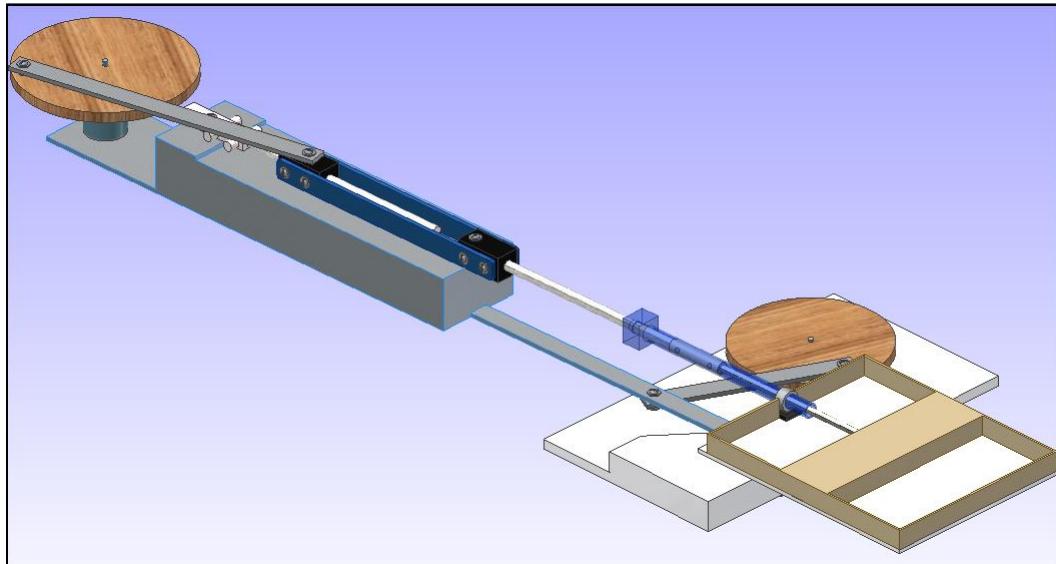
Peça	Material
Acoplamento	Madeira
Acoplamento Braço	Acrílico
Afastadores	Alumínio
Agulha	Bambu
Área do Abdome	Acrílico
Barra Furada	Madeira
Barra Movimentação	Acrílico
Braço Carro	Acrílico
Eixo Carro	Madeira
Camisa	Alumínio
Carro	Madeira
Cilindro de Fixação	Madeira
Mesa A	Acrílico
Mesa C	Acrílico
Mesa Suporte	Madeira
Pino	Prego
Plug	Madeira
Pola 1	Madeira
Polia 2	Madeira
Suporte Agulha	Alumínio

teriormente) para a confecção do suporte da agulha, camisa e afastadores.

Pode-se observar um resumo dos materiais utilizados na usinagem de cada uma das peças na Tab. 8.2.

Além disso, foram utilizados também parafusos, porcas e arruelas de diferentes diâmetros e comprimentos para a junção das peças componentes dos mecanismos. Em alguns casos, foi usado apenas um parasudo pontiagudo e arruelas para a fixação, já em outros, foram necessários parafusos com arruelas.

Para a simulação da *aponeurose*, foi utilizado um bloco de isopor, com a espessura de aproximadamente 60 mm e comprimento 130 mm, proporcional ao dimensionamento das peças. Apesar do material não apresentar as propriedades do tecido da *aponeurose* humana, foi escolhido pelo seu baixo custo e facilidade na perfuração, sem enganchar na agulha, como ocorria com a espuma de pincel do modelo desenvolvido.



**Figura 8.22:** Modelo Virtual

## 8.6 Simulação Virtual

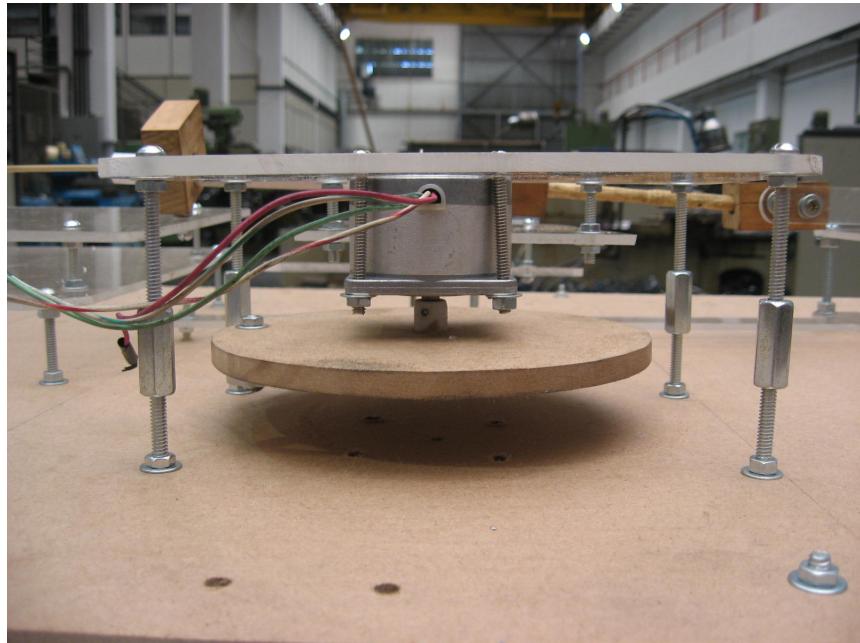
Após a definição teórica de como as peças do equipamento seriam interligadas e as juntas a serem utilizadas, foi desenvolvido um modelo virtual para que se pudesse visualizar o mecanismo a ser desenvolvido, bem como testar o seu funcionamento.

Para tanto, foi utilizado o software Autodesk Inventor, que pode ser obtido gratuitamente pelos alunos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. O modelo desenvolvido se mostrou bastante parecido com a realidade (Fig. 8.22).

A partir do modelo criado, foram feitas diversas simulações para ratificar as dimensões calculadas a partir da teoria. As ferramentas disponíveis no software possibilitaram muitas análises do comportamento do equipamento a ser desenvolvido.

Além disso, o programa também é capaz de gerar diversos tipos de vídeos que podem ser utilizados para um melhor entendimento de como o protótipo funciona. Pode-se citar não só funcionamento dos mecanismos, mas também vídeos que mostram vistas explodidas de partes selecionadas, possibilitando uma maior descrição das ligações entre as peças usinadas.

Dessa forma foi possível analisar o comportamento dos mecanismos desenvolvidos de maneira prática.



**Figura 8.23:** Colocação do Motor

## 8.7 Montagem

Após análise detalhada do modelo virtual desenvolvido e definição do projeto a ser colocado em prática, as peças componentes do projeto foram usinadas com os materiais já descritos no Item 8.5.

Com a confecção de todas essas partes, teve início a montagem do protótipo.

### 8.7.1 Alterações no Projeto

Durante essa execução, foram feitas algumas mudanças no projeto inicial a fim de se obter um melhor resultado com menor quantidade de material envolvida, e consequentemente custos mais baixos.

A mais relevante dessas alterações foi o local onde o motor acionador da rotação do braço foi colocado. Devido a esse componente, o suporte para o equipamento todo, necessitaria de vários níveis de altura. Inserindo esse motor de ponta-cabeça (Fig. 8.23), houve uma economia considerável de espaço e não foi preciso a utilização de todos os níveis, antes projetados.

Outro aspecto importante modificado foi a inserção de apoios de forma que os eixos e braços que os conectavam, não pudesse se movimentar senão na direção do vai-vem da agulha (Fig. 8.24). Da maneira anterior, a movimentação era prejudicada devido a essa imprecisão.



**Figura 8.24:** Apoio para Movimentação do Eixo

Para que o movimento de rotação do braço ocorresse de modo mais suave, foi instalada no protótipo uma rodinha para auxiliar nessa translação (Fig. 8.25).

No eixo desse mesmo movimento, foi detectado um outro problema, pois havia um vão entre as duas mesas, e o eixo estava flambando de modo que a precisão do seu movimento ficava bastante prejudicada. Para resolver essa questão, foi utilizado um suporte feito de acrílico apenas para apoiá-lo (Fig. 8.26), de forma que não impedisse a sua rotação em torno do ponto de entrada na cavidade abdominal.

Além disso, o ponto de apoio para entrada da agulha na abdome da paciente, estava apenas apoiado em um parafuso como pode ser visto na Fig. 8.27. Para que fosse possível um movimento mais preciso da agulha, foi colocada uma placa de acrílico sobre esse apoio e fixada no suporte (Fig. 8.28). Dessa forma, os resultados obtidos foram melhores.

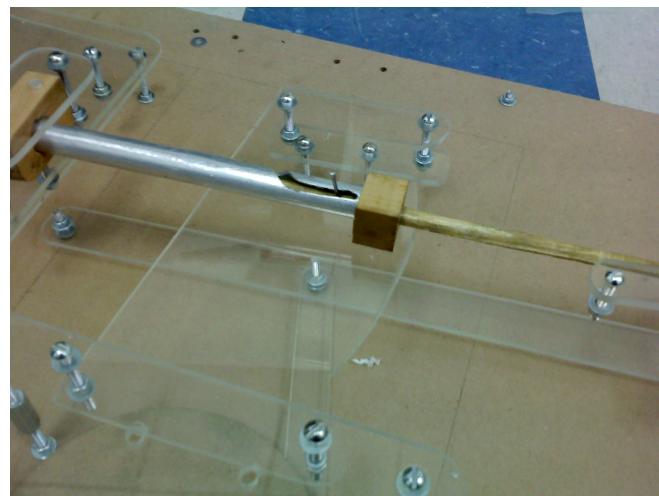
Todos esses problemas puderam ser detectados durante a montagem do protótipo e foram corrigidos antes dos testes realizados. A Fig. 8.29 mostra o protótipo já montado depois dessas alterações comentadas.

### 8.7.2 Testes

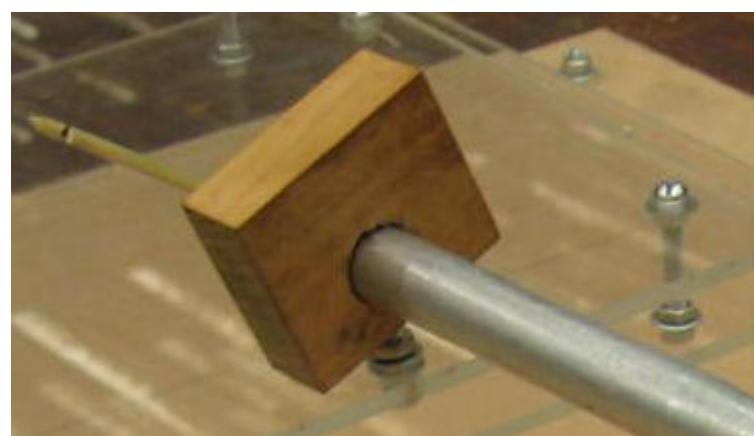
Inicialmente, apenas os mecanismos foram testados, sem os motores. As polias eram giradas manualmente para que se pudesse avaliar o modo como o movimento estava sendo realizado e se as distâncias percorridas estavam de acordo com o esperado.



**Figura 8.25:** Roda para Movimentação



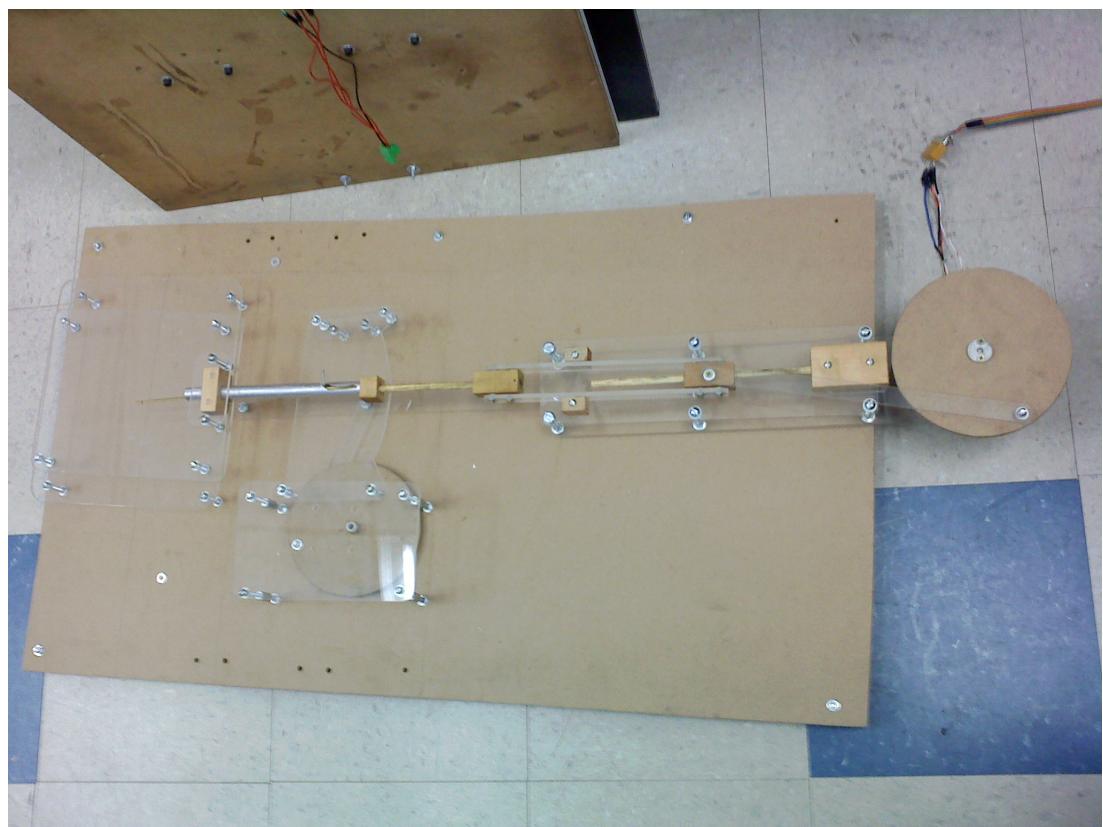
**Figura 8.26:** Apoio para Evitar Flambagem



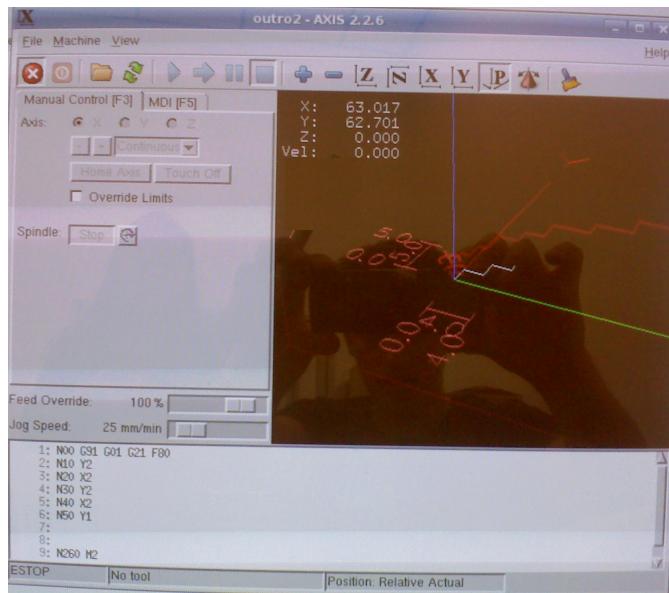
**Figura 8.27:** Apoio para Inserção da Agulha



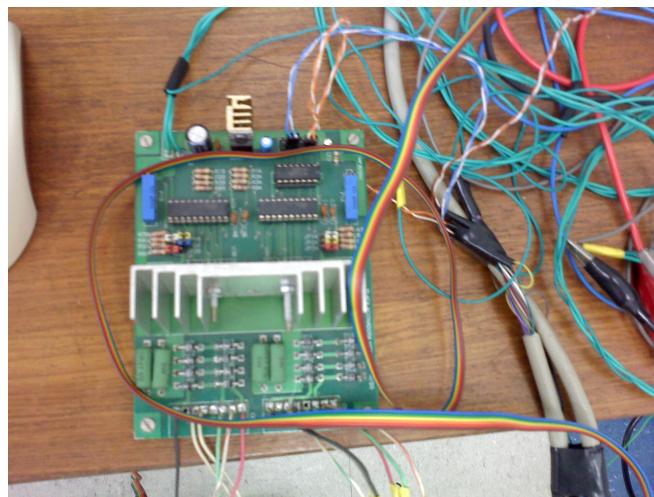
**Figura 8.28:** Apoio Melhorado



**Figura 8.29:** Protótipo Final



**Figura 8.30:** Inteface do Software UMC2



**Figura 8.31:** Placa para Acionamento do Motor

Após a constatação de que todos os movimentos necessários estavam sendo realizados corretamente, foram feitos os acionamentos dos motores para que fosse possível visualizar o protótipo inteiro funcionando automaticamente.

Para isso foi utilizado o software UMC2, que utiliza a linguagem G na sua programação. O programa apresenta baixa complexidade e foram apenas inseridos os parâmetros necessários para o projeto. A sua interface pode ser visualizada na Fig. 8.30.

As placas para os acionamentos já estavam prontas (Fig. 8.31) e foram fornecidas pelo professor orientador do projeto.

## 9 Melhorias Necessárias

Através dos testes desenvolvidos com o protótipo, pôde-se observar que o método é efetivo na execução da *plicatura*. Apesar disso, alguns pontos bastante relevantes ainda precisam ser minuciosamente estudados até que se possa utilizar o equipamento desenvolvido em uma cirurgia real.

É necessário o desenvolvimento de um processo para a fixação da linha no início da sutura, pois no estágio atual, os pontos são dados, porém não são presos com um nó. Esse é um dos primeiros pontos a ser analisado, pois sem uma boa fixação da linha, de nada adianta conseguir dar os pontos, se eles irão se soltar facilmente, mesmo estando no interior da cavidade abdominal da paciente.

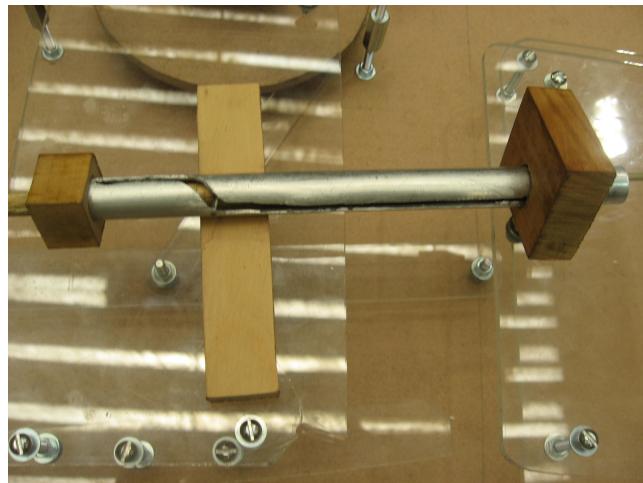
Ainda em relação à linha, é necessário um método para mantê-la sempre em uma altura em que a agulha seja capaz de passar por baixo dela e capturá-la para execução da costura. Além disso, precisa-se aplicar uma certa tensão na linha para que o ponto seja apertado, mas depois deixá-la mais solta de forma que a agulha seja capaz de puxá-la para o outro lado do tecido.

A escolha dos materiais também é muito importante, pois todo o equipamento deve ser esterilizado em autoclaves comuns em hospitais para não contaminar o ambiente da cirurgia. Com a obtenção de mais recursos, esse problema pode ser facilmente contornado após análise prévia das propriedades dos materiais envolvidos.

A rotação da agulha no seu próprio eixo é realizada através de um rasgo, conforme já descrito no Item 8.3.1. Da maneira como foi usinado (Fig. 9.1), em algumas das vezes o pino acaba enroscando nele e é necessário intervir manualmente para que o movimento seja concluído.

Além disso, tem-se que analisar o comportamento do protótipo quando houver possíveis vibrações causadas pelos motores e seus acoplamentos utilizados. Qualquer movimento indesejado no interior da paciente pode causar danos sérios e irreversíveis à sua saúde.

Após a instalação dos motores, devido às suas vibrações, as juntas presas



**Figura 9.1:** Rasgo Usinado

com porcas e arruelas se afrouxaram causando imprecisão no movimento. O ideal seria utilizar porcas auto-travantes para corrigir essa falha.

Faz-se necessária também uma melhor análise de como o equipamento será acoplado à mesa de cirurgia, pois precisa-se colocá-lo ao lado da paciente. Nas macas tradicionais, não há espaço suficiente para acomodá-lo sem o desconforto de quem está sofrendo a intervenção cirúrgica.

Finalmente, é preciso diminuir o tamanho do protótipo em 3 vezes para que se obtenha as dimensões reais de um equipamento que possa ser inserido na cavidade abdominal de uma paciente.

# 10 Cronograma

Durante o primeiro semestre foi feito o processo de pesquisa de possíveis soluções para a solução do problema encontrado. Após esse levantamento de dados, foi feita uma análise e a partir disso foi tomada a decisão da melhor proposta.

Devido a uma mudança de escopo no início do projeto, algumas atividades acabaram se prolongando além do previsto no primeiro semestre. Porém os trabalhos a serem desenvolvidos no segundo semestre não foram prejudicados (Fig. 10.1).

A partir do início de agosto o projeto foi colocado em prática (Fig. 10.2). Primeiramente foi elaborado um modelo para ensaios e em seguida foi montado o protótipo apresentado.

	I <sup>a</sup> Quinzena Março	2 <sup>a</sup> Quinzena Março	I <sup>a</sup> Quinzena Abril	2 <sup>a</sup> Quinzena Abril	I <sup>a</sup> Quinzena Maio	2 <sup>a</sup> Quinzena Maio	I <sup>a</sup> Quinzena Junho	2 <sup>a</sup> Quinzena Junho	I <sup>a</sup> Quinzena Julho	2 <sup>a</sup> Quinzena Julho
<b>Revisão Bibliográfica</b>										
<b>Desenvolvimento de Soluções</b>										
<b>Análise de Viabilidade das Soluções</b>										
<b>Escolha da Melhor Solução</b>										

**Figura 10.1:** Cronograma de Atividades do Projeto (1º semestre).

	1ª Quinzena Agosto	2ª Quinzena Agosto	1ª Quinzena Setembro	2ª Quinzena Setembro	1ª Quinzena Outubro	2ª Quinzena Outubro	1ª Quinzena Novembro	2ª Quinzena Novembro	1ª Quinzena Dezembro
<b>Projeto dos Mecanismos</b>									
<b>Entrega do Relatório Parcial e Minuta do Artigo</b>									
<b>Elaboração dos Desenhos Técnicos</b>									
<b>Montagem do Protótipo</b>									
<b>Testes e Aperfeiçoamentos</b>									
<b>Apresentação do Protótipo</b>									
<b>Entrega do Artigo e Monografia</b>									

**Figura 10.2:** Cronograma de Atividades do Projeto (2º semestre)

# Referências

- 1 Psillakis, J. M.; Appiani, E.; Plaza, R. *Color Atlas of Aesthetic Surgery of the Abdomen*. New York: Thieme Medical Publishers, Inc. 1991
- 2 Anatomia On-line. Apresenta informações sobre anatomia humana. Disponível em: <[www.anatomiaonline.com](http://www.anatomiaonline.com)>. Acesso em: 06 mai. 2008
- 3 Britannica. Enciclopédia Virtual. Disponível em: <<http://www.britannica.com>>. Acesso em: 06 mai. 2008
- 4 Skeleton and Walls of Abdômen. Apresenta informações fisiológicas do abdome e suas composições. Disponível em: <<http://home.comcast.net/WNOR/abdomen1.htm>>. Acesso em: 06 mai. 2008
- 5 The Secret Life of Machines. Apresenta informações do funcionamento de máquinas. Disponível em:<<http://www.secretlifeofmachines.com>>. Acesso em: 14 mai. 2008
- 6 How Stuff Works. Apresenta informações de como diversas coisas funcionam. Disponível em:<<http://www.howstuffworks.com>>. Acesso em: 14 mai. 2008
- 7 Impact Lab. Site de utilidades e curiosidades em tecnologia. Disponível em: <<http://www.impactlab.com>>. Acesso em: 14 mai. 2008
- 8 Jornal de Pneumologia. Atualidades em pneumologia. Disponível em: <<http://www.jornaldepneumologia.com.br>>. Acesso em: 14 mai. 2008
- 9 Shigley, Joseph Edward; *Elementos da Máquinas*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, Ed. 1984
- 10 Norton, Robert L.; *Machine Design: An Integrated Approach*. Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall, Inc. 1998
- 11 Juvinall, Robert C.; Marshek, Kurt M.; *Fundamentals of Machine Component Design*. New York: John Wiley, Inc. 2000

# Apêndice A – Apêndice

## A.1 Glossário

*Aponeurose* - Película fibrosa que envolve os músculos do corpo humano, com a função de mantê-los unidos e criar pressão suficiente para o bom funcionamento dos órgãos (no caso da região abdominal). Essa membrana não apresenta propriedades elásticas, ou seja, uma vez distendida não volta à sua forma original.

*Campo de trabalho* - Espaço físico disponível dentro do organismo da paciente para o cirurgião poder fazer os procedimentos necessários e utilizar os equipamentos pertinentes.

*Chain Stitch* - Método de costura em que é utilizada apenas uma linha para formar os pontos. Este método apresenta grande simplicidade em seu funcionamento, porém não apresenta grande resistência em seus pontos.

*Cicatriz umbilical* - O mesmo que umbigo.

*Diástase da aponeurose* - Afastamento das fibras que compõem a aponeurose. Uma vez que ela ocorre, a aponeurose não volta a realizar uma de suas funções, criar pressão suficiente para o bom funcionamento do organismo.

*Incisão transversa* - Corte já realizado durante uma cesariana.

*Linha alba* - Região localizada no eixo de simetria do abdome humano, é fina e delgada, porém bastante resistente. É constituída pelo entrecruzamento das fibras aponeuróticas dos três tipos de músculos (retos, oblíquos internos e oblíquos externos) do abdome.

*Lock Stitch* - Método de costura em que são usadas duas linhas para formação do ponto. Apesar de apresentar funcionamento complexo, seus pontos são muito resistentes. É o método mais utilizado em máquinas de costura.

*Loop* - Laço.

*Loop Stitch* - Método de costura em que é utilizada uma agulha com sulco

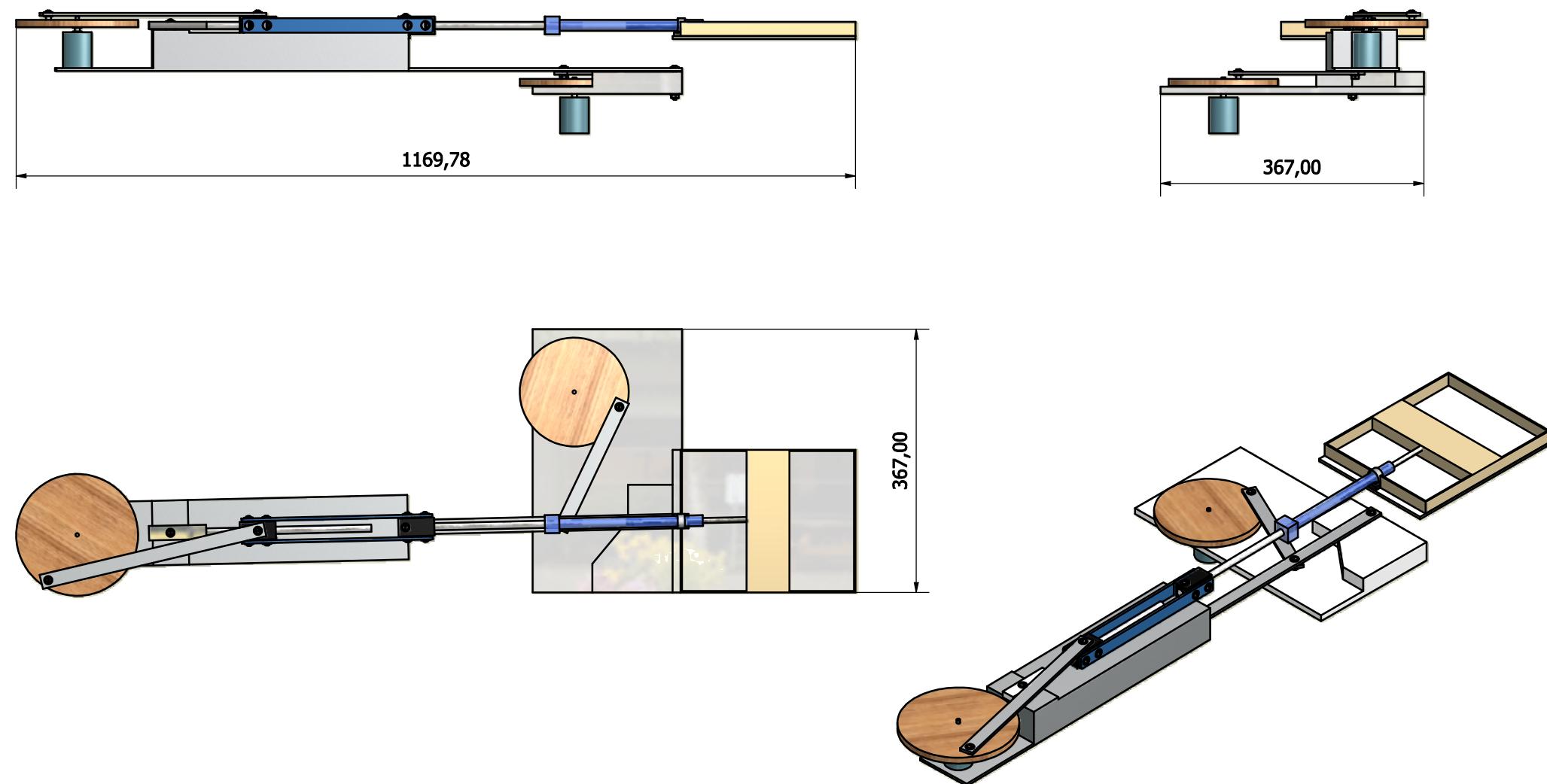
que perfura o tecido e, ao retornar, faz com que a linha forme um laço antes de sair do tecido.

*Plicatura* - Qualquer técnica utilizada para tracionar novamente a região abdominal.

## Apêndice B – Apêndice

### B.1 Desenhos

6 5 4 3 2 1



Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Desenho de Conjunto			Edition	Sheet 1 / 1	

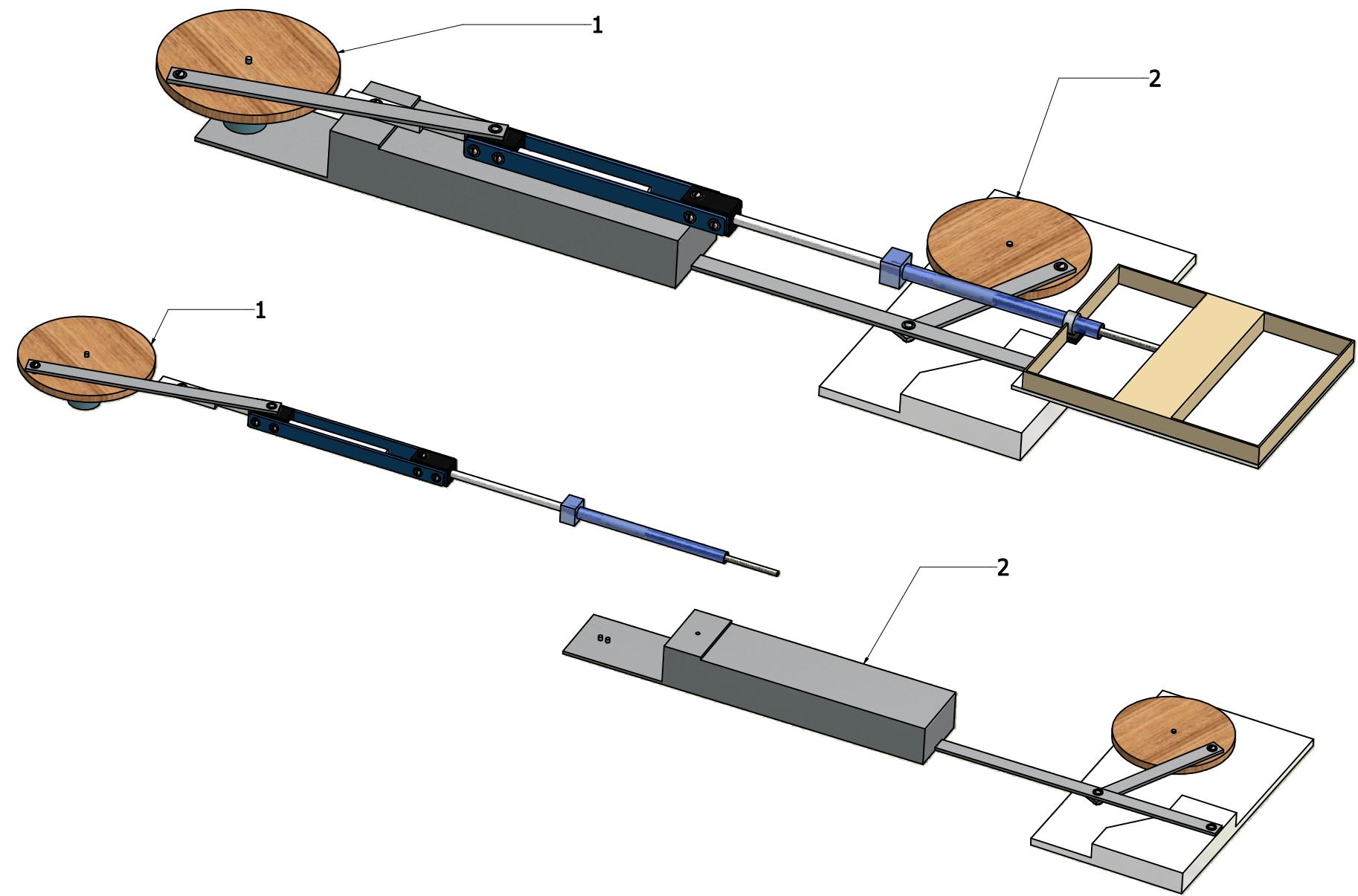
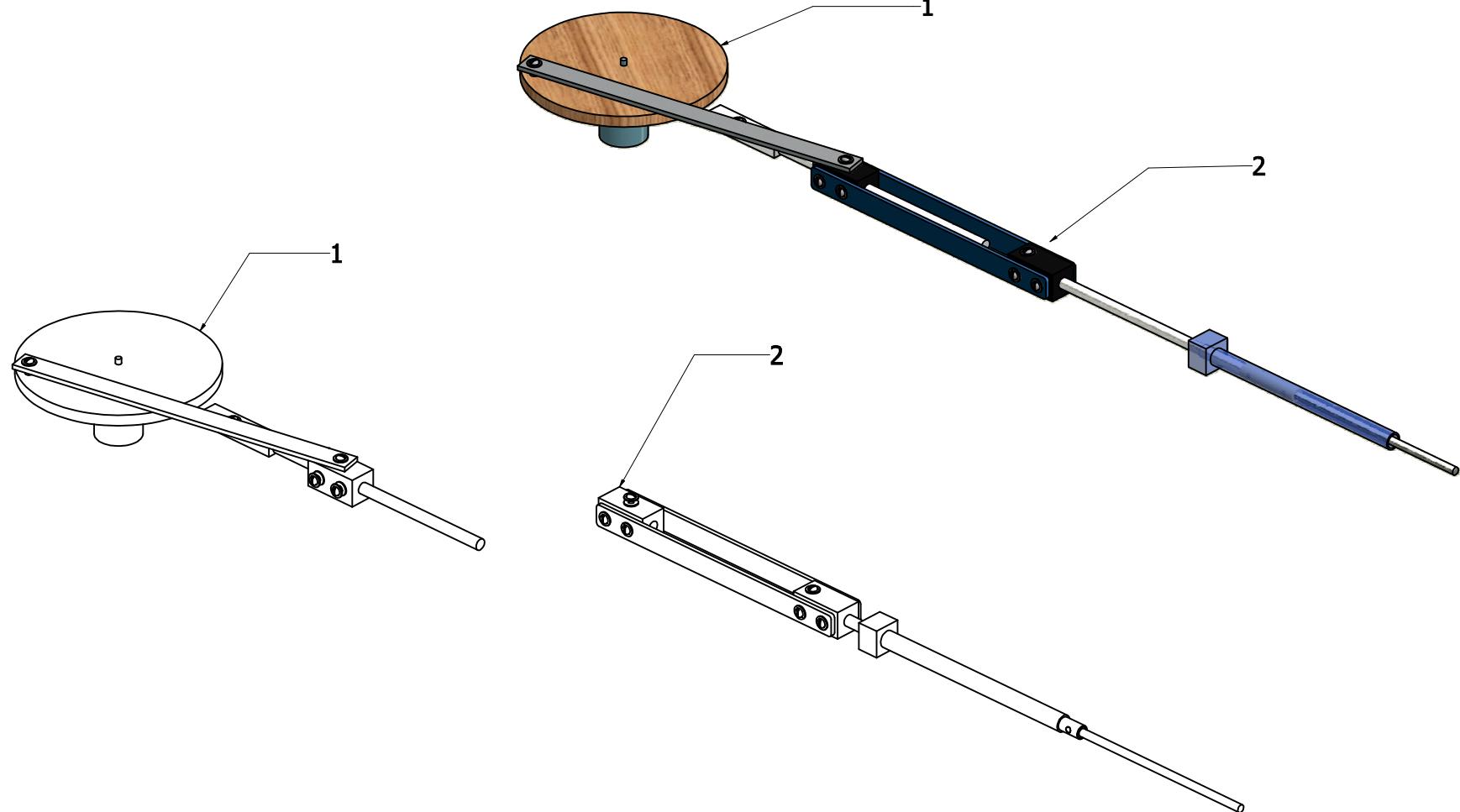


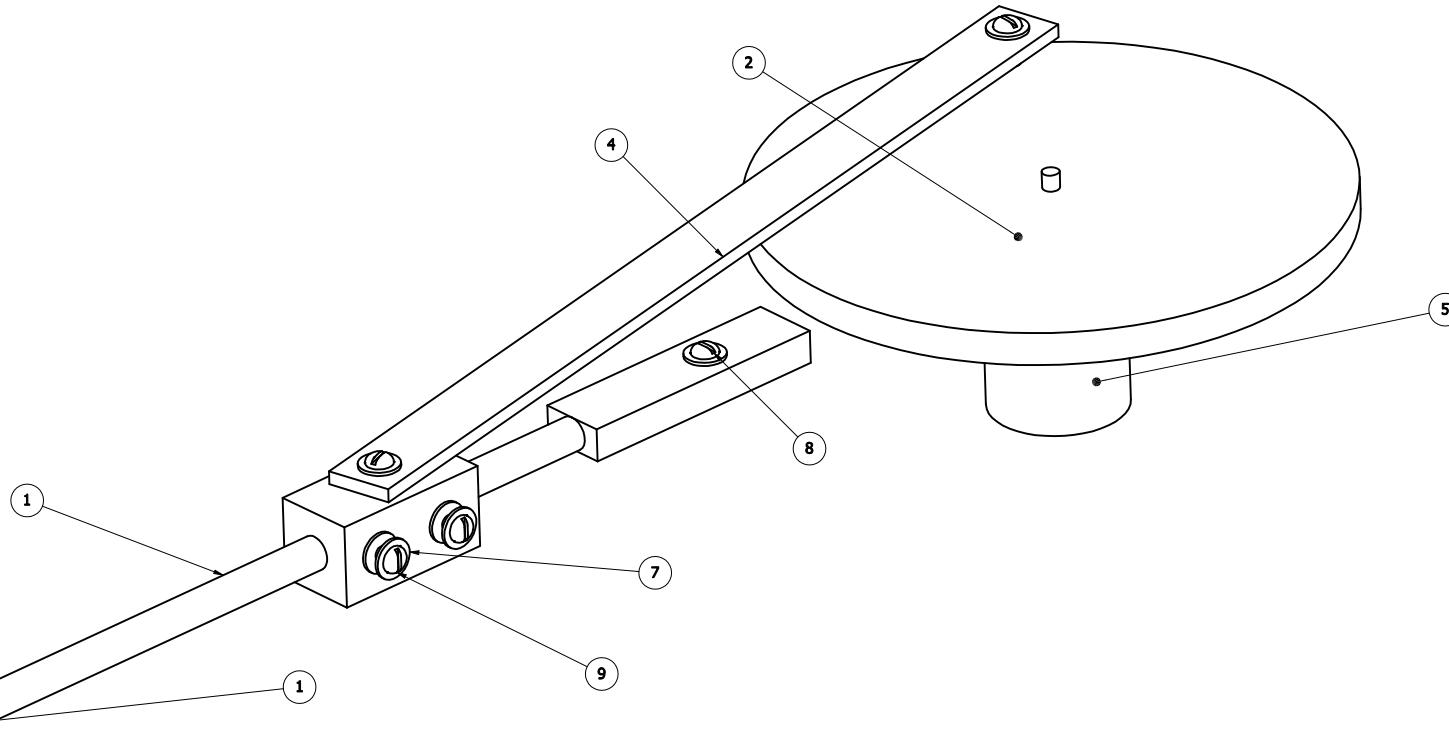
Table		
ITEM	NOME	DESCRIÇÃO
1	Movimentação Agulha	Responsável pela execução dos pontos
2	Rotação Braço	Responsável pela rotação do braço (distanciamento entre pontos)

DRAWN Daniel Soliani	25/11/2008	TITLE <b>Divisão Desenho Conjunto</b>
CHECKED		
QA		
MFG		
APPROVED		
SIZE <b>C</b>	DWG NO <b>Conjunto - Divisão</b>	REV
SCALE		
		SHEET 1 OF 1



Lista de Partes		
ITEM	NOME	DESCRIÇÃO
1	Bielas Manivela	Trasmisão Movimento Polia - Braço
2	Acoplamento	Transmissão de Movimento - Junta Rotativa

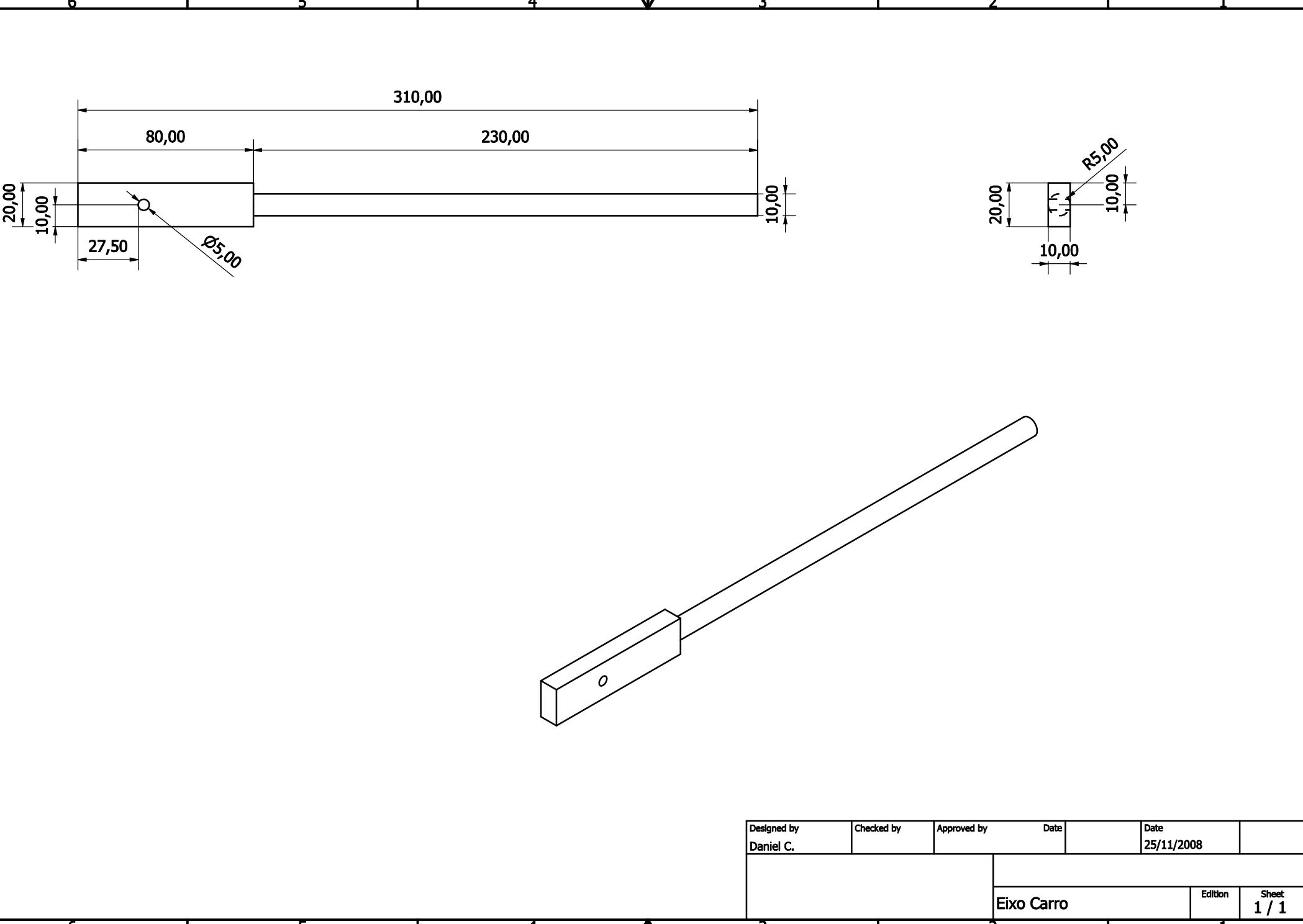
DRAWN Daniel Soliani	25/11/2008			
CHECKED				
QA		TITLE		
MFG		<b>Movimentação da Agulha - Divisão</b>		
APPROVED		SIZE <b>C</b>	DWG NO <b>Movimentação Agulha</b>	REV
		SCALE	SHEET 1 OF 1	



Lista de Partes

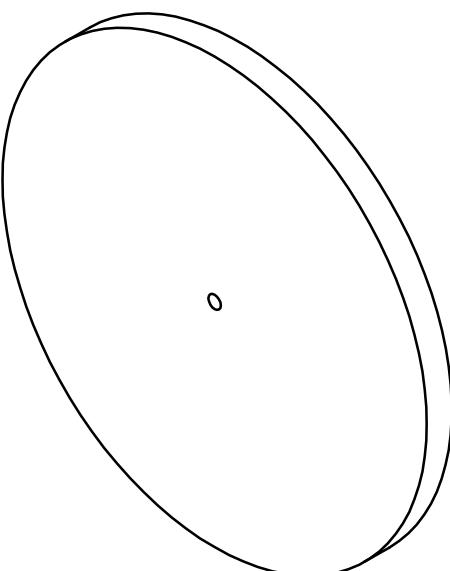
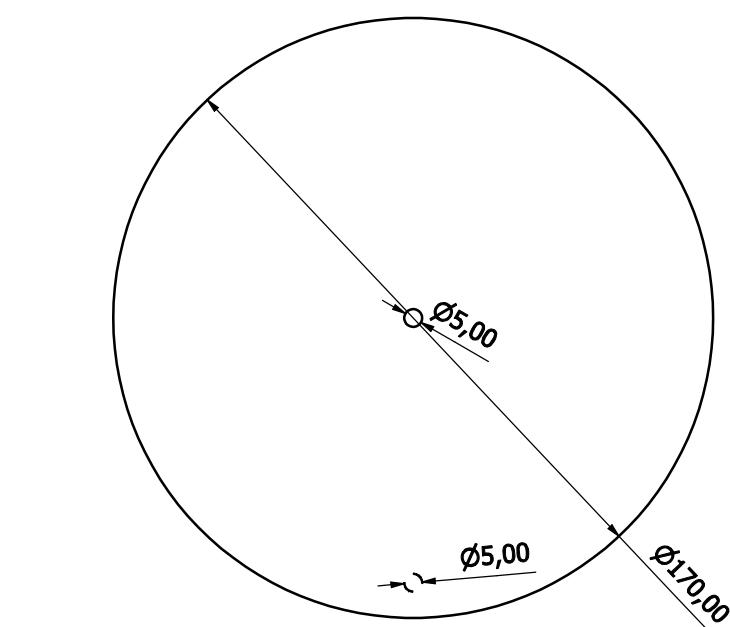
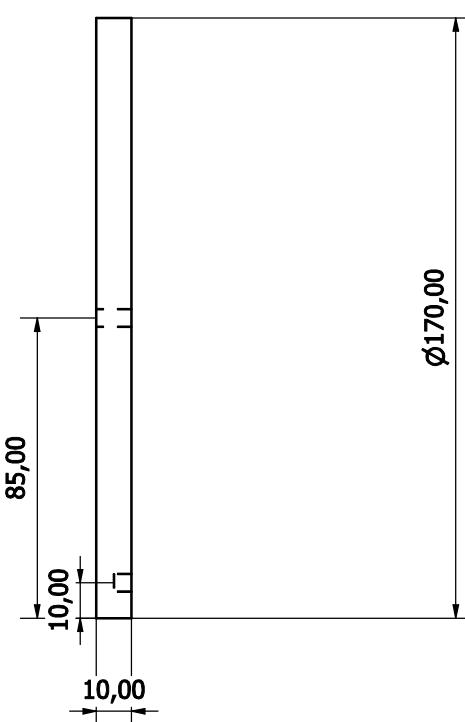
ITEM	QTDE	NOME	DESCRÍÇÃO
1	1	Eixo Carro	
2	1	Polla 1	
3	1	Carro	
4	1	Acoplamento Braço	
5	1	Motor 1	
6	2	Afastador	
7	16	GOST 6958-78 - 4,5 C	Washer
8	2	GOST 11644-75 - M 4 x 14	Rounded-off pan-head screws products grade A and B. Construction and dimensions
9	5	GOST 11644-75 - M 4 x 8	Rounded-off pan-head screws products grade A and B. Construction and dimensions

DRAWN Daniel Soliani	25/11/2008	TITLE <b>Biel Manivela - Partes</b>
CHECKED		
QA		
MFG		
APPROVED		
SIZE <b>C</b>	DWG NO <b>Biel Manivela</b>	REV
SCALE		SHEET 1 OF 1

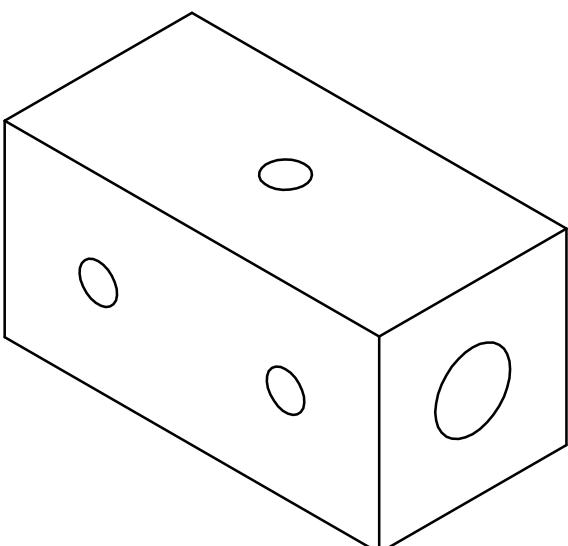
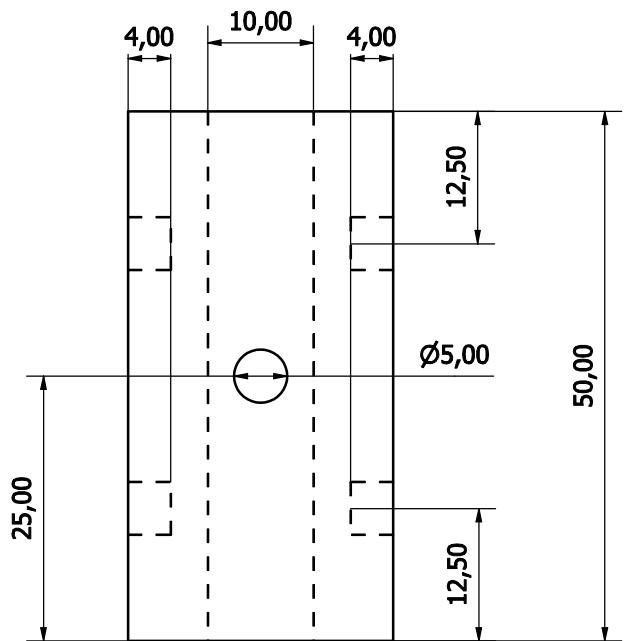
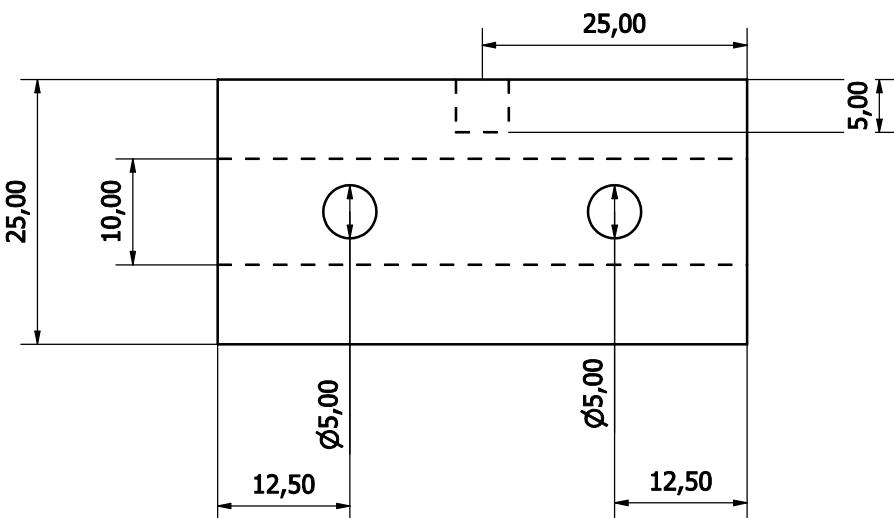
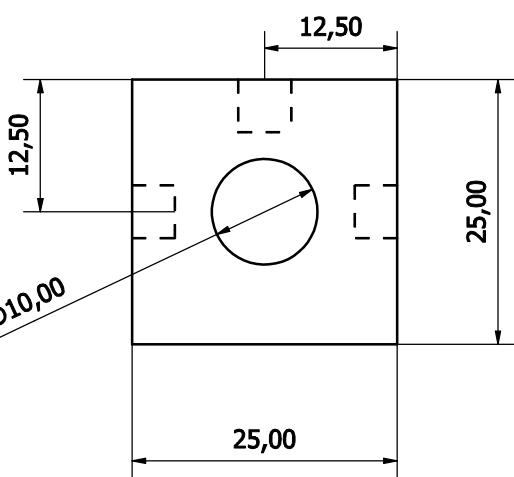


Designed by Daniel C.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Eixo Carro					Edition
			Sheet	1 / 1	

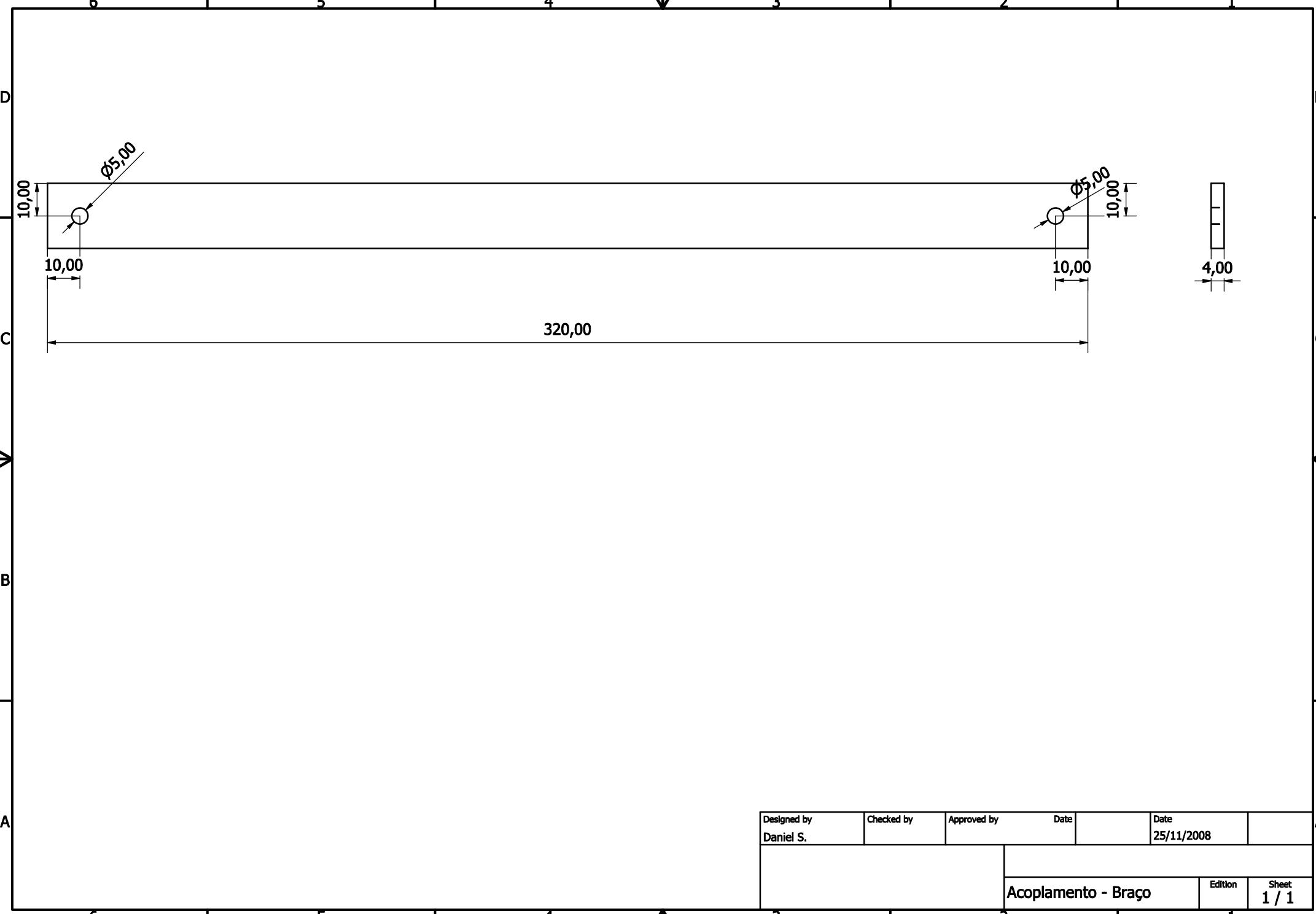
6 5 4 3 2 1

D  
C  
B  
A

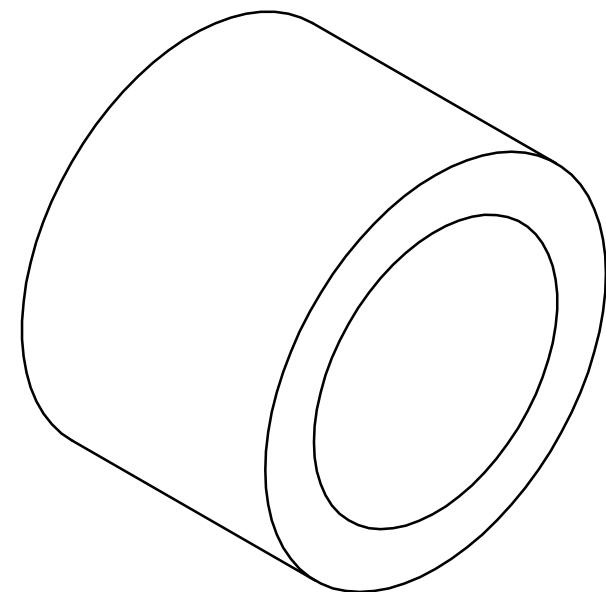
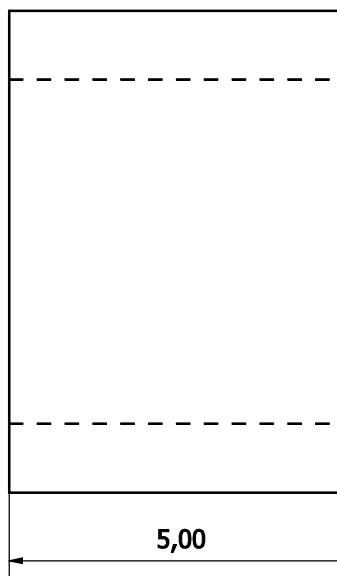
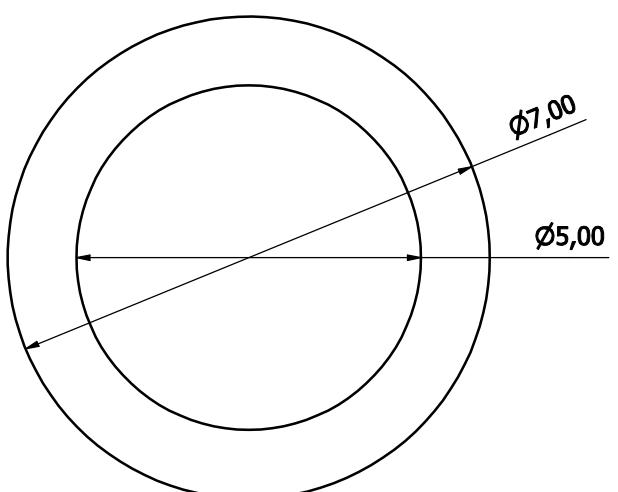
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Polia 1		Edition		Sheet	1 / 1



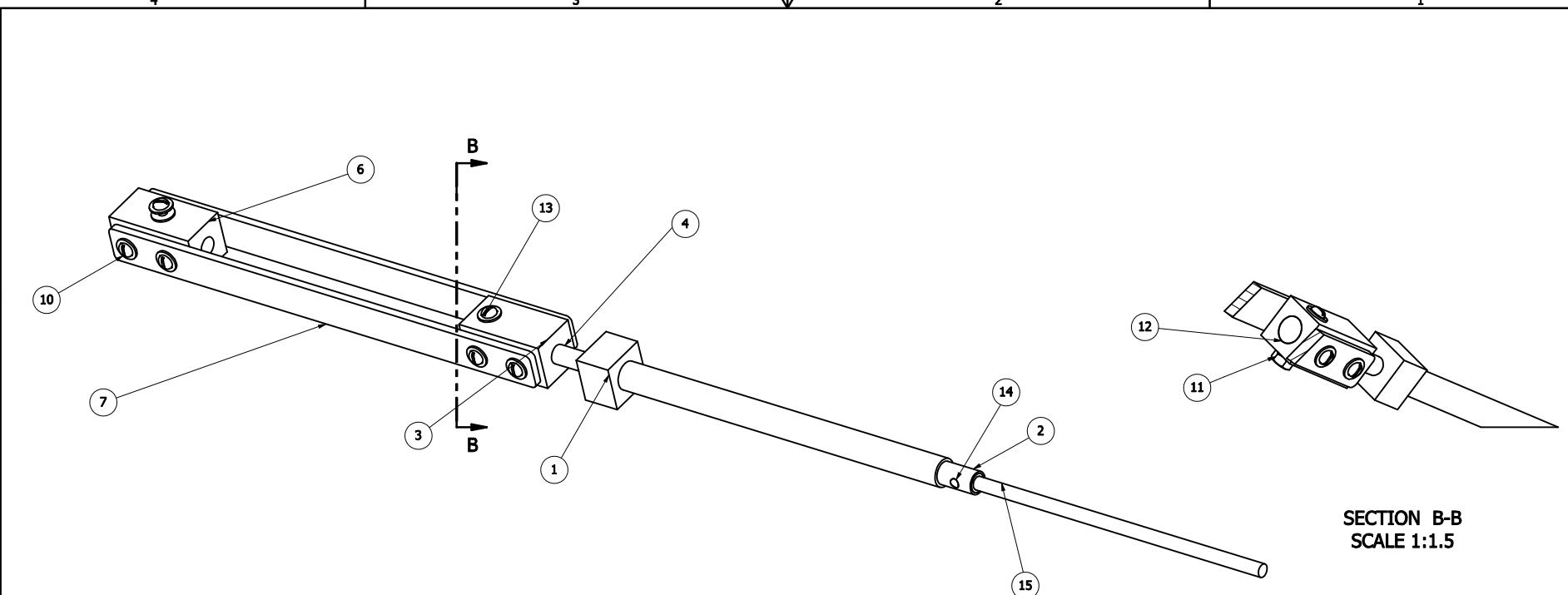
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
				Carro	Sheet 1 / 1



Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Acoplamento - Braço			Edition	Sheet 1 / 1	



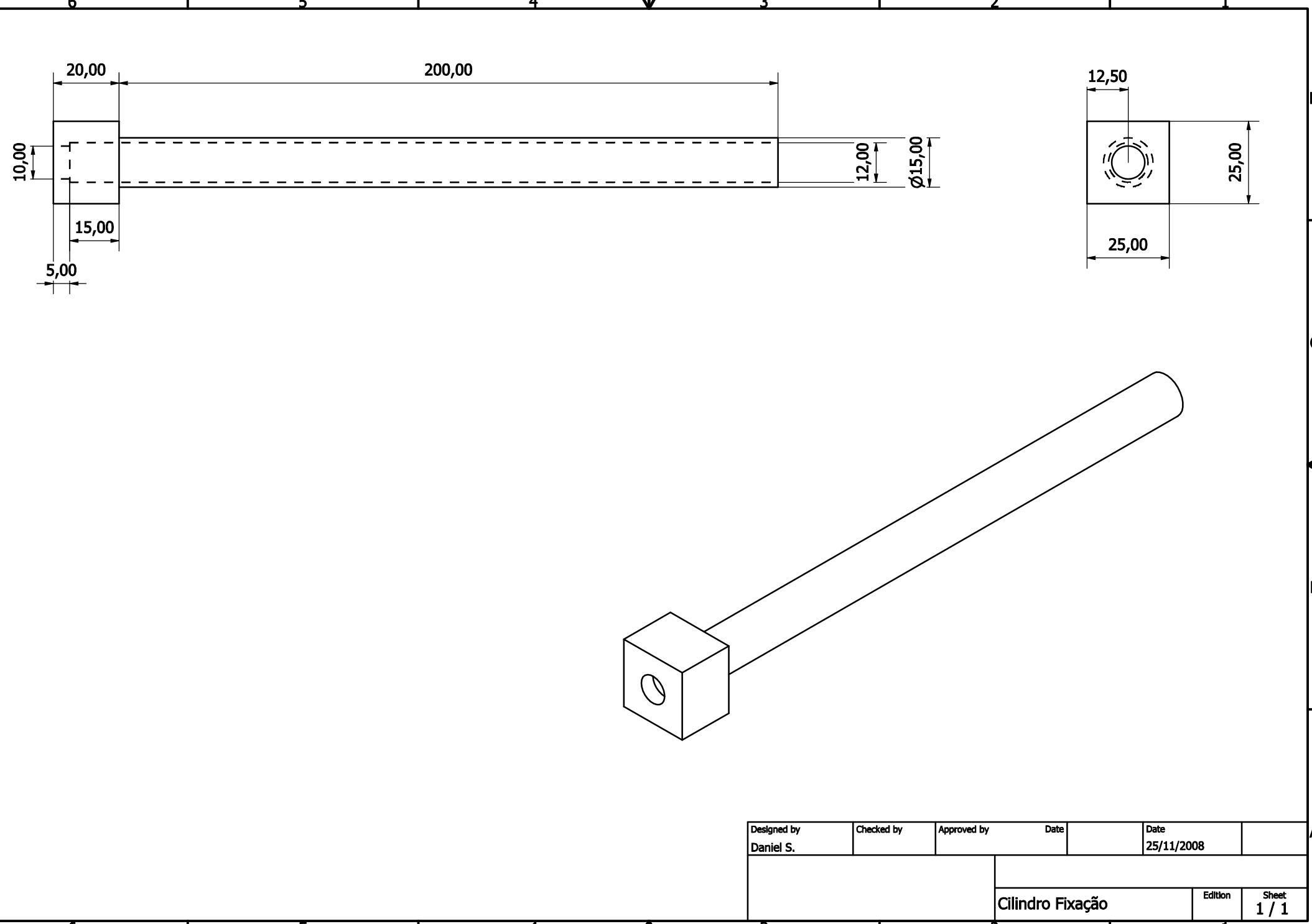
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Qtd. 4					
afastador		Edition		Sheet 1 / 1	



Lista de Partes

ITEM	QTDE	NOME	DESCRIÇÃO
1	1	Cilindro de Fixação	
2	1	Camisa	
3	1	Acoplamento	
4	1	Barra Furada	
6	1	Carro	
7	2	Brago Carro	
8	20	GOST 6958-78 - 4,5 C	Washer
10	9	GOST 11644-75 - M 4 x 8	Rounded-off pan-head screws products grade A and B. Construction and dimensions
11	1	GOST 5915 - M 6	Hexagon nuts (standart precision). Construction and dimensions
12	1	Plug	
13	1	GOST 11644-75 - M 4 x 30	Rounded-off pan-head screws products grade A and B. Construction and dimensions
14	2	Pino	
15	1	Aguilha	

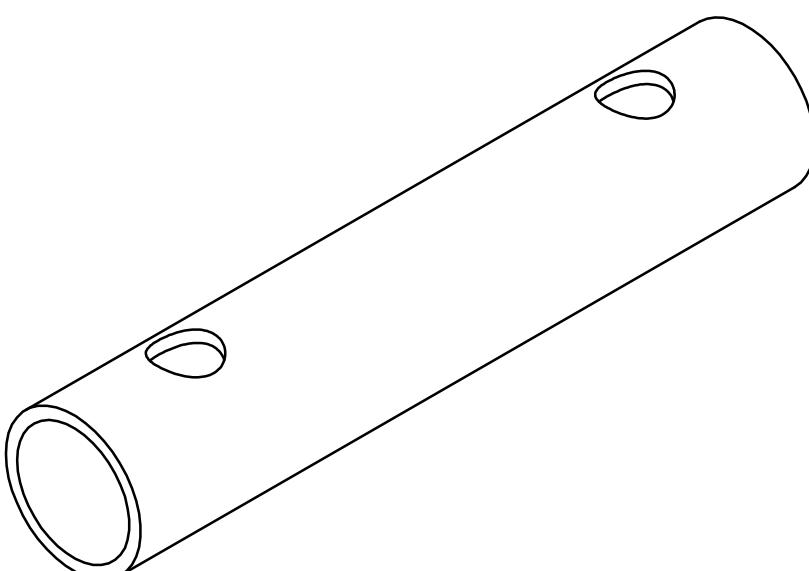
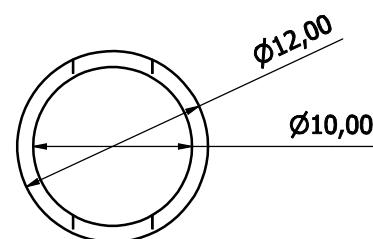
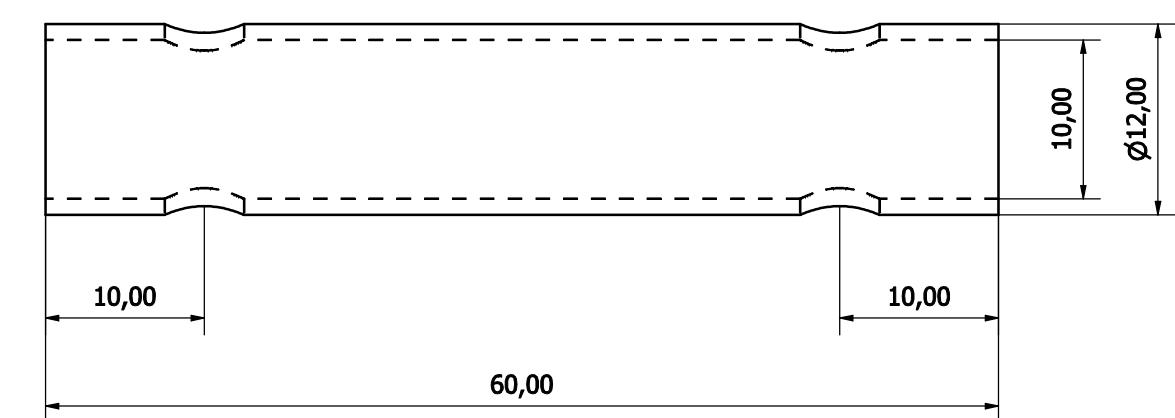
DRAWN Daniel Soliani	25/11/2008	TITLE <b>Acoplamento - Partes</b>
CHECKED		
QA		
MFG		
APPROVED		
SIZE <b>C</b>	DWG NO <b>Acoplamento</b>	REV
SCALE		
	SHEET 1 OF 1	



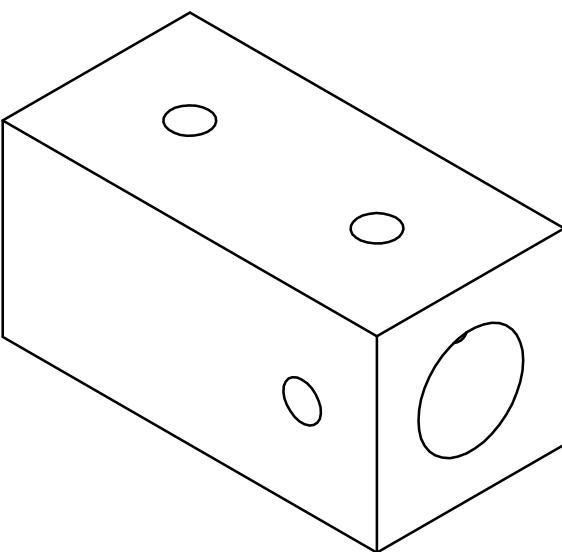
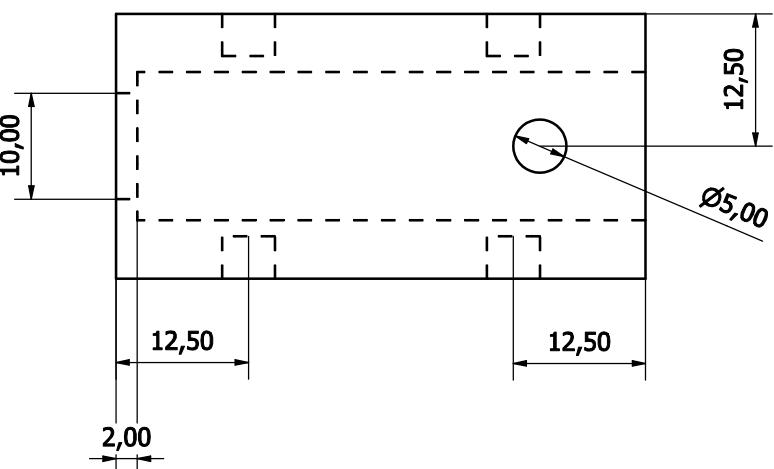
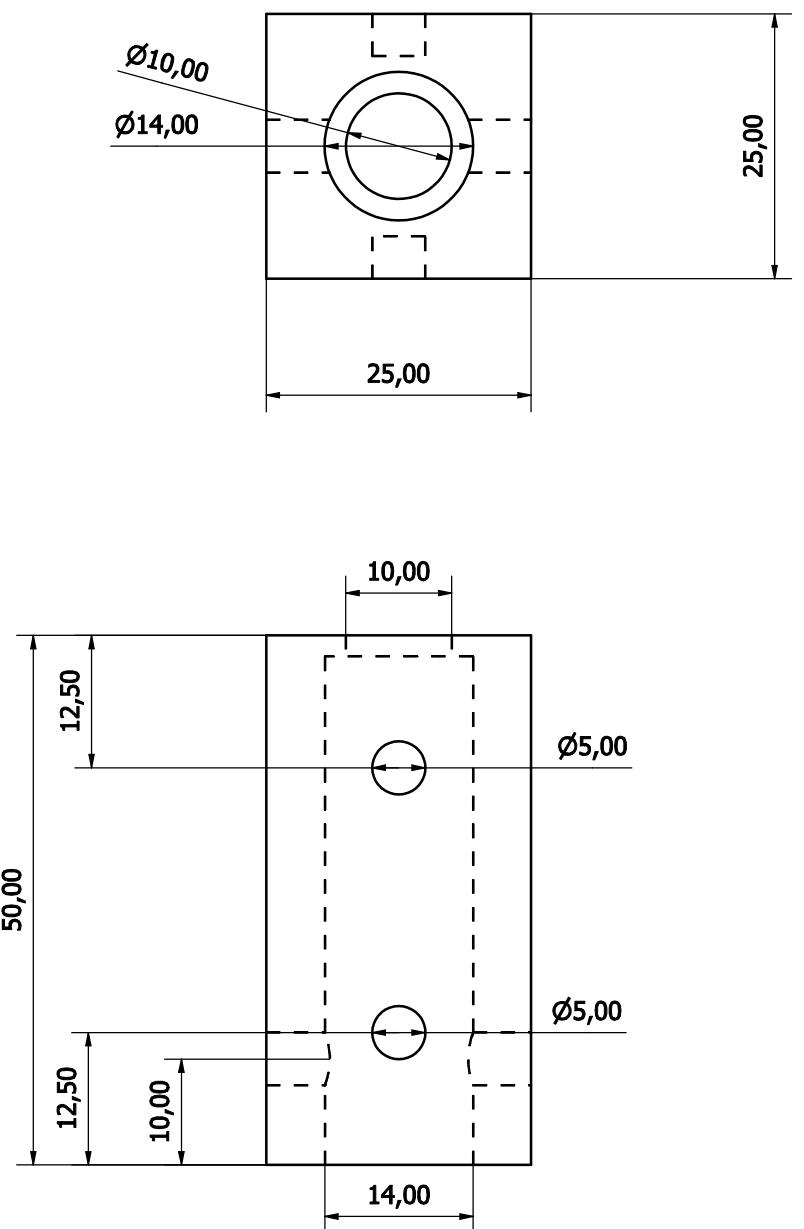
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
--------------------------	------------	-------------	------	--------------------	--

Cilindro Fixação	Edition	Sheet 1 / 1
------------------	---------	----------------

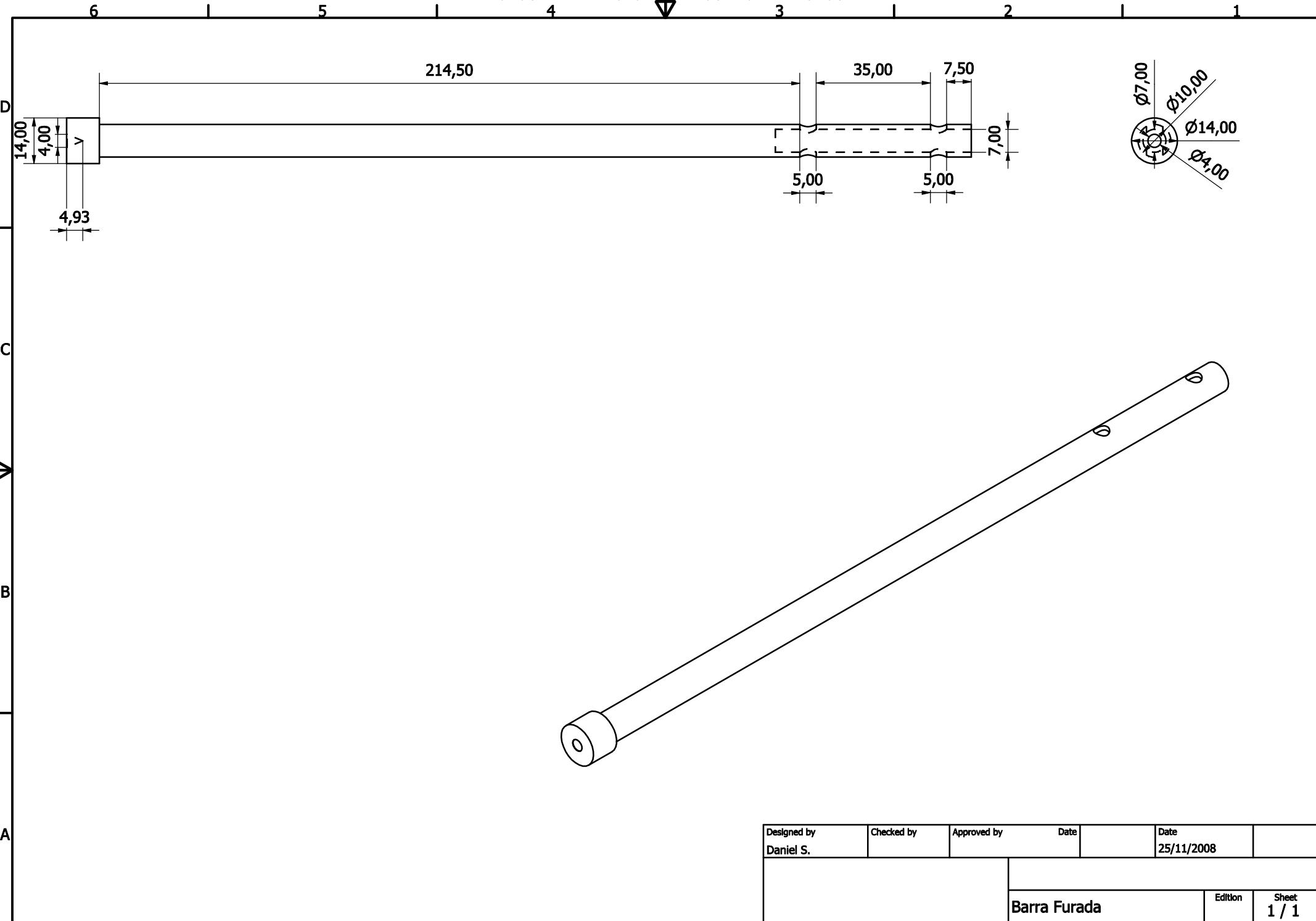
6 5 4 3 2 1

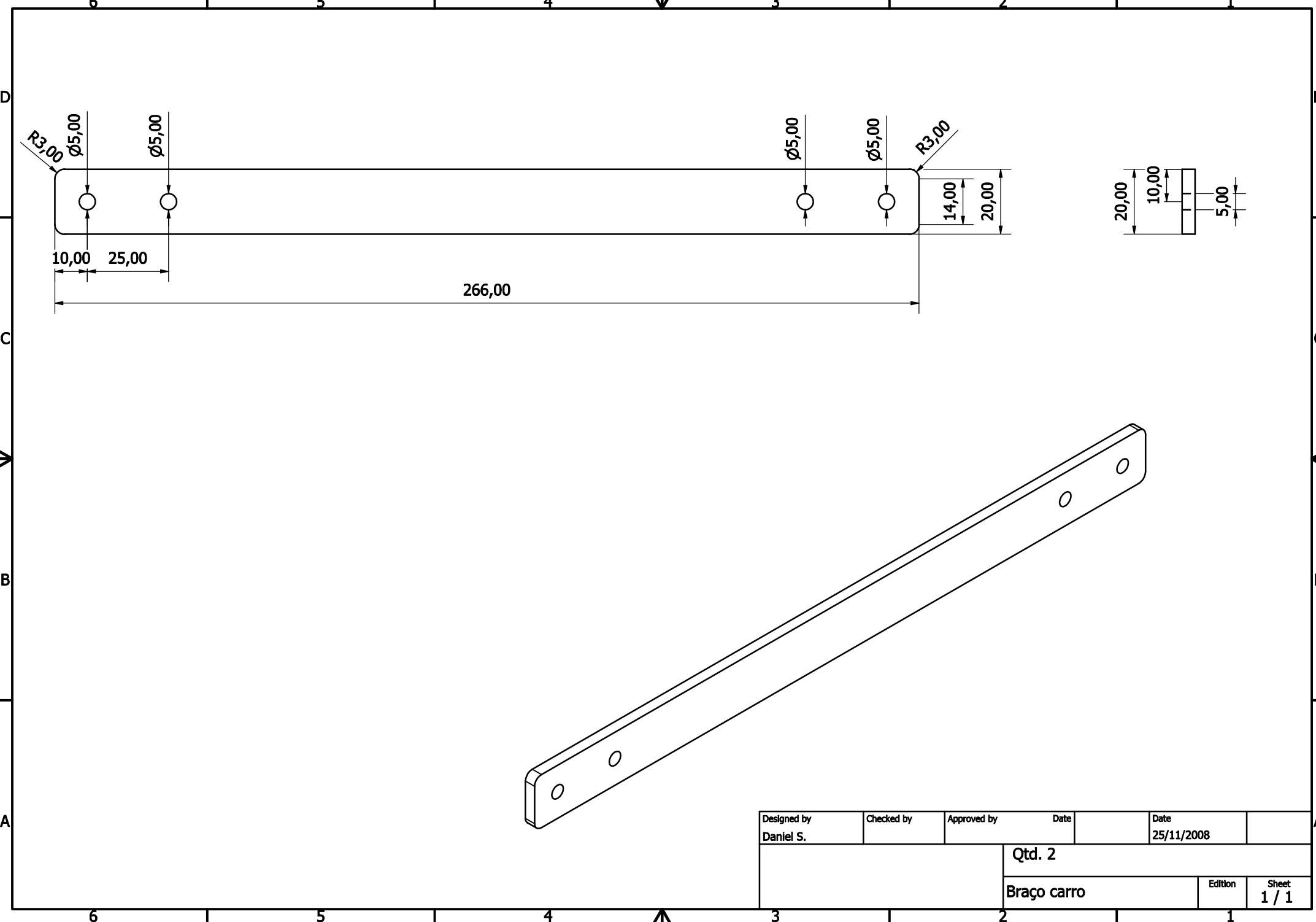


Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Camisa-1					Edition
Sheet 1 / 1					

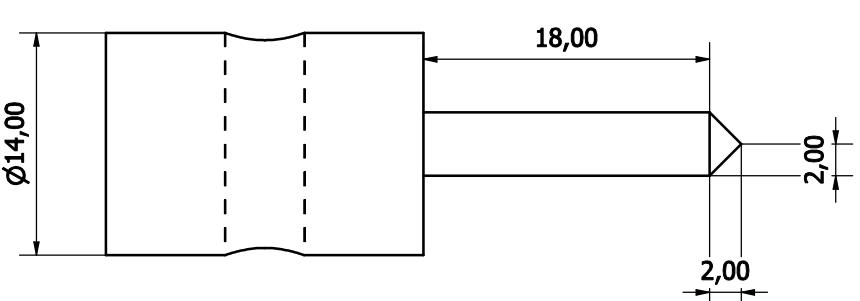
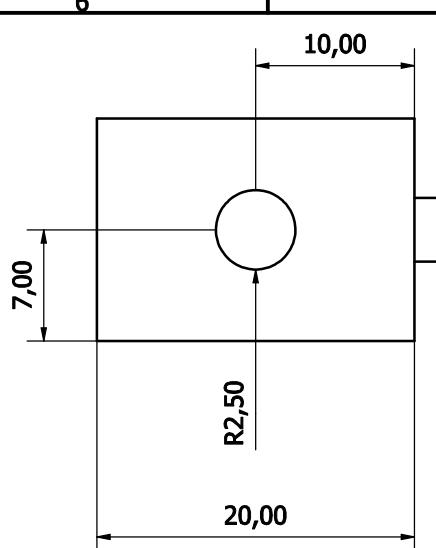


Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Acoplamento 1					Edition Sheet 1 / 1



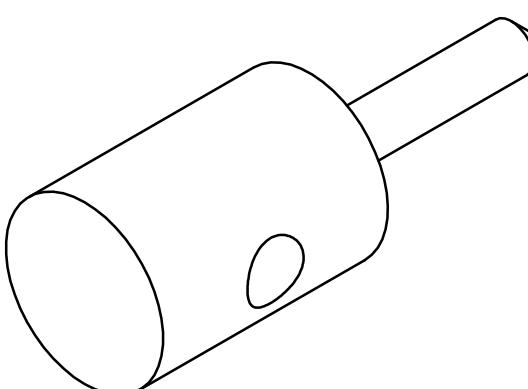
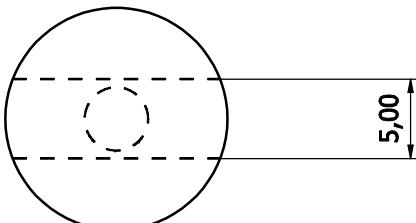


Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Qtd. 2					
Braço carro		Edition	Sheet	1 / 1	

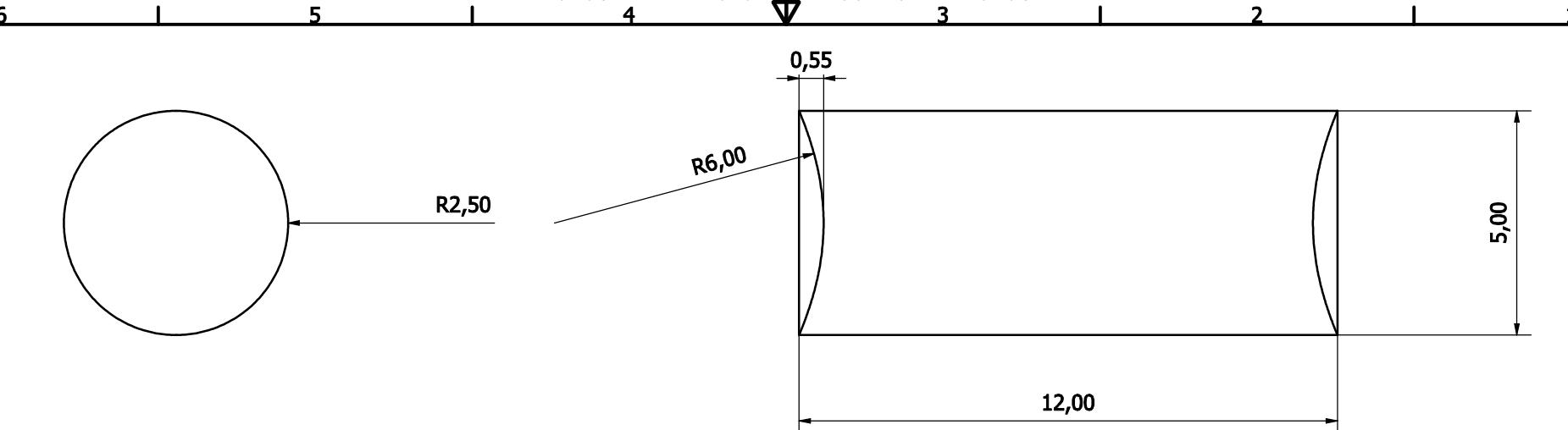


4,00

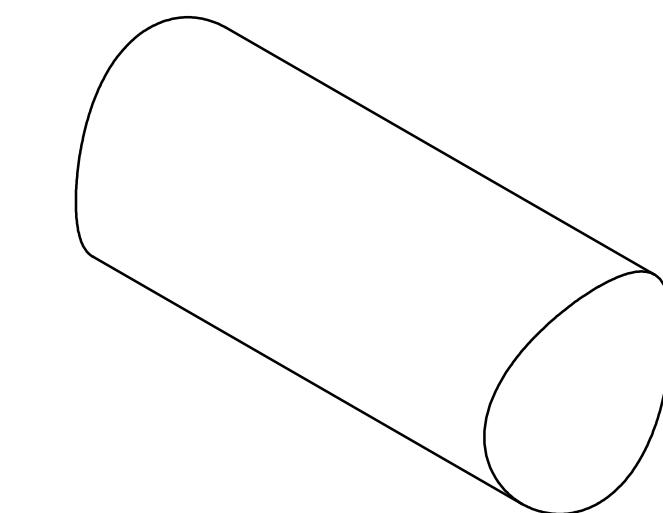
5,00



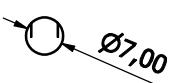
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
				plug	Sheet 1 / 1



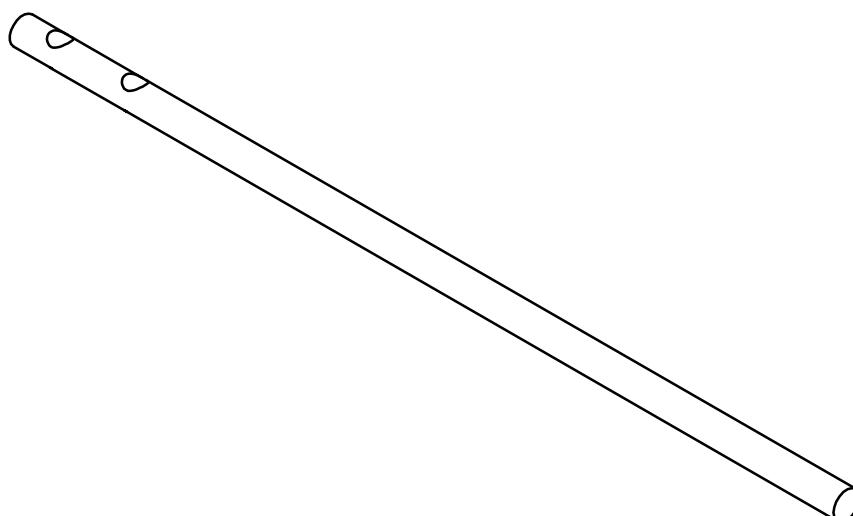
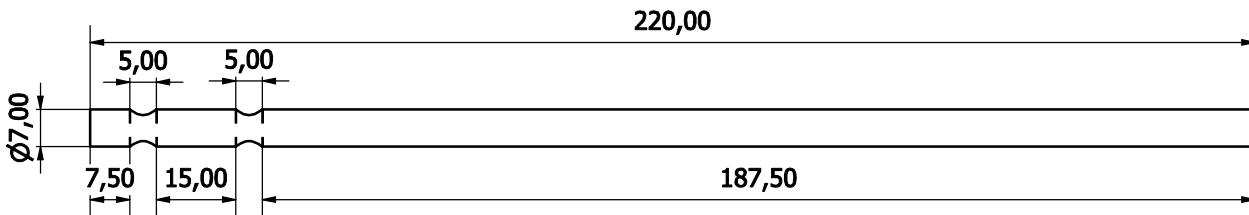
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



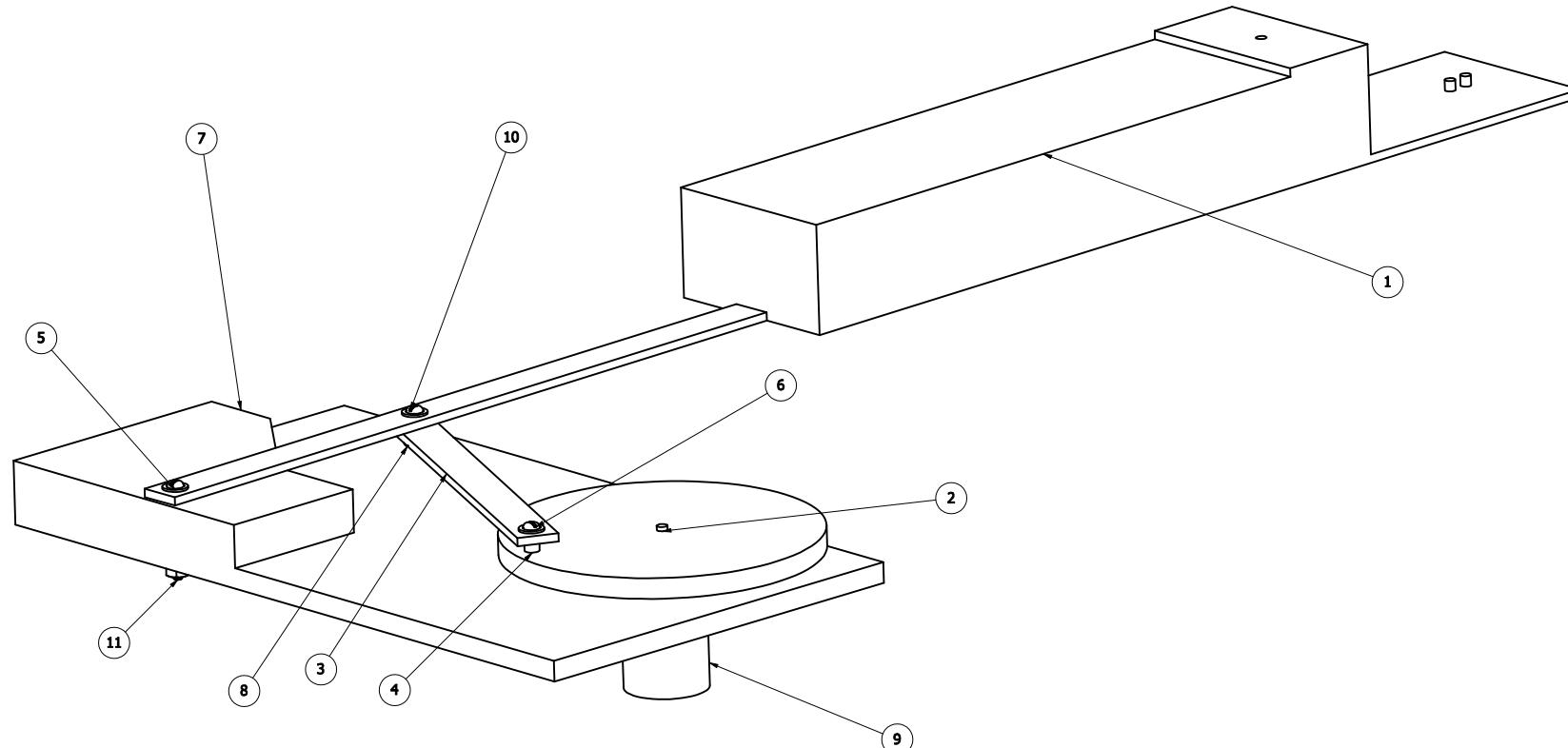
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
			Edition	Sheet 1 / 1	



$\varnothing 7,00$



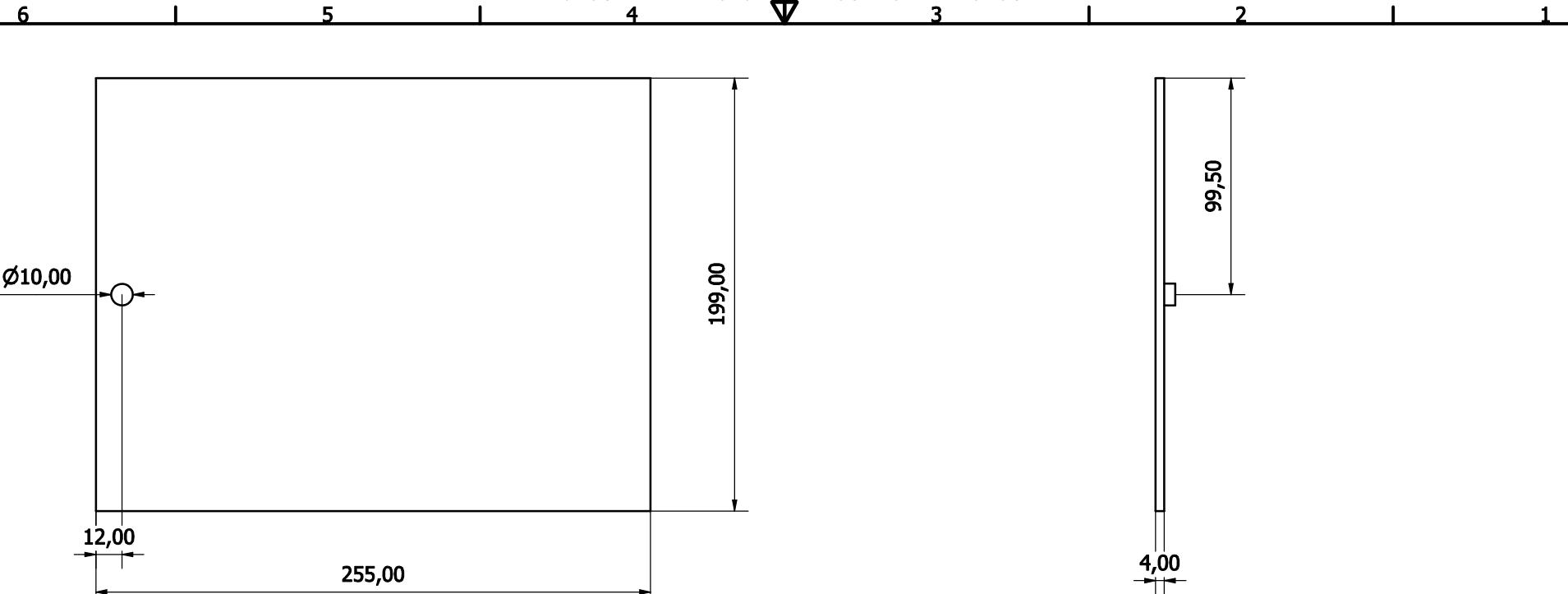
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
agulha					Edition
Sheet 1 / 1					



Lista de Partes

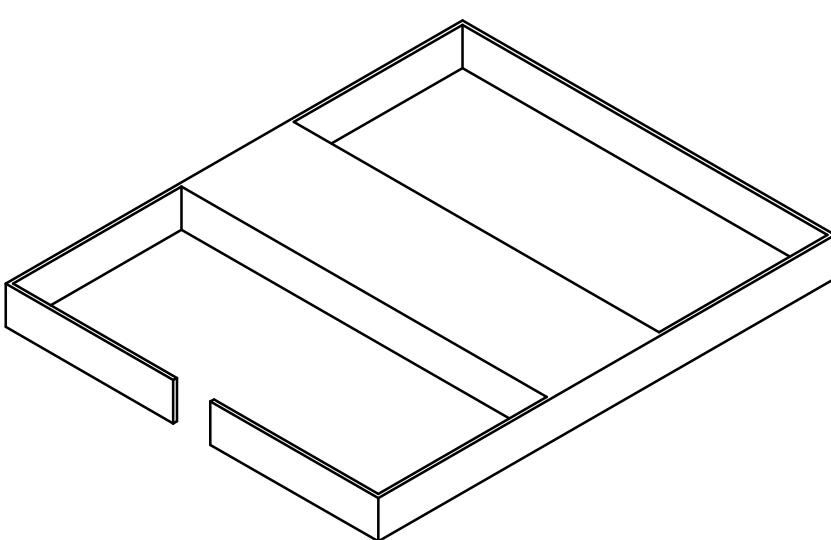
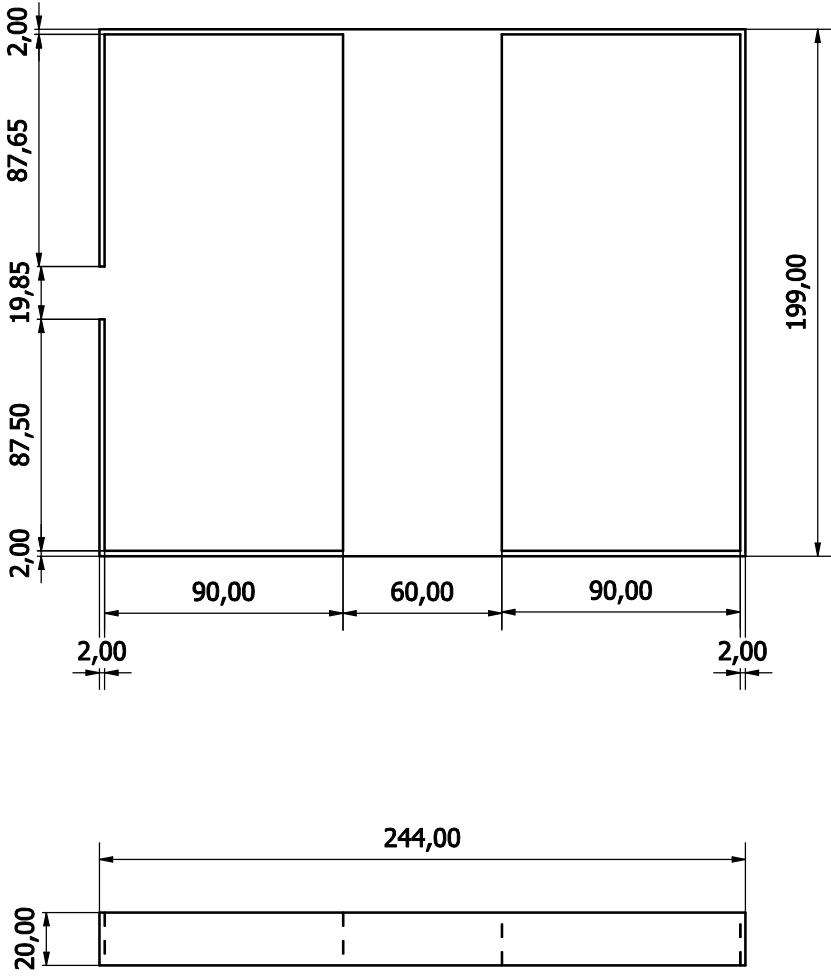
ITEM	QUANTIDADE	NOME	DESCRIÇÃO
1	1	Mesa C	
2	1	Pola 2	
3	1	Barra - mov	
4	2	Afastador	
5	9	GOST 6958-78 - 4,5 C	Washer
6	1	GOST 11644-75 - M 4 x 14	Rounded-off pan-head screws products grade A and B. Construction and dimensions
7	1	Mesa A	
8	2	GOST 5915 - M 6	Hexagon nuts (standart precision). Construction and dimensions
9	1	Motor 2	
10	1	GOST 11644-75 - M 4 x 16	Rounded-off pan-head screws products grade A and B. Construction and dimensions
11	1	GOST 11644-75 - M 4 x 45	Rounded-off pan-head screws products grade A and B. Construction and dimensions

DRAWN Daniel Soliani	25/11/2008		
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
SIZE <b>C</b>		DWG NO <b>Rotação Braço</b>	REV
SCALE			
SHEET 1 OF 1			



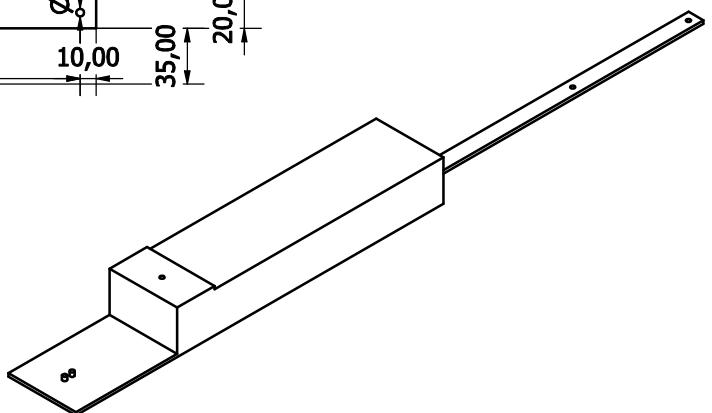
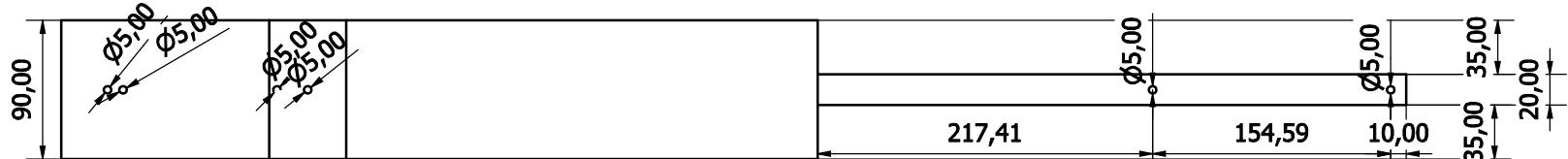
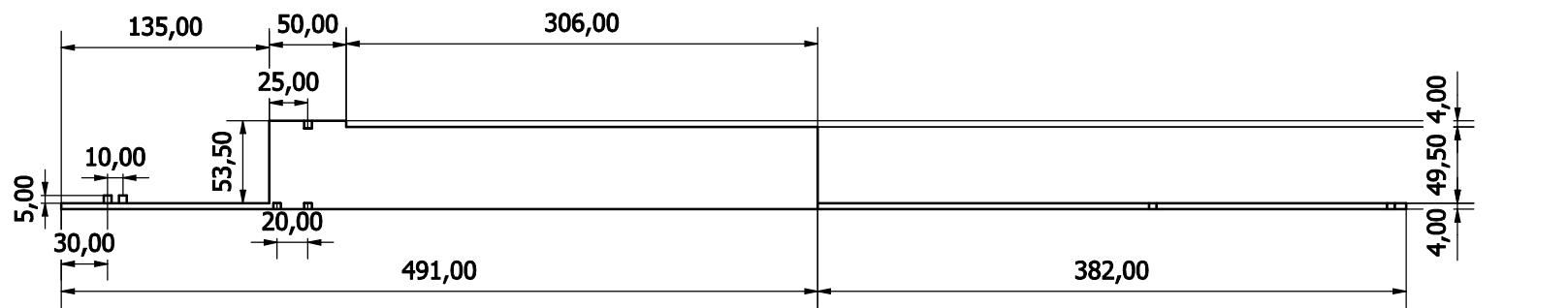
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Mesa a					Edition
Sheet 1 / 1					

6 5 4 3 2 1

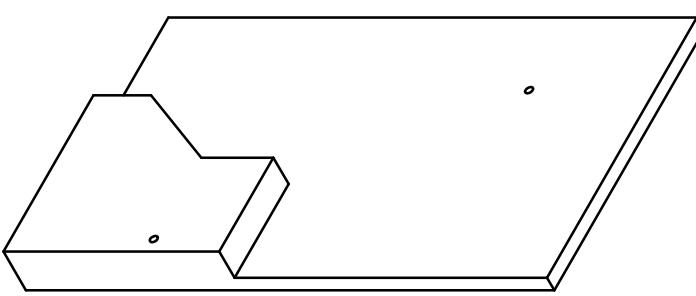
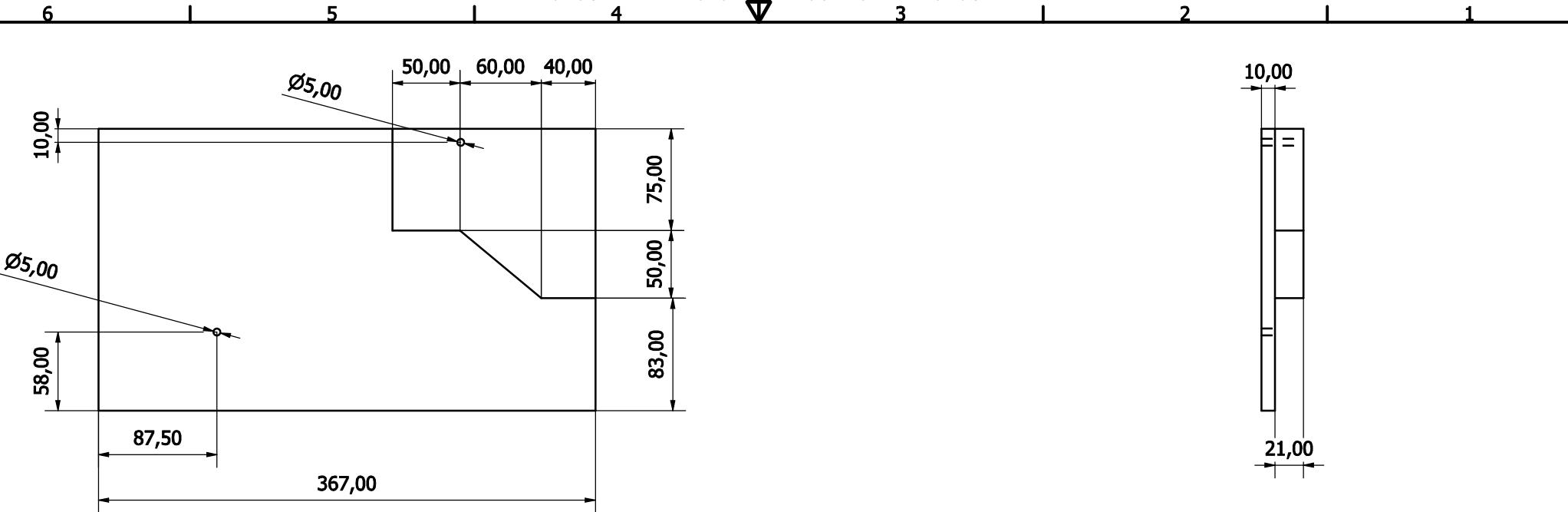


Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Mesa b			Edition	Sheet 1 / 1	

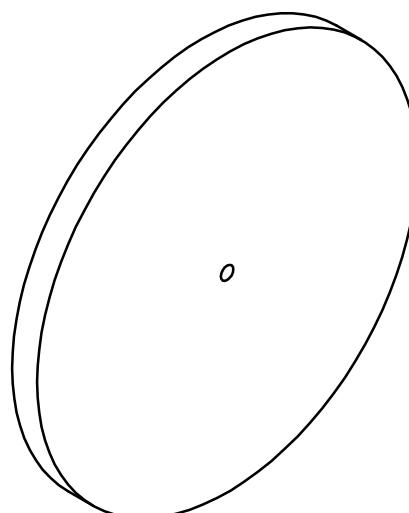
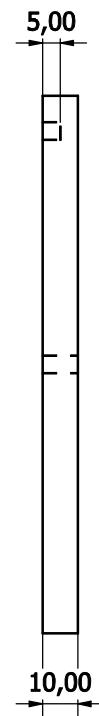
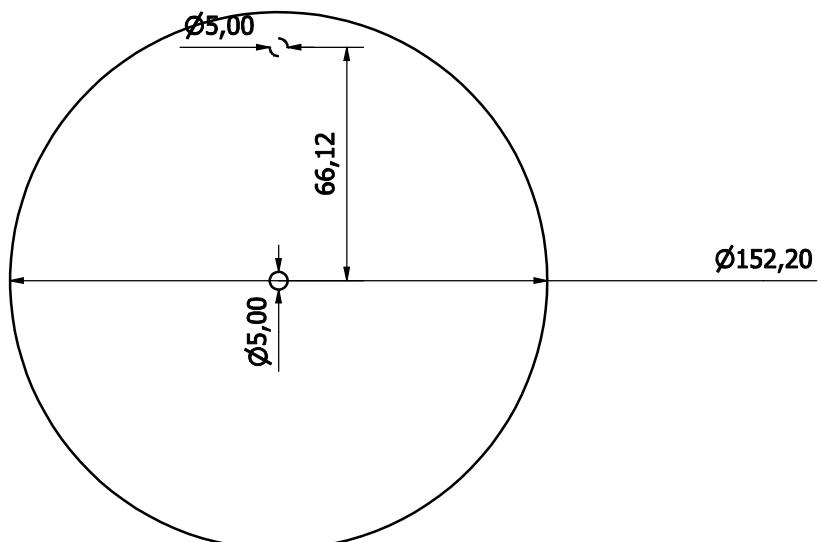
6 5 4 3 2 1



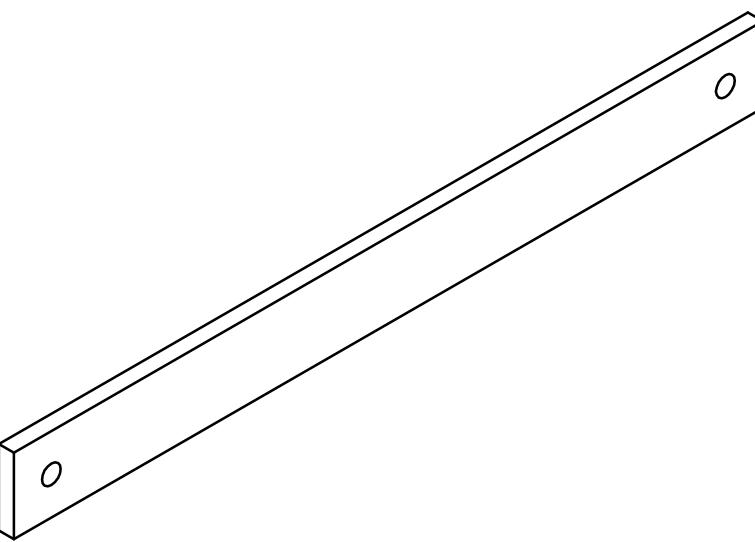
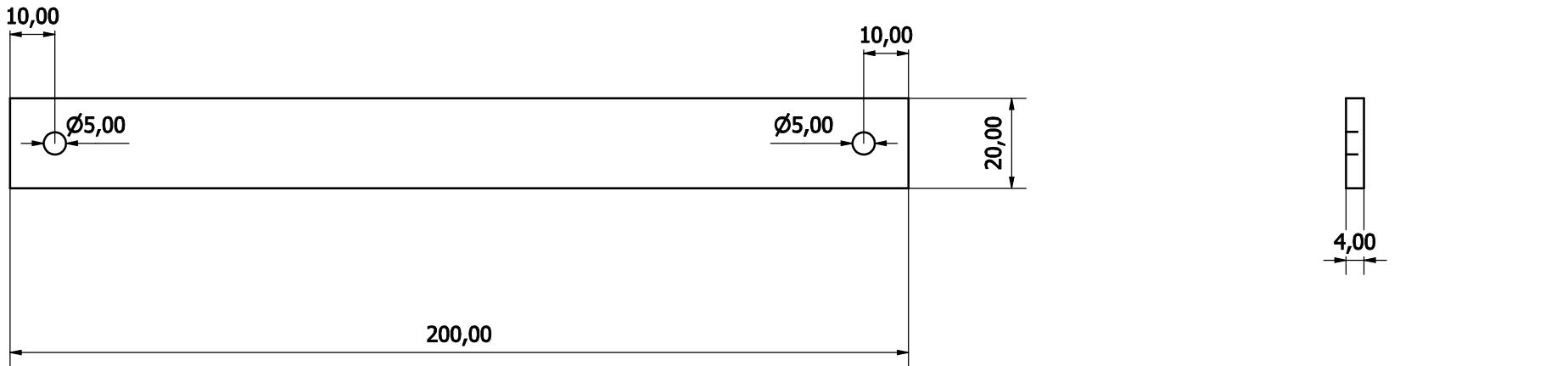
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
mesa3			Edition	Sheet 1 / 1	



Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Mesa c					Edition 1 / 1
Sheet 1 / 1					



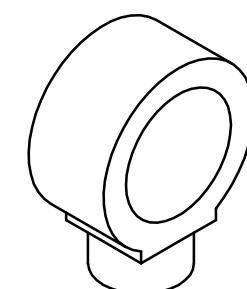
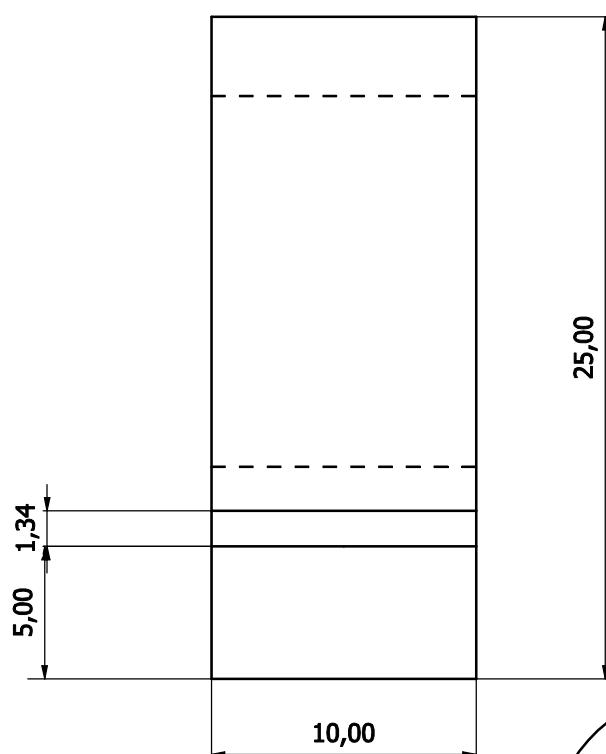
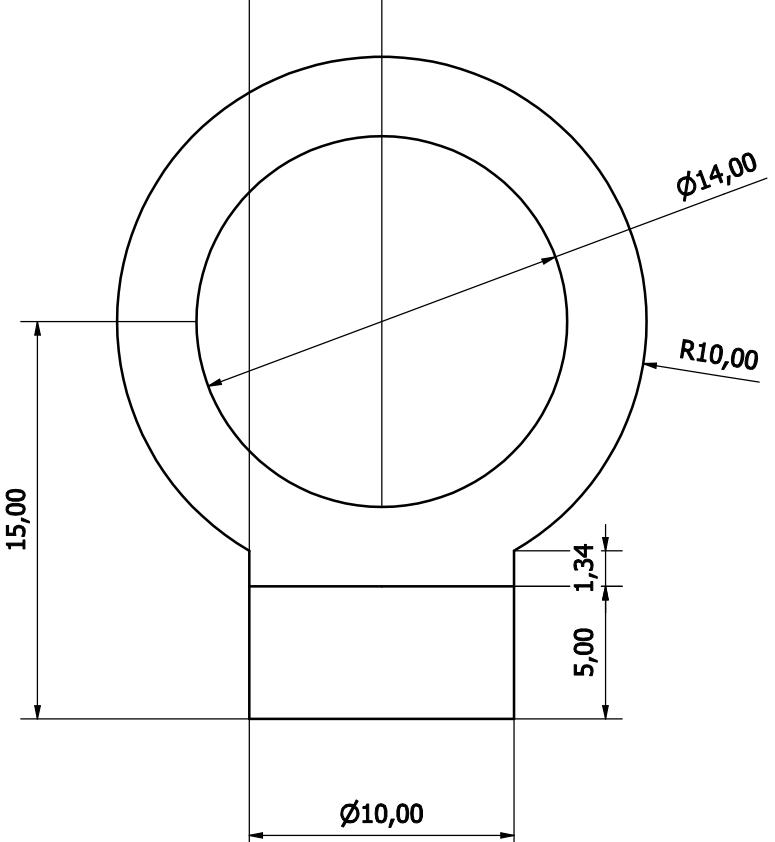
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Polia 2					Edition
			Sheet	1 / 1	



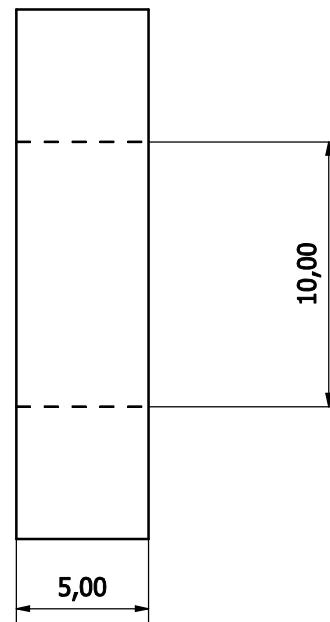
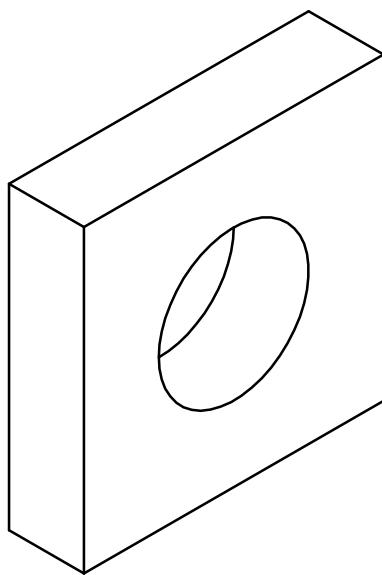
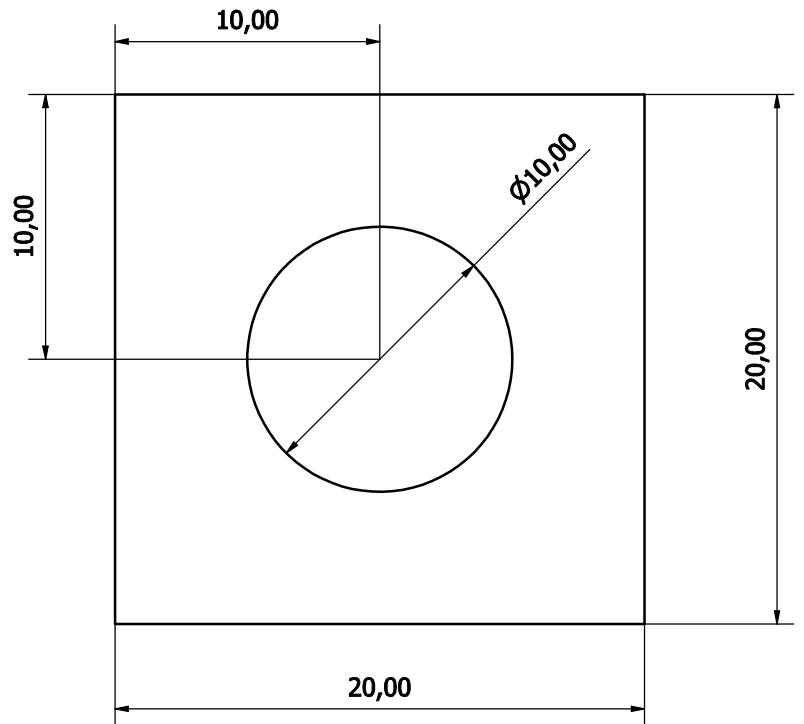
Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Barra - mov					Edition
			Sheet	1 / 1	

6 5 4 3 2 1

D D C C B B A A



Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
			Edition	Sheet 1 / 1	



Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
			Edition	Sheet 1 / 1	

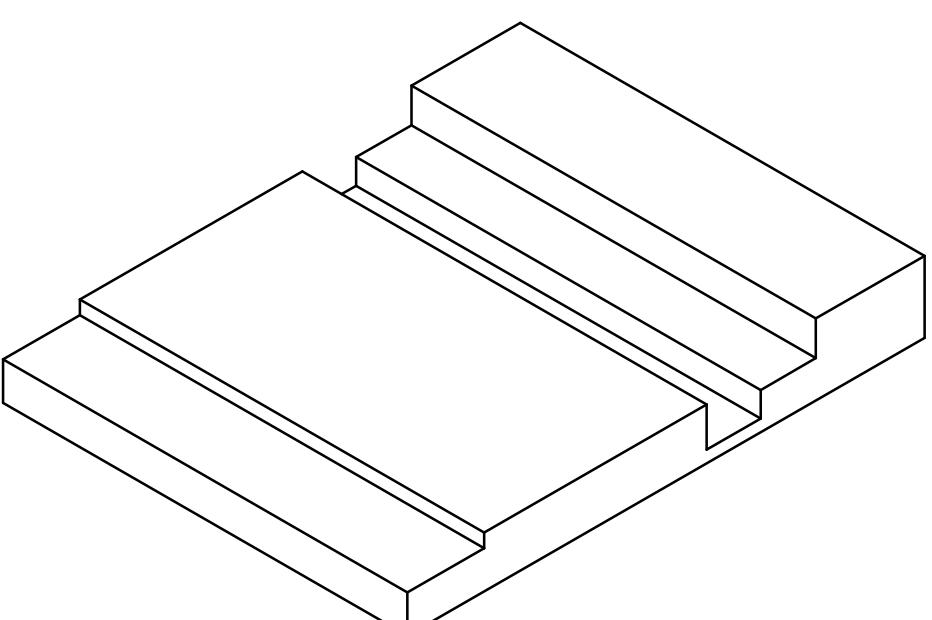
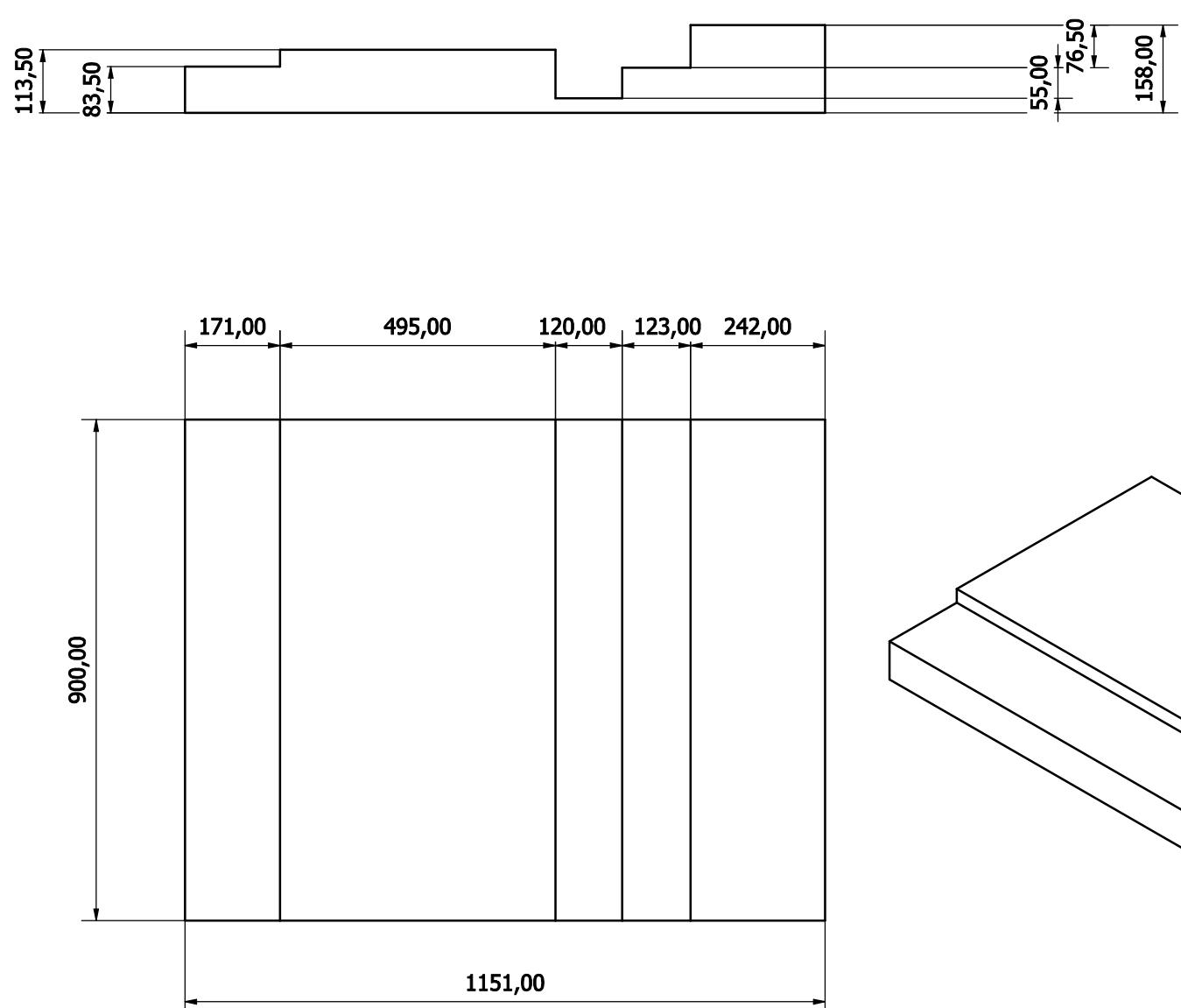
6 5 4 3 2 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

A

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

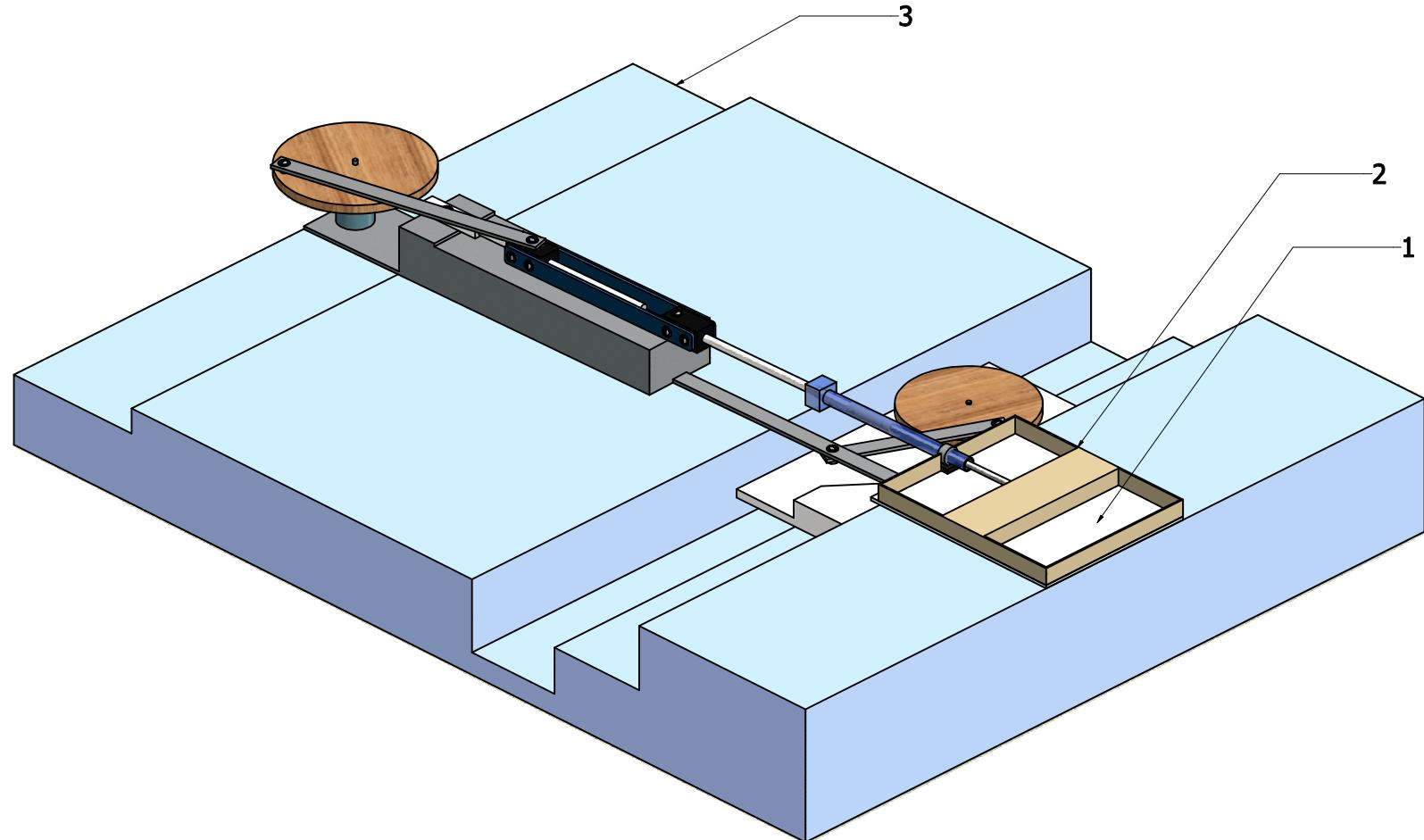
A



Designed by Daniel S.	Checked by	Approved by	Date	Date 25/11/2008	
Suporte					Edition Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Lista de Partes		
ITEM	NOME	DESCRIÇÃO
1	Mesa a	mesa de suporte
2	Mesa b	modelo do corpo
3	Suporte	suporte para o projeto

DRAWN Daniel Soliani	25/11/2008			
CHECKED				
QA		TITLE		
MFG		<b>Protótipo - Suportes</b>		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		<b>C</b>	<b>suportes</b>	
		SCALE	SHEET 1 OF 1	