

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Desenvolvimento de equipamento mecanizado de apoio ao procedimento de
intubação traqueal em seres humanos**

por

Márcio Garcia Franco

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, Junho de 2012

**Desenvolvimento de equipamento mecanizado de apoio ao procedimento de
Intubação traqueal em seres humanos**

por

Márcio Garcia Franco

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Prof. Dr. Arnaldo Ruben Gonzalez
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Projeto e Fabricação**

Orientador: Prof. Dr. Eduardo André Perondi

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. Arnaldo Ruben Gonzalez

Prof. Cintia Cristiane Petry Mazzaferro

Prof. Darci Campani

Porto Alegre, 15 de Junho de 2012.

à minha família,
por todo amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial à minha família, por todo apoio, educação e exemplo de vida;

Ao meu tio Moacir Mineiro, por todo o apoio nos momentos difíceis;

Ao meu amigo Engenheiro Adriano Kuckoski, pela grande ajuda e tempo dispensado para a realização do trabalho;

Ao meu professor orientador Eduardo André Perondi, pela orientação desse trabalho;

Aos colegas do laboratório de Mecatrônica e Controle da UFRGS, Eder Gonçalves Dorneles e Alexandre Nunes Stedile, pelo interesse e contribuições no desenvolvimento desse trabalho;

A todos os amigos que fiz na faculdade ao longo dessa feliz jornada na UFRGS.

Franco, M.G. **Desenvolvimento de equipamento mecanizado de apoio ao procedimento de Intubação traqueal em seres humanos.** 2012. 14 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RESUMO

O presente trabalho trata do projeto e construção em dimensões reduzidas de um equipamento de apoio para o procedimento de intubação traqueal no Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Não há equipamento semelhante disponível para comercialização para esse procedimento, o que dificulta o trabalho dos profissionais anestesiológicos do hospital. Primeiramente, a partir de estudos que envolveram discussões com profissionais da área, foi realizado um projeto conceitual e modelamento matemático sólido tridimensional de um protótipo com auxílio de um software CAD. Após o modelamento, foi criado um protótipo em dimensões reduzidas do dispositivo com o auxílio de uma impressora tridimensional. Com esse protótipo fabricado, foi possível verificar-se algumas falhas no projeto inicial. Após a montagem e testes funcionais com o protótipo em dimensões reduzidas, foi possível verificar que o projeto pode ser construído um protótipo em escala 1:1 para testes com pacientes e que pode atender plenamente às necessidades dos profissionais do Hospital de Clínicas.

PALAVRAS-CHAVE: intubação traqueal, prototipagem rápida, dispositivo.

Franco, M.G. **Development of mechanized equipment to support the procedure for Tracheal Intubation in humans.** 14 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ABSTRACT

The present work deals with the design and construction in reduced dimensions of a support equipment for tracheal intubation procedures in the Hospital de Clinicas de Porto Alegre. There is no similar equipment commercially available for this procedure, which hinders the professional anesthesiologists work in the hospital. Firstly, it was performed a conceptual design and a three-dimensional prototype mathematical solid modeling with the aid of a CAD software from studies that involved discussions with professionals in this area. After modeling procedures, a prototype was created in reduced dimensions of the device with the aid of a three-dimensional printer. With this prototype made, it was possible to find a few flaws in the initial design. After the assembly and functional testing with the prototype in reduced dimensions, it was verified that the project can be built in scale 1:1 prototype for testing with patients and can fully meet the needs of professionals of the Hospital de Clinicas.

KEYWORDS: tracheal intubation, rapid prototyping, device.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.1. Sistema atual de posicionamento do paciente.....	2
3.2. Prototipagem rápida.....	3
4. METODOLOGIA	4
4.1. Impressão via prototipagem rápida	5
4.2. Equipamento existente e definição do design do projeto.....	6
4.3. Modelagem computacional.....	7
4.4. Construção do protótipo em escala reduzida.....	8
5. RESULTADOS	8
5.1. Impressão tridimensional em dimensões reduzidas do protótipo.....	8
5.2. Análise estrutural	11
6. CONCLUSÕES	12
6.1. Sugestões para os próximos trabalhos	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
APÊNDICE I – Desenho do dispositivo	14

1. INTRODUÇÃO

A intubação traqueal é um procedimento médico que consiste na passagem e colocação de um tubo respiratório na traqueia de pacientes. É utilizada basicamente para permitir o controle da respiração durante a ventilação mecânica pulmonar para procedimentos cirúrgicos, diagnósticos e durante a ventilação mecânica controlada na Unidade de Terapia Intensiva (UTI). O sucesso da intubação traqueal (IT) depende de quatro elementos principais: (1) anatomia do paciente, (2) experiência do profissional que realizará a tarefa, (3) instrumentos disponíveis (laringoscópios) e (4) a posição do paciente durante o procedimento.

A posição supina neutra (paciente deitado reto sobre a maca sem travesseiro) é a posição indicada para a intubação traqueal quando o paciente tem suspeita ou evidência de lesão instável da coluna. Porém, esta posição dificulta a visualização da via aérea para a intubação traqueal (Figura 1.1). A posição clássica para a intubação traqueal, indicada na literatura, em pacientes sem lesão da coluna, é a chamada posição olfativa, onde o paciente deitado tem um travesseiro colocado sob a região occipital (Figura 1.2). A elevação da cabeça, combinada com a extensão cervical, facilita o alinhamento das curvaturas da cabeça e do pescoço, além da visualização da traqueia e a passagem do tubo respiratório.

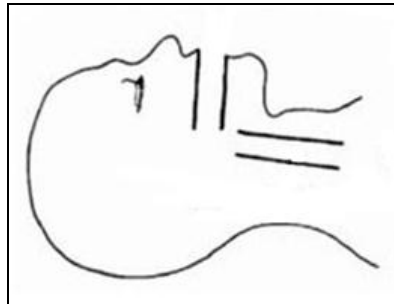


Figura 1.1 – Posição supina neutra. Visão da traqueia dificultada.

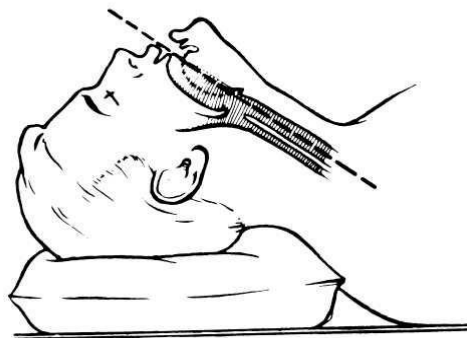


Figura 1.2 – Posição supina olfativa. Visão da traqueia facilitada.

No entanto, há estudos que mostram que a posição que permite a melhor visualização da via aérea para passagem do tubo respiratório é uma posição mais elevada, onde o ouvido e o osso esterno ficam alinhados no mesmo nível, quando o paciente é visto de lado, deitado na maca. Na Figura 1.3 em (a), O paciente adulto está deitado na maca sobre um travesseiro padrão (posição olfativa) e em (b), um auxiliar eleva o dorso e a cabeça do paciente até obter a posição de alinhamento lateral da orelha com o osso esterno.

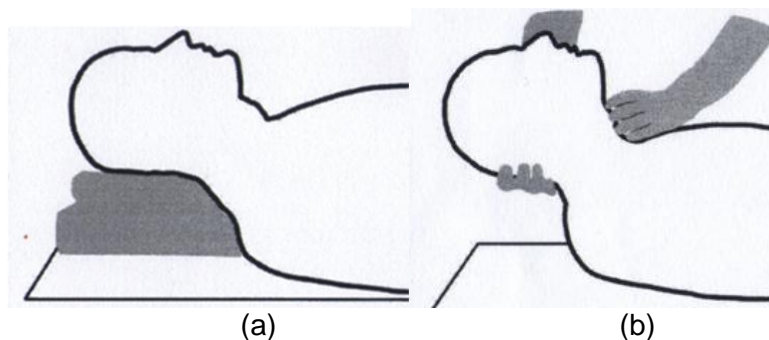


Figura 1.3 – Posições de intubação [Schmitt H.J., Mang H., 2002].

Essa posição mais elevada (Figura 1.3-b) é reconhecida como facilitadora de intubação traqueal de pacientes obesos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é projetar e construir um protótipo em dimensões reduzidas, que servirá como modelo funcional para o apoio às atividades de desenvolvimento e construção de um protótipo em escala real de um equipamento mecanizado de auxílio ao procedimento de intubação traqueal em seres humanos adultos, não obesos, com peso máximo de 110kg, estipulado pelo profissional anestesiológista responsável do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Sistema atual de posicionamento do paciente

No Hospital de Clínicas é utilizado atualmente um sistema de posicionamento para intubação traqueal que é fixo, e não se adapta a todos os pacientes, sendo necessário, em alguns casos, ajustes para a melhor adaptação deste para o procedimento de intubação.

Existe hoje um dispositivo de forma trapezoidal, feito de espuma de alta densidade revestida com plástico especial higienizável (corino), que deve ser colocado sob o dorso e a cabeça do paciente obeso, e proporciona o alinhamento da orelha com o esterno, facilitando a intubação traqueal. Esse dispositivo foi batizado com o nome de Trapézio de Simoni (devido ao fato de seu criador se chamar Francisco Simoni) [Simoni, 2005], Figura 3.1.

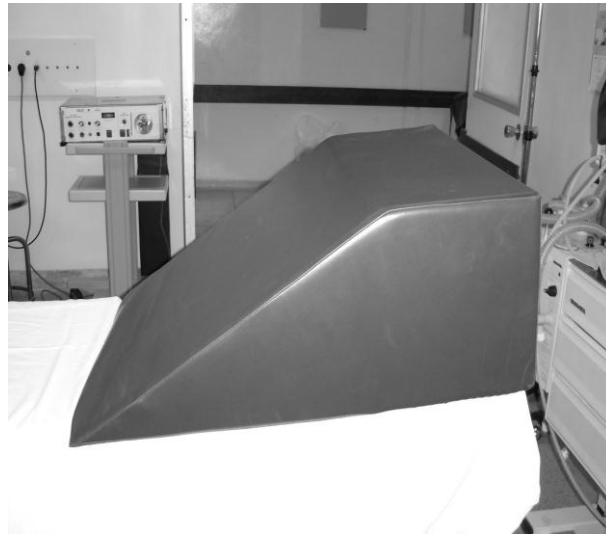


Figura 3.1 – Trapézio de Simoni.

A maior dificuldade associada ao uso do trapézio de Simoni é que ele dispõe de medidas fixas, que não são apropriadas para todos os pacientes, especialmente os não obesos. Atualmente, o alinhamento lateral do ouvido com o esterno é geralmente realizado com travesseiros ou lençóis dobrados (Figura 3.2) para adaptar a posição a todos os biotipos das pessoas que são submetidas à intubação traqueal. Além de ser trabalhoso, não é prático, especialmente se ajustes na altura se fizerem necessários com o paciente inconsciente, sedado ou sob anestesia geral.

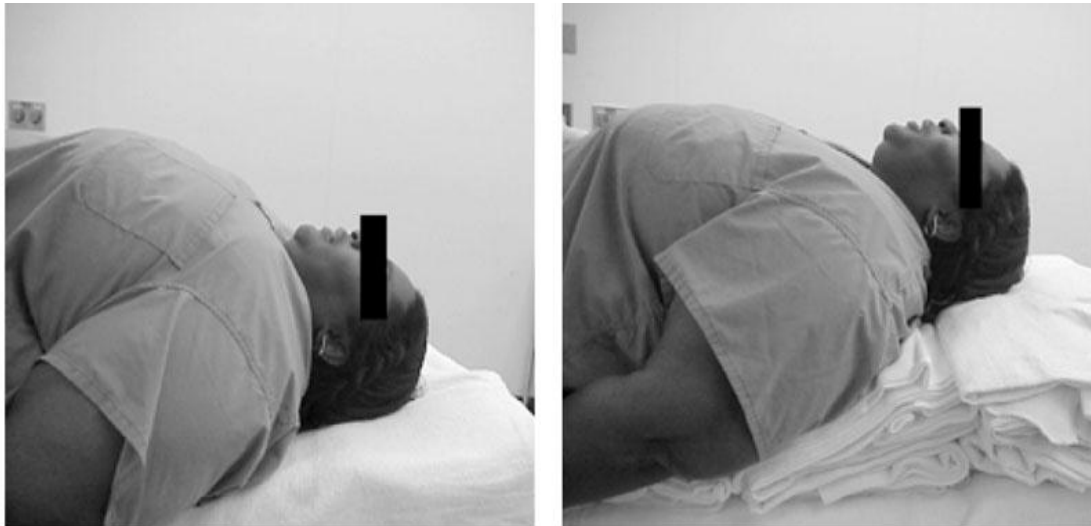


Figura 3.2 – (a) paciente na posição normal. (b) Paciente com toalhas sob a cabeça (foto do acervo dos autores, com autorização da paciente).

3.2. Prototipagem rápida

Prototipagem rápida consiste uma ferramenta de fabricação de protótipos (em grande parte, em escala reduzida) baseados na sua modelagem matemática, tendo como base algum programa de CAD (computer-aided design). A motivação para aplicação da tecnologia de prototipagem rápida parte da necessidade de os projetistas disporem de um modelo físico real de uma nova peça ou produto, podendo assim ser melhor avaliado e visualizado,

diferentemente da situação em que se dispõe apenas de um modelo visualizado no computador. A facilidade e o baixo tempo para criação do modelo é de grande utilidade em um projeto, sendo que, em alguns casos, é possível realizar testes reais na peça.

Há basicamente duas maneiras de utilizar a técnica de prototipagem rápida: (1) processo de remoção de material e (2) processo de adição de material. O processo de remoção de material é feito principalmente por fresamento e furação utilizando uma máquina CNC dedicada para este processo com a programação do controle numérico necessário para realização da usinagem. As máquinas CNC usadas para prototipagem são geralmente pequenas. Há três tipos de sistemas de deposição de material para prototipagem rápida: (1) em base líquida, (2) em base sólida e (3) em base de pó [Groover, 2007].

Em base sólida, há dois sistemas de prototipagem rápida, (1) fabricação por laminação do objeto (LOM), que consiste do processo em que são utilizadas folhas de papel individuais cortadas com laser e coladas umas sobre as outras. Elas são cortadas conforme a seção da geometria tridimensional da peça numa plataforma vertical descendente. As folhas são armazenadas e pressionadas por um rolo aquecido para derreter a cola e unir as partes, (2) modelação por deposição fundida (FDM), que é baseada no aquecimento de um filamento de polímero de termoplástico desenrolado de um rolo e que envia o material para um bico de extrusão. O bico aquecido derrete e flui o plástico derretido a ser lançado sobre a superfície. O bico é montado em direções horizontais e verticais por um computador recebendo dados de arquivo CAD. O sistema é abrigado dentro de um compartimento que é mantido a uma temperatura abaixo do ponto de fusão do plástico. Cada camada é formada do plástico extrudado depositado pelo bico que se move sobre a mesa na direção exigida. O plástico se solidifica imediatamente após ser borrifado pelo bico e se solda a camada prévia. As máquinas variam de modeladores de conceito rápido para mais lento a máquinas de alta precisão.

4. METODOLOGIA

O equipamento deverá eliminar a dificuldade que os enfermeiros e anestesiológicos têm de colocar o paciente na posição de realização da intubação traqueal, se tornando uma forma mais prática, rápida e segura de posicionar o paciente.

Nessa fase do trabalho, será realizado um projeto conceitual e posterior construção de um modelo em dimensões reduzidas a partir de um modelamento matemático sólido em Software CAD e, finalmente, impresso em uma máquina de prototipagem rápida tridimensional.

O dispositivo regulável deverá permitir a elevação e o abaixamento gradual do tórax e da cabeça do paciente inconsciente, quando deitado na mesa de cirurgia e deverá poder ser acoplado à mesa de operação de forma simples e rápida. Também deverá ser regulável, com apoio dorsal com dobradiças que permitam o movimento de elevação do dorso e da cabeça através de um fuso com movimento angular que se ajuste ao tipo físico de uma variedade de pacientes não obesos submetidos a cirurgias no HCPA.

O dispositivo será construído sobre uma plataforma que deverá ser acoplada de forma rápida e fácil à mesa cirúrgica (Figura 4.1), padronizada para todas as salas que ocorrem procedimentos cirúrgicos no HCPA.



Figura 4.1 – Mesa cirúrgica onde o dispositivo será acoplado.

4.1. Impressão via prototipagem rápida

Para construir o modelo da mesa cirúrgica em escala reduzida, foi utilizado o sistema de prototipagem rápida. Esse sistema consiste na construção da peça por deposição fundida (FDM), onde o bico injetor se desloca nas posições X, Y e Z, deposita o material (polímero aquecido) e se molda de acordo com o modelo em formato STL que foi criado através de um software de modelagem sólida tridimensional. Esse software importa os arquivos, e o fatia em pequenas camadas transversais, gera a estrutura de suporte ao modelo a ser impresso e cria uma deposição precisa de material para construir o modelo em plástico. A impressora de prototipagem rápida utilizada se encontra no Laboratório de Mecatrônica e Controle da UFRGS, (Figura 4.2).



Figura 4.2 – Impressora de prototipagem rápida marca Nova Didacta.

4.2. Equipamento existente e definição do design do projeto

Foi analisada a mesa cirúrgica atual através de visitas ao hospital e reuniões com os profissionais responsáveis pelas atividades relacionadas à intubação traqueal. Partindo da necessidade de anesthesiologistas e enfermeiros, foram discutidas as características necessárias ao projeto.

Para a definição do design do dispositivo regulável para o procedimento de intubação traqueal foram consideradas as seguintes questões:

a. Adaptação à mesa cirúrgica disponível no hospital: O dispositivo real deve poder ser acoplado sobre a mesa cirúrgica que há em todas as salas de cirurgia do Hospital de Clínicas. Portanto o dimensionamento foi feito com as mesmas medidas da mesa cirúrgica real.

b. Posicionamento adequado do paciente para a intubação: A partir de visitas realizadas ao bloco cirúrgico para conhecimento do sistema atual, foram estimadas as posições máximas e mínimas do posicionamento do paciente para o procedimento de intubação. O ângulo máximo entre o quadril e o dorso do paciente é de 30° , relacionando a base paralela ao chão e o dorso móvel do dispositivo. A cabeça do paciente também precisa estar paralela ao chão, como mostra o esboço proposto pelo profissional anesthesiologista do Hospital de Clínicas, Figura 4.2.

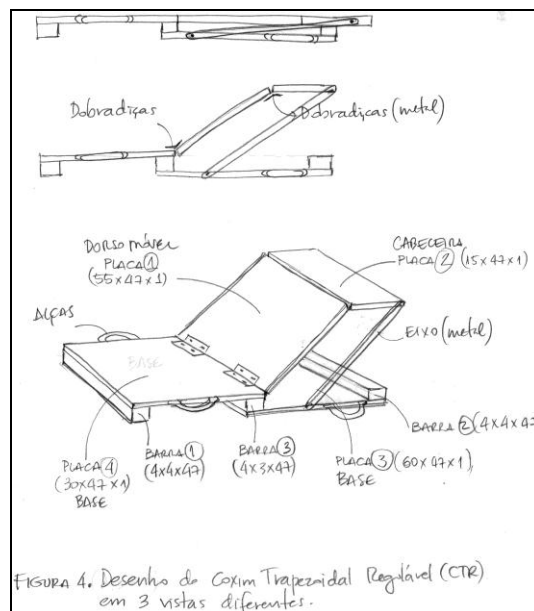


Figura 4.3 – Modelo proposto pela médica Jaqueline Betina B. Correa

c. Baixo peso do equipamento, para poder ser facilmente transportável: Devido ao fato de ocorrerem diversas cirurgias e existirem muitas mesas cirúrgicas disponíveis nas diversas salas, há a necessidade de utilizar o dispositivo em todas as salas. Assim, o dispositivo deve ser leve e de fácil transporte, sendo necessário apenas uma, ou no máximo duas pessoas para carregá-lo.

Partindo do modelo sugerido pelo profissional do Hospital de Clínicas, foram criados inicialmente dois conceitos propostos para o mecanismo de elevação gradual do tronco do paciente. O primeiro conceito foi baseado no uso de cilindros pneumáticos, que seriam acoplados às bases de apoio das costas e da cabeça do paciente. Essa proposta foi descartada devido à não disponibilidade de ar comprimido nas salas de cirurgia. O segundo conceito foi o sistema de manivela com um fuso com rosca métrica. Essa manivela quando

acionada, deve ativar o sistema de barras que se movimenta em ângulo para formar a posição adequada para a visualização da traqueia (Figura 4.3). Foram dimensionadas as bases de apoio do quadril, do dorso e da cabeça nas mesmas medidas propostas no esboço apresentado na Figura 4.2, e que se ajustam à mesa cirúrgica existente.

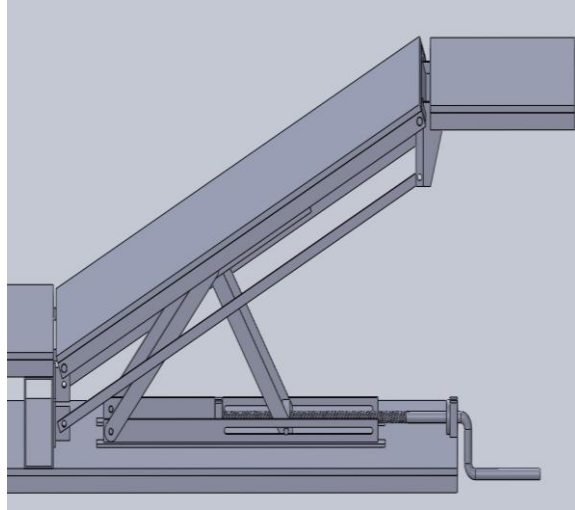


Figura 4.4 – Sistema proposto de levantamento do dispositivo

4.3. Modelagem computacional

Para a construção do modelo tridimensional foi utilizado o programa Solid Works, onde foram criadas todas as peças e montagens para modelagem. A construção das peças para o dispositivo foi realizada utilizando o tamanho real da mesa cirúrgica. Todas estão em escala com o objetivo de que, futuramente, seja possível construir o protótipo em tamanho funcional para testes com pacientes.

O projeto inicial previa a construção da base das costas, do dorso e da cabeça em aço SAE 1020, mas, após o modelamento no software, verificou-se que o peso do dispositivo seria de aproximadamente 200 kg, que seria inviável de ser carregado por uma ou duas pessoas de uma sala para outra.

Dessa forma, foi alterado projeto para um jogo de barras tubulares com seção quadrada de aço e o encosto para o corpo do paciente foi alterado para chapas de polietileno de alta densidade, que tem peso específico de $0,941 \text{ g/cm}^3$, mais leve que o policarbonato, por exemplo que tem peso específico de $1,21 \text{ g/cm}^3$. Com essas mudanças (nova massa com a nova configuração de materiais), resultou em um peso de aproximadamente 44 kg. A Figura 4.4 mostra essa configuração.

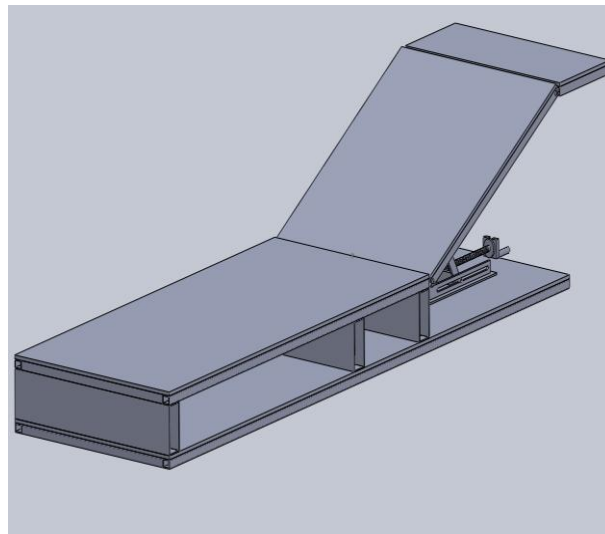


Figura 4.5 – Modelo do dispositivo

4.4. Construção do protótipo em escala reduzida.

Conforme já comentado, a geração do modelo em escala por impressão tridimensional foi realizada no LAMECC/UFRGS. Não foi possível realizar a impressão do modelo completo, em apenas uma seção de impressão, pois ele ficaria em dimensões muito reduzidas, o que resultaria em um protótipo de difícil visualização e manipulação de testes posteriores. A solução foi realizar três seções de impressão para todas as peças do dispositivo. Foi utilizada a escala de 1:5 e utilizada cola para união das peças.

5. RESULTADOS

5.1. Impressão tridimensional em dimensões reduzidas do protótipo.

Após o processo de fusão por deposição de material do modelo em dimensões reduzidas do dispositivo, foi realizada a sua montagem e a comparação do modelo matemático com o protótipo impresso. Assim, foram realizados testes de movimentação do dispositivo e verificação da montagem. A funcionalidade do dispositivo foi testada com o modelo protótipo, e considerou-se que o protótipo funcionou de acordo com o esperado, com algumas observações que serão feitas a seguir. A concepção básica do projeto é mostrada nas figuras 5.1 e 5.2, que mostram a posição superior e inferior do modelo protótipo.



Figura 5.1 – Protótipo na posição inferior.



Figura 5.2 – Protótipo na posição superior

Algumas falhas e possibilidades de melhoria foram identificadas no projeto tridimensional com o auxílio do protótipo impresso em dimensões reduzidas. As principais falhas estão relacionadas à interferência de peças na montagem. Já as possibilidades de melhoria são relativas às fixações dos pinos (que necessitam de ajustes) e ao apoio e colocação de buchas para fixação da barra do fuso.

Na figura 5.3, é mostrada a base de suporte da barra que aciona a cabeceira. Ao contrário do modelo inicialmente proposto, ela deve ser dupla e englobar a barra para evitar escorregamento do pino.

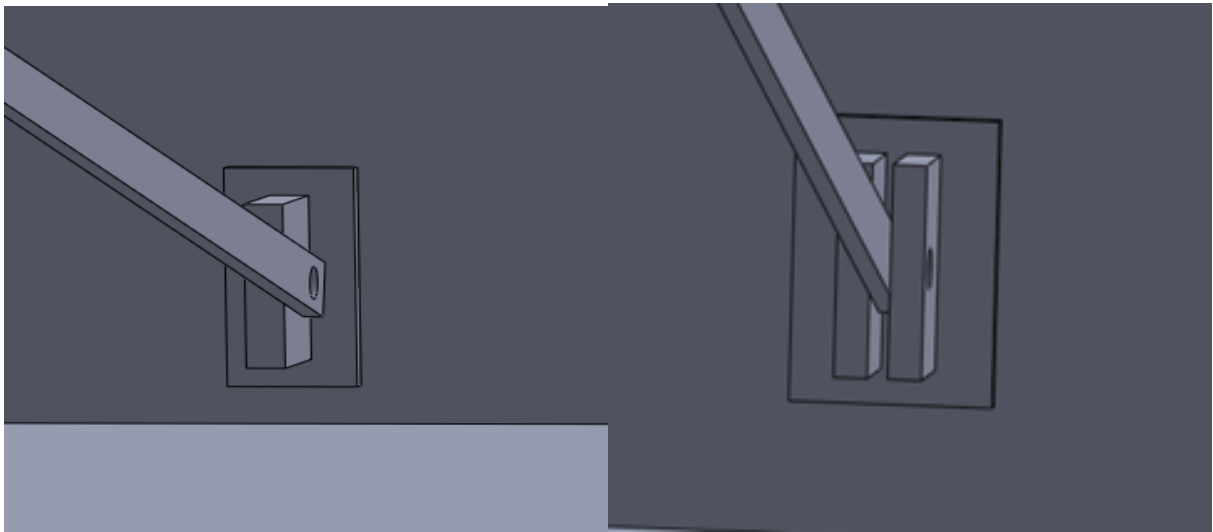


Figura 5.3 – Base de suporte da barra simples, substituída por uma dupla.

A colocação de buchas guia na corredeira da base do fuso é necessária para evitar que ela translate em ângulo, que poderia ocasionar no travamento do movimento do dispositivo (Figura 5.4). Essa falha foi verificada apenas no protótipo impresso, com a movimentação do fuso.

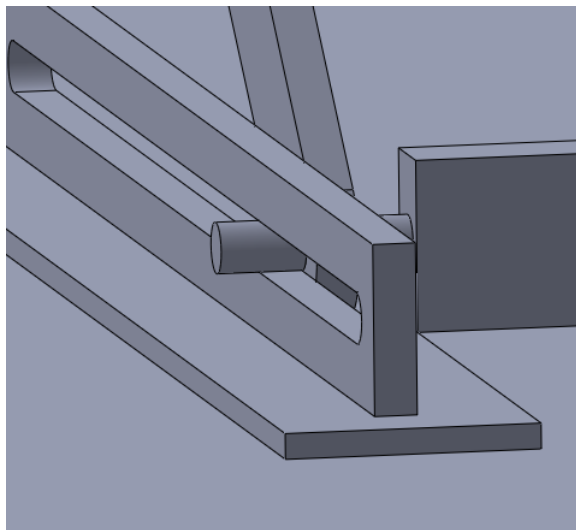


Figura 5.4 – Suporte da corredeira sem a bucha guia

A modelagem inicial previa a furação da base do dorso para a passagem do suporte apenas na parte inferior, mas, analisando o movimento do protótipo impresso, foi verificado que seria necessário que toda a base fosse cortada. A Figura 5.5 mostra o modelo tridimensional e o modelo impresso de como deve ser refeita a peça.

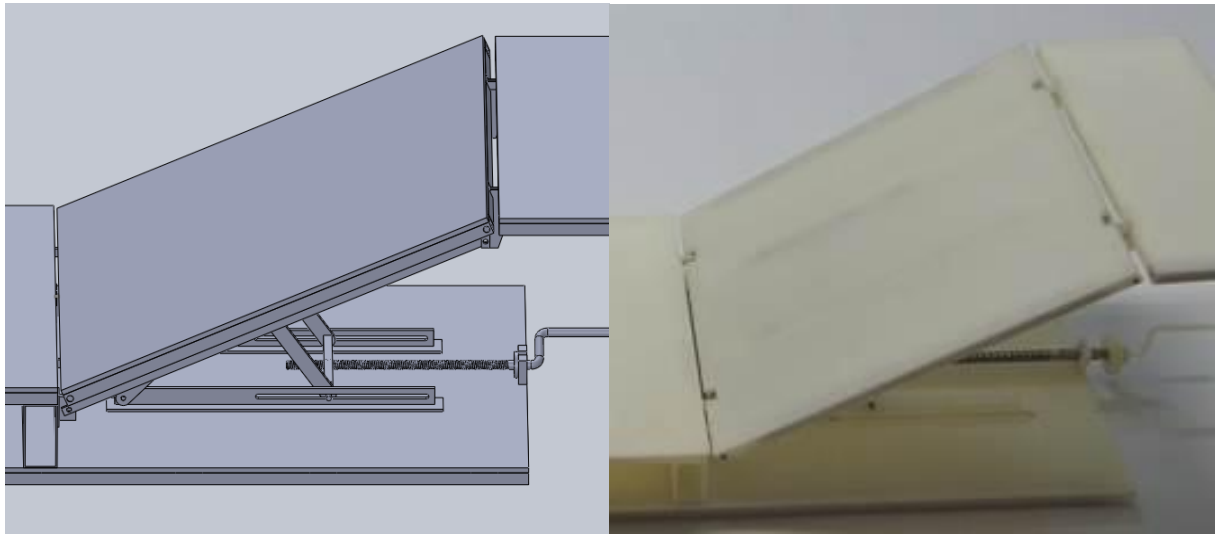


Figura 5.5 – Melhoria proposta na parte superior da base do dorso

Outras alterações também foram necessárias para a montagem do modelo impresso, pois algumas peças ficaram muito flexíveis e com dimensões muito pequenas para a impressão, já que o dispositivo foi impresso inteiramente em escala de 1 para 5. Assim, peças como a manivela e os pinos de fixação não puderam ser usados. Foram, portanto utilizados, apenas como facilidade para a montagem do protótipo em dimensões reduzidas, pinos e fuso de aço, para melhor estruturação e funcionalidade do protótipo. A figura 5.6 ilustra essas alterações.



(a) (b)
Figura 5.6 – (a) e (b) Alterações de peças colocadas em aço.

5.2. Análise estrutural

Foi realizada a análise estrutural via método de elementos finitos da seção mais solicitada do dispositivo através do programa Ansys. O ponto mais solicitado foi identificado na treliça de junção com a base do dorso do paciente, que acumula a maior carga. O peso máximo do paciente que será submetido ao procedimento cirúrgico e que utilizará o dispositivo é de 110 kg. A parte superior do corpo, cabeça e tronco, representa 67,8 % do total do peso do

corpo humano [Rodacki, 2012]. Partindo dessa premissa, foi estipulado que a carga que o dispositivo levantará durante o acionamento para a intubação traqueal é 75 kg.

Os resultados da simulação apontaram para uma carga máxima de sollicitação de 68,21 MPa, que é bem menor que a tensão de escoamento do aço SAE 1020, material utilizado para confecção do sistema, que é de 210 MPa [Timoshenko, 1983]. A Figura 5.7 ilustra o resultado da simulação.

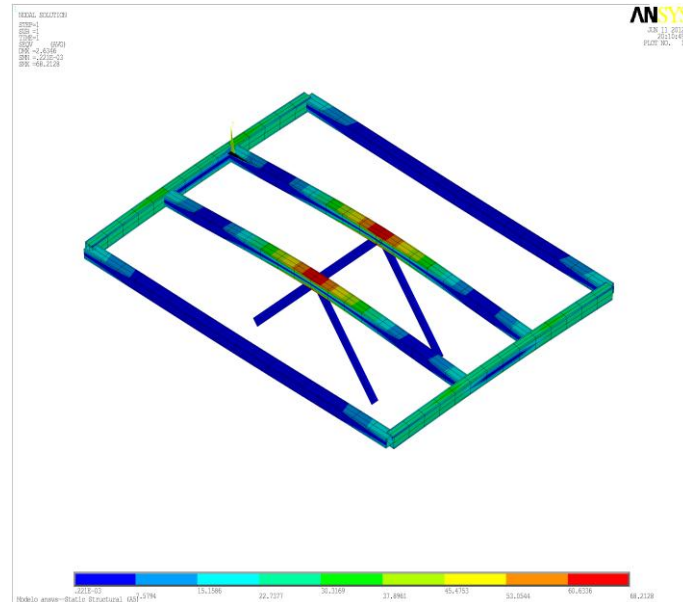


Figura 5.7 – Resultados do carregamento estático do dispositivo.

6. CONCLUSÕES

O projeto do dispositivo em dimensões reduzidas para o Hospital de Clínicas foi realizado de forma a criar a possibilidade de, futuramente, construir um protótipo em escala 1:1 para posterior teste com pacientes. Com o auxílio do modelo em dimensões reduzidas do protótipo, foi possível verificar falhas no projeto, permitindo a proposição de solução antes da construção do protótipo de testes.

O método de prototipagem rápida mostrou-se eficiente para a construção do protótipo, as partes do dispositivo revelaram-se fielmente fabricadas na escala de 1 para 5 e a montagem foi realizada de forma simples e de acordo com o projeto tridimensional em CAD.

6.1. Sugestões para os próximos trabalhos

Para os próximos trabalhos, sugere-se que seja realizado um projeto executivo, para avaliar a funcionalidade e possibilidade de construção do protótipo em escala real, alteração das peças com interferência de montagem, mostradas anteriormente, e posterior otimização do protótipo, como por exemplo, a colocação de um servo motor elétrico controlado para facilitar o processo de subida do dorso e da cabeça do paciente. O apêndice I mostra a lista de peças do dispositivo para futuro orçamento e construção do dispositivo protótipo em escala 1:1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

André Luiz Felix Rodacki, Prof. Dr. **Análise dos fatores antropométricos em biomecânica**,

http://www.profedf.ufpr.br/rodackibiomecanica_arquivos/Parametros%20antropom%20em%20Biomecanica.pdf, acessado em 04/06/2012

Groover, M.P.; **“Fundamentals of Modern Manufacturing”**, John Wiley & Sons, 3rd edition, 2007.

Lamecc UFRGS, **Sistema de prototipagem rápida**,
http://www.mecanica.ufrgs.br/lamecc/projeto_3d.html, acessado em 11/06/2012

Schmitt HJ, Mang H: **Head and Neck Elevation Beyond the Sniffing position Improves Laryngeal View in Cases of Difficult Direct Laryngoscopy**. Journal of Clinical Anesthesia, 2002.

Simoni R.F.: **“Dispositivo útil para intubação traqueal no paciente obeso mórbido”**. Rev Bras Anesthesiol 2005; 55:2:256-260.

Timoshenko S.P.; Gere J.E. **“Mecânica dos Sólidos”**, LTC, vol. I, 1983.

APÊNDICE I – Desenho do dispositivo

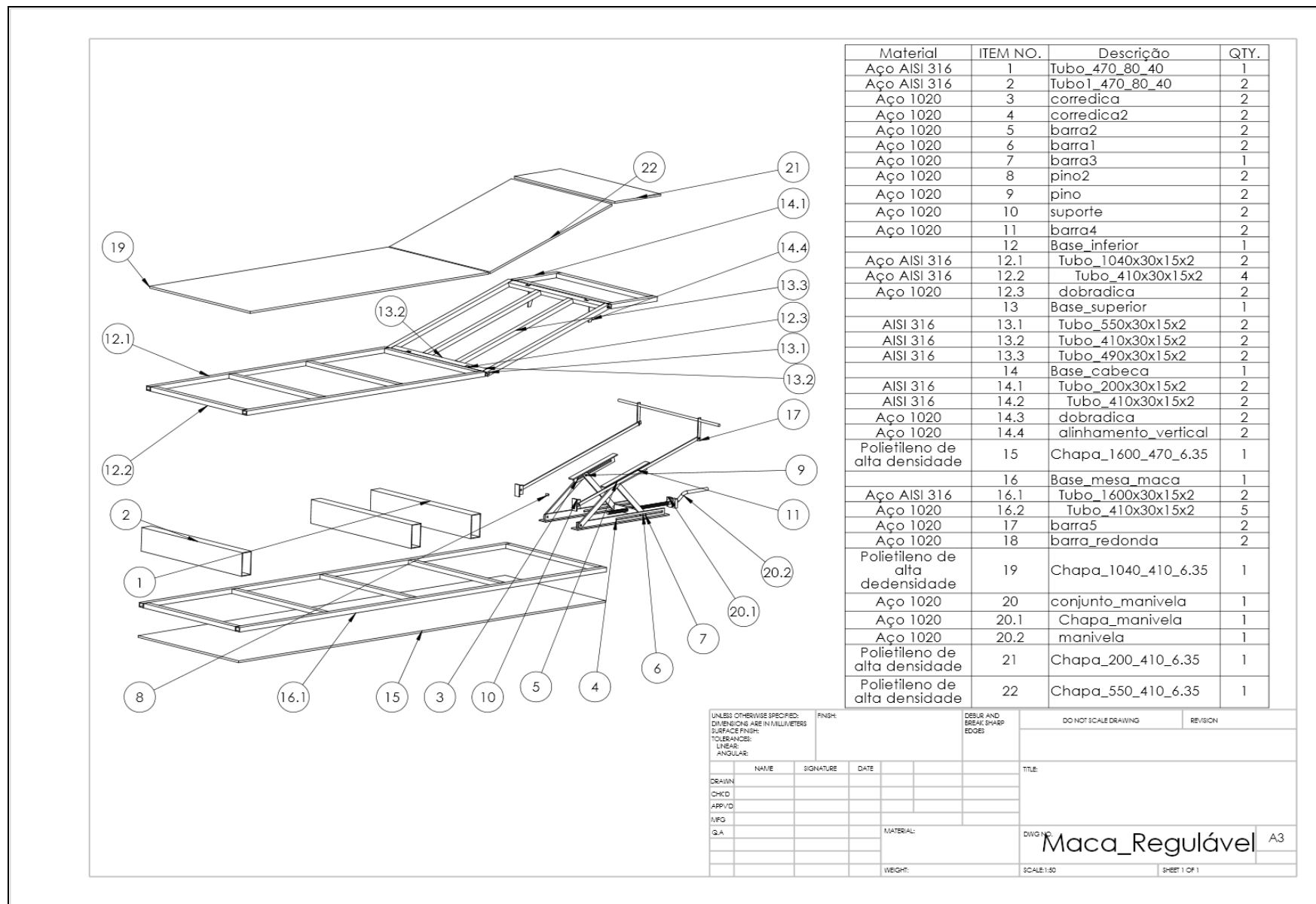


Figura 1: Desenho com lista de peças do dispositivo