

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Sandro Carlos
Hainoski..... E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 07/12/2010

.....
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Sandro Carlos Hainoski

Projeto e Construção de Equipamentos para Ensaio de Dispositivos de Retenção para Crianças

Campinas, 2011.

05/2011

Sandro Carlos Hainoski

Projeto e Construção de Equipamentos para Ensaio de Dispositivos de Retenção para Crianças

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: **Materiais e Processos de Fabricação**

Orientador: **Prof. Dr. Antonio Celso Fonseca de Arruda**

Campinas

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

H594p Hainoski, Sandro Carlos
Projeto e construção de equipamentos para ensaios de dispositivos de retenção para crianças / Sandro Carlos Hainoski. --Campinas, SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Antonio Celso Fonseca de Arruda.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Dispositivo de retenção infantil de uso automotivo.
2. Fechos. 3. Automóveis - Medidas de segurança. I. Arruda, Antonio Celso Fonseca de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Design and construction of equipment for child restraint system testing

Palavras-chave em Inglês: Child restraint system for automotive use, Buckles, Automobiles - Safety measures

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Paulo Roberto Gardel Kurka, Luiz Antônio Daniel

Data da defesa: 07/12/2010

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

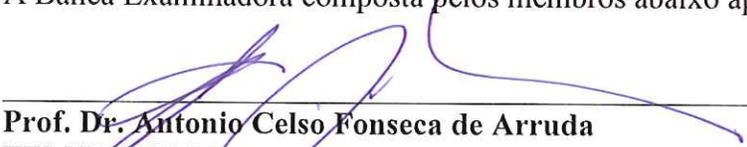
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADEMICO

**Projeto e Construção de Equipamentos para
Ensaio de Dispositivos de Retenção para
Crianças**

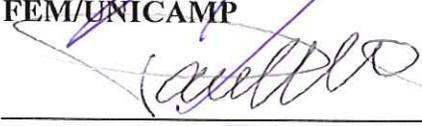
Autor: Sandro Carlos Hainoski

Orientador: Prof. Dr. Antonio Celso Fonseca de Arruda

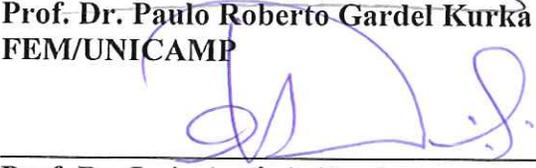
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Antonio Celso Fonseca de Arruda
FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Paulo Roberto Gardel Kurka
FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Luiz Antônio Daniel
FATEC

Campinas, 07 de dezembro de 2010.

Dedico este trabalho à minha querida família.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

À minha esposa e filha, pela compreensão, companheirismo, incentivo e apoio em todos os momentos.

Ao meu orientador, por me auxiliar, ampliando meus conhecimentos e por me mostrar os caminhos a serem seguidos

A todos os professores, alunos, funcionários que contribuíram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho.

*O que prevemos raramente acontece,
o que esperamos geralmente ocorre.*

Resumo

Foi objetivo deste trabalho, construir equipamentos que permitam a realização de alguns ensaios exigidos pela norma brasileira ABNT NBR 14.400. O conjunto de equipamentos selecionados, projetados e construídos, além de ensaiar alguns itens da norma, permitiu medir a tensão entre as pernas do ocupante de uma cadeirinha em condições dinâmicas de rotação. Tal medição possibilitou realizar pesquisa original e que tem significado nos casos de colisão com capotamento.

Os equipamentos projetados e construídos foram: o ciclador, o dispositivo de capotamento e o boneco antropomórfico. Os ensaios realizados evidenciaram o ótimo desempenho dos equipamentos para as finalidades propostas.

O trabalho possibilitou avaliar dois fechos e o desempenho ergonômico de três diferentes modelos de cadeirinhas relativo às tensões geradas entre as pernas e as tiras, em casos de capotamento.

Palavras Chave: Dispositivo de retenção para crianças, capotamento, fecho, segurança automotiva, bonecos de ensaio, região pélvica infantil.

Abstract

This study aimed, to build equipment that allows the realization of some tests required by the Brazilian standard ABNT NBR 14400. The set of selected equipment, designed and built, In addition to rehearse some of the standard items, allowed measuring the tension between the legs of the occupant of a seat in the dynamic conditions of rotation. This measure is meaningful in cases of collision with rollover.

The equipment was designed and built: the cycler, the overturning device and an anthropomorphic dummy. The tests showed the excellent performance of equipment for the purposes proposed.

The study allowed evaluating two locks models and ergonomic performance of three different models of car seats on the tensions generated between the legs, the straps in case of rollover.

Key Words: Child restraint systems, overturning, buckle, automotive safety, dummies, child pelvic region.

Lista de Ilustrações

2.1	Tipos cadeirinhas para transporte de crianças em veículos automotores	06
2.2	Dispositivo de transporte de criança com cinto de segurança de cinco pontas	08
2.3	Desaceleração do peito com diferentes condições de retenção	09
2.4	(a e b) Dispositivo de retenção voltado para frente	10
2.5	(a e b) Dispositivo de retenção voltado para trás	11
2.6	Condição de uso indevido de dispositivo de transporte de criança	12
2.7	(a e b) Hybrid II 6-Year-Old Child e Hybrid III 6 Year Old Child Dummy	15
2.8	Estrutura Dummy Hybrid III 6 years old	16
2.9	Classificação de tipos de iniciação de capotamento - NASS	16
2.10	Tipos de iniciação de capotamento 1994 – 2000 GIDAS	17
3.1	Célula de Carga utilizada no Ensaio	19
3.2	Funcionamento de uma célula de carga	20
3.3	Ponto de instalação da célula de carga	21
3.4	Blocos de funções do diagrama – Processamento do Sinal	22
3.5	Monitoramento de Dados Painel Frontal	22
3.6	Dimensões da espuma de poliuretano do assento	24
3.7	Pontos para fixação do cinto subabdominal e diagonal no dispositivo	25
3.8	Base movel para o dispositivo de capotamento	26
3.9	(a e b) Motoredutor e Inversor de Frequência - controle de velocidade	26
3.10	Diagrama Elétrico do Dispositivo de Ensaio	28
3.11	Sequencia de Montagem do Dispositivo de Capotamento	29
3.12	Dispositivo de Capotamento Construído	30
3.13	(a e b) Cabeça e pescoço do boneco antropomorfo	31
3.14	(a e b) Terminais de ligação dos membros e Caixa toraxica do boneco.	32
3.15	(a e b) Boneco pronto e cotas obedecidas durante projeto	33
3.16	(a e b) Controle de ensaio do fecho; dispositivo de ensaio ciclos de fecho	35

3.17	Diagrama Elétrico do Dispositivo de Ensaio	36
3.18	Diagrama Mecânico do Ciclador de Fecho	37
3.19	Diagrama pneumático do Ciclador de Fecho	37
3.20	Disposição do fecho instalado no ciclador	38
4.1	(a, b e c) DR's ensaiados, Cadeira 1, Cadeira 2, Cadeira 3	39
4.2	Ensaio Lateral Cadeira 1 – Região Pélvica	40
4.3	Ensaio Frontal Cadeira 1 – Região Pélvica	41
4.4	Ensaio Lateral Cadeira 2 – Efeito das Tiras sobre as Pernas	42
4.5	Ensaio Lateral Cadeira 2 – Região Pélvica	42
4.6	Ensaio Frontal Cadeira 2 – Região Pélvica	43
4.7	Ensaio Lateral Cadeira 3 – Região Pélvica	44
4.8	Ensaio Frontal Cadeira 3 – Região Pélvica	45
4.9	Partes do fecho	46
4.10	Fecho com aba maior	46
4.11	Fecho de aba menor	47

Lista de Tabelas

3.1	Grupos de cadeirinhas por massa, tipo e idade aproximada conforme NBR 14400	19
3.2	Massa individual das partes do boneco de seis anos	32
3.3	Dimensões das partes do boneco	34
3.4	Status de operação do ensaio do fecho	35
4.1	Ensaio Lateral Cadeirainha 1 – Região Pélvica	40
4.2	Ensaio Frontal Cadeirainha 1 – Região Pélvica	41
4.3	Ensaio Lateral Cadeirainha 2 – Região Pélvica	42
4.4	Ensaio Frontal Cadeirainha 2 – Região Pélvica	43
4.5	Ensaio Lateral Cadeirainha 3 – Região Pélvica	44
4.6	Ensaio Frontal Cadeirainha 3 – Região Pélvica	45

Lista de Abreviaturas e Siglas

Abreviações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito;
DR	Dispositivo de Retenção;
ECE	<i>Economic Comission Europe;</i>
GIDAS	<i>German In-Depth Data Accident Study;</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial;
NASS-CDS	<i>National Accident Sampling System-Crashworthiness Data System;</i>
NBR	Norma Brasileira;
NHTSA	National Highway Transportation Safety Administration.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	3
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
4 RESULTADOS EXPERIMENTAIS	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS	51
REFERÊNCIAS	53
ANEXO A – Componentes do Dispositivo de Capotamento	56
ANEXO B – Diagrama Ladder e Mesa do Ciclador	60

1 INTRODUÇÃO

O projeto e construção de um dispositivo de retenção para crianças têm como propósito proporcionar segurança ao ocupante, também deve ser levada em consideração a questão ergonômica para lhes garantir conforto e acomodação. Atualmente, muitas soluções são adotadas para atender estas necessidades, algumas mais eficientes que outras, embora, nem sempre avaliadas completamente.

A utilização de cadeirinhas trata-se de uma exigência legal, e desde 30 de maio de 2008 devem atender os requisitos mínimos de segurança estabelecidos pela Norma Técnica Brasileira (NBR 14400 - Veículos rodoviários – dispositivos de retenção para crianças). Segundo determinação do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), a norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a NBR 14400 (Veículos rodoviários – dispositivos de retenção para crianças) é que estabelece os requisitos de segurança para as cadeirinhas.

Amparadas por estas normas, as cadeirinhas não dispensam testes e ensaios que garantam sua certificação, ou seja, dá ao consumidor a certeza de que o produto atende a todas as funções para a qual foi projetado e manufaturado. Nesta linha de raciocínio, outros ensaios poderiam complementar a aprovação das cadeirinhas, pois, nem todos os aspectos de segurança estão previstos, nada é medido na região entre as pernas e quase a totalidade das cadeirinhas comercializadas apresentam tiras entre pernas, e o comportamento dinâmico destas tiras é desconhecido.

Os ensaios complementares diminuem o desvio que há entre a cadeirinha ideal e a diversidade de cadeirinhas presentes no mercado. Mediante esta lacuna, este trabalho inspirou em construir equipamentos que permitam a realização de alguns ensaios exigidos pela norma brasileira, e ensaios complementares que possibilite realizar uma pesquisa de caráter original, como a de medir a tensão entre as pernas do ocupante de uma cadeirinha em condições

dinâmicas de rotação. Além de proporcionar o melhor entendimento do comportamento da tira entre pernas nas cadeirinhas e o ocupante, pode também determinar o quanto o mau posicionamento das tiras, do ocupante ou dos diferentes modelos de cadeirinhas pode comprometer a segurança e conforto da criança.

Raras são as referências relacionadas à construção de dispositivos de ensaios específicos, e projetar estes equipamentos para aplicá-los a estudos científicos requer uma seqüência clara de eventos para sua construção, tendo como menção as características básicas descritas em norma e parâmetros, tais como, tempo, recursos, custo, enquanto os desenvolvem.

Vargas cita que para projetar faz se necessário é um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma seqüência lógica, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros pré-definidos.

De nada valerá todo desenvolvimento do trabalho se o uso inadequado ou a não utilização da cadeirinha continuar sendo agravada pela falta de cultura de segurança veicular entre a população, pois, sabe-se que crianças sem dispositivos de retenção estão mais susceptíveis a lesões quando comparadas com aquelas que as utilizam de forma correta.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Dispositivos de Retenção para Crianças

Os sistemas de retenção para crianças têm o propósito de garantir a proteção para estes pequenos ocupantes, cuja estrutura corporal ainda está em desenvolvimento. Existe uma grande diversidade de sistemas de retenção, diferentes modelos destinados a crianças de diferentes tamanhos e idades. Mesmo utilizando um sistema de retenção adequado para o porte físico do ocupante, a forma como este dispositivo é instalado e utilizado podem ter efeitos significativos sobre seu desempenho.

Num acidente veicular se faz presente uma série de colisões. Weber (2000) escreve que embora o impacto entre o veículo e o outro objeto seja considerado o principal, há também a colisão sentida pelos ocupantes que mantêm a trajetória com a velocidade da pré-colisão. Aqueles que não utilizam o cinto de segurança sentem uma parada brusca em relação à desaceleração sofrida pelo veículo, enquanto que os ocupantes que utilizam o dispositivo de retenção têm esta energia absorvida pelo cinto de segurança. Finalmente, há colisões entre os órgãos internos do corpo e a estrutura óssea, esta última pode ser atenuada significativamente quando o ocupante está utilizando um dispositivo de retenção adequado ao seu porte e de forma correta.

A eficiência do dispositivo de retenção num acidente veicular depende de como os cintos de segurança estão fixos ao dispositivo e ao ocupante, eles precisam estar bem ajustados para que a desaceleração inicial sofrida pelo ocupante seja a menor possível. Manter sob controle a taxa de desaceleração do ocupante não só reduz as forças que atuam sobre a superfície de seu corpo, como também o efeito das colisões internas entre órgãos e a estrutura óssea. Por outro lado, superfícies rígidas ou cintos de segurança soltos ou frouxos intensificam a carga dissipada no corpo do ocupante.

A forma como as cadeirinhas são acopladas ao veículo é uma parte do problema, e para melhorar a tolerância ao impacto, as cargas devem ser distribuídas de forma muito ampla e direcionada para as partes mais fortes do corpo da criança, por este motivo, no ato do projeto de uma cadeirinha, questões importantes como a utilização de tiras múltiplas, proximidade da tira entre as pernas da criança e seus órgãos genitais, geometria da base do assento, inclinação da rampa antissubmarino devem ser consideradas. Estes exemplos podem ajudar a cuidar das necessidades particulares dos pequeninos.

Ferimentos graves podem ocorrer quando os cintos estão soltos sobre regiões do corpo que não tem uma estrutura óssea que o proteja, e pode ser consequência das tiras estarem mal ajustadas na criança, cadeirinha inadequada para o porte físico ou idade do pequeno. Projeto, instalação e ajustes adequados são pontos chaves para um dispositivo de retenção eficiente.

Levando em conta estas considerações, Weber (2000) relata em seu trabalho a importância da instalação adequada e o bom ajuste para a retenção efetiva do ocupante. Ferimentos graves provocados pelos dispositivos de retenção podem ocorrer quando os cintos estão soltos sobre as áreas do corpo que não possuem estrutura óssea que possa protegê-lo, ou até mesmo se a criança for considerada pequena para a cadeirinha em questão, o cinto de segurança pode se deslocar durante uma colisão, pois, ele não se mantém na posição ideal. Rouhana (1993) afirma que um cinto de segurança que é colocado ou se desloca acima do quadril pode penetrar no abdômen e provocar rupturas ou dilacerar órgãos internos. Além disso, na ausência das tiras sobre os ombros e a utilização de apenas o cinto de segurança sobre o abdômen ou acima dele pode atuar como um ponto de apoio em torno do qual a coluna lombar flexionaria.

É descrito por Weber (2000) as vantagens dos sistemas de retenção por oferecem proteção para diferentes formas de colisões, e ao longo de múltiplos impactos, inclusive capotamento. Além disso, a força sobre o ocupante é proporcional à sua massa, se ela estiver distribuída de forma correta, o efeito desta carga será minimizado.

Os Projetos de dispositivos de retenção para crianças variam conforme tamanho da criança, o sentido de instalação do dispositivo no veículo, o tipo de sistema de retenção interna e a forma

de instalação. Todos os DR's trabalham sobre o princípio de que as crianças estão fixas da melhor forma possível ao veículo. No Brasil, estes dispositivos de retenção geralmente são fixados ao veículo com o próprio cinto de segurança existente. A criança é, então, presa à cadeirinha com suas tiras. Isto resulta em duas ligações, o veículo e os ocupantes. Portanto, é fundamental que tanto o cinto de segurança e quanto a cadeirinha estejam bem fixos para evitar que a criança se solte durante uma colisão.

Segundo Kahane (1986), quando os dispositivos de retenção são utilizados corretamente, há uma estimativa de que se reduz o risco de morte e lesões graves em cerca de 70%. A título de comparação, Hertz (1996), indica que na utilização de um DR parcialmente correto é estimado que sua eficácia gire em torno de 44%. E a utilização apenas dos cintos sobre o colo de crianças com idade de um a quatro anos seja apenas de 33%. Análises recentes mostram uma redução da letalidade de 70% para crianças com idade inferior a um ano de idade com a utilização de cadeirinhas, sem considerar sua utilização indevida, mas para crianças com idade entre um a quatro anos, é de apenas a 54 %. Outra análise mostra que crianças de dois a cinco anos de idade envolvidas em colisões com a utilização apenas dos cintos de segurança, estão 3,5 vezes mais propensas a sofrerem desde lesões moderadas a lesões severas, principalmente na cabeça, se comparadas às crianças que utilizam cadeirinhas.

Existe uma grande variedade de cadeirinhas de criança comercializadas mundialmente, embora possam ser resumidas a quatro os modelos de dispositivo de retenção para transporte de crianças em veículos automotores conforme mostra figura 2.1. A definição do tipo da cadeirinha de criança a ser utilizada (classificação pela massa ou idade da criança), forma de ancoragem ao veículo e permissão de uso em diversos assentos (uso da cadeirinha no banco da frente) varia entre o requisito legal entre os países

No Brasil as ações de conscientização sobre os riscos das crianças não usarem um sistema de proteção adequada a sua formação corporal e as regulamentações são mais recentes. A resolução do CONTRAN nº 277 de 28 de Maio de 2008 dispõe sobre o transporte de menores de 10 anos e a utilização do dispositivo de retenção para o transporte de crianças em veículos. O cenário atual

descreve que apartir de 01/09/2010 começou a valer obrigatoriedade o uso de cadeiras e assentos para o transporte de crianças até sete anos e meio de idade, sendo que bebês com até um ano de idade devem ser transportados em “*bebês conforto*” voltados para trás; crianças entre um ano a quatro anos de idade devem ser transportadas em “*cadeirinhas*”, crianças entre quatro anos e sete anos e meio e de idade devem ser transportadas nos assentos de elevação e crianças até dez anos de idade devem ser transportadas no banco traseiro e com cintos de segurança. Porém esta regra foi alterada, pois no Brasil existe uma frota de veículos que dispõe de apenas o cinto abdominal (dois pontos de fixação) no banco traseiro, permitindo então, o transporte de crianças de até três anos no banco da frente acomodado no dispositivo de retenção de acordo com sua idade, e o transporte de crianças entre quatro a sete anos e meio que sejam transportadas no banco traseiro utilizando o cinto de segurança abdominal, dispensando o uso do assento de elevação. Isto pode deixar a oportunidade para as pessoas “responsáveis”, fazerem o uso apenas do cinto abdominal, principalmente no caso de carros que ainda dispõe dos cintos com três pontas de fixação nas laterais. Tal irresponsabilidade subjuja as leis da física e da anatomia das crianças.

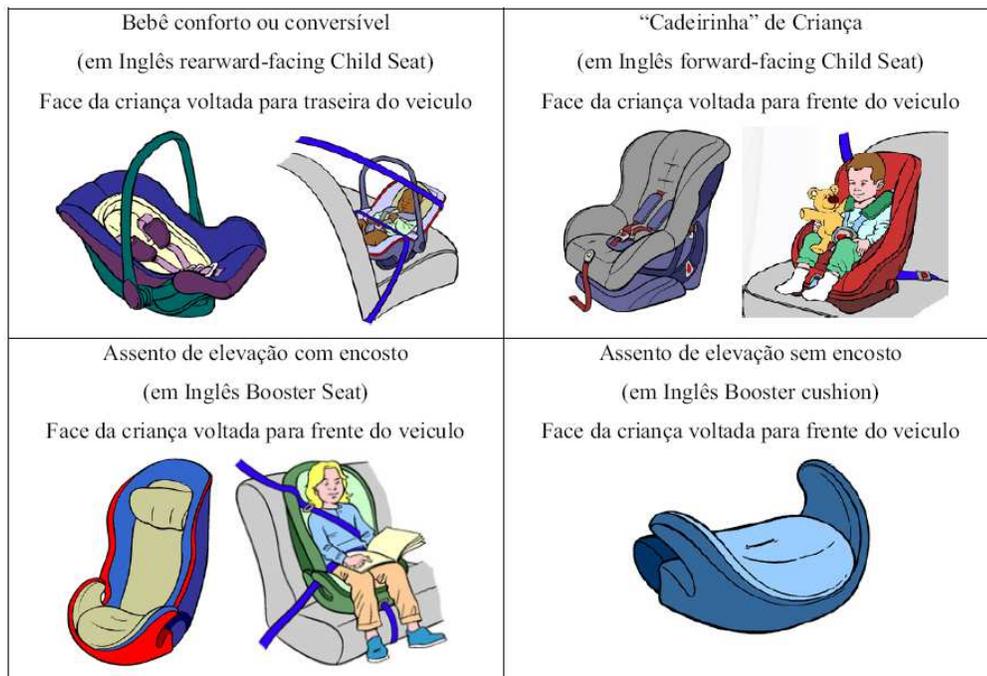


Figura 2.1 - Tipos cadeirinhas para transporte de crianças em veículos automotores (Gouvea – 2010).

Para Gouvêa (2010) a função básica do dispositivo de retenção para transporte de crianças em veículos é apoiar o corpo da criança, em especial à cabeça, absorvendo a energia transmitida na colisão do veículo a níveis suportáveis pela estrutura e órgãos do corpo da criança, também tem como função evitar o contato agressivo da cabeça e tronco da criança ao interior do veículo.

2.1.1 Cinto de segurança de cinco pontas em sistema de retenção para crianças

Segundo a maioria das regulamentações que dispõe sobre o assunto, os vários modelos cadeirinha de criança voltada para frente dispõem de cinto de segurança cinco pontas.

O desenvolvimento e uso do cinto de segurança de cinco pontas surgiram no segmento aeronáutico com propósito de possuir um sistema eficiente de retenção. Esta tecnologia migrou para varias aplicações, entre elas as cadeirinhas de criança. Este sistema de retenção utiliza uma única fivela para unir os dois pontos sobre os ombros, um ponto de cada lado da pélvis e um ponto composto por um cadarço que sobe do centro do assento entre as pernas do ocupante. Esta forma permite uma eficiente distribuição das cargas nas regiões ósseas em condição de colisão veicular.

O dispositivo de transporte de criança com cinto de segurança de cinco pontas, figura 2.2 utiliza uma única fivela para unir os dois pontos superiores sobre os ombros (clavícula), um ponto de cada lado da pélvis e um ponto composto por um cadarço que sobe do centro do assento entre as pernas do ocupante passando sobre a região púbica.

Este sistema com cinto de segurança de cinco pontas possui varias vantagem para crianças de todas as idades e tamanho, permitindo uma eficiente distribuição das cargas nas regiões de estrutura ósseas de maior resistência (clavícula e pélvis) no caso de carregamento.

O ponto de ancoragem inferior entre pernas juntamente com o assento em formato de concha, tem a função principal de manter os pontos laterais posicionados, e seu ajuste firme sobre a estrutura óssea da região pélvica de forma a evitar que este escorregue para os tecidos macios do abdômen com o efeito submarino.

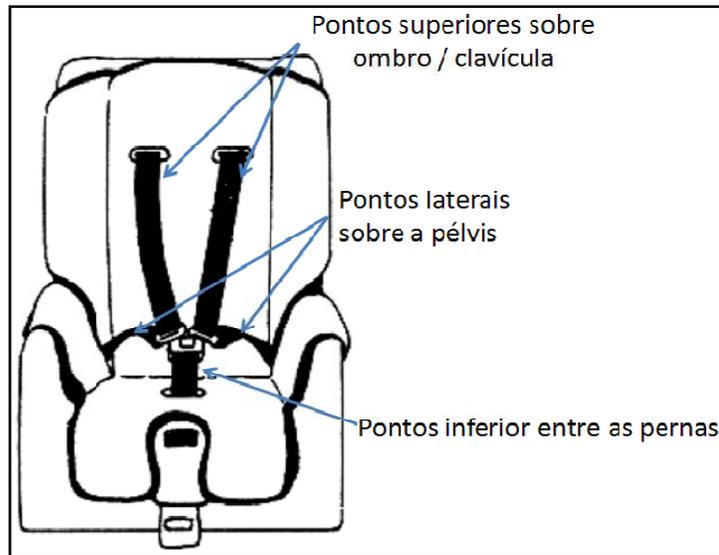


Figura 2.2 - Dispositivo de transporte de criança com cinto de segurança de cinco pontos (Gouvea – 2010).

O cinto de segurança de cinco pontos permite menor liberdade de movimento em condição normal de uso quando comparado com cinto de três pontos e principalmente com o cinto dois pontos (subabominal). Esta condição de menor liberdade em condição de uso normal tenda ser vantajoso em condição de colisão, pois antecipa a atuação da retenção do peito do ocupante tornando a rampa de desaceleração mais suave, conforme ilustrada na figura 2.3, porém esta condição depende da ancoragem da cadeirinha de criança à carroceria do veículo. Neste caso se fazem presente duas conexões, o cinto de segurança ou outros sistemas que trava o dispositivo de retenção ao veículo e as tiras ou outra estrutura que mantém a criança no dispositivo de retenção.

A condição de menor liberdade em condição de uso normal da cadeirinha com cinto de segurança reduz o risco do cadaço do cinto estar posicionado fora da condição óssea estruturada do corpo da criança.

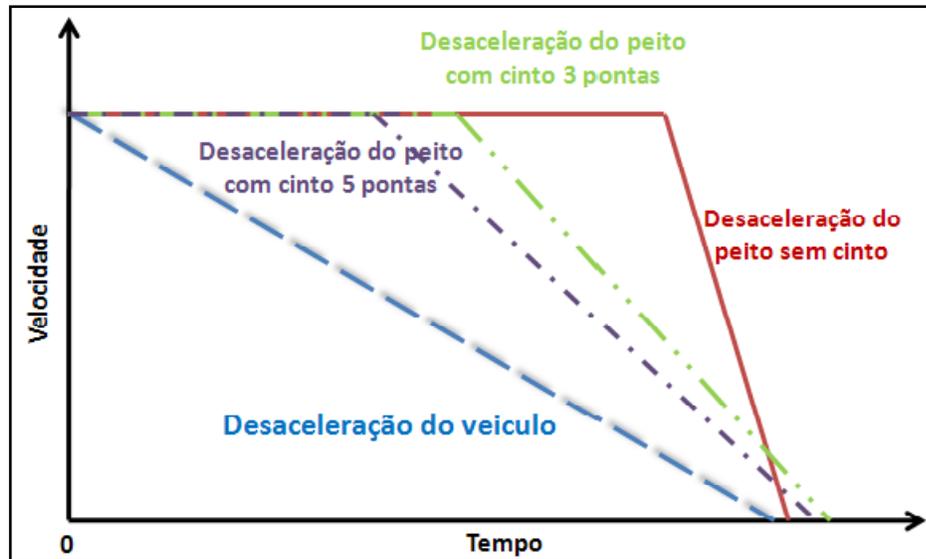


Figura 2.3 - Desaceleração do peito com diferentes condições de retenção (Gouvea– 2010).

2.1.2 Dispositivos de Retenção para Crianças voltados para Frente.

Quanto aos modelos de cadeirinhas WEBER (2000) apresenta dois tipos de dispositivos de retenção com rosto da criança em direção à frente do veículo. O mais comum, são os que pode ser utilizados tanto voltados para trás quanto para frente. O outro tipo trata-se de uma combinação de DR/Assento de Elevação, também conhecidos como Assento de Elevação com Encosto, ou “*BOOSTER*”, estes só podem ser utilizados para frente e combina características de um dispositivo de retenção e uma inclinação que melhora o posicionamento da criança, ilustrado na figura 2.4.

Outros pontos de segurança a serem considerados nestes dispositivos incluem a altura do “*slot*” que posiciona as tiras sobre os ombros, as quais devem estar acima dos ombros da criança para limitar o deslocamento da cabeça, e a altura do encosto deve estar acima dos ouvidos da criança, desta maneira dá proteção ao pescoço de criança quando flexionado para trás.

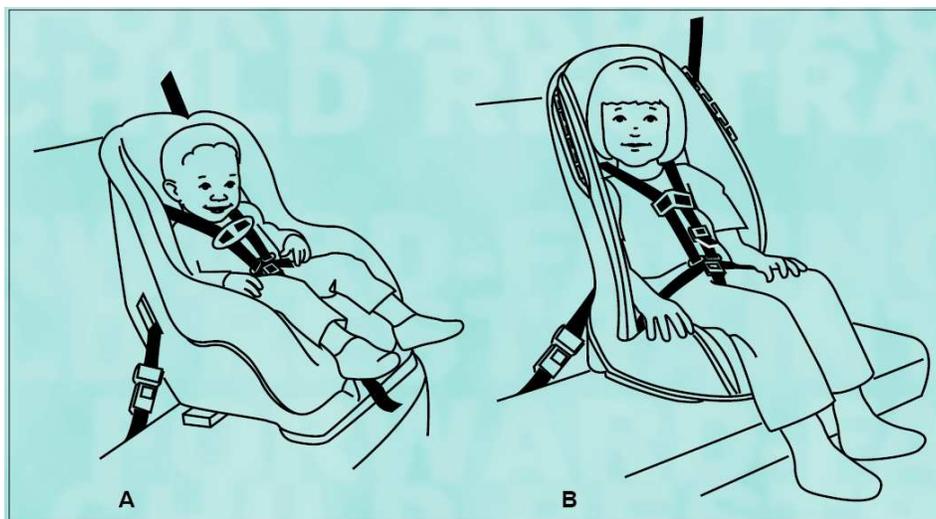


Figura 2.4 - Dispositivo de retenção voltado para frente: (a) voltado para frente ou para trás, (b) combinação de DR/ Assento de Elevação voltado para frente (Weber – 2000).

Ambos dispositivos de retenção voltados para frente são fixados com o próprio cinto de segurança do veículo, com o sistema “*Isofix*”, um vínculo estrutural feito através do encaixe de garras existentes nas extremidades dos braços rígidos da base do assento que se fixam nos terminais de engate soldados na carroçaria do veículo. Existe também para estes modelos de dispositivos o princípio de fixação do “*latch*” é semelhante ao do engate “*Isofix*”, no entanto, o elo com a carroçaria permite a adaptação apenas para as cadeirinhas de fixação universal.

2.1.3 Dispositivos de Retenção Para Crianças Voltados para Trás

Há dois tipos de sistemas de retenção voltados para trás. O primeiro (figura 2.5 a), é projetado para ser utilizado apenas nesta posição, geralmente possui uma alça para poder transportá-lo, podendo apresentar encaixes na sua base para facilitar sua instalação. Estes dispositivos geralmente acomodam criança até 10 kg. O segundo tipo (figura 2.5 b) é que pode ser utilizados tanto voltados para trás quanto para frente. Este é um pouco maior que o anterior podendo estender sua aplicação a crianças com até 13 kg. Além das considerações anteriores, a altura da criança sentada não pode ser superior a altura do encosto do dispositivo, para minimizar riscos potenciais de ferimentos na cabeça e pescoço. Num impacto frontal, a força da colisão é transferida do encosto do dispositivo de retenção para as costas da criança, que é a parte mais

resistente do corpo da criança, além de proteger cabeça e pescoço. Nesta posição o movimento da cabeça e pescoço em harmonia com o dorso durante um impacto frontal minimiza tensões e forças flexão no pescoço, diferentemente dos ocupantes acomodados em dispositivos voltados para frente.

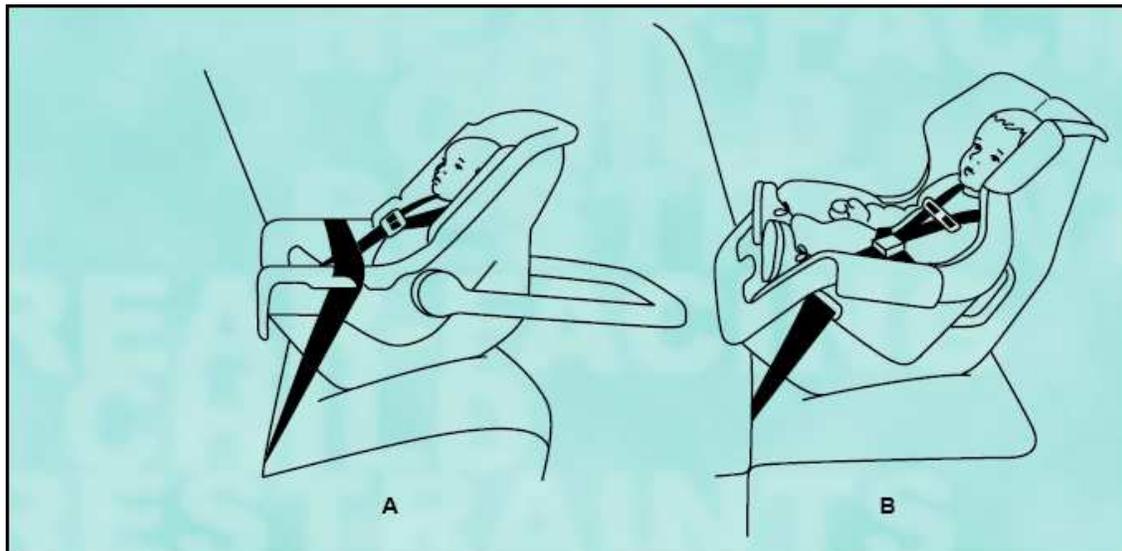


Figura 2.5. Dispositivo de retenção voltado para trás: (a) exclusivamente voltado para trás, (b) voltado para trás ou para frente (Weber – 2000).

2.1.4 Uso Indevido dos Dispositivos de Retenção Para Crianças

Mesmo com uma diversidade de dispositivos de retenção para Crianças no mercado, há ainda o desafio de educar o público quanto a sua utilização, segundo Weber (2000), a utilização indevida, intencional ou não destes dispositivos pode comprometer a capacidade de proteção para qual o DR foi projetado. BERTOCCHI (2005) ilustra na figura 2.6 exemplos de condição de uso indevido do dispositivo.

Por exemplo, com uma cadeirinha projetada para ser instalada voltada para trás, se for instalada voltada para frente pode resultar numa carga excessiva e a própria ejeção da criança. A utilização de um grampo no caderço na altura do peito pode manter as tiras confortáveis e no lugar, mas não pode influenciar no ajuste em relação à criança.



Figura 2.6 - Uso indevido de dispositivo de transporte de criança (Bertocchi - 2005).

O ângulo de inclinação do DR pode ser o fator mais importante em seu desempenho e é provavelmente o menos compreendido. Se for muito plano, não terá capacidade de retenção; se não houver inclinação para o encosto, pode dificultar a respiração da criança. Não existe um ângulo ideal para todos os casos. Para Weber (2000) a inclinação do encosto da cadeirinha deve estar o mais vertical possível, desde que mantenha a cabeça da criança encostada, limitando-se a 45 graus.

Os dispositivos de retenção voltados para frente são mais influenciados pela tensão dos catarços que os prendem ao carro. Quando estes catarços estão frouxos permite maior movimento da criança em direção às superfícies no interior do veículo e gerar maiores cargas sobre a criança quando as tiras chegam ao final de seu curso durante um acidente.

2.2 Dummies

A “*First Technology Safety System*” (2005) publicou a importância dos “*dummies*” ao longo dos anos da história do automóvel, embora praticamente não houvesse regulamentação de segurança, ela sempre foi uma das maiores preocupações. Durante a década de 30, o setor automobilístico americano tomou conhecimento das taxas elevadas de acidentes com vítimas, e foram tomadas medidas para começar a fazer carros mais seguros. Houve progresso notável neste sentido, e parte dos esforços está relacionado aos fabricantes que procuram projetar carros que sejam capazes de causar menos lesões durante os acidentes. Entretanto, ensaios dinâmicos utilizando dispositivos específicos e bonecos são imprescindíveis no sentido de garantir a segurança das crianças transportadas corretamente.

Segundo a “*First Technology Safety System*” (2005), para assegurar a confiabilidade dos sistemas de proteção, os estudos focam principalmente o corpo humano, embora durante ensaios, a possibilidade de utilizá-los esteja limitada aos ensaios e testes de baixa energia. Muitas alternativas foram adotadas pelos engenheiros e cientistas, como a utilização de cadáveres humanos e animais, que posteriormente, foram abandonados devido a sua dissimilaridade e a escassez de cadáveres humanos. Estas dificuldades foram um incentivo para o desenvolvimento de novos dispositivos de teste antropomórficos. Os primeiros “*dummies*” tinham aplicação limitada e à medida que as características físicas pertinentes aos seres humanos foram implementadas nestes bonecos antropomórficos, elevando sua biofidelidade, conseqüentemente, a capacidade de se obter resultados confiáveis também aumentou.

Dentre algumas características que definem os bonecos de ensaio estão os de teste de colisão lateral e frontal, bonecos do tamanho adultos masculinos e femininos. Para o desenvolvimento de manequins infantis foram consideradas idade, altura e peso mediano de crianças, e então diferenciados por grupos.

2.2.1 A História dos “*Dummies*”

A cronologia apresentada pela First Technology Safety System (2005) em 1930, projetistas e designers americanos preocupam-se mais com a segurança veicular devido aos registros de

acidentes veiculares com vítimas fatais com números expressivos. Esta realidade despertou a necessidade de se construir dispositivos de ensaios, consequência disso, Alderson Research Labs (ARL) Sierra Engineering construiu em 1949 o "Sierra Sam", um boneco de engenharia, sua evolução continuou.

No início do ano de 1950, o Laboratório Aeronáutico inicia estudos de acidentes veiculares com o propósito de descobrir como fabricar carros mais seguros, seqüencialmente, os primeiros automóveis com características de segurança significativas introduzidas ao mercado.

Neste mesmo período, "dummies" para ensaios dinâmicos são desenvolvidos com base em modelos aeroespaciais e em dados antropométricos fornecidos pelo Institute of Transportation and Traffic Engineering da University of California.

Em 1970, Sierra Sammy & Toddler desenvolvem bonecos que se assemelham a crianças de três e seis anos de idade, mas apesar dos esforços não apresentava uma distribuição correta de massa.

Em 1971 Alderson Research Laboratories, adotou um novo design de bonecos para ensaios dinâmicos, os VIP 3C e 6C VIP, suas dimensões e massas são baseadas na antropometria do 50º percentil de crianças de três e seis anos de idade. Para estes modelos, durante o projeto, fora considerada a imaturidade dos aspectos fundamentais da estrutura esquelética considerada crítica na avaliação de sistemas de retenção.

Neste mesmo ano o Hybrid I é apresentado e em 1972 o Hybrid II. A ilustração deste manequim apresentada pelo DENTON está representada na figura 2.7(a), este modelo trouxe melhorias nos ombros, coluna e joelhos. Posteriormente a norma para o Hybrid II é publicada. A National Highway Transportation Safety Administration (NHTSA) em conjunto com a General Motors trabalham para desenvolver melhores componentes, assim como a Highway Safety Research Institute (HSRI) recebe contrato da Motor Vehicle Manufacturers Association (MVMA) também com objetivo de desenvolver melhores componentes, surge então o (ATD 502).

Em 76 o Hybrid III é apresentado, ilustrado pela First Technology Safety System (2005) e representado na figura 2.7(b). Neste modelo a General Motors desenvolve um novo pescoço, tórax e transdutores, melhorando o ATD 502. Sua estrutura esta representada na figura 2.8.

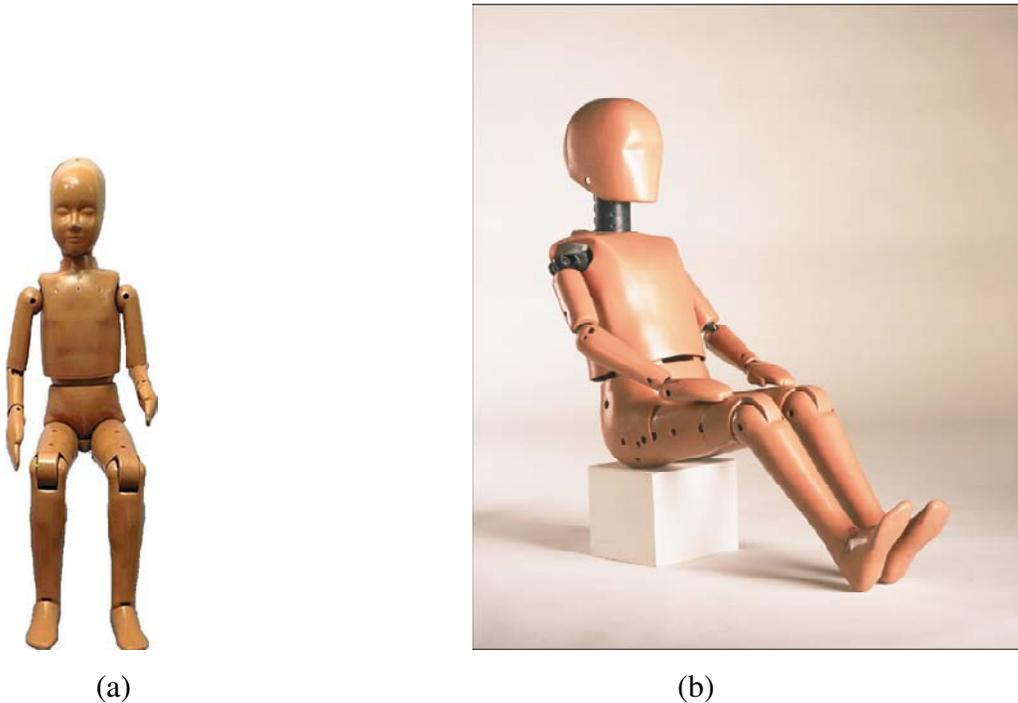


Figura 2.7 - (a) Hybrid II 6-Year-Old Child; (b) Hybrid III six Year Old Child Dummy (*First Technology -2005*).

Muitos outros modelos são apresentados, como um boneco para ensaio de impacto lateral, tratando de um manequim tipo Hybrid II com um novo tórax, criado pela NHTSA com a University of Michigan Transportation Institute (UMTRI), até chegar aos modelos FT-Arup™ FE, desenvolvido em 1996 pela First Technology Safety Systems (FTSS).

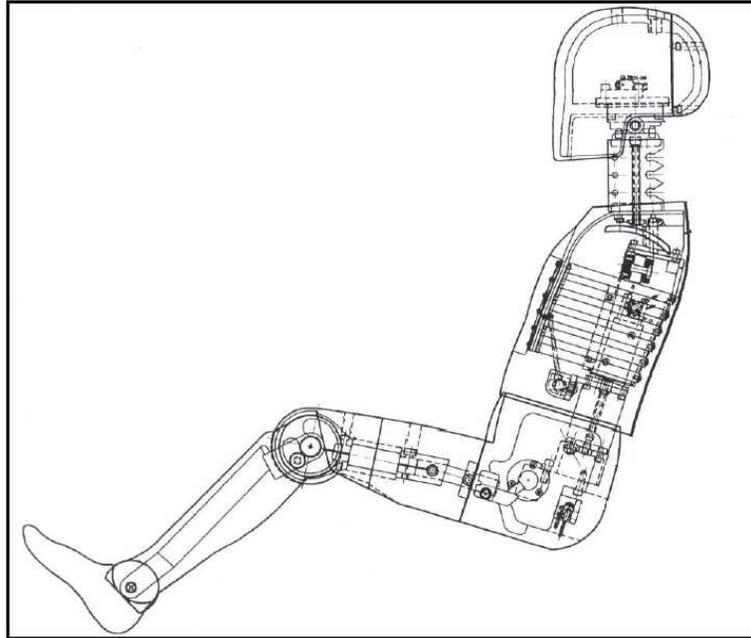


Figura 2.8 – Estrutura Dummy Hybrid III 6 years old (ECE R44 – 2000).

2.3 Capotamento

Para Parenteau (2004) o capotamento é uma condição de impacto onde o ocupante é solicitado pelas forças proveniente ao impacto do veículo, como também as forças inerciais e centrípetas que agem de forma a expulsar o ocupante de dentro do veículo, expondo o ocupante sem cinto de segurança a grande risco.



Figura 2.9 – Classificação de tipos de iniciação de capotamento (NASS-CDS – 2004).

Segundo a NASS-CDS sete são as classificações para iniciação de tipos de capotamento, conforme ilustrado na figura 2.9. Um estudo desenvolvido pela Siemens Restraint Systems e a Universidade de Medicina de Hannover (2004), relaciona os acidentes seguidos de capotamento na Alemanha entre 1994 e 2000 e indica que a condição chamada de “trip-over” é a condição de maior incidência, conforme representado na figura 2.10.

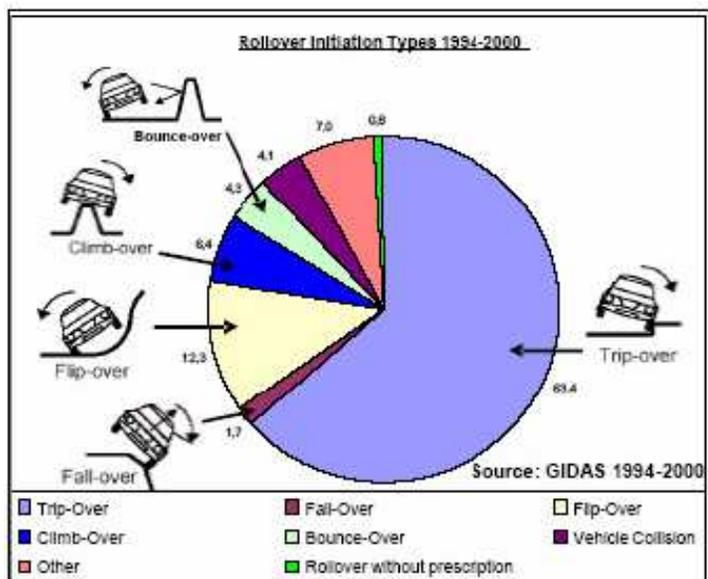


Figura 2.10 – Tipos de Iniciação de Capotamento (GIDAS 1994– 2000).

Na primeira fase do evento do capotamento o veículo encontra a resistência a manter seu movimento, iniciando a aceleração lateral e movimento de rotação, nesta fase o ocupante tende a manter a direção do movimento inicial do veículo por inércia.

Na segunda fase do evento de capotamento, o veículo não produz mais resistência ao evento e esta em movimento de rotação, dependendo do tipo do capotamento o veículo encontra-se em vô livre sem contato ao solo; neste momento o ocupante tende a mover-se para cima e para fora do veículo, se o ocupante utiliza o cinto de segurança, este movimento é reduzido.

A terceira fase do evento é quando o veículo encontra o solo, e dependendo do tipo de evento e a quantidade de energia, o momento torna se crítico para a estrutura do veículo e para o ocupante.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Procedimentos Construtivos

Foram seguidos durante o projeto e execução dos dispositivos os requisitos descritos na NBR 14400 e na ECE R44, para a construção do boneco antropomórfico de seis anos, o dispositivo de ensaio de ciclagem, e o dispositivo de capotamento.

3.2 Metodologia dos ensaios

A norma brasileira NBR 14400 é a versão adaptada da norma europeia ECE R44, no entanto, a norma europeia apresenta os dispositivos de ensaio com maior riqueza em detalhes, entretanto, ambas não diferem no requisito de segurança que classifica os dispositivos de retenção para crianças em cinco “grupos de massa”, conforme ilustrado na tabela 3.1.

O ensaio das cadeirinhas tem como objetivo validar o dispositivo de capotamento. Estas cadeirinhas, classificadas pela NBR 14400 como “não integral” (dispositivo de retenção parcial que, quando usado em combinação com um cinto de segurança de adulto, que passa em volta da criança ou segura o dispositivo em que a criança é colocada, forma um sistema de retenção para crianças completo); “universal” (de uso admitido na maioria das posições dos assentos e somente por meio das ancoragens dos cintos de segurança existentes no veículo), e destinada aos grupos de massa I, II e III, providas de tiras entre pernas fixadas a estes dispositivos de retenção e à tira subabdominal, que passam entre as pernas da criança com o propósito de mantê-la na posição correta durante o uso da cadeirinha.

É principalmente para a tira subabdominal que as forças são transmitidas. O dispositivo de retenção deve garantir que as partes frágeis da criança não estejam submetidas a estas solicitações excessivas, como o abdômem e os órgãos externos à pelve, portanto, considerações quanto ao projeto, à aplicação e à instalação destas cadeirinhas devem também garantir que as forças de inércia suplementares produzidas pelo próprio dispositivo não se façam presente.

Grupo	Massa da Criança	Altura aproximada	Idade Aproximada
0	Até 10 kg	0,72 m	Até 9 meses
0+	Até 13 kg	0,80 m	Até 12 meses
I	De 9 kg a 18 kg	1,00 m	Até 32 meses
II	De 15 kg a 25 kg	1,15 m	Até 60 meses
III	De 22 kg a 36 kg	1,30 m	Até 90 meses

Tabela 3.1 – Grupos de cadeirinhas de criança por massa, tipo e idade aproximada conforme NBR 14400 – nov. 1999

3.3 Sistema de Medição

Para o Sistema de medição foi instalada entre as pernas do boneco de ensaio uma célula de carga, representada na figura 3.1, com capacidade para 50 kgf. e área de contato de 1800 mm², com o propósito de medir a carga presente nesta região quando submetido às forças de capotamento durante seu escorregamento e de encontro às tiras da cadeirinha.



Figura 3.1 – Célula de Carga utilizada no Ensaio

O Portal Célula de Carga apresenta o Transdutor de medição de força como sendo aplicada desde balanças comerciais até automatização e controle de processos industriais.

Quando submetida a uma força que provoca uma deformação, ocorre uma variação de sua resistência ôhmica, gerando um sinal elétrico proporcional à força aplicada. Ao variar uma de suas resistências provoca o desbalanceamento da ponte de Wheatstone, representado na figura 3.2, resulta em um sinal elétrico proporcional a esta variação. Esta ponte sendo formada por extensômetros no lugar de resistores permite que, ao medir o desbalanceamento da mesma, resulte no valor da força aplicada. O extensômetro ou *Strain-Gage* é a "alma" da célula de carga, e esta quando aplicada a força deformando a célula, ocorre o estreitamento ou dilatação da seção transversal do extensômetro variando sua resistência ôhmica.

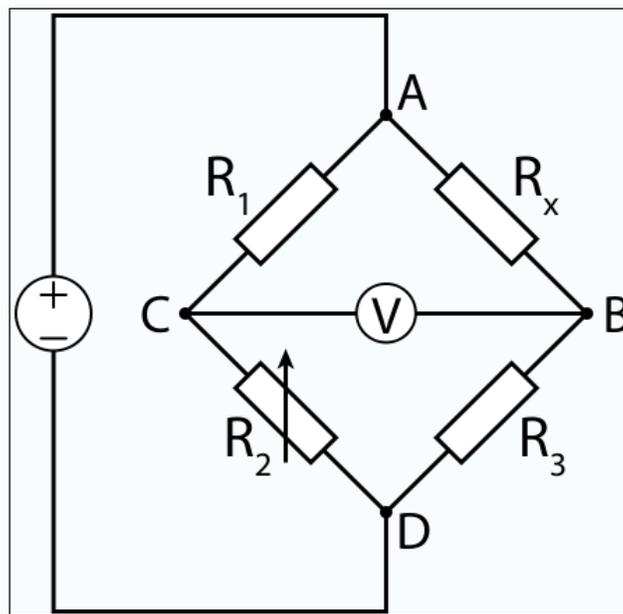


Figura – 3.2 Funcionamento de uma célula de carga (Portal Célula de Carga – 2010).

O ponto de instalação da célula de carga, figura 3.3, garante que a mesma sofra uma compressão no instante do escorregamento do Dummy durante o movimento de rotação do dispositivo de ensaio. Então, a célula de carga capta a intensidade da compressão presente entre as pernas do manequim e as tiras de retenção e emite um sinal elétrico diretamente proporcional a compressão sofrida para a placa de aquisição de dados conectada ao microcomputador via cabo USB.

Um programa desenvolvido em linguagem gráfica e, em comunicação com a placa de aquisição de dados, recebe o sinal elétrico proporcional à carga e o interpreta. Quanto maior a intensidade do sinal elétrico recebido, maior é a leitura feita pelo programa e, conseqüentemente, maior é a carga indicada por ele. Os dados indicados são enviados para arquivo e posterior interpretação.



Figura 3.3 - Ponto de instalação da célula de carga

Os blocos de funções do diagrama, ilustrado na figura 3.4 são designados por instrumentos virtuais, podendo ser usados como subprograma, e executados isoladamente. São ligados com linhas, que definem o fluxo das informações e permitem o processamento de dados em paralelo.

Os dados exibidos na tela de interface permitem o monitoramento em forma gráfico e numérico da variação de carga sob a qual o boneco está submetido. Esta interface, ilustrada na figura 3.5, permite também a determinação da faixa de medição da célula de carga, bem como os valores de referência inicial e final para esta medição.

O programa executa uma leitura a cada 0,003125s, o que nos dá aproximadamente 57600 valores de carga ao longo de uma revolução completa, a uma velocidade de 2graus/s, e 23000 valores de carga à velocidade de 5graus/s.

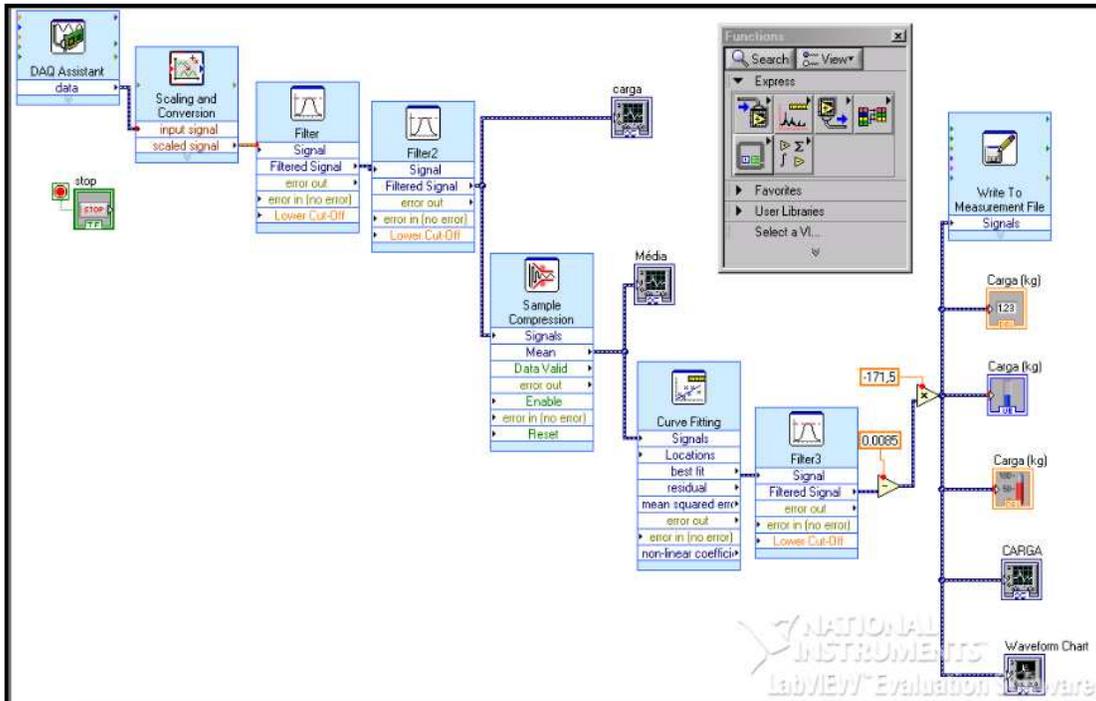


Figura 3.4 – Blocos de funções do diagrama – Processamento do Sinal

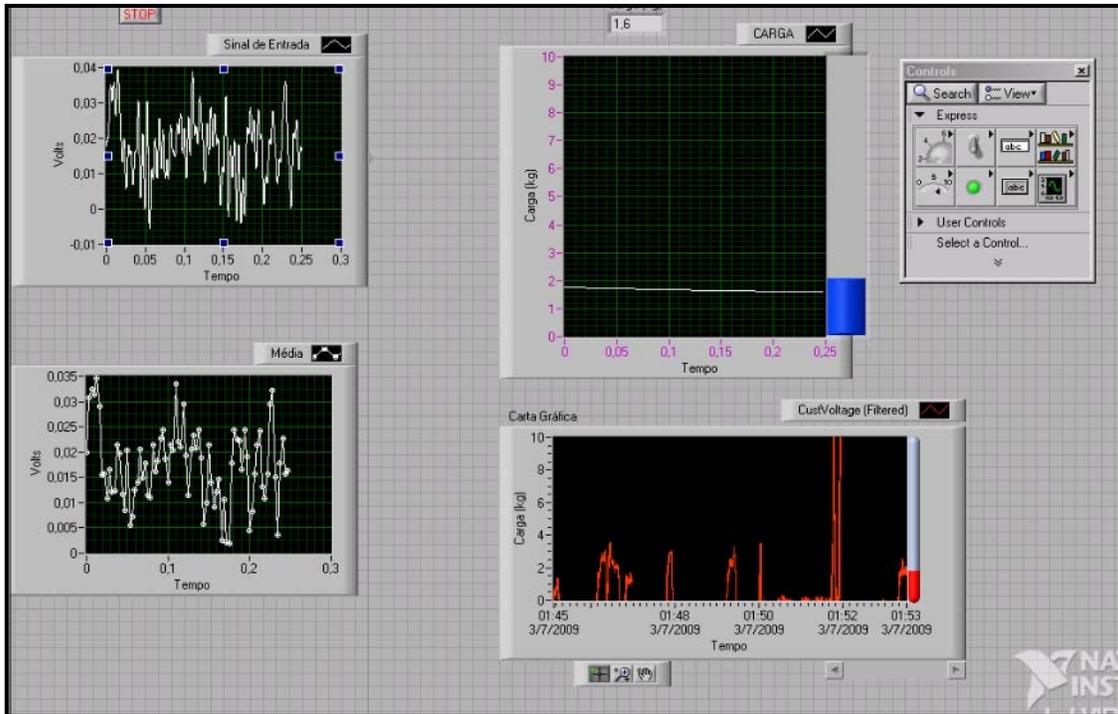


Figura 3.5 – Monitoramento de Dados Painel Frontal

Pelo número elevado de dados para este tipo de ensaio, o resultado considerando é a média das leituras a cada 10 graus \pm 2,5 graus de deslocamento.

3.4 Do dispositivo de Capotamento

Para a construção do dispositivo de capotamento, foi projetado e construído aos moldes descritos pela ECE Regulation 44.03, a base do assento em aço carbono e coberta com espuma de poliuretano, ilustrada na figura 3.6 e no anexo A, com os pontos A, BO e C para fixação do cinto subabdominal e diagonal e ensaio da cadeirinha, representado na figura 3.7, onde se permite instalar as cadeirinhas, de forma mais fixa possível pelo seu próprio cinto de segurança com três pontos de ancoragem, respeitando a posição inicial do boneco de ensaio entre as duas ancoragens inferiores do cinto.

Com todos os dispositivos (boneco, cadeirinha, cintos) devidamente ajustados ao assento, o ensaio procede com a revolução completa (360 graus) em torno do eixo horizontal no plano longitudinal médio do mesmo assento, na velocidade de $3,49 \times 10^{-2}$ rad/s a $8,73 \times 10^{-2}$ rad/s (equivalente a 2 graus/s a 5 graus/s), nos sentidos frontal e lateral.

A base do assento é então fixada ao flange de uma base móvel ilustrada na figura 3.8. Este suporte robusto e estável, com um conjunto redutor interno, apoiado sobre quatro rodas em poliuretano e provido de freio de estacionamento, geralmente utilizado na sustentação de motores durante manutenção, permite a sustentação e rotação do conjunto com precisão necessária para o ensaio.

As informações técnicas dimensões da base móvel para projeto consideradas foram:

- Profundidade: 1.090 mm;
- Largura: 910 mm;
- Altura: 1050 mm;
- Carga máxima suportada: 1.300 kg;
- Redução: 30:1;
- Raio livre para giro: 880 mm.

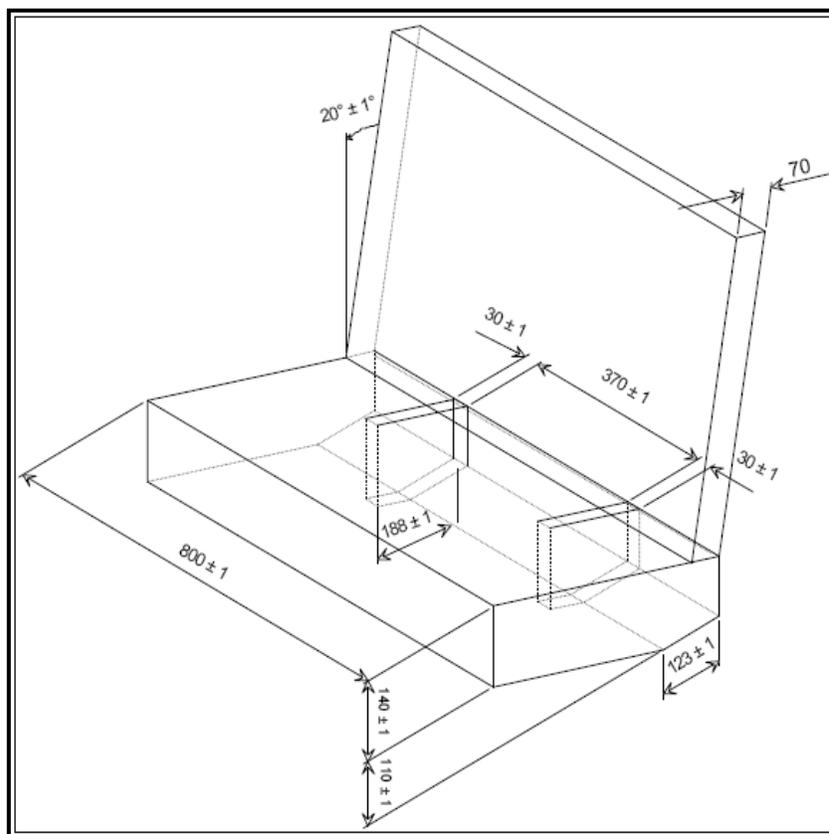


Figura 3.6 – Dimensões da espuma de poliuretano do assento (ECE R44 – 2000).

A manivela lateral utilizada para transferir movimentação manualmente ao flange de fixação foi substituída por um acoplamento e um moto redutor compacto com redução dupla (1:100), travado ao suporte por um braço de torção, possibilitando e então a transmissão e controle de velocidade de rotação via motor elétrico, trifásico de 0,33 CV, 1750 rpm, ilustrado na figura 3.9(a).

Somando as reduções do moto-reductor e da base móvel, para a entrada de 1750 rpm do motor a 60 Hz, tem-se a rotação de saída de aproximadamente 0,583 rpm no flange do suporte. Esta velocidade equivale ao valor intermediário de rotação indicado pela norma ECE R 44.03, proposto para o ensaio de capotamento, de 2 graus/s a 5 graus/s (0,333 RPM a 0,833 RPM).

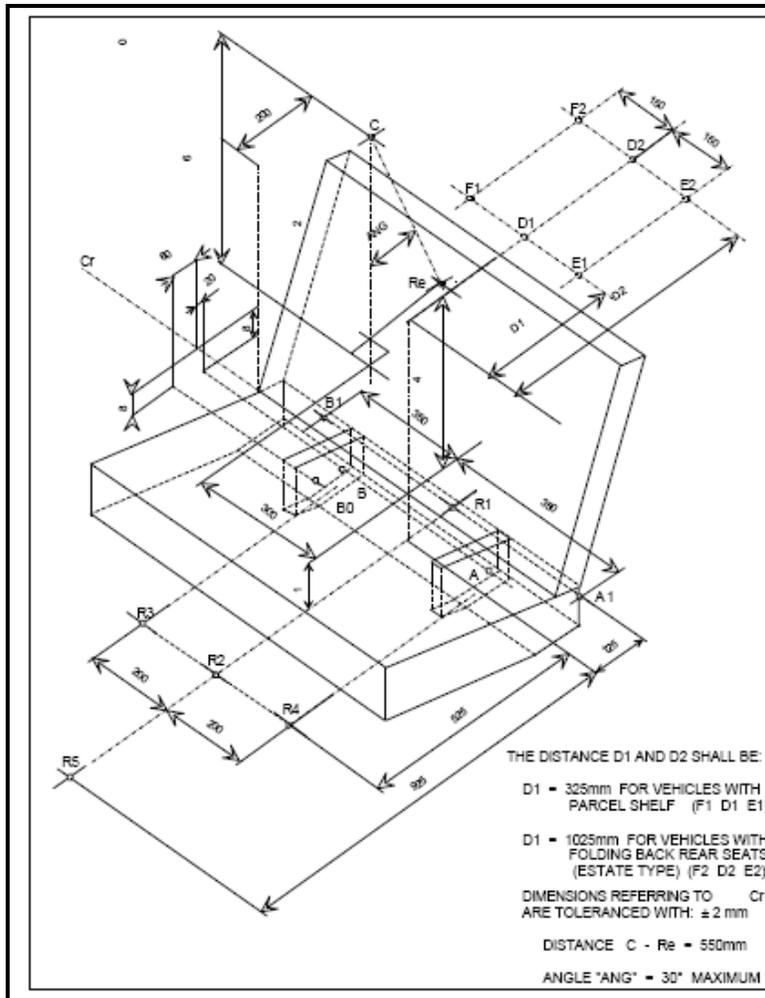


Figura 3.7 – Pontos para fixação do cinto subabdominal e diagonal (ECE R44 – 2000).

A validação dos dispositivos se deu através de ensaios realizados em três valores aproximados de rotação (0,333 rpm, 0,583 rpm e 0,833 rpm).

$$1750 \text{ RPM} \div 100 = 17,5 \text{ RPM}$$

$$17,5 \text{ RPM} \div 30 = 0,583 \text{ RPM}$$

No controle de velocidade foi acoplado um inversor de frequência de 0,5 CV, monofásico, ilustrado na figura 3.9(b), com capacidade de geração de energia trifásica, e controle local via display. A relação frequência de entrada e rotação de saída é diretamente proporcional, desta forma, os ensaios foram realizados a 35 Hz, 60 Hz e 85 Hz.



Figura 3.8 – Base móvel – (Raven Ferramentas - 2010).

O ângulo de inclinação considerado durante o ensaio foi definido pela fração do deslocamento completo.

A 2 graus/s, 360 graus, $t = 180$ s; a 5 graus/s, 360 graus, $t = 72$ s.



(a)



(b)

Figura 3.9 – (a) Motoreductor utilizado na movimentação (CESTARI – 2009); (b) Inversor de Frequência (WEG – 2009).

A figura 3.10 ilustra do diagrama elétrico e de medição do dispositivo, com alimentação monofásica de 220 Vac, energizando a fonte com entrada selecionável 110/220 Vac e saída +10 Vcc. As principais instruções de conexão dos instrumentos foram:

- Correta tensão de alimentação:

Inversor de Frequência: 220Vac;

Fonte alimentação AC / DC

- Correta polarização na alimentação na placa de aquisição de dados;

- Conexão da placa de aquisição respeitando os devidos bornes da fonte de alimentação:

+10Vcc: +10Vcc;

0Vcc: 0Vcc;

Shield: Shield.

- Conexão da célula de carga respeitando os devidos bornes da placa de aquisição:

+5Vcc: +Exc / +Sense;

-5Vcc: -Exc/-Sense;

Shield: Shield.

Entradas analógicas diferenencial:

AI1 : +Signal;

AI2: -Signal.

O dispositivo de capotamento projetado e construído, ilustrado na figura 3.12 apresenta basicamente quatro componentes estruturais:

- 1) Base para o assento de poliuretano;
- 2) Suporte para a base do assento;
- 3) Mesa de capotamento;
- 4) Base móvel RAVEN.

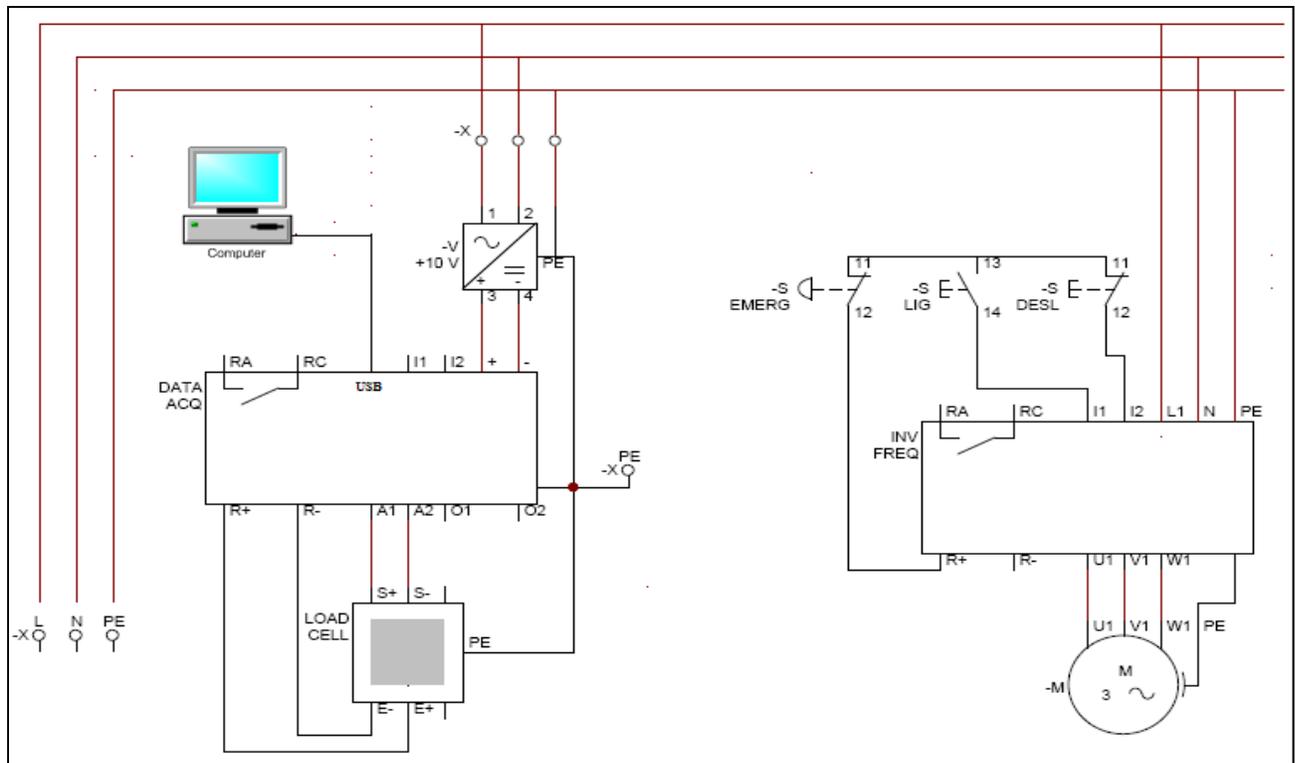


Figura – 3.10 Diagrama Elétrico do Dispositivo de Ensaio.

A sequência de montagem deste dispositivo de ensaio está representada na figura 3.11 e segue a ordem:

- Fixação da mesa de capotamento (3) à base móvel RAVEN pelo flange das partes;
- Fixação da base do assento à mesa de capotamento;
- Ajuste do sentido de ensaio (frontal / lateral):
 - Posicionar a mesa de capotamento de ponta cabeça.
 - Soltar os quatro parafusos periféricos que mantêm unidos a base do assento à mesa e manter o parafuso central;
 - Girar a base do assento no sentido de ensaio desejado e fixar novamente as partes através dos parafusos periféricos;
 - Posicionar a mesa de capotamento no sentido inicial.

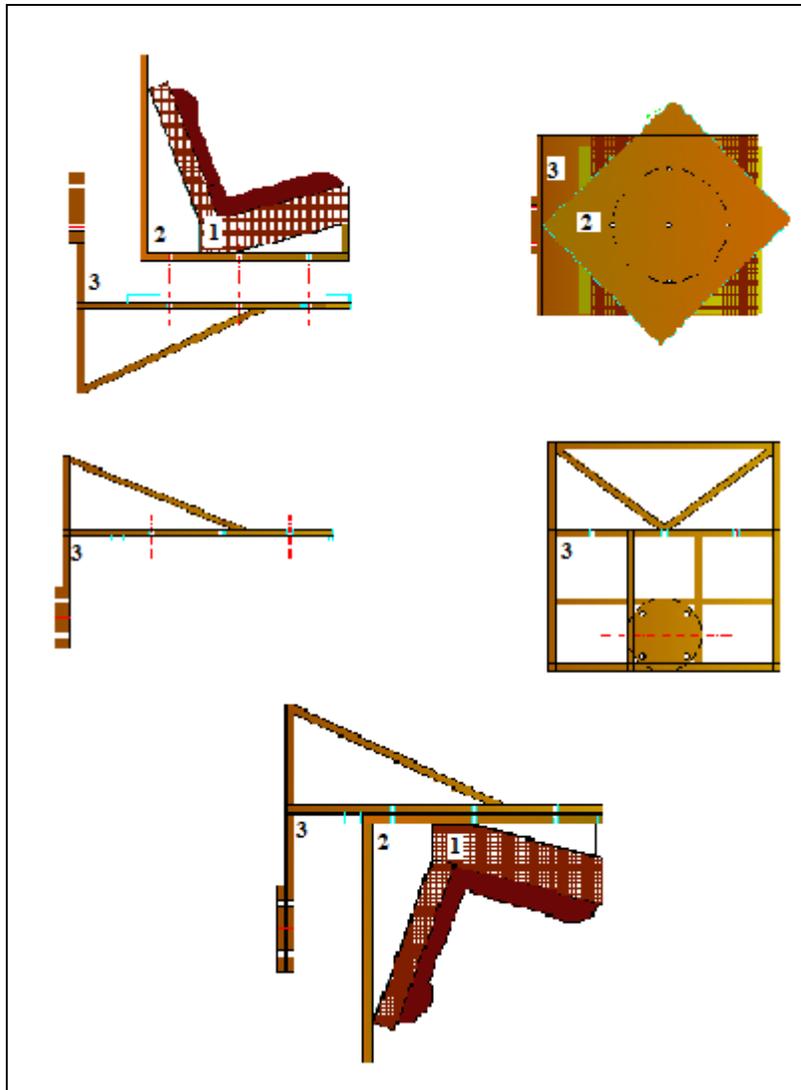


Figura 3.11 - Sequencia de Montagem do Dispositivo de Capotamento.

O ensaio procede com:

- Inicialização do programa de aquisição de dados “LABview”, aplicativo “ProjCad4Unicamp”;
- No bloco “*Write to Measurement File*”, ilustrado na figura 3.4, definir para onde os dados devem ser exportados para posterior análise;
- Conexão da placa de aquisição de dados à célula de carga e ao micro computador;
- Fixação da cadeirinha ao assento de ensaio;
- Acomodação do boneco de ensaio ao dispositivo de retenção;
- Instalação da célula de carga no ponto em que se deseja coletar dados de carga;

- Seleção da frequência para rotação do dispositivo de ensaio no teclado do Inversor de Frequência, ilustrado na figura 3.09(b), através das setas de incremento e decremento.

- Início do ensaio pressionando o botão “liga” na base móvel RAVEN, e “*RUN*” no aplicativo. - O ensaio encerrará quando passar o aplicativo do status de “*RUN*” para “*STOP*”.

- A base móvel RAVEN pode ser parada a qualquer instante apertando o botão “desliga” ou o botão retentivo de “emergência”, que enquanto pressionado inibe a partida do inversor de frequência.



Figura 3.12 - Dispositivo de Capotamento Construído.

3.5 Do Boneco Antropomórfico

A construção do boneco utilizado para validar o dispositivo de capotamento é justificada pelo custo final de 8,5 % do valor de um *Dummy* comercializado. Este boneco projetado e construindo nos moldes descritos pela ECE Regulation 44.03 permite o ensaio de dispositivos de retenção dos grupos II e III, está baseado no Híbrido III seis Year Old e no Híbrido II seis Year Old, com 22,4 kg de massa e respeitando suas equivalências de massas e dimensões baseadas na antropometria do percentil de crianças com faixa etária equivalente.

Este manequim é composto basicamente de metal, resina, fibra de vidro e poliuretano, sendo a cabeça de resina, reforçada com tiras de metal, ilustrada na figura 3.13(a), com espaço disponível para instalação de instrumentos de medição em seu interior, como por exemplo, um acelerômetro, prevendo ensaios futuros.

As vértebras do pescoço fabricadas em poliestireno, no seu núcleo há a presença de cabo de aço com tensão ajustável e limitador de flexão, representado na figura 3.13(b).

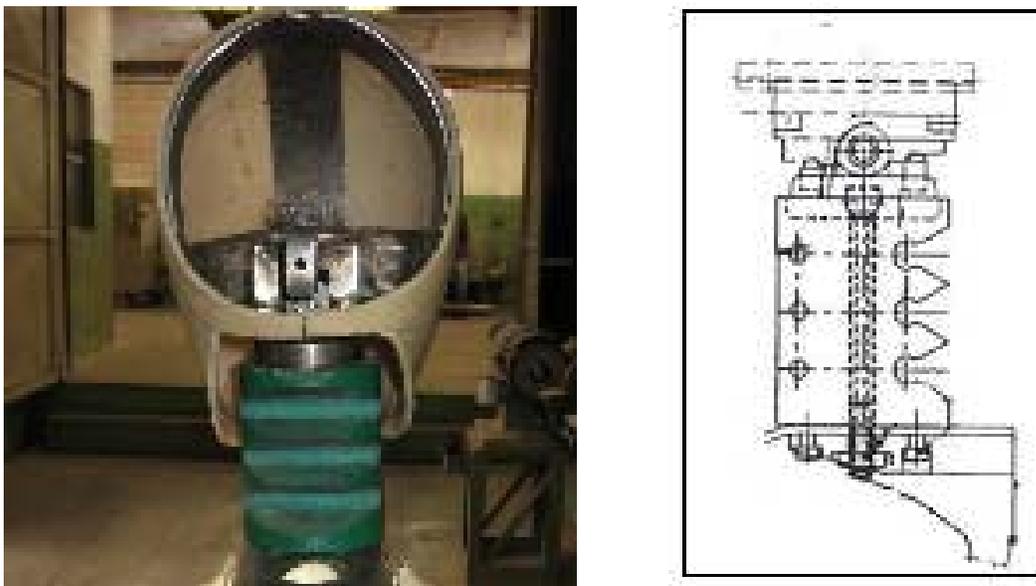


Figura 3.13 – (a) cabeça do boneco; (b) pescoço do boneco (ECE R44 – 2000).

O esqueleto do tórax e a coluna vertebral foram construídos em aço carbono, onde as articulações dos membros estão ligadas por meio de terminais veiculares rotativos, figura 3.14(a).

O esqueleto, revestido de poliuretano expandido, possui uma cavidade torácica, figura 3.14(b), que permite o alojamento de instrumentos de medição e aquisição de dados, também prevendo ensaios futuros.



Figura 3.14 - (a) Terminais de ligação dos membros; (b) Caixa toraxica do boneco.

A pelve é feita de fibra de vidro, revestida com poliuretano expandido, com articulações rotativas ligadas aos membros inferiores. Como referência foi observado as características dos manequins descritas tabela 3.2.

Componentes	Massa em kg
Cabeça + Pescoço	3.45 ± 0.10
Troco	8.45 ± 0.20
Braço (x2)	1.85 ± 0.10
Antebraço (x2)	1.15 ± 0.05
Coxa (x2)	4.10 ± 0.15
Perna (x2)	3.00 ± 0.10
Total	$22,00 \pm 0,50$

Tabela 3.2 – Massa individual das partes do boneco de seis anos (ECE R44 – 2000).

A figura 3.15(a) ilustra o boneco pronto e a figura 3.15(b) as cotas obedecidas durante projeto, complementadas pela tabela 3.3.

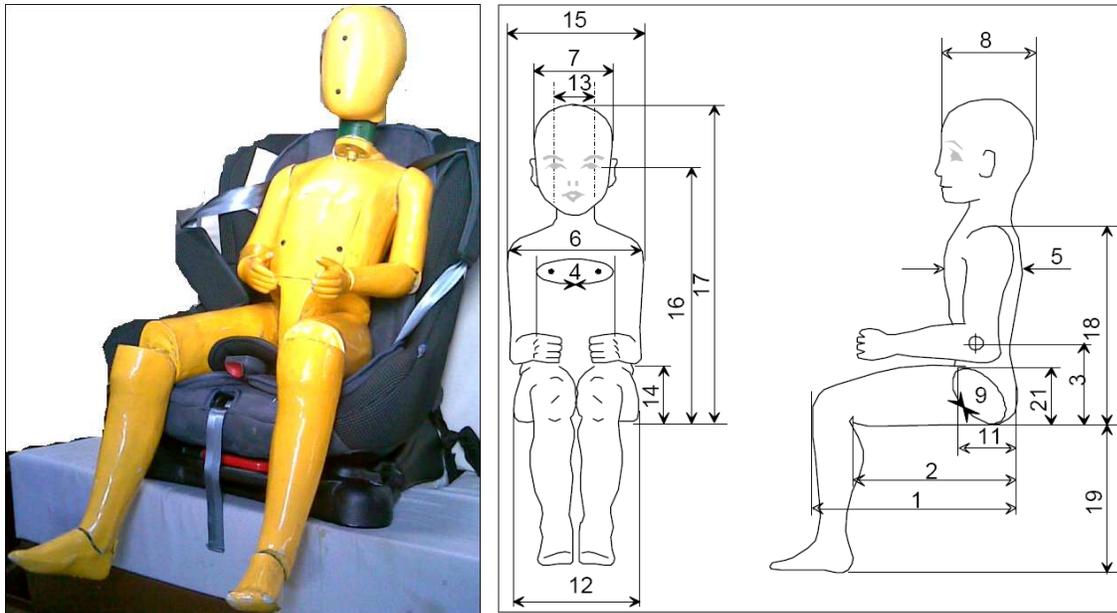


Figura 3.15 - (a) Boneco pronto; (b) as cotas obedecidas durante projeto (ECE R44 – 2000).

N.	Componentes	Dimensões em mm
		seis anos de idade
1	Anterior dos glúteos aos joelhos (sentado)	378
2	Anterior dos glúteos aos poplíteos (sentado)	312
3	Centro de Gravidade (Sentado)	190
4	Circunferência Torácica	580
5	Profundidade do Peito	135
6	Distância entre as omoplatas	250
7	Largura da cabeça	141
8	Comprimento da cabeça	175
9	Circunferência do quadril (sentado)	668
10	Circunferência do quadril, em pé (não mostrado)	628
11	Profundidade do quadril (sentado)	168
12	Largura do quadril (sentado)	229
13	Largura do pescoço	79
14	Altura dos cotovelos (sentado)	155
15	Largura dos ombros	295
16	Altura dos olhos (sentado)	536
17	Altura (sentado)	636
18	Altura dos ombros (sentado)	403
19	Sola do pé ao poplíteo (sentado)	283
20	Estatuta (não mostrado)	1166
21	Altura da coxa, sentado	95

Tabela 3.3 – Dimensões das partes do boneco (ECE R44 – 2000).

3.6 Do Ciclador de Fechos

O ciclador, ilustrado na figura 3.16(b), foi projetado e construído sobre uma base em aço SAE 1020 zincado, onde foram fixados os cilindros pneumáticos, cujo diagrama está representado na figura 3.19, e os sensores. Com pressão de trabalho ajustada para 4,5 kgf./cm² (44, 130 N/cm²) na válvula reguladora e a área do embolo do cilindro de 1, 131 cm², obtém a

força de aproximadamente 50N de atuação sobre o botão do fecho, velocidade de atuação ajustada nas próprias válvulas reguladoras de fluxo instalado nos cilindros. Sua lógica foi instalada em um mini CLP, controlador lógico programável, ilustrada na figura 3.16(a).



Figura 3.16- (a) Controle de ensaio do fecho; (b) dispositivo de ensaio ciclos de fecho.

A lógica prevê para o ensaio em operação três status que podem ser observados no display do controlador, conforme tabela 3.4. Os complementos com o programa do CLP, o diagrama pneumático e o desenho da base de ensaio estão listados no anexo II.

H1: C1=##### ENSAIO_ON	H2: C1=##### ENSAIO COMPLETO
H3: C1=##### FALHA_CICLO	H4:

Tabela 3.4 – Status de operação do ensaio do fecho

A figura 3.17 ilustra do diagrama elétrico do ciclador, com alimentação monofásica de 220 Vac. As principais os componentes deste projeto são:

- 01 Controlador lógico programável CLW-02/PL01 – WEG
- 01 Cabo de programação CLW-02/L01 – WEG
- 01 Mesa de ensaio - usada

- 01 Dispositivo de fixação do fecho - usinada
 - 02 Micro-cilindros magnéticos 12x50 M1000120050M – Termaqui
 - 02 Sensores Palito DF 220 - Termaqui
 - 02 Suportes para sensor DF DH-M12 DF – Termaqui
 - 01 Mini filtro regulador - Termaqui
 - 02 Válvulas solenóide, simples retorno 1/8 in. 5/2 vias – Termaqui.
 - 04 Válvulas reguladoras de fluxo M5 x 6 - Termaqui
- Conexões pneumáticas e elétricas.

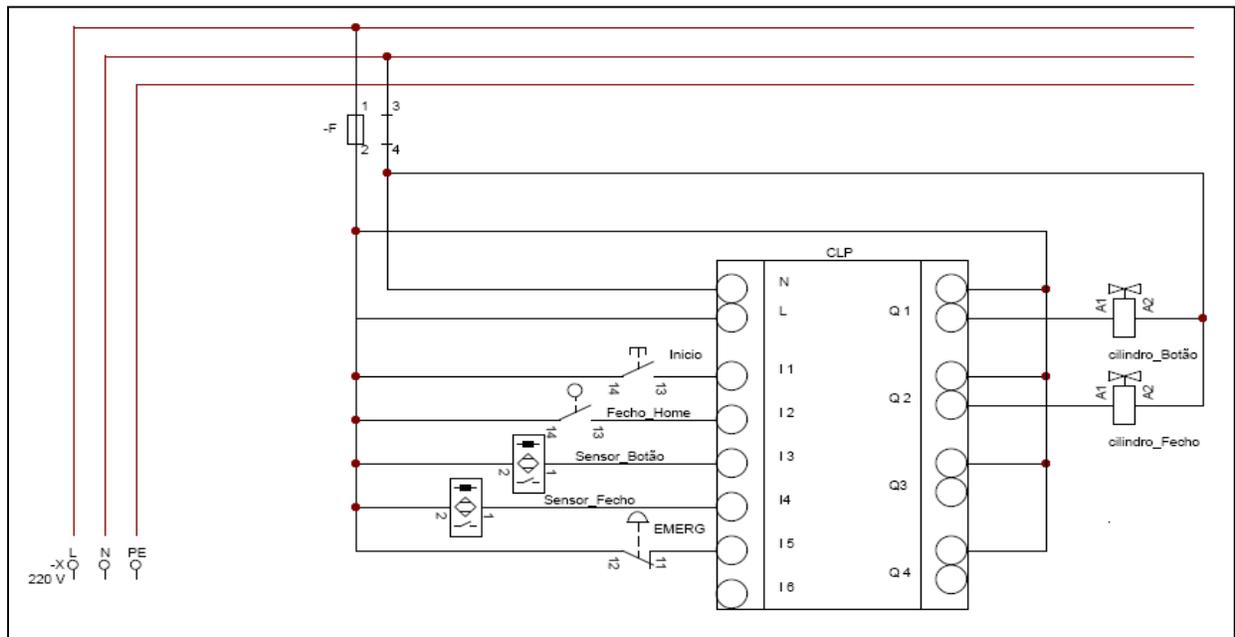


Figura 3.17 - Diagrama Elétrico do Ciclador de Fecho.

O ensaio procede com a fixação do fecho à mesa de ensaio, alinhamento do cilindro de acionamento do botão (Q1) em relação ao centro do botão, fixação das abas com os ganchos devidamente encaixadas ao dispositivo deslizante. Este dispositivo deslizante é deslocado pelo cilindro do Fecho (Q2) no sentido de encaixar as partes e recuando posteriormente. Com o acionamento do botão o próprio mecanismo do fecho expulsa as garras para fora. Sensores I2, I3, I4 ilustrados na figura 3.18 do diagrama mecânico do ciclador, identificam a posição e determinam a sequência operacional do dispositivo de ensaio. A figura 3.20 representa ilustra a disposição do fecho instalado no dispositivo de ensaio.

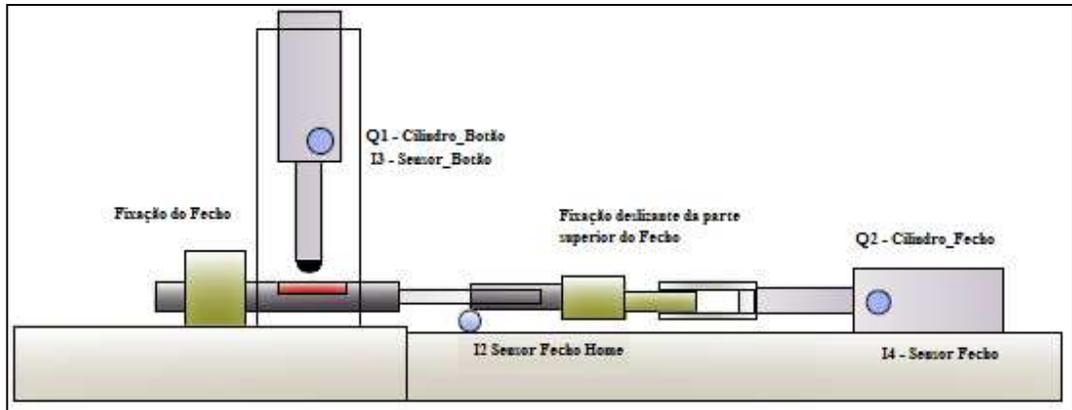


Figura 3.18 - Diagrama Mecânico do Ciclador de Fecho.

Com o circuito pneumático, o elétrico alimentados e o fecho ajustado à mesa, inicia-se o ensaio pressionando o botão iniciar. O ensaio encerrará em três condições, quando este completar o número de ciclos definidos previamente no CLP, quando apresentar falha na sequência do ensaio identificada pelo não acionamento de um dos três sensores em um determinado tempo, ou quando o ensaio for abortado ao pressionar o botão de emergência.

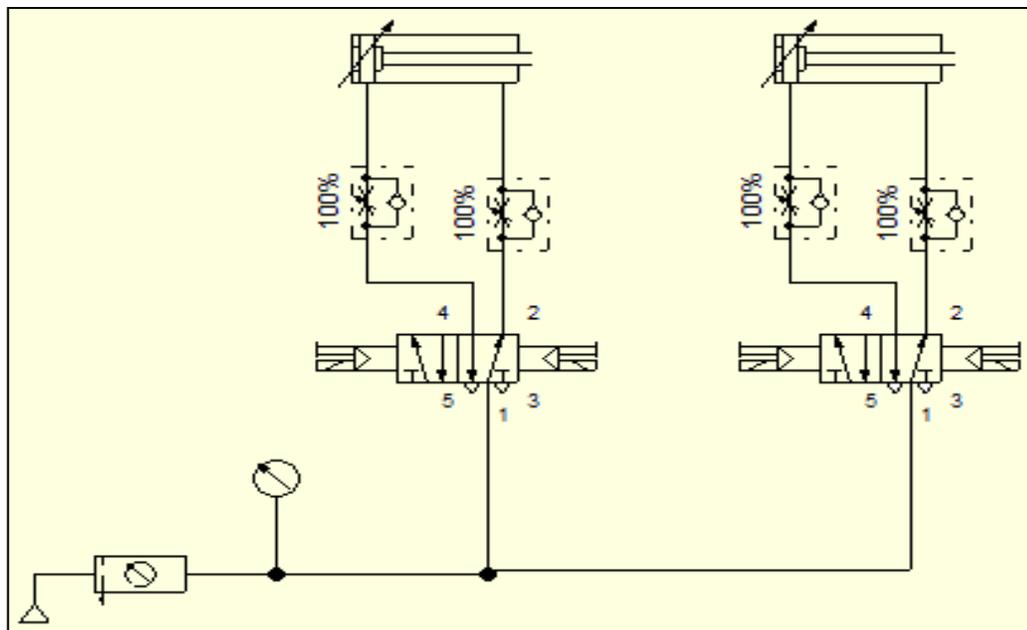


Figura 3.19 - Diagrama pneumático do Ciclador de Fecho.

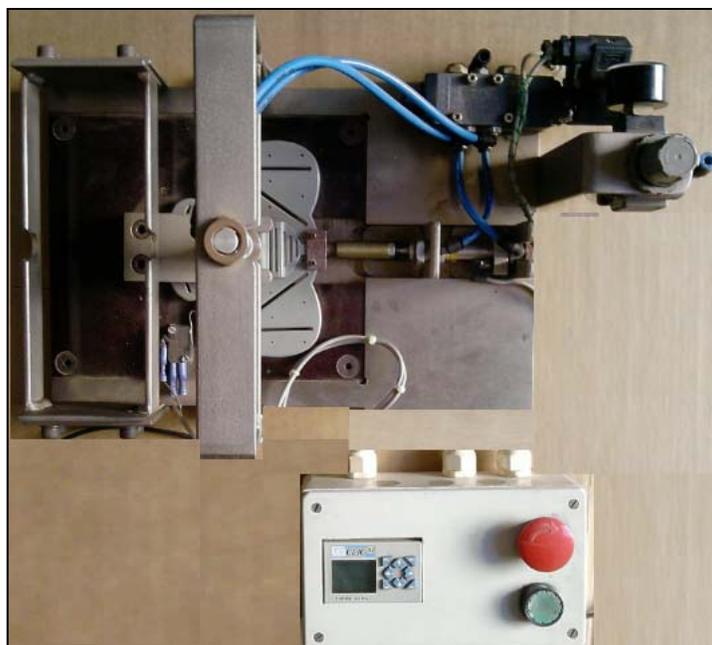


Figura 3.20 - Disposição do fecho instalado no ciclador.

4 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Estando os manequins instalados nas cadeirinhas dispostas para ensaio e primeiramente equipados com a célula de carga entre as pernas, possibilita estimar as cargas de compressão nessa região. As cadeirinhas, representadas na figura 4.1, foram instaladas no banco do dispositivo de capotamento, e ao rodar lentamente no sentido frontal permitiu avaliar a cargas e forças dinâmicas presentes na região entre as pernas dos manequins.



Figura 4.1 - DR's ensaiados, (a) Cadeira 1, (b) Cadeira 2, (c) Cadeira 3.

Conforme previsto por norma no ensaio de capotamento, quando o conjunto cadeirinha e boneco estiverem de cabeça para baixo o deslocamento do boneco de ensaio não deve ultrapassar 300 mm em relação a sua posição original, (dispositivos de retenção que permitem tamanho deslocamento podem facilitar a ejeção do ocupante num caso de acidente). Durante os ensaios de validação do dispositivo de capotamento construído, todas as cadeirinhas ensaiadas não apresentaram deslocamento significativo, cuja referência tomada foi à própria estrutura inferior da base móvel RAVEN.

4.1 Ensaios de Capotamento Lateral Cadeira 1

A Cadeira 1, classificada pela NBR 14400 para o grupo de massa I, é destinada a crianças de 9 kg a 18 kg, com altura aproximada de 1,00 m e com até 32 meses de idade, propositalmente representa resultado da aplicação de dispositivos de retenção indevidos e seus possíveis efeitos. Pode se observar na figura 4.2 que com a célula de carga instalada na região pélvica, o pico de carga ocorreu praticamente com o mesmo ângulo de inclinação para as três

velocidades, constata-se que a carga é de aproximadamente 40% da massa do boneco de ensaio, como indicado na tabela 4.1.

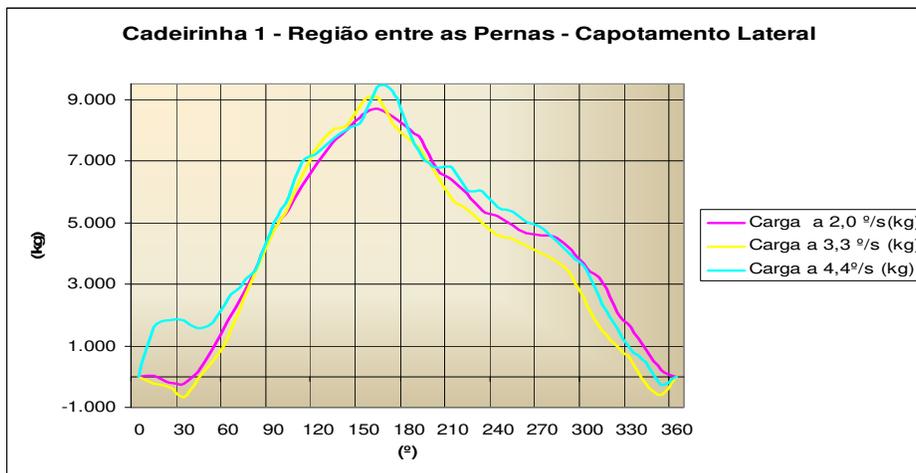


Figura 4.2 – Ensaio Lateral Cadeira 1 – Região Pélvica.

Velocidade (graus/s)	Ângulo (graus)	Carga (kg)
2,0	160	8,694
3,3	160	9,062
4,4	160	9,426

Tabela 4.1 – Ensaio Lateral Cadeira 1 – Região Pélvica.

4.2 Ensaio de Capotamento Frontal Cadeira 1

Para o ensaio de capotamento frontal pode-se observar a influência da velocidade do ensaio com relação aos valores de carga obtidos. Na figura 4.3 nota-se porém que os valores máximos obtidos ocorrem praticamente com o mesmo ângulo de inclinação, como indicado na tabela 4.2.

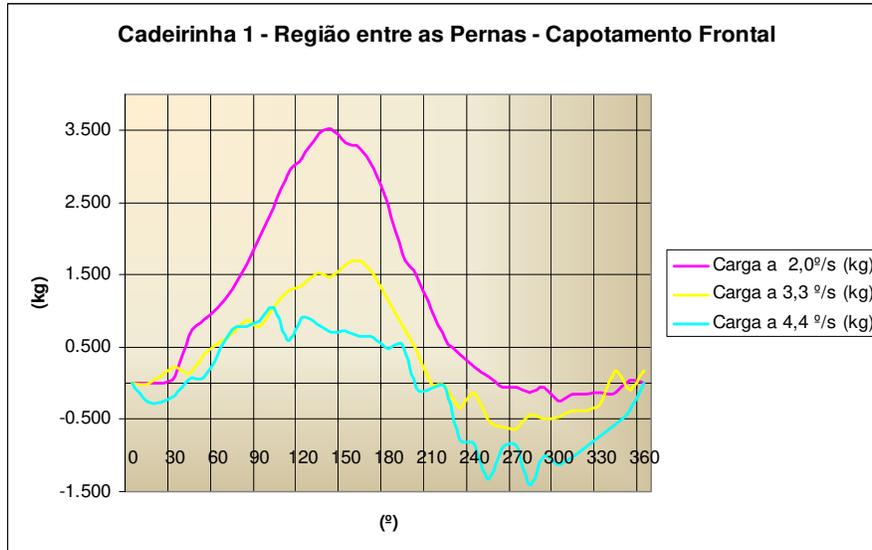


Figura 4.3 – Ensaio Frontal Cadeira 1 – Região Pélvica.

Neste ensaio carga oscilou entre 4% e 15% da massa do boneco de ensaio.

Velocidade (graus/s)	Ângulo (graus)	Carga (kg)
2,0	140	3,516
3,3	160	1,697
4,4	120	0,920

Tabela 4.2– Ensaio Frontal Cadeira – Região Pélvica.

4.3 Ensaio de Capotamento Lateral Cadeira 2

A Cadeira 2, classificada pela NBR 14400 para os Grupos de massa I, II e III, destinada a crianças de 9 kg a 36 kg, altura entre 1,00 m a 1,30m, de 32 a 90 meses de idade, representa resultado da devida aplicação de dispositivos de retenção e seus possíveis efeitos. Com o boneco disposto para o ensaio de capotamento lateral, foi demonstrado que independente da velocidade de rotação, os valores oscilaram bastante, porém mantiveram o mesmo perfil de curva. Outra característica desta cadeira trata-se da sustentação das tiras sobre as pernas do boneco, ilustrada na figura 4.4, que auxilia na distribuição de carga, amenizando seus efeitos sobre a região pélvica.



Figura 4.4 – Ensaio Lateral Cadeira 2 – Efeito das Tiras sobre as Pernas.

Pode se observar que não se identificou um pico de carga, mas uma tendência para ângulo de 210 graus, a carga de aproximadamente 3% da massa do boneco de ensaio ficou distribuída entre 80 graus e 260 graus, como indicado na figura 4.5 e na tabela 4.3.

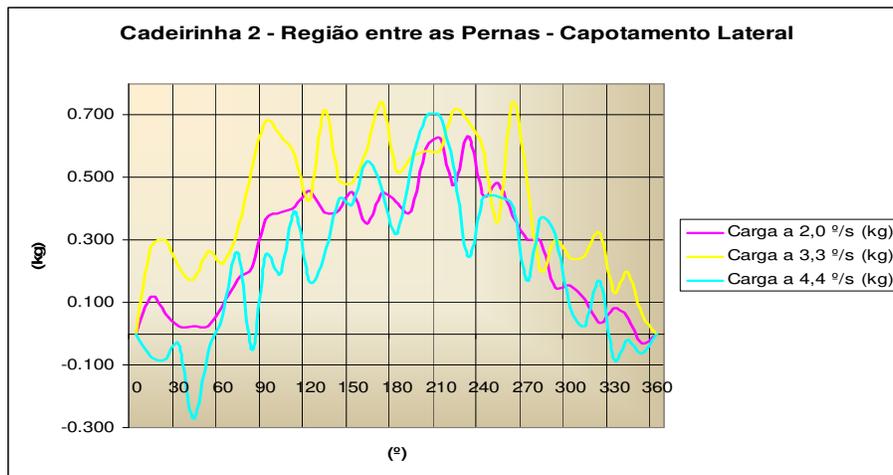


Figura 4.5 – Ensaio Lateral Cadeira 2 – Região Pélvica.

Velocidade (graus/s)	Ângulo (graus)	Carga (kg)
2,0	120 a 150	0,388 a 0,631
3,3	80 a 270	0,361 a 0,743
4,4	130 a 260	0,247 a 0,693

Tabela 4.3 – Ensaio Lateral Cadeira 2 – Região Pélvica.

Outra característica desta cadeirinha trata-se da sustentação da sustentação das tiras sobre as pernas do boneco, que auxilia na distribuição de carga, amenizando seus efeitos sobre os ombros e a região entre as pernas.

4.4 Ensaio de Capotamento Frontal Cadeira 2

Neste ensaio com o boneco disposto de frente no dispositivo, pode se observar na figura 4.6 que como no ensaio lateral, independente da velocidade de rotação, os valores oscilaram bastante também, manteve o mesmo perfil de curva, que sugere uma característica específica para este tipo de cadeirinha.

Exceto pelo ângulo, o resultado ficou próximo dos valores encontrados com a cadeirinha disposta lateralmente, a carga oscilou em torno 3% da massa do boneco de ensaio, e os picos da carga não ficam bem definidos, embora apresente valores relativamente baixos, conforme demonstrado na tabela 4.4.

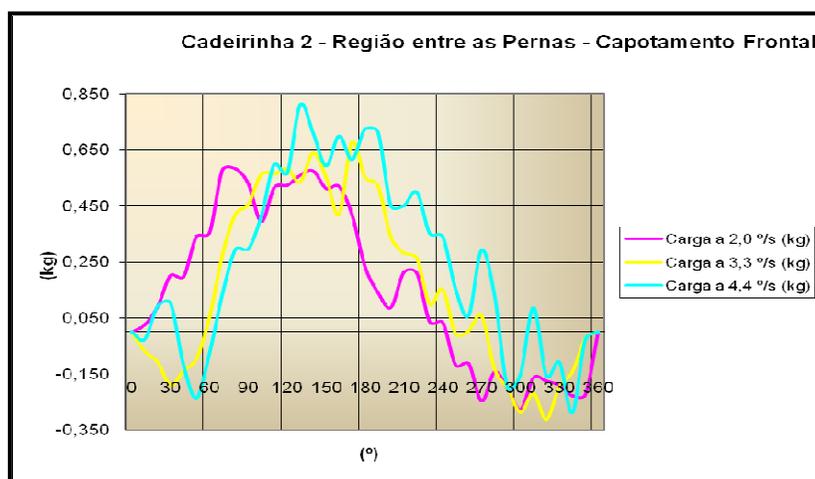


Figura 4.6 – Ensaio Frontal Cadeira 2 – Região Pélvica.

Velocidade (graus/s)	Ângulo (graus)	Carga (kg)
2,0	140	0,576
3,3	170	0,679
4,4	180	0,724

Tabela 4.4 – Ensaio Frontal Cadeira 2 – Região Pélvica.

4.5 Ensaio de Capotamento Lateral Cadeira 3

A Cadeira 3 classificada pela NBR 14400 com no Grupo de massa I, representa o resultado da aplicação de dispositivos de retenção indevidos e seus possíveis efeitos. Está demonstrado na figura 4.7 a oscilação dos valores de carga durante o ensaio com o boneco disposto de lado no dispositivo de capotamento, com uma tendência de pico entre 180° e 240°. Pode se observar na tabela 4.5 que o pico de carga é de aproximadamente 7% da massa do boneco de ensaio.

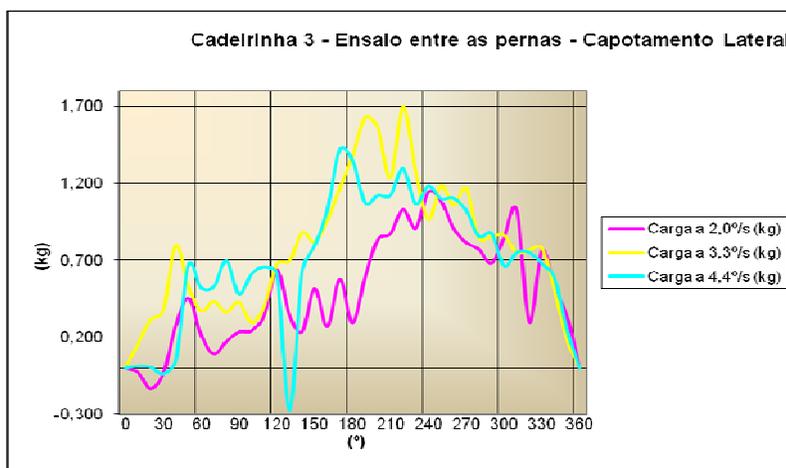


Figura 4.7 – Ensaio Lateral Cadeira 3 – Região Pélvica.

Velocidade (graus/s)	Ângulo (graus)	Carga (kg)
2,0	240	1,142
3,3	220	1,700
4,4	170	1,420

Tabela 4.5 – Ensaio Lateral Cadeira 3 – Região Pélvica.

4.6 Ensaio de Capotamento Frontal Cadeira 3

Para o ensaio com o boneco instalado de frente no dispositivo, pode se observar, conforme ilustrado na figura 4.8, os valores de pico têm praticamente a mesma amplitude e a mesma curva de distribuição, embora demonstre instabilidade dos valores, que é um reflexo com conjunto

boneco, cadeirinha, dispositivo. Neste ensaio, a carga oscilou em torno 4% da massa do boneco de ensaio, como está descrito na tabela 4.6.

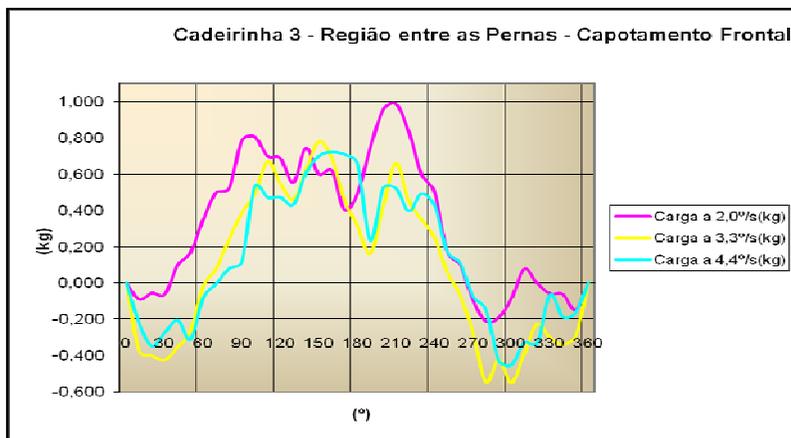


Figura 4.8 – Ensaio Frontal Cadeira 3 – Região Pélvica.

Velocidade (graus/s)	Ângulo (graus)	Carga (kg)
2,0	210	0,988
3,3	150	0,779
4,4	160	0,719

Tabela 4.6 – Ensaio Frontal Cadeira 3 – Região Pélvica.

4.7 Ensaio de Ciclagem do Fecho

O fecho trata-se de um dispositivo que deve ser projetado de modo a impedir qualquer possibilidade de uso incorreto e como um *poka-yoke* deve fechar somente quando todas as partes estiverem encaixadas, como representado na figura 4.9.

A NBR 14400 prescreve para os ensaios destinados ao fecho que ele resista às operações repetidas antes do ensaio dinâmico, compreendendo a abertura e fechamento de 3000 ciclos, e que possa ser aberto em um único acionamento. Além disso, é fixado um limite mínimo para a força que deve ser feita para abrir o dispositivo (40 N), para evitar que a criança acione o dispositivo e se solte. Da mesma forma, é fixado um valor máximo (60N), para garantir que não haja dificuldade para um adulto soltar a criança, além de permitir o correto ajuste do dispositivo para crianças e para toda variação do grupo de massa.

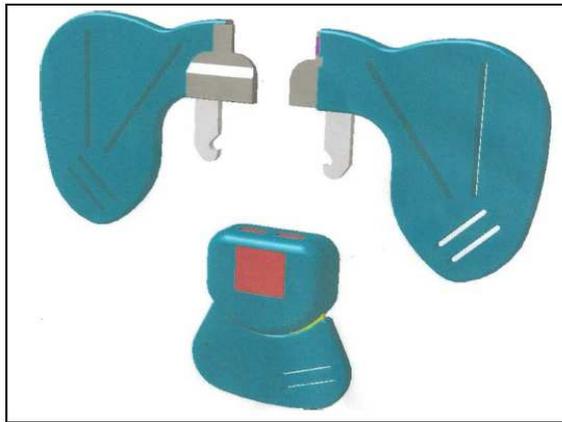


Figura 4.9 – Partes do fecho

4.7.1 Ensaio de Ciclagem do Fecho Aba Maior

Foram ensaiados dois modelos de fechos do mesmo fabricante com o propósito validar o ciclador. No ensaio dos fechos de aba maior, representado na figura 4.10, observou-se que na maioria deles, depois de 2000 ciclos, a expulsão das partes encaixadas no fecho estava bastante comprometida. O mecanismo de acionamento teve que trabalhar com força equivalente a 62 N para o desenvolvimento do trabalho.

Este fecho apresentou paralelismo durante o encaixe das partes bipartidas deficiente, com as garras metálicas desalinhadas, provavelmente consequência do processo de embutimento.

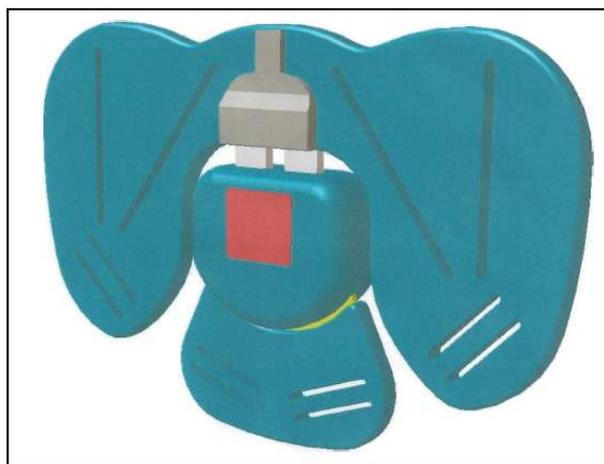


Figura 4.10 – Fecho com aba maior

4.7.2 Ensaio de Ciclagem Fecho Aba Menor

Nos fechos de aba menor, ilustrado na figura 4.11, não foi detectada falhas, o cicladador efetuou os 3000 ciclos, conforme solicitado, o ensaio foi realizado a aproximadamente 44 N.

Itens observados neste modelo de fecho foram:

- uniformidade no estampo das garras;
- melhor paralelismo entre as partes metálicas e o polímero;
- facilidade de expulsão das partes bipartidas;
- facilidade de encaixe das partes.



Figura 4.11 – Fecho de aba menor

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dispositivos de ensaio foram idealizados de forma a utilizar o mínimo de recursos financeiro e material necessário e atende aos requisitos de aprovação do produto (fecho, cadeirinha) de acordo com a NBR 14400. Todos com suas particularidades, foram construídos e postos em operação.

5.1 Dispositivos de Ciclagem

Para garantir a estabilidade deste dispositivo, foi construído em aço, o que o torna pesado. É previsto que seja projetado e elaborado um novo método de acionamento para cada modelo de fecho a ser ensaiado, dada a diversidade de modelos de fecho disponíveis e instalados nos dispositivos de retenção para crianças. Este fator limita sua aplicação de imediato, pois, outras formas de fixação precisam ser avaliadas e calculadas, mesmo quanto à aplicação de sensores de posição.

Foram executados vários ensaios com este ciclador, os resultados se mantiveram para os dois modelos de fecho ensaiados. Um modelo de fecho foi aprovado e o outro reprovado, ambos do mesmo fabricante. Todos os modelos de fecho com abas menores rodaram os 3000 ciclos de abertura e encaixe, enquanto que os de abas maiores, poucas peças concluíram o ensaio, sendo necessária força maior para acionamento do botão, para acionamento do encaixe dos ganchos, expulsão limitada das partes. Recomenda-se a não aplicação deste produto.

5.2 Boneco de Testes

Sua construção foi feita a partir da adaptação de um manequim de uso geral de estrutura oca de resina reforçada com fibra de vidro e medidas aproximadas, com adaptações feitas de forma artesanal. Como consequência, sua simetria bilateral não é perfeita.

Objetivando manter a simplicidade e os custos reduzidos, o “*dummy*” simplificado apresentou várias simplificações quanto à sua biofidelidade, se comparado a um “*dummy*” completo. As medidas externas se aproximaram, embora com certa margem de erro, sendo o corpo ligeiramente maior, em relação ao boneco especificado na norma, no entanto, foi considerada como padrão para o ensaio das cadeirinhas.

5.3 Dispositivo de Capotamento

Neste dispositivo, preventivamente observou-se a necessidade de enrijecer a estrutura de fixação, dado a distância do ponto de acoplamento e a carga.

O seu controle e monitoramento de dados ocorreram de forma satisfatória. A placa de aquisição de dados possibilita a instalação de novos sensores e o software permite fácil configuração e tratamento dos dados.

Já a sua configuração permitiu também avaliar durante o ensaio se houve deslocamento do boneco de ensaio superior a 300 mm da sua posição original, quando a cadeirinha está posicionada de cabeça para baixo. O fato de este valor ser ultrapassado indica risco da criança ser arremessada da cadeira em caso de acidente, conforme previsto por norma.

Durante a validação do dispositivo, ficou identificado como variável significativa os modelos de cadeirinha e o sentido de rotação. É próprio comentar que o melhor resultado de distribuição de carga para a cadeirinha n.2, que estava de acordo com o grupo de massa, cujo o boneco de ensaio se enquadrava, isto vale tanto para o ensaio frontal quanto para o lateral. Isto ocorre devido ao conceito aplicado ao projeto desta cadeirinha e as soluções encontradas, como a disposição das tiras.

A cadeirinha n.1 obteve resultados bastante distantes do ideal, de certa forma, o ensaio simulou a aplicação de dispositivo de retenção indevido, pois se tratava de uma cadeirinha destinada para o grupo de massa I.

Em alguns dispositivos, mais do que em outros, observou-se uma movimentação excessiva da cadeirinha em relação ao assento. Isto, também ocorreu devido às características de projeto da cadeirinha, e especialmente por se tratar de um assento que dispõe de três pontos de fixação, esta foi uma característica constatada na cadeirinha n.3, pois assim como a cadeirinha n. 1 o ensaio também simulou a aplicação de dispositivo de retenção indevido.

Com estes resultados constatou-se a aplicabilidade dos dispositivos e dos ensaios para estes e futuras aplicações.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS

O dispositivo de capotamento e o ciclador permitiram os ensaios de cadeirinhas e de seus respectivos fechos dentro do âmbito das normas ABNT NBR 14400 e ECE 044-4 com a fidelidade requerida. O boneco antropomórfico atende as necessidades para as quais foi projetado e construído, ou seja, medir a compressão da tira entre pernas das cadeirinhas na região dos órgãos genitais, porém difere dos manequins especificados pela norma.

As medições realizadas com o ciclador em dois modelos de fechos diferentes permitiram avaliar o desempenho dos mesmos, com a precisão requerida. Estes testes aprovaram um modelo e reprovou outro. Houve coerência nos resultados e o requisito proposto pela norma NBR 14400 pode ser perfeitamente atendido quando da utilização de tal ciclador.

O dispositivo de capotamento atende as exigências da norma brasileira. Quando o dispositivo de capotamento foi utilizado em conjunto com o boneco, devidamente instrumentado, foi possível realizar as medidas de compressão na região genital. Tal configuração permitiu avaliar o desempenho ergonômico de três cadeirinhas para a condição anteriormente citada e proposta.

A precisão das medidas permitiu levantar as pressões geradas pelas tiras entre pernas em tais cadeirinhas. Acredita-se que a possibilidade de acesso a tal informação venha a ser utilizada, por fabricantes para fins de projetos de cadeirinhas mais confortáveis e com maior grau de segurança

Fica como sugestão para os próximos trabalhos, o ensaio de capotamento dos dispositivos que estão entrando no mercado. Eles promovem melhor fixação à estrutura do veículo, e tem como característica a sua praticidade, como o “*ISOFIX*”, o “*LATCH*” ou até mesmo as cadeirinhas que dispõem do “*Top Tether Anchorage*”, e avaliar a distribuição de carga sobre o manequim.

Isto pode determinar o quão mais eficiente são estes novos dispositivos em relação aos universais instalados nos assentos do veículo utilizando o próprio cinto de segurança do veículo, com ancoragem em três pontas, e nestes sistemas de ancoragem, existe a possibilidade da instalação indevida da cadeirinha, mapear a carga sobre o boneco em função do seu deslocamento no espaço, com maior detalhamento e precisão.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-14400: *Veículos Rodoviários – dispositivos de retenção para crianças – requisitos de segurança*. Rio de Janeiro, 1999. 49p.

BERTOCCHI, M. *Segurança Veicular*. Publicado em 2005 - disponível para download - <http://issuu.com/marcelobertocchi/docs/bertocchi>. Acesso em 03/09/2010

CESTARI, Motorreductores linha MAGMAX, – disponível para download – <http://www.magnapropag.com.br/cestari>. Acesso em 09/03/2009.

Código Nacional de Transito e Legislação Complementar. Disponível em: http://www.denatran.gov.br/publicacoes/download/CTB_E_LEGISLACAO_COMPLEMENTAR.pdf. Acesso em 03/09/2010.

ECONOMIC COMMISSION EUROPE. ECE R44.03: *Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants in power-driven vehicles*. United Nations, 2000. 130p.

FIRST TECHNOLOGY SAFETY SYSTEMS. *History of Crash Test Dummies*. Plymouth, 2005. Disponível em: <http://www.ftss.com/about/dummy-history>. Acesso em 26/01/2010.

GOUVEA, M. F. *Análise das Cargas na Região Púbrica de Criança de Três Anos Gerada por Cinto de Segurança Cinco Pontas em Colisões Veiculares*. 2010. - Tópicos em Eng. de Mecânica - Segurança Veicular - – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 41p.

HERTZ, E. *Revised estimates of child restraint effectiveness*. NHTSA Research Note. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, December 1996.

INMETRO. *Selo do Inmetro obrigatório nos dispositivos de segurança infantil*. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br>. Acesso em 03/09/2010.

DENTONA. *Hybrid II 3- and 6-Year-Old Child. HII-3C (Model SA-103-C002) and HII-6C (Model SA-106-C001)*. Disponível em: www.dentonatd.com/dentonatd/pdf/HII3and6.PDF. Acesso em 26/01/2010.

KAHANE, C.J. *An evaluation of child passenger safety—the effectiveness and benefits of safety seats*. DOT HS 806 890. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, February 1986.

Otte: Verkehrsunfälle von PKW Mit Überschlagfolge. Studie der Medizinische Hochschule Hannover im Auftrage der Siemens Restraint Systems GmbH 2004.

PARENTEAU, C.S. *Field Relevance of a Suite of Rollover Tests to Real-World Crashes and Injuries*. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science>. Acesso em 03/09/2010.

Portal Celula de Carga. Disponível em: <http://www.celuladecarga.com.br>. Acesso em 03/09/2010

Raven Ferramentas Especiais, São Paulo, 2010. Disponível em: http://www.ravenferramentas.com.br/pdf/Catalogo_LinhaDiesel_BAIXA.pdf. Acesso em 26/01/2010.

ROUHANA, S. *Biomechanics of Abdominal Trauma. Accidental Injury: Biomechanics and Prevention*. Springer-Verlag, New York, pp 391-428, 1993.

VARGAS, R. V. Gerenciamento de Projetos – Estabelecendo Diferenciais Competitivos – Rio de Janeiro, Brasport, 2000.

WEBER, K. *Crash Protection for Child Passangers*, UMTRI Resarch Review, July – September 2000, Vol. 31, No. 3.

WEG, Inversor de Frequência CFW 10 – Easy Drive Clean, – disponível para download –
<http://www.weg.com.br>. Acesso em 09/03/2009.

ANEXO A – Componentes do Dispositivo de Capotamento

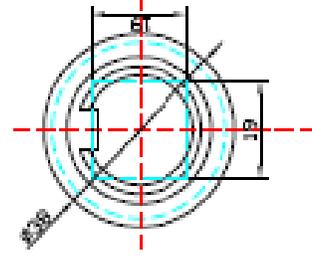
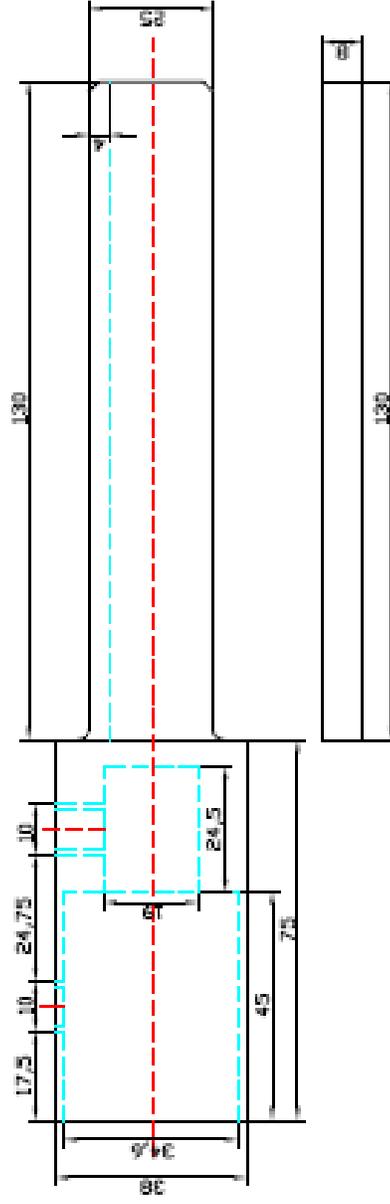
DADOS TÉCNICOS DO REDUTOR

Redução de Eixo(s):	1/50 rpm
Redução:	100:166
Redução de Eixo(s):	17,34 rpm
Fator de Serviço:	1,34
Montado Em:	500 Hz
Potência do Motor:	0,25 kW a 1750 rpm
Desenvolvimento:	0,21 kW a 1750 rpm

DIMENSIONAL
FAMÍLIA MAGMAX
TAMMHOFF 51
 Série Escudo
 Código de Produto: 10700029
 0512M040080W

ARMAZENAGEM E LUBRIFICAÇÃO

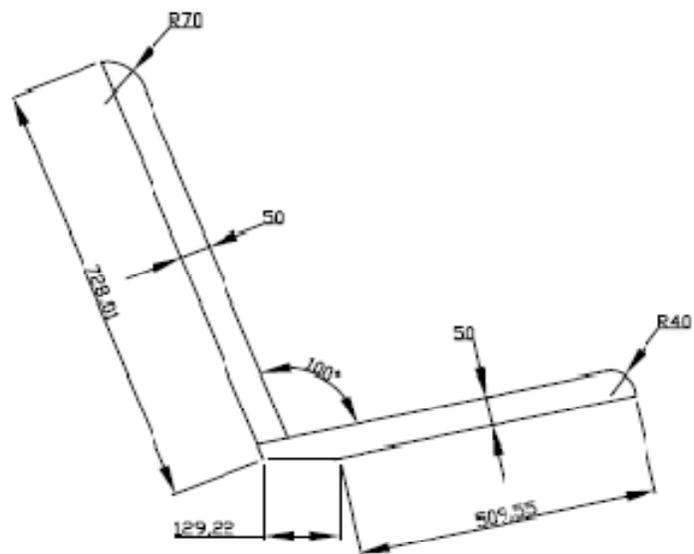
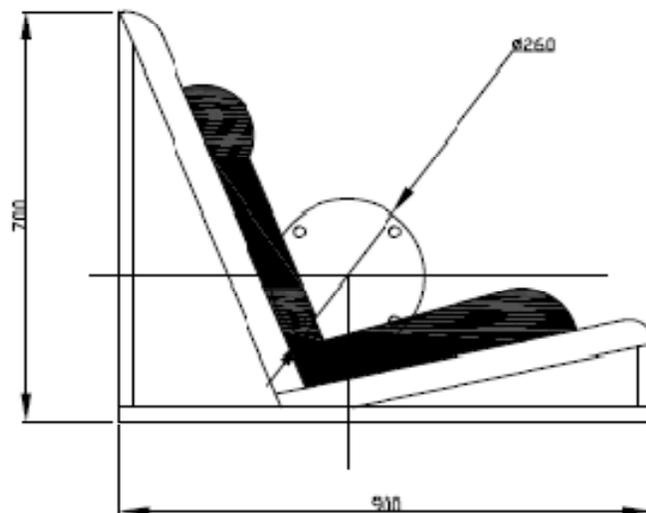
- Os motorreductores e redutores devem ser armazenados em ambiente fechado, seco, livre de poeira, umidade, isentos de gases, fumaças e agentes corrosivos.
- Quanto à forma de armazenamento o produto deverá, ser colocado na posição de trabalho, em superfície plana sobre estribos ou em prateleiras apropriadas, e não em contato direto com o piso.
- A identificação do redutor é feita por injeção em banho de óleo.
- Todos os motorreductores e redutores ao saírem da fábrica recebem uma carga de lubrificante conforme sua posição de trabalho. Contudo, antes de iniciar a operação é conveniente verificar o nível do lubrificante. Para evitar vazamento durante o transporte é utilizado um bujão normal, que deverá ser substituído por um bujão com respiro, fornecido em embalagem plástica, junto com o redutor, antes do início da operação.
- A quantidade de lubrificante indicada na placa de identificação serve como valor de referência. O volume exato é determinado pelo bujão de nível de óleo.



Acoplamento Motoredutor - Base M6ve:

Proj. Sandro Halmoski RA 068002

FEM - UNICAMP REV. 013



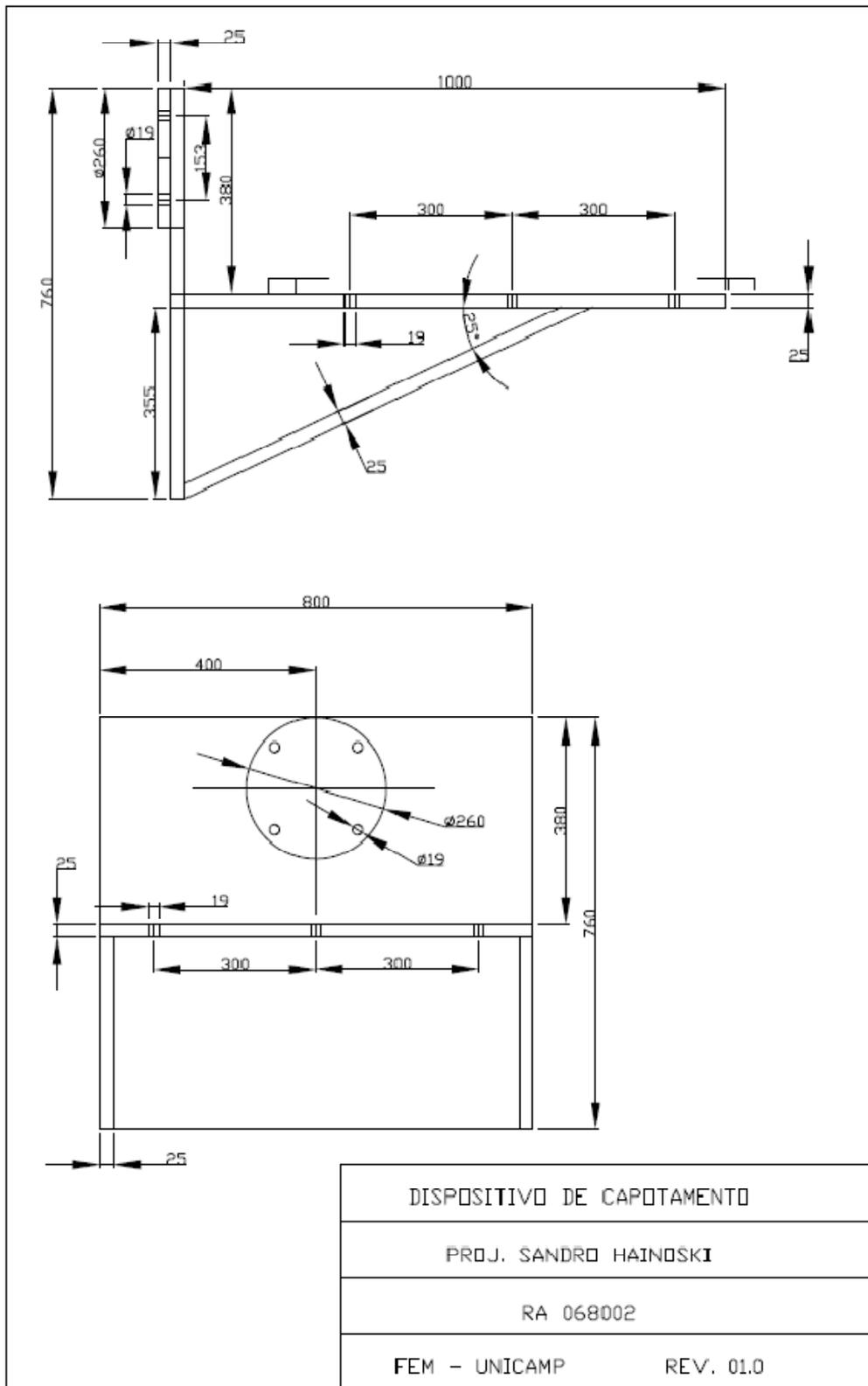
DISPOSITIVO DE CAPOTAMENTO

PROJ. SANDRO HAINJSKI

RA 068002

FEM - UNICAMP

REV. 01.0



ANEXO B – Diagrama Ladder e Mesa do Ciclador

Title	Programa do Ciclador	Version	1.0
Company name	FEM UNICAMP	Date	22/11/08
Programer	Sandro Hainoski	Page	1/3
Remark	RA 068002		

