

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica

Departamento de Engenharia Mecânica

PMC-580 / Projeto Mecânico I

Orientador: Prof. Omar Moore de Madureira

Título:

**“Segurança Passiva dos Passageiros
de Veículos Rodoviários de
Transporte Coletivo”**

(Estudo de Viabilidade)

Alunos:

Fábio da Silva Pereira Nº USP 1815224

Rauber Campregher Nº USP 1820225

São Paulo, 1º Semestre de 1994

1995

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, José Wilson e Ednéia, e à toda minha família, pelo incentivo e carinho que sempre recebi;

Aos professores, desde o Primeiro Grau até o presente momento, pelos conhecimentos passados;

A todos os amigos;

A todas as pessoas que colaboraram para que esse Trabalho pudesse se concretizar.

Fica aqui, por meio desse Trabalho a vocês dedicado, meu reconhecimento de que sua ajuda e presença foram indispensáveis para que eu conseguisse chegar até aqui.

Fábio, Dezembro de 1995

AGRADECIMENTOS

- **Marcopolo S/A;**
- **Engo Alberto Ruy Calcagnoto - Depto. de Engenharia do Produto, Marcopolo S/A;**
- **Editora TM Ltda.;**
- **Depto de Estatística da Polícia Rodoviária do Estado de São Paulo;**
- **Prof. Omar Moore de Madureira.**

ÍNDICE

• Introdução	1
• Comentários Acerca da Utilização de Cinto de Segurança no Brasil	4
• Aplicação da Ergonomia ao Projeto do Banco	7
a) Postura	7
b) Suporte do Peso do Tronco	8
c) Altura do Assento	9
d) Profundidade do Assento	10
• Colisões - A Física do Problema	12
• Estabelecimento da Necessidade e dos Objetivos	16
• Formulação do Projeto - Especificações Técnicas	20
- Ergonomia: Princípios Gerais Sobre Assentos	22
- Desempenho e Especificações Técnicas Quantificadas	23
- Tabela de Soluções	26
• Análise de Soluções	28
- Cintos de Segurança	28
- Acessórios para os Cintos	30
- Ancoragem do Cinto de Segurança	30
- Poltronas	32
- Acessórios das Poltronas	34

- Ancoragem das Poltronas	35
• Estudo do Valor Econômico do Projeto	39
- Cálculo do Custo Adicional Por Veículo	41
• Soluções já Adotadas	43
• Encaminhamento da Solução	46
• Figuras	47
• Bibliografia	59

Introdução

Devido à política de industrialização implantada pelo governo brasileiro em meados desse século, incentivou-se no país a adoção do transporte rodoviário como base de movimentação de produtos e pessoas. Assim, muito se investiu na abertura de novas rodovias que dessem acesso aos mais longínquos pontos do território nacional.

Tal política se mostrou eficaz no que se refere à implantação de indústrias multinacionais do setor automobilístico no país, mas, por outro lado, meios de transporte mais econômicos, como ferrovias e hidrovias, acabaram relegados a um segundo plano.

Outra consequência dessa política é que o Brasil é, hoje em dia, um dos maiores mercados de ônibus do mundo, tanto a nível de veículos rodoviários como urbanos.

Encontram-se instaladas no país três fábricas de ônibus para utilização rodoviária: as suecas Volvo (PR) e Scania (SP), e a alemã Mercedes-Benz (SP). As três fornecem chassis e motores, que devem então ser encarroçados de acordo com a preferência do comprador, que tem nas empresas Marcopolo (RS) e Busscar (SC) suas principais opções de

montadoras de carrocerias para veículos rodoviários. Há ainda a alternativa de ônibus monobloco, dada apenas pela empresa alemã.

Nesse segmento rodoviário os fabricantes têm inserido vários avanços tecnológicos, contribuindo para melhorar a segurança, o conforto, a economia de combustível, e para a diminuição dos índices de poluição e ruído.

Uma pesquisa feita em 1989 junto a usuários, frotistas e encarregadores apontou as seguintes características para esse mercado:

- tem uma boa remuneração;
- preferência por veículos de maior peso bruto total (PBT);
- alto nível de exigência dos usuários;
- quilometragem média 15.000/mês;
- preocupação com o conforto e a qualidade dos serviços;
- grande interesse por veículos modernos e de alta tecnologia.

Com esses dados, pode-se concluir que o setor de transporte rodoviário de passageiros exige, e merece, estudos que levem a uma melhoria dos serviços prestados, quer seja a nível operacional, quer seja a nível funcional, isto é, satisfazer transportadores e passageiros. Dentro desses estudos, um item importante a ser analisado é o da segurança dos passageiros, e a esse assunto se dedicará o presente trabalho.

Serão abordados temas relativos à fixação das poltronas na estrutura do veículo, para que não se soltem quando de fortes colisões, as quais impõem grandes desacelerações àqueles componentes, e também se estudará a viabilidade da adoção de cintos de segurança no interior dos veículos. Em outras palavras, o assunto aqui discutido é o de *"Segurança Passiva dos Passageiros de Veículos Rodoviários de Transporte Coletivo"*.

Apesar da já citada tradição rodoviária do país, particularmente no transporte de passageiros, os órgãos normativos nunca se preocuparam com a necessidade de se desenvolverem regulamentos sobre a ancoragem dos bancos de ônibus. O que existe de norma brasileira sobre essa ancoragem é uma resolução do CONTRAN , de número 463/73, relativa à fixação de assentos em automóveis que, além de ser antiga, não é adaptável a ônibus. O órgão brasileiro que deveria elaborar as normas para a fixação dos bancos, além de outras características dos ônibus, é o INMETRO.

COMENTÁRIOS ACERCA DA UTILIZAÇÃO DE CINTOS DE SEGURANÇA NO BRASIL

Não são raras as vezes em que volta à tona a discussão acerca da eficácia da utilização do cinto de segurança. Como exemplo, a declaração impensada de um policial rodoviário federal sobre o acidente ocorrido com as quatro atrizes da peça *Confissões de Adolescente*, na altura do Km 21 da Via Dutra (SP), em novembro de 1993, trouxe à tona mais uma vez mitos, medos e desculpas para que as pessoas não usem o cinto de segurança. Segundo seu depoimento, as moças teriam morrido se estivessem com o equipamento, porque o Ford Ibiza que as transportava rolou uma ribanceira e caiu no Rio Paraíba. Errou.

Ele foi duramente repreendido pelos seus superiores e voltou atrás na sua posição. Mesmo assim, a desconfiança estava semeada. Em um país onde apenas 70% das pessoas utilizam o cinto nas estradas (apesar de obrigatório) e somente 5% nas cidades (onde é opcional), esse tipo de declaração tem o poder de uma bomba. Alimenta velhos preconceitos e não esclarece dúvidas. O incidente bastou para deixar muita gente receosa.

A confusão a que o caso deu margem irritou especialistas envolvidos na luta para tornar o uso do cinto um hábito no Brasil. Conforme estatísticas mundiais, a possibilidade de morte quando do não uso do cinto é cinco vezes maior do que se a pessoa

permanecer atada ao banco. Quando um veículo cai num rio ou pega fogo, os passageiros com cinto de segurança não se chocarão contra o seu interior. Conscientes, terão chance de se soltar e se salvar. Num acidente, com o impacto, o veículo sofre uma brusca desaceleração e para. O corpo, porém, mantém a tendência de movimento, pela inércia, sendo projetado para frente. Nesta situação uma pessoa com 80 Kg, por exemplo, reagirá como se pesasse 25 vezes mais, ou seja, 2 toneladas.

Talvez um dos maiores impecilios a ser encontrado, quanto à aplicação efetiva do conjunto de bancos seguros aqui proposto, seja a resistência ao uso dos cintos de segurança pela população. Como exemplificação de tal dificuldade trazemos dados da Secretaria Municipal de Transportes de São Paulo.

UTILIZAÇÃO DO CINTO DE SEGURANÇA EM SÃO PAULO (%)

	Jan/84	Nov/84	Jan/85*	Mar/85*	Ago/85	Ago/86	Jul/91	Jul/92	Mar/93
Motoristas	8,1	6,0	68,7	40,9	5,8	2,7	8,6	10,9	9,5
Passag. da frente	5,1	3,8	46,8	21,5	2,6	0,9	3,3	5,5	3,6
Motor. particular	8,6	6,6	70,1	43,4	6,5	3,1	9,1	11,6	10,2
Motor. de táxi	1,5	0,2	81,8	36,7	0,5	0,0	1,2	1,0	0,0
Homens	8,2	6,2	68,5	41,1	5,7	2,8	7,2	9,8	9,1
Mulheres	7,4	4,6	69,8	40,2	6,2	2,5	13,6	14,1	11,3

* Os dados cresceram em 1985 porque, de Jan. a Mar. deste ano, o uso do cinto foi obrigatório.

DESCULPAS DE QUEM NÃO USA O CINTO

Falta de hábito.....	26,9%
Só usa na estrada.....	18,2%
Viagem curta.....	15%
Esquecimento / Pressa.....	11,3%
Acha desconfortável.....	9,2%
Porque não é obrigatório.....	5,8%
Não tem o equipamento/ Está quebrado.....	5,7%
Outros motivos.....	4,9%
Não quer / Não acha necessário.....	3,0%

O Departamento de Estatística da Polícia Rodoviária no Estado de São Paulo não dispõe de dados completos acerca dos acidentes com ônibus rodoviários. O único dado de interesse disponível é o número de acidentes envolvendo ônibus de transporte coletivo nas estradas do Estado de São Paulo, no período de Janeiro a Dezembro de 1993. Esse número é de 2323 acidentes. Um outro valor que nos dá a idéia da importância da questão de segurança no trânsito é a média de mortes em acidentes automobilísticos no Brasil, que chega a 50.000 por ano. Grande parte dessas mortes (aproximadamente 40%) poderia ser evitada com o uso do cinto de segurança.

APLICAÇÃO DA ERGONOMIA AO PROJETO DO BANCO

DESENHO DE ASSENTOS

a) POSTURA

Idéias sobre boa e má postura são encontradas na literatura desde Andry (1743) o pai dos ortopedistas, que ilustrou boas e más posturas em seu tratado "*Orthopedia*". Ele denominou de postura boa aquela correspondente ao sentar ereto, e má postura àquela em que havia uma total flexão.

É improvável que haja somente uma postura ideal; várias posturas são aceitas como boas dentro de um grande campo de variação, pois elas, muito improvavelmente, levarão à incapacidade e dor, mesmo se mantidas por um grande período de tempo.

Mudanças periódicas de postura podem ser extremamente importantes em relação à atividade muscular e à fadiga. Estudos eletromiográficos de uma pessoa sentada mostram que mesmo pequenas mudanças de posição, como pequenas variações de flexão ou extensão do tronco, ou alteração do ângulo do joelho com o pé apoiado no chão, podem resultar em mudança de atividade dos músculos do tronco e das pernas.

Baseado no acima exposto, um bom assento não deve obrigar a pessoa, que dele fará uso, a ficar numa posição única de postura. Portanto, as dimensões e o desenho dos assentos devem ser tais que acomodem o usuário satisfatoriamente, sem forçá-lo a uma postura ruim e não natural, e ainda mais, não deve desencorajar mudanças de posição.

b) SUPORTE DO PESO DO TRONCO

Estudos experimentais sobre a distribuição de pressão sobre a superfície do assento (fig. a) sugerem que o conforto será máximo quando o peso do tronco é sustentado principalmente pelas tuberosidades esquiáticas. Sob o ponto de vista anatômico a região das redondezas das tuberosidades parece estar adaptada para este fim. O tecido muscular que cobre estas proeminências ósseas deslocam-se lateralmente quando os quadris estão fletidos, ou seja, quando a pessoa está sentada, o seu peso é sustentado principalmente por sua estrutura óssea e não pelas redondezas da tuberosidades, que são mais sensíveis e formadas de tecido macio.

Os tecidos macios das coxas são incapazes de dar qualquer sustentação e sofrem considerável compressão antes que o fêmur receba o peso. Esta compressão afeta não somente os músculos e vasos sanguíneos, mas também os nervos, especialmente o ciático, com conseqüente desconforto e outros efeitos indesejáveis nos tecidos macios. Pressão nos nervos e vasos sanguíneos pode levá-los ao torpor, formigamento ou anestesia.

Pode-se assim concluir que as coxas são anatomicamente e fisiologicamente inadequadas para suportar o peso do corpo sentado.

c) ALTURA DO ASSENTO

A altura do assento deve ser determinada principalmente tendo em vista o desejo de se evitar pressões sob as coxas. Assim sendo, a altura de um assento horizontal não deverá ser maior que o comprimento da menor perna, medido do chão até os tendões fletores dos joelhos, quando o pé está apoiado no chão e o joelho está em ângulo reto. Haveria , até, pouca objeção se a altura do assento fosse pouco mais baixa que a média acima citada (5 a 7 cm), para que pudesse prever um livre movimento dos pés.

Entretanto, alguns autores sugerem que assentos muito baixos não são tampouco desejáveis. Há ainda mais uma objeção a tal característica porque a concavidade lombar não pode ser mantida quando a curva da perna estiver estendida além de uma certa extensão. Estes limites de distendimento ocorrem na posição sentada, aproximadamente quando o ângulo entre a coxa e o tronco é pouco menor que 90°, estando o joelho dobrado, ou quando o ângulo entre a coxa e o tronco é 90° e o joelho está estendido. Desta forma, uma pessoa alta sentada numa poltrona projetada para uma pessoa baixa, tem a desvantagem de não poder ver atendida a necessidade de uma correta concavidade da espinha lombar. Num caso extremo poderá ser compelido a adotar uma postura que envolve uma convexidade lombar considerável, o que é altamente prejudicial.

Todos estes conflitos nos levam a crer que seria ideal a adoção de um assento com sua altura ajustável, de modo que uma pessoa baixa possa sentar-se confortavelmente e, por meio de dispositivos, uma pessoa alta possa regulá-lo de modo a também sentir-se confortável ao sentar-se.

Em assentos inclinados, a altura ideal da frente do mesmo não é necessariamente igual à dos assentos horizontais. O critério último que se deverá levar em conta é a ausência de uma pressão significativa entre os tecidos macios da parte inferior da coxa e o assento propriamente dito.

d) PROFUNDIDADE DO ASSENTO

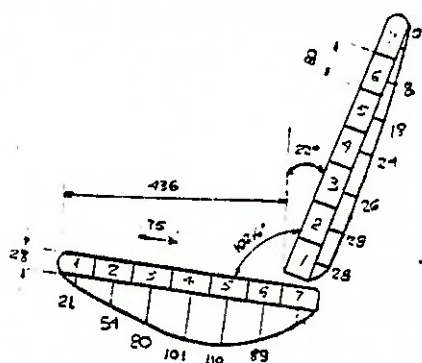
As primeiras considerações para a determinação da profundidade do assento, são que as tuberosidades esquiáticas devem suportar o peso quando o encosto está em uso total, e que deve haver uma distância razoável entre o fim das coxas e a parte frontal do banco, a fim de não causar desconforto provocado pela pressão do assento sobre o fim da coxa, ou trombose por bloqueio à circulação sanguínea.

Desta forma, a máxima profundidade do assento deverá ser projetada em função desta distância, que é medida desde o final da coxa até o plano tangencial às costas, na região do sacro, quando o indivíduo está sentado em posição ereta.

A mínima profundidade do assento é governada pela posição das tuberosidades esquiáticas, não somente quando o tronco está ereto em contato com o encosto, mas também quando, permitindo mudanças, o tronco se inclina para a frente e não existe muito contato com o encosto.

Para a largura do assento, é necessário dar uma permissão para movimentos laterais, além dos requeridos para acomodar "pessoa de dimensões máximas". A mínima largura é determinada pela necessidade de suportar as tuberosidades esquiáticas, mas para a estabilidade da postura, uma estimativa mais realística se dá pela largura torácica.

Em nosso caso onde o encosto é inteiriço e estofado, o ângulo entre este e o assento deve estar entre 95° e 100° , na sua posição "ereta".



Largura : 530 mm

Peso total sobre o encosto : 132 N

Peso total sobre o assento : 455 N

Fig. a - Distribuição de peso sobre o encosto e o assento.

Colisões - A Física do Problema

Pela importância da área de segurança veicular, as colisões são intensa e extensivamente estudadas experimentalmente, no âmbito de deformações, cinemática, proteções e injúrias. Hoje em dia pode-se realizar tais estudos com o auxílio de programas de computador para simulação de acidentes; para se ter apenas idéia da ordem de grandeza das forças envolvidas, podem-se utilizar cálculos simplificados partindo de conceitos físicos e aproximações matemáticas e de modelagem.

Cálculos foram efetuados pensando-se em impactos de veículos contra uma parede rígida. As hipóteses que mais aproximaram os modelos matemáticos das situações reais foram as seguintes:

- força desaceleradora constante: o automóvel chega ao repouso quando ocorre uma deformação $x \cong L/3$, onde se situa o centro de massa (figura 1);

- choques entre veículos de passeio e veículos comerciais podem ser considerados bem próximos do modelo de colisão de um corpo macio contra uma parede rígida. É o equivalente à colisão de um "saco" comprimido contendo um fluido, onde se pode desprezar a onda de choque que é transmitida através do veículo quando o mesmo atinge a parede, se o considerarmos como um corpo rígido (elástico); essa onda percorre todo seu

comprimento até sua extremidade posterior, comprimindo-o progressivamente, e em seguida ocorre a descompressão, com a reflexão de uma onda de choque que percorre o veículo em sentido contrário (figura 2). No modelo de corpo macio, ao contrário, a parede "sente" a carga à medida em que a massa chega a ela e se esparrama; reciprocamente, a parte traseira do corpo não "sente" quando a extremidade da frente atinge a parede - trata-se de um choque perfeitamente inelástico (figura 3);

- distribuição de massa triangular, para efeitos de simplicidade e propósitos de ordem de grandeza, pois a distribuição de massa é não-simétrica e complexa (figuras 4 e 5);

- velocidade constante;

- divisão do veículo em partes inelásticas e elásticas, respectivamente conjunto motopropulsor (basicamente motor e câmbio), e carroceria.

Com algumas manipulações, chega-se à fórmula:

$$F = 2 \frac{M}{L} V_0^2 \left[1 + \frac{m}{M} (\beta L - 1) \right] \quad ,$$

L M 2.1

onde $\beta = \lambda (1 + e)$, sendo e o coeficiente de restituição ($e = 0 \Rightarrow$ inelástico, $e = 1 \Rightarrow$ elástico) e λ a relação entre os tempos de colisão para o modelo inelástico e o real ($\lambda = \lambda_{\text{inelástico}} / \lambda_{\text{real}}$); M e L são, respectivamente, massa e comprimento da carroceria (os

identificadores minúsculos referem-se, analogamente, ao conjunto motopropulsor); V_0 é a velocidade na qual se dá a colisão.

Pôde-se, então, chegar aos seguintes resultados, utilizando-se um valor de $\beta \equiv$ 16:

1) Caso de um veículo de passageiros:

São dados:

- massa da carroceria = 1.300kg;
- massa do conjunto motopropulsor = 150kg;
- velocidade no momento da colisão = 13,88m/s (~50km/h);
- comprimento do veículo = 3m;
- comprimento do conjunto motopropulsor = 1,5m.

Com isso, encontra-se uma força de 450kN.

2) Caso de um veículo comercial:

Alteram-se os dados anteriores de massa e comprimento da carroceria para, respectivamente, 12000kg (caso de meia carga) e 11m, e a nova força calculada é de 1.450kN.

Nota-se, então, a relação $F_e \equiv 3,2 \cdot F_a$, onde F_e = força de impacto para um veículo de transporte encarroçado, e F_a = força de impacto para um automóvel.

A adoção do modelo inelástico, em contraposição ao modelo totalmente elástico, mostra que, com a minimização da onda de choque, preserva-se consideravelmente as partes traseiras do veículo. Isso pode ser melhorado para as regiões dianteiras e intermediárias com a criação de regiões de absorção de energia por deformação na estrutura dos veículos. Os resultados mostram que seria interessante a criação de zonas deformáveis também nos veículos comerciais, e que a ordem de grandeza das forças envolvidas dependem do centro de massa e da distribuição de massa, e não do tipo/*design* do veículo.

Contudo, sabe-se que os ônibus são veículos "caras-chatas", isto é, não se pode introduzir tais zonas de deformação uma vez que motoristas e alguns passageiros estão colocados justamente onde deveria ocorrer a deformação. Conclui-se, portanto, que a saída é investir em aspectos como aqueles que se pretende estudar nesse trabalho: itens de segurança passiva.

Os resultados colocados podem ser utilizados para dimensionamento dos equipamentos diretamente envolvidos, ou seja, as poltronas e suas fixações, e os cintos de segurança.

Estabelecimento da Necessidade e dos Objetivos

A idéia da elaboração do presente estudo surgiu da verificação do grande número de acidentes automobilísticos, particularmente os que envolvem veículos de transporte coletivo rodoviário, e suas trágicas consequências no que se refere à perda de vidas humanas.

Em junho de 1.993 dois graves acidentes ocorreram nas rodovias Régis Bittencourt e Dutra, envolvendo choques entre caminhões e ônibus, e deixando, respectivamente, 25 e 27 vítimas fatais. O fato reavivou a discussão técnica sobre segurança veicular passiva.

No acidente da manhã de 10 de junho pelo menos quinze vítimas fatais poderiam ter sido evitadas. O caminhão entrou no ônibus até a quarta fileira; no entanto, houve a varredura de todas as poltronas do salão, sobrando apenas uma fixada - a central da última fileira. Os bancos estavam fixados em trilhos por meio de um sistema de engate, e eram travados e aparafusados; os trilhos estavam aparafusados no assoalho em distâncias de cerca de 30cm. Ocorreram quebras e rupturas do material nas áreas do engate do pé do banco, quebras e solturas dos trilhos (que também evidenciaram a fragilidade das soldas em emendas), e, ainda, quebras dos pés dos bancos.

A ocorrência de tais acidentes se mostra dependente de uma série de fatores, dentre os quais citamos :

- A falta de ação do Estado e seus organismos competentes no que se refere à conservação, sinalização e fiscalização das vias de tráfego;
- O desrespeito constante às normas de trânsito, por parte dos cidadãos;
- A deficiência dos sistemas de segurança passiva nos veículos;
- O mal estado de conservação de boa parte da frota circulante de veículos, em decorrência da negligência dos proprietários e de sua falta de conhecimento sobre o funcionamento dos veículos, ainda com o agravante da crise econômica vivida no país nos últimos tempos; esse fator é baseado em pesquisas que contabilizaram apenas automóveis, mas pode ser extrapolado para grande número de ônibus utilizados por pequenas empresas de fretamento.

Tem-se aqui, como objetivo, o estudo e a elaboração de propostas de segurança passiva em veículos de transporte coletivo rodoviário, concentrando esforços na análise e projeto de poltronas dotadas de cinto de segurança e fixação dessas poltronas à estrutura dos citados veículos.

A existência prática da necessidade do aumento da segurança veicular passiva é clara, em face, como já citado, à perda numerosa de vidas humanas decorrente do grande número de acidentes. Já a necessidade econômica não se mostra, a princípio, tão clara pois, aparentemente, a adoção de sistemas de segurança implica num custo adicional ao projeto e fabricação do veículo, sem que se vislumbre um retorno econômico decorrente dessa ação.

A análise não imediatista do fator custo na implantação de sistemas de segurança nos leva à verificação da necessidade econômica, tanto pelo valor subjetivo da vida humana quanto pelos encargos objetivos decorrentes de seguros e indenizações. Esses encargos tendem a crescer, no Brasil, com o aumento do nível de exigência, pelo usuário (cidadão), de seus direitos. Tal tendência é alavancada pelo crescente nível de conscientização de cidadania, verificado, por exemplo, na criação de uma legislação específica de defesa dos direitos do cidadão (Código de Defesa do Consumidor).

O presente estudo visa a possível implantação voluntária das soluções propostas, mediante a verificação de sua viabilidade, e se destina a veículos a serem projetados (ou em projeto), bem como àqueles já em produção, pela introdução de pequenas adaptações ao projeto.

A necessidade a ser satisfeita, objetivada pelo presente trabalho, é o incremento da segurança passiva em veículos de transporte coletivo rodoviário, visando a preservação do passageiro e conseqüente economia, tanto subjetiva (em vidas) , quanto objetiva (em encargos relativos a seguros e indenizações).

FORMULAÇÃO DO PROJETO - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

A especificação técnica básica do projeto consistirá em um conjunto de requisitos funcionais, operacionais e construtivos a serem atendidos pelo sistema de segurança projetado.

SISTEMA: CONJUNTO DE BANCOS SEGUROS	
ENTRADAS ESPECIFICADAS	SAÍDAS DESEJÁVEIS
- passageiro (massa média 75 Kg). - aceleração longitudinal: - em uso normal (1g). - em caso de acidente (até 20 g).	- em uso normal: conforto - em caso de acidente: - manter sistema do banco e interior do veículo intactos. - manter o passageiro vinculado ao sistema, e em segurança. - garantir a integridade física do passageiro.
ENTRADAS INDESEJÁVEIS	SAÍDAS ACEITÁVEIS
- acelerações superiores a 20 g - acidentes com acelerações transversais - passageiro com características físicas muito divergentes das médias padronizadas.	- manter o passageiro vinculado ao banco. - manter o conjunto de bancos fixo, mesmo que haja soltura parcial. - manter o ambiente livre de cantos vivos, mesmo em caso de rupturas.

1) Especificações Básicas do Conjunto de Bancos Seguros

1.1) Funcionais

- Acomodar confortavelmente o passageiro.
- Servir como proteção em caso de acidente com o veículo.
- Manter o passageiro preso em caso de desaceleração brusca.
- Distribuir a força resultante de impacto do veículo por uma área adequada do corpo do passageiro, que garanta sua integridade.
- Garantir a fixação do conjunto de bancos à estrutura do veículo.
- Apresentar facilidade de montagem e desmontagem do conjunto à estrutura.

1.2) Operacionais

- Durabilidade do conjunto equivalente à vida útil do veículo.
- Confiabilidade dos mecanismos do conjunto que garanta perfeito funcionamento durante a vida útil do veículo.
- Apresentar fácil acesso e simplicidade nas operações de travamento e destravamento do mecanismo de cinto de segurança.
- Acomodar de forma adequada o cinto de segurança, quando não em uso.

1.3) Construtivas

- Garantir resistência da estrutura do conjunto perante impacto do veículo.
- Apresentar rigidez suficiente que evite o surgimento de folgas e vibrações.
- Apresentar estrutura resistente à corrosão e fadiga moderados.
- Revestimento resistente ao desgaste, anti-chamas, e com textura

adequada ao conforto.

- Fixação do passageiro ao conjunto por cinto de segurança, de acionamento por pressão manual de peça de engate, localizada na extremidade do cinto, à base fixada na estrutura do conjunto.
- Apresentar mecanismo de reclinção do encosto do banco com acionamento manual.

1.4) Conforto e Ergonomia

ERGONOMIA : PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE ASSENTOS

Os princípios gerais sobre assentos, derivados dos estudos anatômicos, fisiológicos e clínicos de movimento e postura, podem ser aplicados aos desenhos de bancos para produzir bons projetos. Estes permitem manter uma boa postura, sem solicitar demasiadamente nenhum grupo particular de músculos, proporcionando conforto.

Tais princípios são, resumidamente :

1.4.1) No sentar, mudanças freqüentes de posições são importantes. Um bom banco deve permitir isso.

1.4.2) Ao sentar, o peso do tronco deve ser sustentado principalmente pelas tuberosidades esquiáticas. Isso provavelmente maximiza o conforto. As coxas são anatômica e fisiologicamente inadequadas para suportar o peso do corpo.

1.4.3) Por outro lado, a altura do assento da cadeira não deverá ser maior que o comprimento da menor perna, da pessoa mais baixa que usará o banco. Há, entretanto, um conflito entre a necessidade de altura de um assento baixo o bastante para acomodar pessoas baixas e a necessidade de evitar uma flexão muito grande dos quadris e convexidade lombar que a acompanha, quando se trata de pessoas altas sentadas em assentos baixos. O ideal seria adotar um banco de altura regulável, para cumprir adequadamente sua função desde o indivíduo mais alto até o mais baixo.

1.4.4) A máxima profundidade confortável para o assento é determinada pelo comprimento das coxas das pessoas mais baixas que usem o assento. A largura do assento é medida adequadamente pela largura torácica.

1.4.5) O movimento de se erguer de uma poltrona requer que não haja obstáculos horizontais ou existam outras obstruções na frente da poltrona. No caso do banco do ônibus deve ser verificada uma distância adequada entre os bancos.

1.4.6) A atividade do tronco no sentar é diminuída pelo uso de um encosto que não deve, entretanto, restringir o movimento da coluna vertebral ou dos braços. Um suporte na região lombar limitado pela segunda e quinta vértebras lombares permite uma liberdade de movimento adequada. Dimensões e ângulos de inclinação serão considerados neste trabalho.

1.5) Desempenho e Especificações Técnicas Quantificadas

Obs: Dimensões e esforços baseados em valores padronizados (ver anexos 1 e 2).

- **Desempenho Principal Mínimo do Conjunto :**

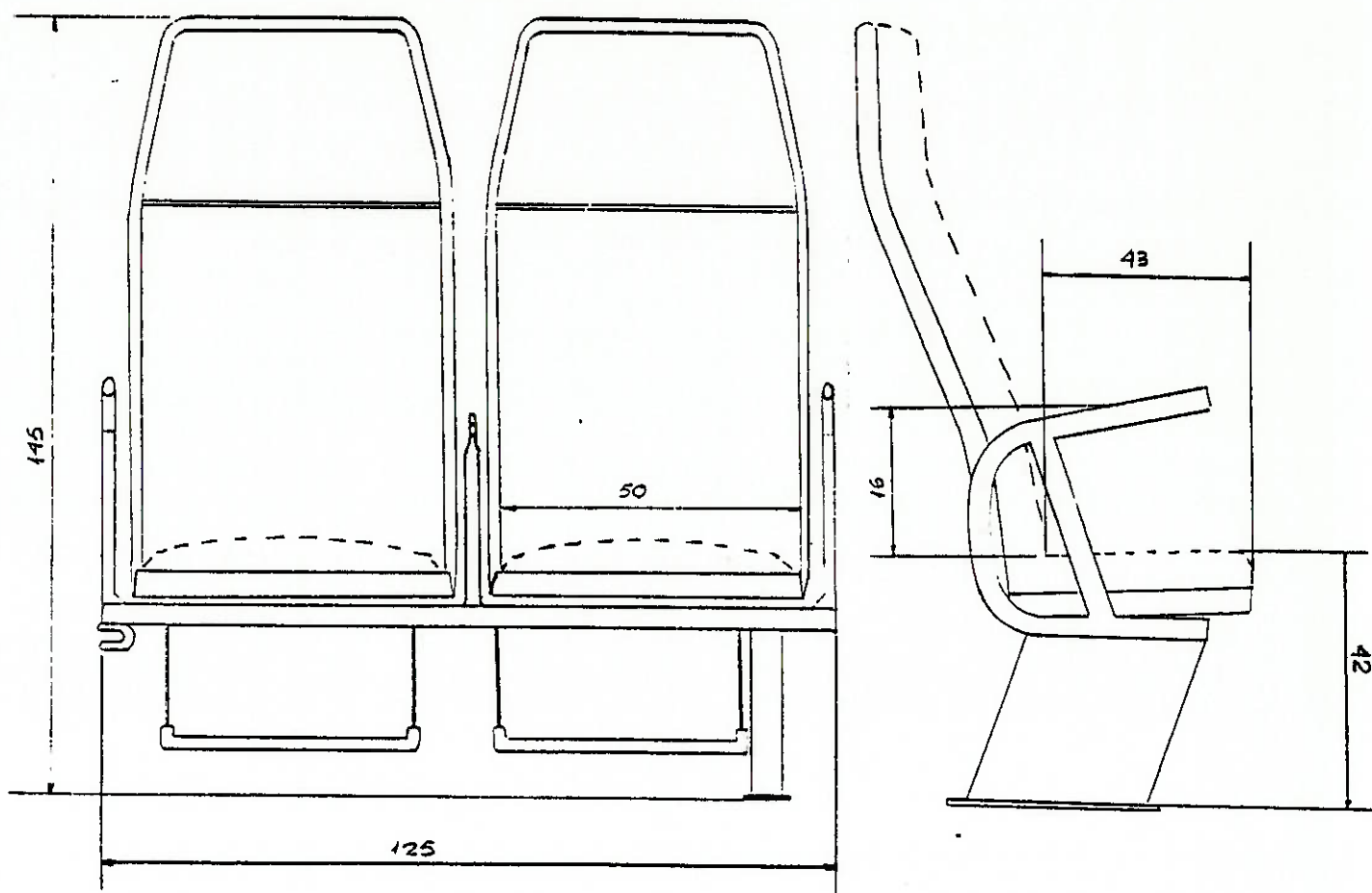
O conjunto deverá reter de forma segura um passageiro de 75 Kg quando da colisão longitudinal do veículo em que a desaceleração não exceda 20 g ($g = 9,80 \text{ m/s}^2$).

- **Desempenho e Especificações Técnicas Complementares :**

- Ângulo de reclinção do encosto, em relação ao assento: entre 95° e 160°.
- Incremento do ângulo de inclinação do encosto: 5°.
- Durabilidade mínima do conjunto, em condições normais de uso: 8 anos.
- Rigidez aproximada do assento e encosto: deflexão máxima de 3 mm quando suporta um passageiro de 75 Kg.
- Estrutura do banco: composta por tubos (cilíndricos ou ovais, dependendo da solicitação), de alta resistência, tratados contra corrosão.
- *Fixação do banco à estrutura:*
 - resistência dos elementos de fixação, em perfeito estado, quando solicitados por uma aceleração de 20 g.

-resistência dos elementos de fixação que garanta o vínculo do conjunto à estrutura mesmo quando solicitado por acelerações superiores a 20 g, podendo haver ruptura parcial de elementos, sem formação de cantos vivos.

- Dimensões gerais do banco:



- Esforço máximo de acionamento da manopla de reclinção: 30 N

- Esforço máximo sobre o encosto para reclinção: 40 N

- Curso máximo do assento entre as posições extremas: 80 mm.

- Resistência média à tração, do cinto de segurança: 2 a 3 toneladas.

- Largura aproximada do cinto de segurança: 50 mm.

- Região principal de apoio do cinto de segurança no corpo do passageiro, por tipo:

- sub-abdominal : apoio na bacia.

- transversal : apoio na clavícula e tórax.

- três pontos: clavícula, torax e bacia.

OBS: Deve-se impedir o apoio principal do cinto em regiões do corpo que possam causar sequelas a órgãos, em caso de acidente, como o abdome.

TABELA DE SOLUÇÕES			
FUNÇÕES DO SISTEMA	ALTERNATIVAS		
	A	B	C

acomodar o passageiro de
forma confortável e segura
(poltronas)

disposição	todas voltadas para frente	todas voltadas para trás	
regulagens	reclinação	altura	apoio lombar
acessórios	apoio para os pés	apoio de cabeça	descansa-braço

manter o passageiro preso

à poltrona em segurança

tipos de vínculo	por cinto de segurança sub-abdominal	por cinto de segurança transversal	por cinto de segurança de três pontos
posicionamento do mecanismo	na estrutura do banco	em coluna lateral junto ao banco	na estrutura do veículo
características do mecanismo	fixo	retrátil, com travamento por pêndulo	retrátil, com travamento por atrito
acessórios	fixador de comprimento do cinto p/ evitar pres- são constante ao corpo		

fixar conjunto à estrutura

tipo de fixação	encaixe	soldagem	por elementos fixadores (parafusos, pinos ou rebites)
local de fixação	em perfil fixado à estru- tura	fixado diretamente à estrutura	no pavimento do veículo (assoalho)

ANÁLISE DE SOLUÇÕES

Cintos de Segurança

1) Subabdominal __ aumenta em 33% a possibilidade de sobrevivência em acidentes com risco de morte. Impede que a pessoa seja atirada fora do veículo, porém o impacto é absorvido por uma área pequena do corpo, além de não impedir que a pessoa bata a cabeça na poltrona da frente;

2) Diagonal __ aumenta em 44% a possibilidade de sobrevivência em acidentes com risco de morte. Além de impedir que a pessoa seja arremessada para fora do veículo, também impede o choque da cabeça com a poltrona da frente, além de distribuir melhor o impacto no corpo do que o cinto Subabdominal. Seu inconveniente é a possibilidade da pessoa escapar por baixo do cinto;

3) De Três Pontos __ aumentando em 57% as chances de sobrevivência, é o mais seguro de todos. Soma às vantagens do Diagonal uma distribuição do impacto por uma área maior do corpo, além de impedir que a pessoa escape por baixo do cinto;

4) Inflável __ tecnologia ainda sendo desenvolvida em laboratórios, une as vantagens do cinto de segurança convencional com as dos *Air-Bags* (discutidos mais adi-

ante). Retêm os passageiros nas poltronas e, no momento da colisão, inflam-se, conferindo maior conforto.

Paralelamente a essas configurações, os Cintos de Segurança podem ser ainda classificados segundo seu "estado de repouso" em:

a) Fixos __ deixam todo seu comprimento à mostra mesmo quando não estão sendo utilizados, ocupando espaço sobre a poltrona ou ficando caídos ao lado da mesma;

b) Retráteis __ quando não estão em uso, recolhem-se ao interior de um compartimento apropriado. Ajustam-se ao corpo da pessoa sem necessidade de regulação por parte da mesma. Apenas quando solicitado bruscamente é que o cinto Retrátil se trava, evitando a movimentação do passageiro; para tanto, podem-se empregar dois tipos de mecanismos:

(b1) *Pêndulo* : o cinto é enrolado no eixo de uma catraca, ao lado da qual se situa um pêndulo, o qual, num momento de desaceleração, balança e levanta uma barra cuja extremidade oposta, por movimento de alavanca, é abaixada contra os dentes da catraca, travando-a e, por conseguinte, travando o cinto;(figura 6)

(b2) *Atrito* __ a fita do cinto (cadarço, segundo designação da ABNT), passa por entre dois cilindros, um fixo e o outro livre para se deslocar numa canaleta. Se a fita se

movimenta em alta velocidade, arrasta por atrito esse segundo cilindro, que é impelido pela canaleta contra o primeiro, impedindo a continuidade do movimento do cinto.

Uma importante observação a ser feita é que não se deve utilizar um ângulo de encosto maior do que 125° , haja visto o risco de deslizamento do corpo por baixo do cinto ou ainda o risco de asfixiamento, dependendo do tipo de cinto adotado.

Acessórios Para os Cintos

Visando aumentar o conforto do viajante, poder-se-ia juntar dois acessórios ao cinto, quais sejam o ajuste de altura do "ombro" do cinto, para cintos Diagonais ou Três-Pontos, e o ajuste de folga do cinto com o corpo para os do tipo Retrátéis. O primeiro envolveria certo aumento de custo sem que fosse muito necessário, mas a segunda idéia pode ser implantada por meio de simples "prendedores" que "morderiam" o cinto junto à entrada do compartimento de recolhimento, impedindo seu retorno.

Ancoragem do Cinto de Segurança

1) Na Estrutura da Carroceria — solução adotada na produção de outros tipos de veículos, é a mais simples, mas de difícil adoção nas carrocerias de ônibus se o tipo de cinto adotado não for o Subabdominal, devido à localização do último ponto do cinto rente

à parede do habitáculo. Em ônibus, para adequar a altura desse ponto com relação ao ombro do passageiro, seria necessária a elevação do nível inferior das janelas, exigindo uma grande mudança na construção das carrocerias;

2) Em Colunas Especiais __ segundo essa sugestão, levantar-se-iam colunas ao lado das poltronas, possibilitando um melhor posicionamento do "ombro" do cinto, em contraposição ao parágrafo anterior. Contudo, ocuparia espaço transversal no veículo, exigindo diminuição nas larguras das poltronas e/ou do corredor, além de se constituírem em perigosos obstáculos nos momentos de acidentes;

3) Assento com Cinto Incorporado __ representa a junção da última solução descrita com o projeto da poltrona, evitando os inconvenientes apresentados.

Projetos desenvolvidos para uso em automóveis de passeio integram o cinto de Três-Pontos ao assento (figura 7). O "ombro" do cinto, incluindo o mecanismo de pretensionamento e recolhimento automáticos, é incorporado no encosto do assento; permite ajuste da geometria do cinto para praticamente qualquer tamanho de passageiro.

A nova localização da ancoragem do cinto, na extremidade superior do encosto, aumentou os investimentos em tecnologia de materiais e construção do assento, pois toda a estrutura do mesmo se torna um componente de segurança altamente exigido. As trajetórias e desacelerações dos passageiros são controladas com a rigidez e com o posicionamento do

assento, bem como com as características do cinto, para evitar picos de carregamento e para se conseguir uma rápida redução da energia num nível de força comparativamente baixo, durante a participação do passageiro no processo de desaceleração.

Numa simulação de colisão frontal, o assento é submetido a inúmeras forças, as quais geram uma resultante na direção horizontal de 50kN. A transmissão da carga pelos vínculos do assento com a estrutura do veículo requer um reforço no piso e na ancoragem do assento.

Poltronas

1) Poltronas Voltadas Para Trás __ se as poltronas dos ônibus fossem instaladas com os encostos voltados para a frente do veículo, no instante em que houvesse uma colisão frontal, como geralmente ocorre com esse meio de transporte, elas mesmas se encarregariam de reter e acomodar o corpo do passageiro. Essa solução apresenta o inconveniente de causar desconforto aos passageiros nos momentos de aceleração do veículo, por volta de 1m/s^2 . Obviamente, é uma idéia aplicável apenas ao salão de passageiros, excluindo-se o assento do motorista;

2) Encosto Macio __ através de revestimentos adequados, poder-se-ia utilizar o próprio encosto da poltrona como item de segurança, amortecendo o choque do ocupante da poltrona de trás. Compartilha da mesma desvantagem da solução anterior, e ainda

exigiria a criação de painéis almofadados para os passageiros das primeiras poltronas, que não contam com encostos à sua frente;

4) Air-Bags — são bolsas de ar que se inflam no momento da colisão, acionadas por um circuito que inclui um acelerômetro. Em veículos de passeio ficam instaladas no volante, para proteger o motorista, e no lado direito do painel, para o acompanhante, evitando que os mesmos batam suas cabeças contra o painel ou pára-brisa; começam também a ser instaladas nos encostos dos bancos dianteiros para oferecer maior proteção aos ocupantes do banco traseiro. Em veículos de transporte coletivo seriam instaladas nos mesmos lugares, ou seja, volante e encostos das poltronas.

De forma semelhante aos Encostos Macios, dos quais podem ser considerados uma evolução, apresentariam problemas para aplicação aos primeiros lugares e para as poltronas situadas logo após a porta em carrocerias com porta no entre-eixos, por não haver outras poltronas à frente das mesmas;

5) Estrutura Interna — os materiais e formas construtivas devem ser pensados de forma a resistirem ao constante carregamento/descarregamento (pessoa sentando/levantando), evitando desgaste por fadiga, além de resistirem aos picos de esforços dos momentos de acidentes. Deve-se tomar o cuidado de evitar que, com o rompimento do material de revestimento, exponham-se cantos vivos que poderiam ferir tanto o ocupante da poltrona afetada como o da poltrona de trás. Também não se pode esquecer da resistência à

corrosão, para que se tenha o mesmo nível de confiança ao longo da vida útil dos componentes.

Acessórios das Poltronas

1) Regulagem de Altura __ permitiria ajuste da distância vertical do plano do assento da poltrona propriamente dito ao piso do veículo, deixando o passageiro escolher a melhor posição de acordo com o comprimento de suas pernas; não é viável economicamente;

2) Reclinação __ é o ajuste do ângulo entre encosto e assento, visando proporcionar melhor acomodação ao ocupante da poltrona. Pode ter dois tipos de ajustes:

(2a) *Contínuo* : semelhante ao adotado em veículos de passeio. Através do giro de uma manopla pode-se escolher "infinitas" posições entre dois ângulos extremos;

(2b) *Discreto* : ajuste já oferecido nos veículos rodoviários. O encosto é liberado para movimentação angular através do acionamento de uma alavanca, e o passageiro escolhe entre certas posições de travamento do mesmo a que melhor se adequa ao momento;

3) Ajuste de Apoio Lombar __ mecanismo já oferecido em veículos de passeio, ajusta o formato do encosto (mais, ou menos, convexo) ao contorno dorsal do passageiro; também não se vislumbra uma grande relação custo-benefício com sua aplicação;

4) Apoio de Pés __ trata-se apenas de uma barra "pendurada" na parte traseira inferior da poltrona para que a pessoa da poltrona de trás possa apoiar os pés; do modo como é atualmente oferecida, em balanço, não cumpre adequadamente sua função, uma vez que "foge" dos pés ao se esticarem as pernas, sendo interessante a hipótese de utilização de uma barra fixa;

5) Apoio de Cabeça __ outro item normal de produção, tem dupla função: oferecer maior conforto ao passageiro e também mais segurança, retendo o pescoço e a cabeça quando do retorno do corpo após ser arremessado para a frente devido a uma brusca desaceleração (no caso de uso de cinto de segurança);

6) Descansa-Braço __ deve haver um de cada lado do passageiro, e o central deve ser escamoteável para permitir acesso mais fácil do passageiro do lado da janela ao seu assento. Essa peça central, por servir a ambos os ocupantes da poltrona, deve possuir largura suficiente para tanto, atendendo ao compromisso de não prejudicar demais o espaço dos assentos.

Ancoragem das Poltronas

1) No Piso __ fixar-se-iam os pés das poltronas diretamente no material do piso do veículo. Como o material normalmente utilizado é a madeira, não oferece a devida proteção, uma vez que na hora da colisão a madeira não resiste às tensões aplicadas e se

rasga, liberando as poltronas; uma alternativa seria a adoção de um revestimento metálico por sobre a camada de madeira, como atualmente se faz em ônibus urbanos, ou até mesmo a produção de um piso inteiramente metálico - ambas as alternativas conduzem a um grande aumento nos custos de fabricação e, portanto, aquisição dos veículos;

2) Na Estrutura __ é uma fixação muito mais segura que a anteriormente descrita, e poderia ser implementada de várias formas:

(2a) *Em Transversinas* : barras metálicas passariam por sobre o revestimento de madeira, ou em sulcos nele abertos, indo de um lado a outro da carroceria, com as extremidades presas à estrutura da mesma. Nessas Transversinas seriam fixados os pés das poltronas. Apresentariam problemas como: as poltronas dos lados esquerdo e direito em ônibus não são alinhadas, devido ao "atraso" das poltronas esquerdas por causa do espaço ocupado pelo motorista; seria necessário um número muito grande de Transversinas, aumentando custo e peso dos veículos;

(2b) *Em Longarinas* : análogo ao descrito acima, mas as barras estariam dispostas longitudinalmente, presas em suas extremidades às estruturas dianteira e traseira da carroceria; para melhor resistência, inclusive à flambagem, poderiam ser presas espaçadamente ao piso ou até mesmo em transversinas auxiliares, em número bem menor do que o necessário para adoção pura daquela solução. Eliminariam os problemas encontrados com as transversinas, mas apresentariam inconvenientes em veículos encarroçados com porta central, além de exigirem barras muito compridas;

(2c) *Na Lateral* __ solução que eliminaria uma metade dos pés das poltronas, substituindo-a por vínculos com a parede interna do veículo, ou seja, ligar-se-iam as poltronas diretamente à estrutura. Conferiria alta resistência à soltura dos bancos quando de desacelerações muito elevadas, e não implicaria em aumento de custos, uma vez que já é adotada pelos fabricantes. A outra metade dos pés continuariam presos ao piso, mas sua principal função passaria a ser a de suportar os esforços verticais aplicados à poltrona, quais sejam seu próprio peso e o dos ocupantes.

Para qualquer das idéias acima, há ainda que se decidir entre o tipo de elemento utilizado para as junções entre as poltronas e seus pontos de ancoragem:

I) Por Rebites __ solução que facilitaria muito o processo de montagem das poltronas, enquanto dificultaria a manutenção das mesmas, exigindo a destruição e substituição dos rebites para retirada do conjunto;

II) Por Parafusos __ método de fixação utilizado pelos fabricantes de ônibus, o que significa que sua adoção não implicaria em alterações nos atuais processos produtivos. Desde que devidamente previsto em projeto, pode-se até mesmo oferecer ao frotista a possibilidade de mudança da configuração interna do veículo, adequando-a à demanda e/ou distância do trajeto onde o mesmo será empregado;

III) Por encaixe ___ os pés das poltronas seriam encaixados em buracos no piso ou em rasgos das barras das longarinas/transversinas; não ofereceria a necessária segurança no primeiro caso, e seria inaplicável no segundo, pois exigiria a montagem das poltronas ainda durante o processo de montagem dos veículos, não na fase de acabamento, além de não permitirem substituição de conjuntos danificados;

IV) Soldagem ___ embora seja uma das soluções disponíveis, apresenta apenas pontos negativos: aumento do tempo de montagem das poltronas no veículo; aumento dos custos de fabricação do ônibus; impossibilidade de retirada da poltrona para substituição ou simples manutenção; não oferece a necessária resistência para fixação dos assentos em seus lugares em caso de acidentes.

ESTUDO DO VALOR ECONÔMICO DO PROJETO

A influência da adoção do conjunto de bancos seguros, aqui proposto, somente incrementa, de forma significativa, os custos de fabricação do veículo no que se refere a investimentos no projeto (recursos humanos e materiais para o projeto, protótipos, ensaios e testes) e custo do equipamento de cinto de segurança.

Não são necessários, à montadora, investimentos adicionais significativos em elementos como: recursos humanos e materiais para os processos, maquinaria, ferramental, instalações, etc., pois o processo de fabricação do ônibus com o conjunto de segurança proposto não demanda grandes alterações no processo já em uso, existindo somente um incremento do custo do conjunto de bancos, na aquisição junto ao fornecedor.

O incremento no custo de fabricação dos conjuntos de bancos se deve de forma prioritária à adição do mecanismo de cinto de segurança. As demais alterações na configuração do conjunto não acrescentam custos de fabricação significativos, pois não há mudanças muito grandes nos processos de fabricação, que podem ser facilmente adaptados aos novos conjuntos.

Por pesquisa de mercado se chega a um incremento no custo de aquisição de cada conjunto de dois bancos da ordem de R\$ 200,00 , resultante dos custos adicionais do

fornecedor de bancos, que representa um custo adicional, em cada veículo, de R\$ 4200,00 aproximadamente.

Para o cálculo dos custos adicionais por veículo utilizaremos os dados abaixo, que têm como base o período de Janeiro a Abril de 1994, tomando como exemplo a montadora MARCOPOLO S.A , que se constitui na maior montadora de ônibus rodoviários do Brasil.

CARROÇARIAS DE ÔNIBUS RODOVIÁRIOS PRODUZIDAS (4 meses)

MARCOPOLO	530
-----------	-----

PREÇO DE VEÍCULOS (MARCOPOLO)

PARADISO- MB O 371 R	R\$ 165.195,00
PARADISO 1150 - B 10 M 6X2	R\$ 183.702,00

- Custos decorrentes das mudanças do processo de montagem e da configuração do conjunto: R\$ 500.000,00

- Período desejado de amortização dos custos: 36 meses.

Cálculo do Custo Adicional Por Veículo

- Considerando o custo de oportunidade de 1% ao mês, o valor presente do montante a ser amortizado em 3 anos é de R\$ 586.735,00 aproximadamente.

- Dividindo-se o montante calculado pelo número de meses do período de amortização temos, aproximadamente : R\$ 18.335,47.

- Média mensal de veículos produzidos pela montadora : 132.

- Dividindo-se o custo mensal acima calculado pelo número médio de veículos produzidos em um mês obtemos, aproximadamente : R\$ 139,00.

Comparando-se este último valor obtido com o preço dos veículos, observa-se que os custos referentes às alterações no processo de montagem e na configuração do conjunto de bancos acarretam um adicional pequeno ao preço do veículo.

Desta forma a adoção do conjunto de bancos seguros acresce o preço de cada veículo em aproximadamente R\$ 4.340,00. Este valor representa um adicional de 2,63% ao preço do veículo básico da montadora MARCOPOLO S.A. (PARADISO - MB O371 R).

Podemos concluir que a adoção do conjunto de bancos seguros é economicamente viável.

SOLUÇÕES JÁ ADOTADAS

Após os citados acidentes de 1993, a equipe que acompanha e estuda acidentes na Mercedes-Benz do Brasil (MBB), depois de efetuar análises comparativas de colisões diversas, sugeriu a fabricantes interessados a criação de uma comissão com o objetivo de chegar a um consenso sobre regras de segurança veicular passiva e, especificamente, sobre a ancoragem dos bancos de ônibus. Sugestões dessa comissão já foram apresentadas ao Ministério dos Transportes em setembro de 1.993.

A MBB afirma que seus veículos coletivos rodoviários atendem ao regulamento no. 80 da ECE, que é um órgão da ONU que cuida das normas de trânsito. Esse regulamento determina as solicitações que devem ser atendidas e os ensaios que devem ser feitos para que o banco da frente se constitua numa efetiva proteção ao usuário do banco de trás. Com as solicitações do ensaio, o banco deve permanecer fixo, mesmo que haja soltura parcial; os sistemas de travamento devem permanecer intactos e nenhuma parte do ambiente do passageiro pode apresentar ruptura com canto vivo. Além disso, o regulamento exige que esse usuário não tenha um deslocamento de cabeça que exceda 1,6m; também há referências de deslocamentos para o tórax e a coxa, objetivando atenuar ferimentos.

A norma ECE 80 também é utilizada pela Marcopolo, que adianta lançar mão de regras norte-americanas da D.O.T. 571.207, que prevê que, em qualquer posição de regulagem, a ancoragem deverá resistir a um esforço igual a vinte vezes o peso do assento, somado ao peso dos passageiros aplicado, na direção longitudinal, para a frente e para trás. As poltronas montadas viradas para trás também devem resistir a um momento de 3.300lb.pol no ponto de referência, para cada posição, aplicado na parte mais alta da estrutura do encosto, no sentido para trás do assento.

Os fabricantes nacionais procuram seguir também a norma americana SAE J879b. Todas essas normas estabelecem testes e requisitos de performance para poltronas de veículos. As poltronas utilizadas nos ônibus produzidos no país são submetidas a testes contínuos de durabilidade e resistência, em dispositivos especialmente projetados para esse fim.

Além do problema da ancoragem, há também preocupação com as espumas, revestimentos e componentes das poltronas, devido ao problema de velocidade de propagação de chamas. A Marcopolo, que fabrica todas as poltronas que equipam suas carrocerias rodoviárias, informa atender, inclusive superando, valores permitidos e especificados pelo CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito, e até especificações internacionais como a DOT - USA.

Em relação aos cintos de segurança, muito se tem discutido a nível nacional e internacional, mas até o momento não existe uma lei ou norma que exija sua montagem em poltronas de ônibus rodoviários. A Marcopolo, em exportações ou em pedidos especiais no Brasil, instala cintos do tipo Dois-Pontos (Subabdominal) nas primeiras poltronas, de ambos os lados, na poltrona central (quinta) da última fila e em poltronas em frente à escada em carrocerias com portas no entre-eixo (em vista de não existir poltronas à frente das mesmas); para o motorista e guia o equipamento padrão é o cinto de Três-Pontos.

A estrutura das poltronas da Marcopolo é de tubos, em sua maioria ovais, de aço ABNT 1008/1010 - NBR 6006, e recebem tratamento anti-corrosivo através de pintura eletrostática a pó, de elevada resistência (figura 8).

As poltronas são fixadas ao assoalho com o auxílio de perfis de duralumínio, fixados à estrutura da carroceria. Junto à lateral da carroceria as poltronas são fixadas através do perfil mostrado na figura 8 e a conexão, de aço fundido, na figura 9. O sistema de fixação é semelhante ao utilizado na indústria aeronáutica, com o parafuso da figura 10 montado no perfil da figura 11.

ENCAMINHAMENTO DA SOLUÇÃO

Tendo como base a análise feita dos diversos tipos de solução, adotamos o seguinte conjunto de alternativas para o conjunto de bancos seguros a ser projetado.

Poltronas

Disposição	Todas voltadas para frente
Regulagens	Reclinação
Acessórios	Apoio para os pés Apoio de cabeça Descansa-braço

Vinculação do Passageiro à Poltrona (cinto de segurança)

Tipo de vínculo	Por cinto de segurança sub-abdominal Por cinto de segurança transversal Por cinto de segurança de três pontos
Posicionamento do mecanismo	Na estrutura do banco
Características do mecanismo	Retrátil, com travamento por pêndulo Retrátil, com travamento por atrito
Acessório	Presilha fixadora do comprimento, para evitar pressão constante ao corpo

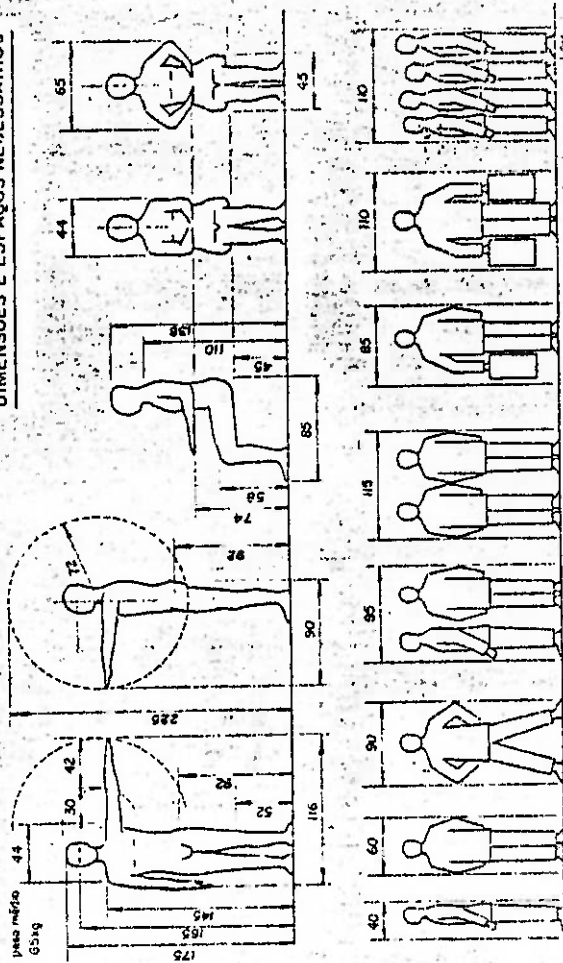
Fixação do Conjunto à Estrutura

Tipo de fixação	Por elementos fixadores (parafusos, pinos ou rebites)
Local de fixação	Em perfil fixado à estrutura (no chão) Fixado diretamente à estrutura (na lateral)

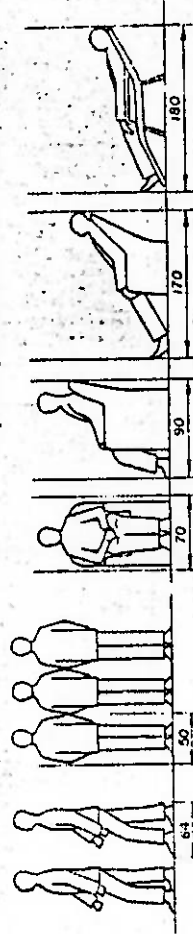


Fig.: Utilização correta do cinto de segurança.

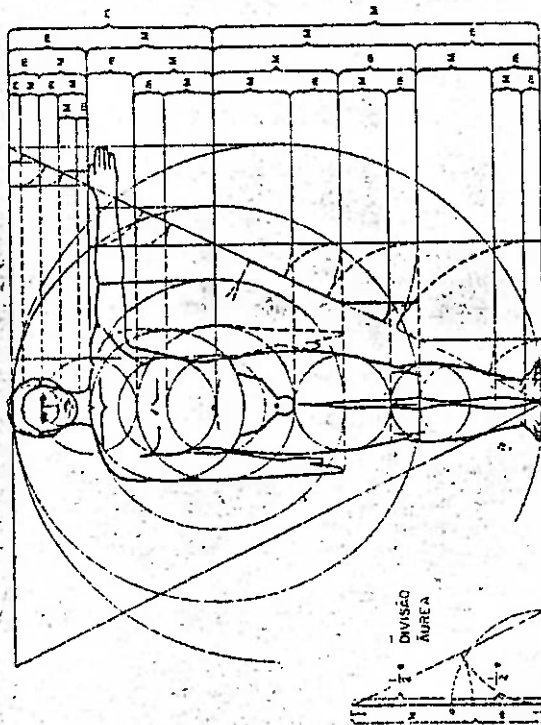
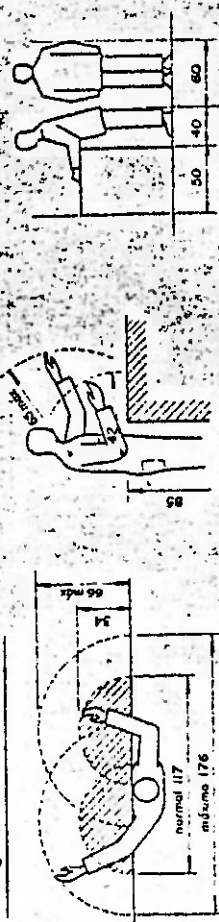
DIMENSÕES E ESPAÇOS NECESSÁRIOS



Aglomeração de pessoas: m² e por m²



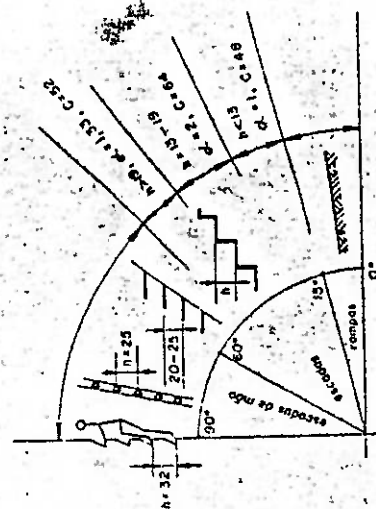
ESPAÇO ÚTIL DE TRABALHO



FÓRMULA DAS ESCADAS:

$$p + 2n = C$$

p = comprimento do piso
n = altura do espelho



ESFORÇO NAS ALAVANCAS DE COMANDO



APERTO DE MÃO
normal: 10 kg
máximo: 20 kg
curso: 2-3 cm



PEDAL EM PÉ
máximo: 25 kg
curso: 10 cm

PEDAL SENTADO
máximo: 13 kg
curso: 8 cm

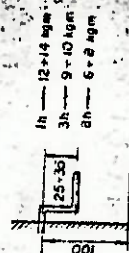


ALAVANCA HORIZONTAL
normal: 18 kg
máximo: 70 kg
curso: 20 cm



ALAVANCA VERTICAL
normal: 24 kg
máximo: 50 kg
curso: 30 cm

MANIVELA



ACELERAÇÃO

Limite máx. de inércia: 19 m/s²
Limite máx. estát.: 45 m/s²
Normal para aceleração: 0,3-0,5 m/s²

DECELERAÇÃO

Com amort. de choque: máx. 40 m/s²
Com dissip. de segurança: 10-20 m/s²
Normal: 0,5-1 m/s²
Trem: máx. 2 m/s²

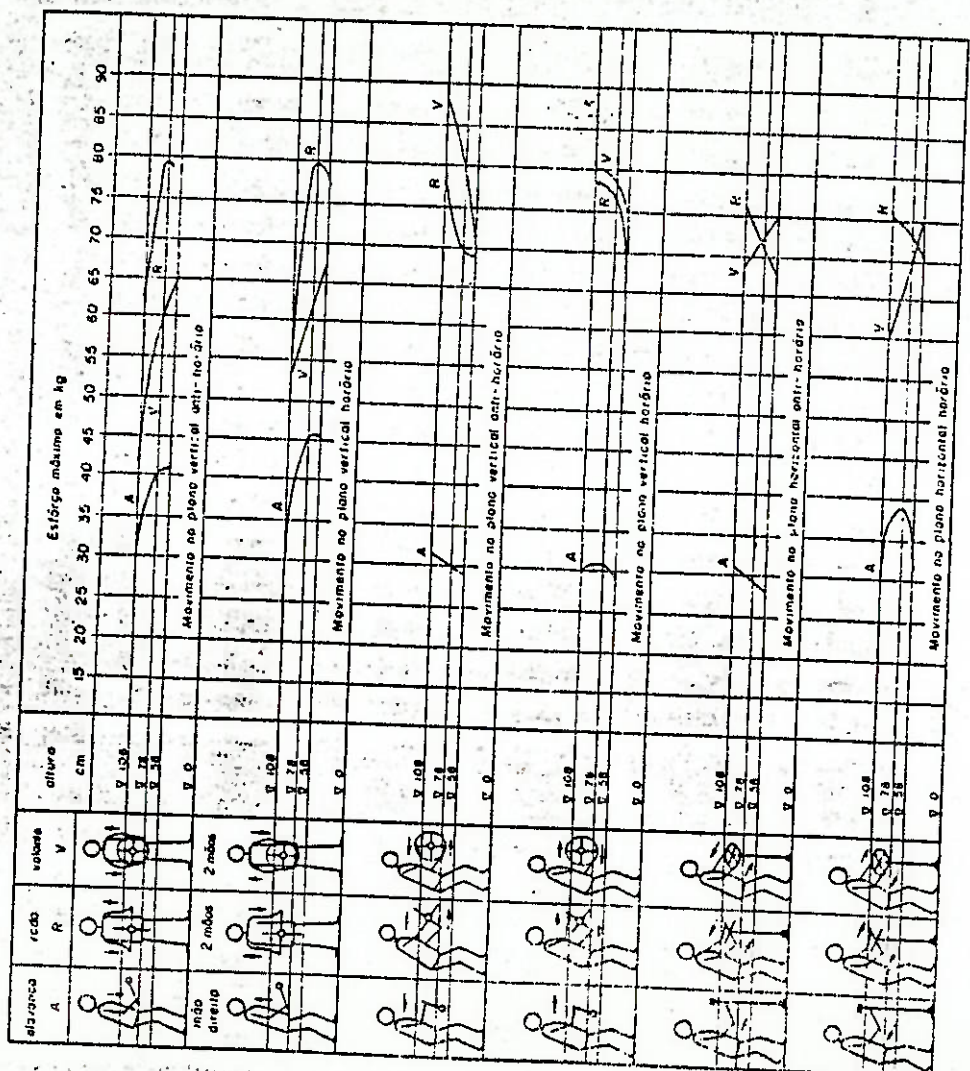
ESFORÇO PARA TRACÃO

40-60 kg à veloc. de 0,5 m/seg.
5-10 kg à veloc. de 17-2 m/seg.
Para 8 horas de trabalho:
15 kg à veloc. de 0,8 m/seg.

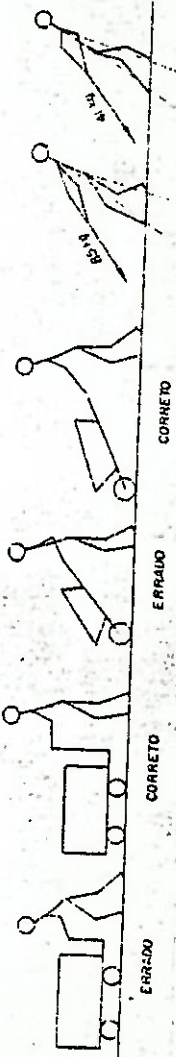
CORRENTE SUSPENS

Veloc. 25-30 m/seg

tipo	kg	kg	kg
1	9	12	8
2	3	15	6
3	3	30	12



POSICÕES PARA A TRACÃO



ANEXO 3 : DÉSENHOS ESQUEMÁTICOS

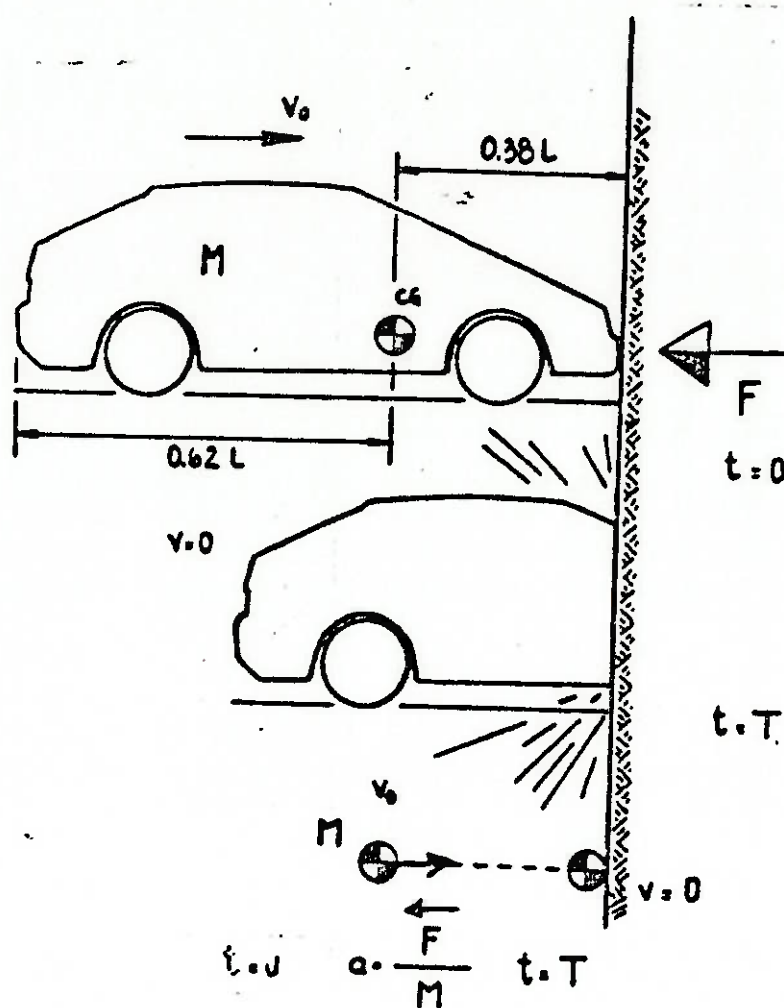


Fig. 1 Representação do choque de um veículo com uma parede rígida

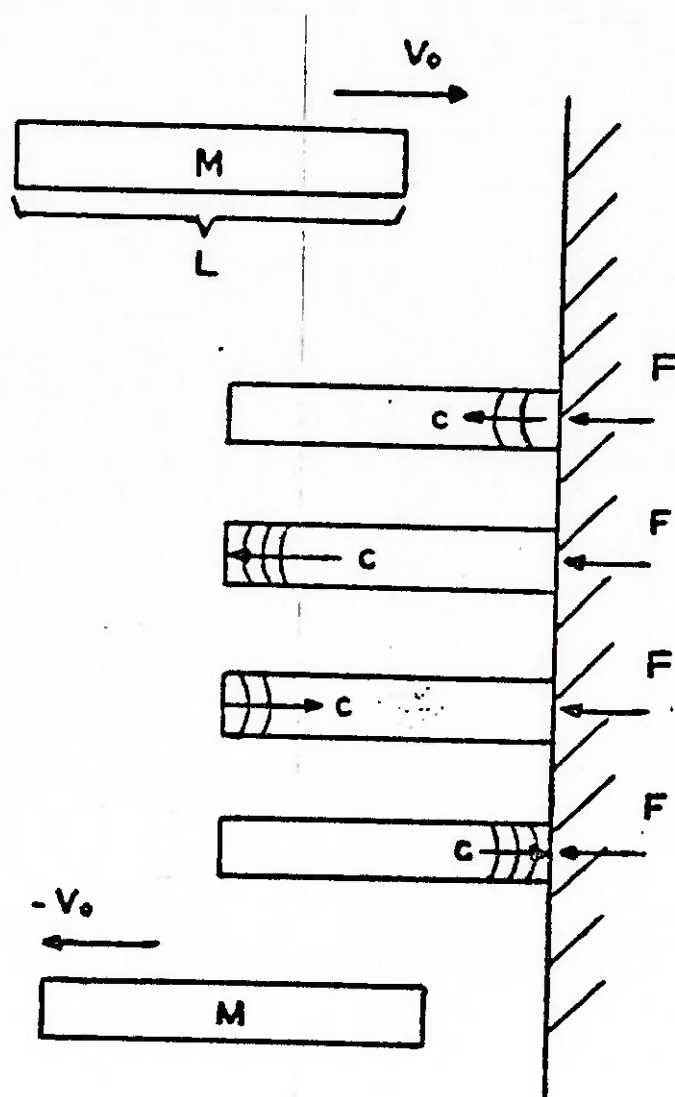


Fig. 2 : Choque perfeitamente elástico de um corpo rígido contra uma parede impenetrável

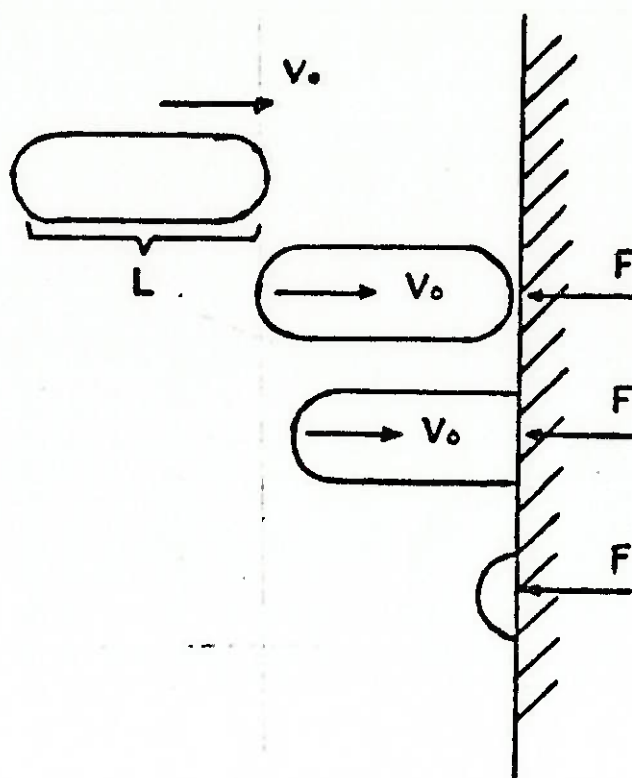


Fig.3 : Choque perfeitamente inelástico de um corpo macio contra uma parede impenetrável

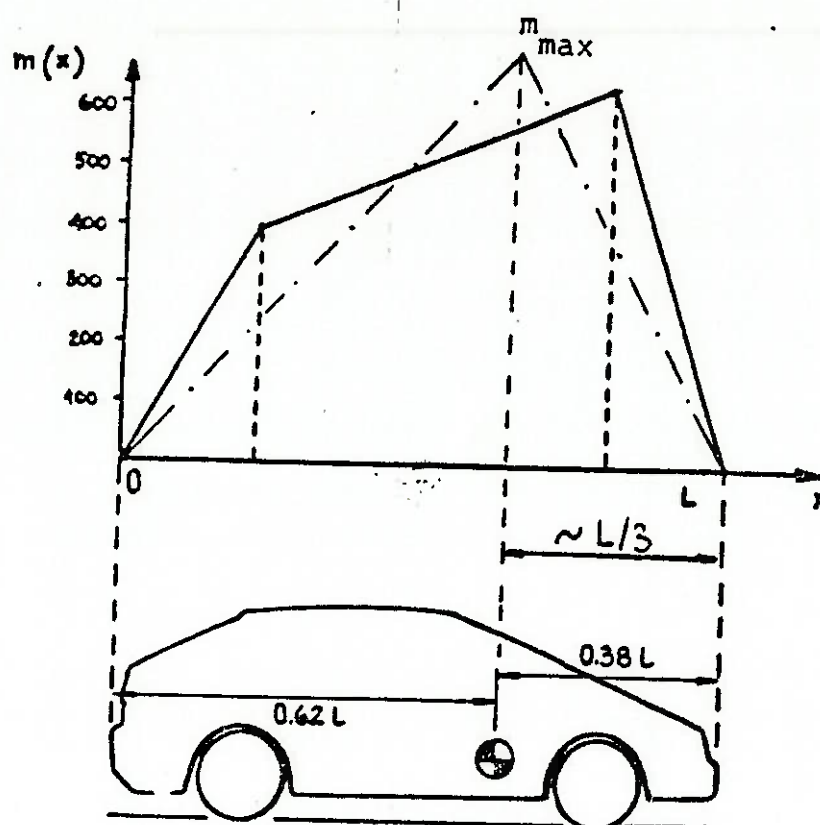


Fig. 4 Distribuição de massa não uniforme:
aproximação por triângulo

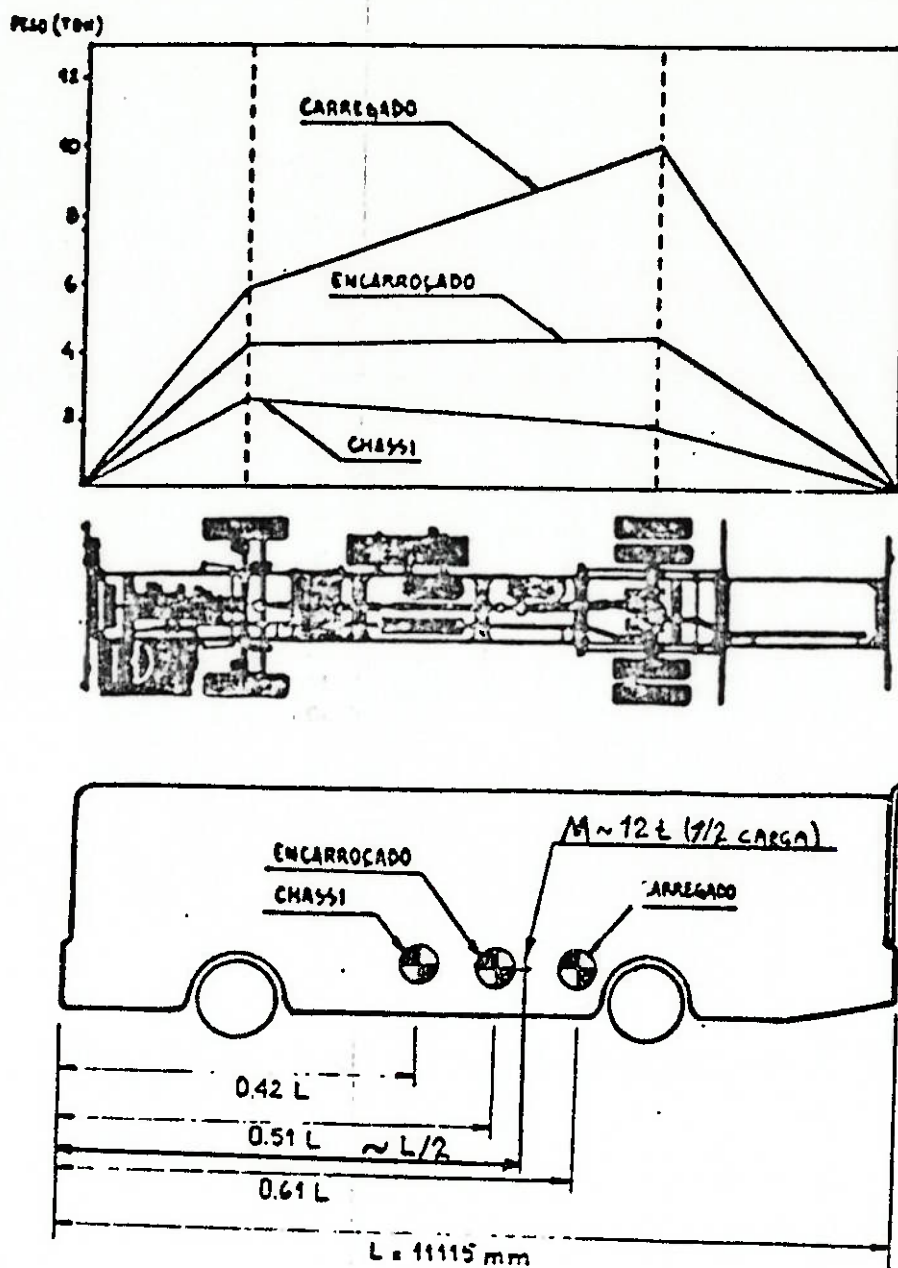
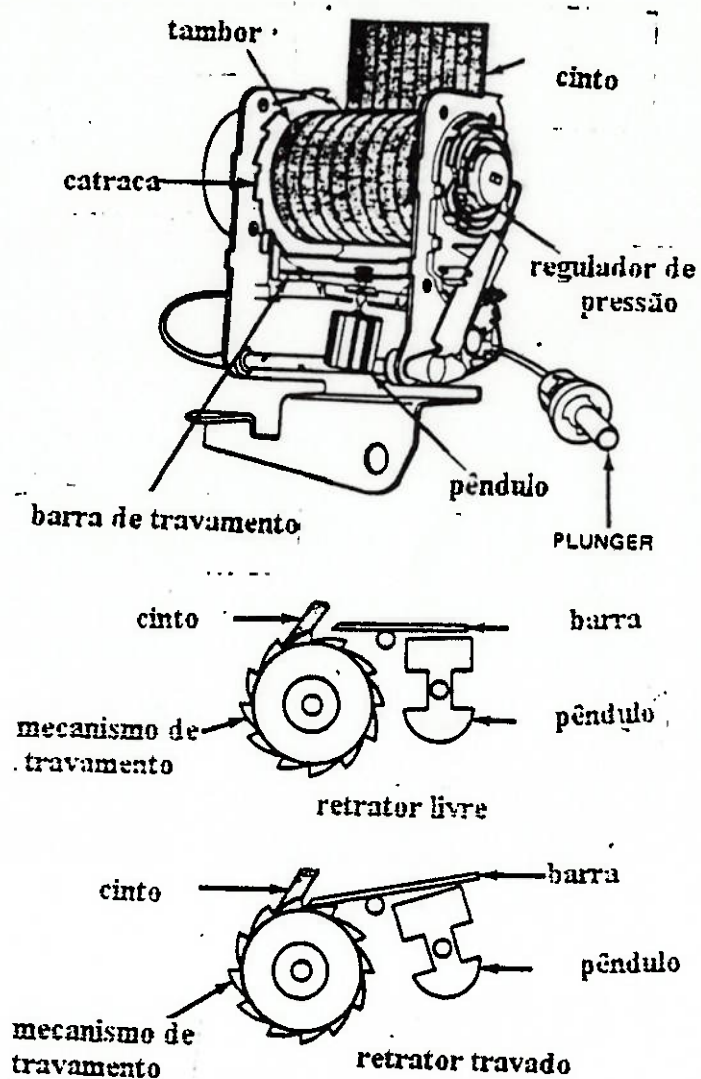


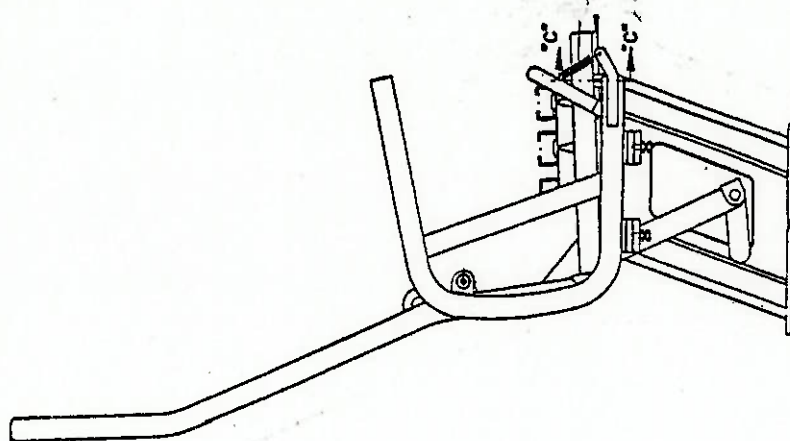
Fig.5 : Distribuição de massa não uniforme:
aproximação por triângulo



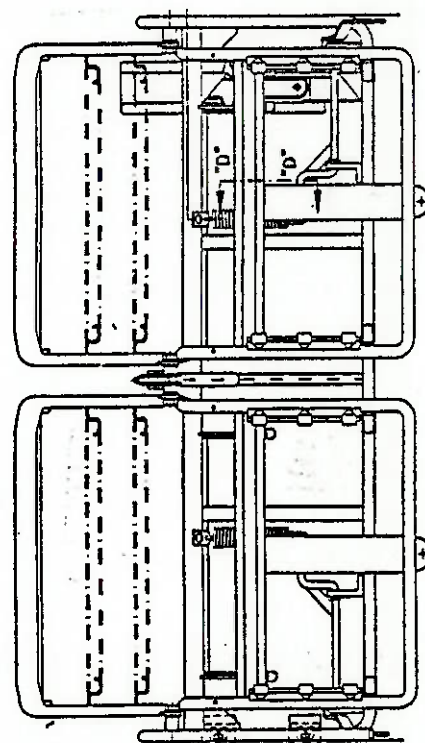
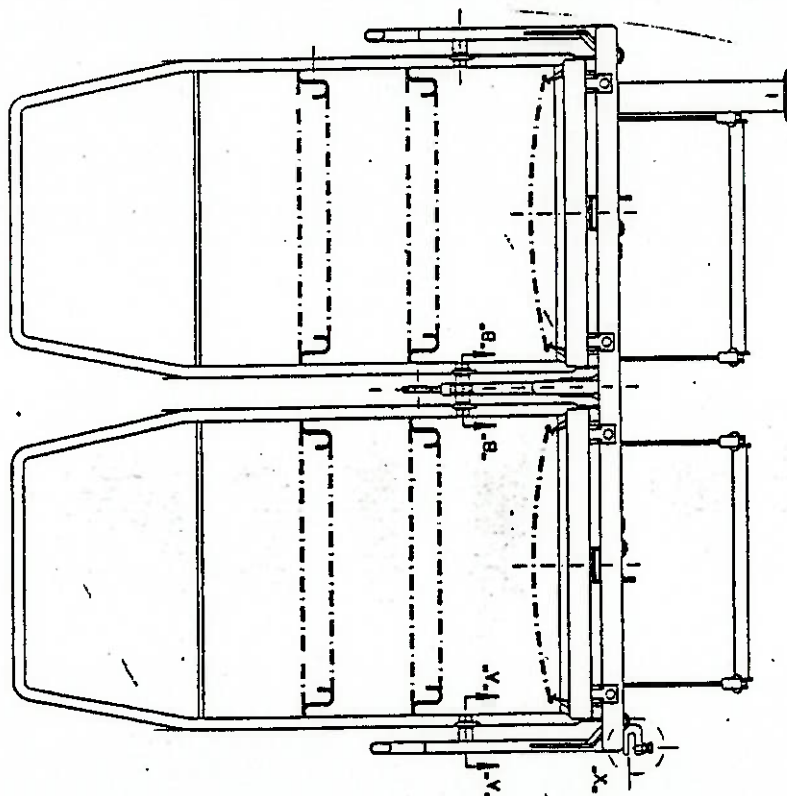
Construção e operação do mecanismo de cinto de segurança por pêndulo, que trava o cinto quando ocorre um impacto.

Mecanismo do cinto de segurança retrátil, com travamento por pêndulo.

Fig. 6



Estrutura da poltrona dupla



98150312.5

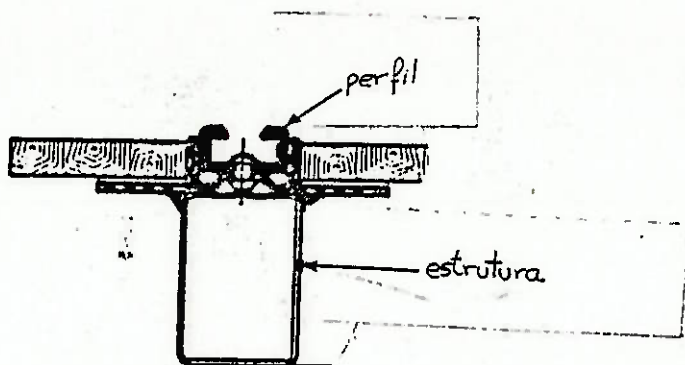


Fig. 11

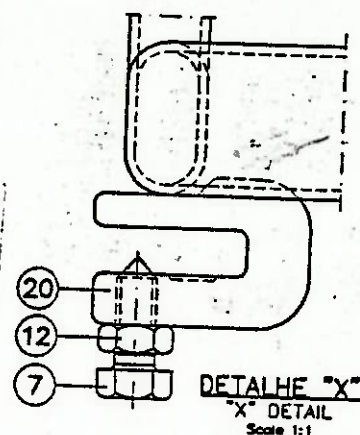


Fig. 9

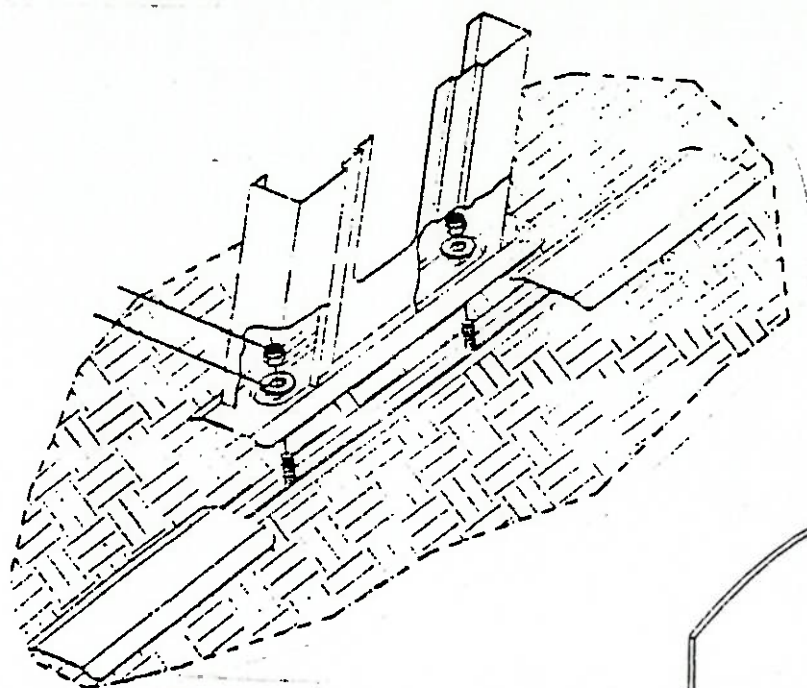


Fig. 12

Perfil de aço

Perfil de fixação lateral
(acabamento em PVC)

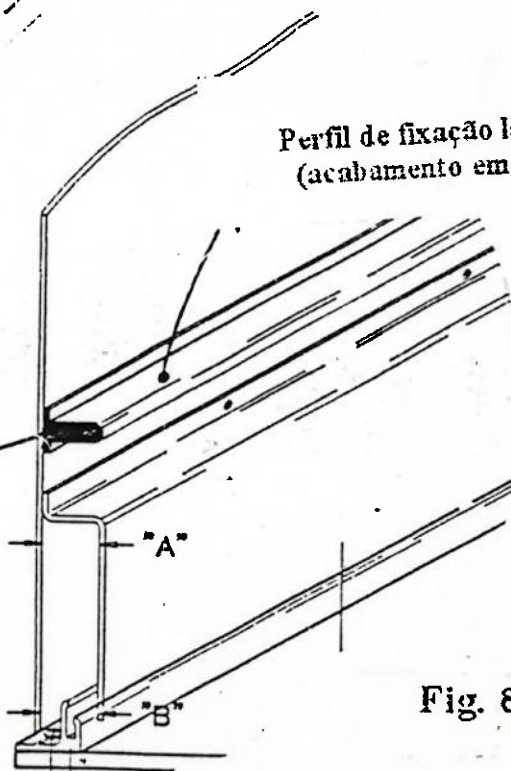


Fig. 8



Bibliografia

- Koelsch, Wolfgang E. e Agostinho, Antônio (Mercedes-Benz do Brasil S. A. - Gerência de Chassi de Caminhões), *"Década 90 - Novo Conceito de Chassis para Ônibus"*, Anais do VII SIMEA (Simpósio de Engenharia Automotiva), SAE, 1993;
- Scaringella, Roberto S., Filho, Adauto M. e Garcia, Miriam B. (Instituto Nacional de Segurança no Trânsito - INST), *"Inspeção de Segurança Veicular - Pesquisa Realizada em Veículos Leves da Frota da Grande São Paulo"*, Anais do VII SIMEA (Simpósio de Engenharia Automotiva), SAE, 1993;
- H. Onusio (Engenharia Experimental - EES - Mercedes-Benz do Brasil S. A.) e M. Romaro (Laboratório Pelletron - Departamento de Física Nuclear, Instituto de Física da Universidade de São Paulo), *"Cálculo Simplificado da Força de Impacto de um Veículo Contra uma Parede Rígida"*, Anais do VII SIMEA (Simpósio de Engenharia Automotiva), SAE, 1993;
- *"Automotive Interior Trends For The 90s"*, Automotive Engineering, Volume 99, Número 5, Maio/1991;
- Madureira, Omar M., *Apostilas de PMC-475 / Metodologia do Projeto*, Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989;
- *"Segurança do Cinto Depende de Uso Correto"*, O Estado de São Paulo, 21/Abril/1.994;

- "*Fixação Desarticulada*", Transporte Moderno, Novembro/1.993;
- "*A vida por um fio*", Quatro Rodas, Janeiro/1994;
- "*Custos & Fretes*", Editora TM Ltda., Junho/1994;
- "*Custos operacionais básicos de ônibus rodoviários*", Editora TM Ltda., Maio/1994;
- Crouse, William Harry, "*Automotive Mechanics*", 10 edição, New York, Glencoe, 1993.
- "*Ergonomia: notas de aulas*", I. Iida e H. A. J. Wierzbick. 3ª edição. São Paulo, FEI, 1978.

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica

Departamento de Engenharia Mecânica

PMC-581 / Projeto Mecânico II

Orientador: Prof. Omar Moore de Madureira

Título:

**“Segurança Passiva dos Passageiros
de Veículos Rodoviários de
Transporte Coletivo”**

Aluno:

Fábio da Silva Pereira Nº USP 1815224

São Paulo, 2º Semestre de 1995

AGRADECIMENTOS

- **Marcopolo Distribuidora de Peças S/A;**
- **Mercedes-Benz do Brasil S/A;**
- **Prof. Omar Moore de Madureira;**
- **Prof. Tarcísio Hess Coelho.**

ÍNDICE

• Escolha da Melhor Solução	1
• Refinamento da Solução Adotada	7
• Ensaaios Gráficos	12
• Procedimento de Cálculo	21
1) Considerações Iniciais	21
2) Cálculos de Reações nos Pontos de Ancoragem	22
3) Dimensionamento dos Elementos de Fixação	26
• Conclusões	29
• Recomendações Adicionais	31
• Figuras:	
(1)	34
(2)	35
(3)	35
(4)	36
(5)	36
(6)	37
Proporções do Homem	38
• Bibliografia	39

ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO

Na etapa anterior deste trabalho foram imaginadas várias alternativas para se melhorar o aspecto de segurança passiva para os passageiros de ônibus rodoviários, várias delas podendo ser combinadas entre si.

Assim, foram selecionadas, individualmente, as seguintes possibilidades, após um estudo de viabilidade do ponto de vista econômico:

- Com relação à poltrona propriamente dita __ serão todas voltadas para a frente do veículo, com regulagem de inclinação do encosto, e oferecendo, como acessórios, apoios para os pés e para a cabeça, e descansa-braço;
- Quanto à vinculação do passageiro à poltrona __ deverá ser através do uso de cinto de segurança, o mesmo podendo ser dos tipos Sub-abdominal, Transversal, ou de Três-Pontos; os cintos serão presos à estrutura do próprio banco e apresentarão a característica de retratibilidade, a definir se com travamento por pêndulo ou por atrito. A título de se aumentar o conforto do passageiro, poderá ser oferecida uma presilha que fixe o comprimento do cinto, ajustando-se-o com certa folga sobre o corpo da pessoa para evitar aumento da pressão com o balançar do veículo;

(e) *aparência* __ mecanismos e estruturas exigidos pela solução a ser adotada não devem interferir negativamente no *design* do interior dos veículos; entrará com peso 6 nas análises a seguir;

(f) *conforto* __ apesar de fundamental, o aumento de segurança não deverá incorrer em perda de conforto para o passageiro; deverão ser levadas em conta as regras básicas de ergonomia listadas na primeira parte desse trabalho, e será dado peso 8 para essa característica;

(g) *facilidade de uso* __ além de não comprometer o nível de conforto oferecido aos seus ocupantes, os conjuntos de poltronas seguros deverão possuir características de utilização que sejam facilmente assimiláveis por qualquer pessoa que venha a utilizá-los; assim como o item anterior, pode influir diretamente no uso, ou não, dos itens de segurança pelos passageiros, e por isso receberá peso 7;

(h) *adaptabilidade aos vários tipos físicos dos passageiros* __ por afetar diretamente os já citados itens de segurança e conforto, contará com peso 9;

(i) *necessidade de modificações em outras partes para implantação* __ a introdução de determinada característica no conjunto de bancos seguro pode exigir modifica-

- Para fixação do conjunto à estrutura __ utilizar-se-á elementos como parafusos, pinos ou rebites para prender os conjuntos à estrutura (no piso e na lateral) do veículo.

Para se chegar a uma conclusão sobre a melhor combinação entre as alternativas colocadas, serão atribuídos graus de importância em vários tópicos, a saber:

- (a) *segurança* __ objeto do presente estudo, contará com peso 10 na escolha da solução final;
- (b) *custo* __ apesar de importante tanto para as montadoras quanto para os frotistas, e que acaba se refletindo para o passageiro no preço das passagens, entrará com peso -7 (peso negativo, porque é um fator negativo para qualquer projeto), pois já se provou que o custo das vidas perdidas em acidentes é de maior vulto;
- (c) *durabilidade* __ devido à alta rotatividade de passageiros nas poltronas, principalmente em viagens curtas, e à grande utilização dos ônibus, as resistências à fadiga, corrosão e mau uso devem ser contabilizadas, o que será feito com peso 8;
- (d) *facilidade de implantação e manutenção* __ a solução adotada deverá ser facilmente assimilada tanto na linha de produção quanto nas oficinas dos operadores, sem que se exija muita mudança de ferramental nem tampouco treinamento especial para os trabalhadores diretamente envolvidos nessas áreas; foi atribuído peso 7 a esse item;

ções ou inclusões de outras peças/mecanismos no projeto, o que pode vir a encarecer e aumentar o tempo de projeto/produção; peso -6;

(j) *prazo para incorporação à produção* __ como colocado no item anterior, as estruturas e mecanismos resultantes desse estudo não deverão introduzir dificuldades exageradas, pois poderá afetar os itens, também já colocados, de custo e facilidade de produção/manutenção, além do prazo para se colocá-los em prática na linha de montagem; será dado peso -8 às notas dadas para cada solução nesta característica.

Observação: O intuito, ao se introduzir pesos negativos para alguns dos itens acima, foi o de se dar as notas para cada solução sempre em ordem crescente de manifestação daquela característica pela solução apresentada.

Alguns fatores influíram mais nas notas dadas:

1) Os cintos transversal e de 3-pontos são mais seguros do que o sub-abdominal, mas são mais caros, e ainda levam desvantagem nos itens "adaptabilidade a diferentes tipos físicos" e "necessidade de modificações em outras partes"; no primeiro, devido à necessidade de regulagem de altura no ombro para pessoas muito altas ou baixas, e, no segundo, devido à necessidade de reforço estrutural adicional no encosto e/ou assento para suportar as tensões no caderço durante um impacto. Também são mais desconfortáveis, por restringir mais o movimento das pessoas do que o abdominal;

2) A maior diferença entre os tipos de travamento reside no item relativo ao conforto, porque no sistema por atrito pode ocorrer travamento apenas com a movimentação normal do passageiro durante a viagem;

3) O fator decisivo para escolha do tipo de fixação deverá ser a segurança oferecida.

Isso posto, pode-se construir a seguinte tabela:

Solução	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)
Cinto Sub-abdominal	6	6	9	8	9	8	9	9	6	6
Transversal	7	7	9	7	9	7	8	6	8	8
Três Pontos	9	8	9	7	7	6	7	6	9	8
Travamento por Pêndulo	9	8	7	6	-	8	-	-	6	7
Atrito	9	7	8	7	-	5	-	-	5	6
Fixação por Parafuso	8	8	8	8	7	-	-	-	5	4
Pinos	2	5	8	9	9	-	-	-	5	6
Rebites	6	6	8	7	9	-	-	-	5	6

A escolha da melhor solução para a construção do *conjunto de bancos seguro* será, então, feita, combinando-se as soluções que obtiverem a maior pontuação em cada "categoria".

Assim, multiplicando-se as notas acima pelos seus respectivos pesos, e somando-as, tem-se:

Solução	Nota Total	Melhor Solução
(C1) Cinto Sub-Abdominal	324	(C1)
(C2) Cinto Transversal	250	
(C3) Cinto Três-Pontos	230	
(T1) Travamento Pêndulo	104	(T2)
(T2) Travamento Atrito	116	
(F1) Fixação Parafusos	124	(F1)
(F2) Fixação por Pinos	88	
(F3) Fixação por Rebites	107	

Fica, assim, decido pela utilização do cinto de segurança do tipo Sub-Abdominal, retrátil com travamento por atrito, e fixação das poltronas à carroceria do veículo através de parafusos.

REFINAMENTO DA SOLUÇÃO ADOTADA

Como se mostrou melhor a proposta do uso de cinto de segurança sub-abdominal, e este é o tipo mais inseguro dos três colocados, algumas idéias serão estudadas para se aumentar o nível de segurança dos passageiros que dele farão uso.

O maior problema desse tipo de cinto é deixar toda a parte superior do corpo livre para girar em torno do cadarço, possibilitando um grande deslocamento de partes sensíveis e vitais, como cabeça e tórax. Aproveitando sugestão dada no *Estudo de Viabilidade* desse conjunto de poltronas seguro, incor porar-se-á à parte traseira dos encostos dos mesmos uma área almofadada, para absorver choques do ocupante da poltrona de trás. Também seria útil um apoio de cabeça macio para que o corpo, ao retornar de um deslocamento para a frente devido ao choque, não provoque lesões na região do pescoço e/ou cabeça; esse encosto poderia ter altura regulável, como os de automóveis de passeio.

Porém, dada a alta rotatividade de passageiros na classe de veículos a que se dedica esse trabalho, principalmente em percursos curtos, concluiu-se que a adoção de dispositivos semelhantes àqueles já amplamente utilizados em carros de passeio não seria conveniente devido ao problema de fadiga.

Em, possivelmente, pouco tempo, já não se conseguiria perfeito ajuste de posição do encosto de cabeça, fixo apenas pela força de atrito. Além disso, a adoção de um encosto inteiriço para as poltronas deixa o projeto mais próximo da situação atual, evitando grandes mudanças na montagem, e esse encosto inteiriço pode ser alto o suficiente para fornecer a devida proteção a seu usuário na situação de acidente já descrita.

Um problema que surge para a adoção do cinto de segurança, qualquer que seja seu tipo, em veículos rodoviários de transporte coletivo, está na limitação do ângulo de reclinção do encosto das poltronas. Já foi dito nesse trabalho que o máximo ângulo seguro (para evitar escorregamentos e/ou enforcamentos pelo cinto) entre encosto e assento é de 125° ; contudo, foi especificado que tal ângulo deveria abranger um intervalo de 95° a 160° para oferecer certo conforto ao passageiro, principalmente em viagens longas e/ou noturnas.

Uma solução sugerida para o problema disposto acima, e também a fim de se auxiliar o cinto na sua função de reter o ocupante do assento em seu lugar no caso de colisão, é a de se manter o ângulo máximo de 125° entre assento e encosto em qualquer condição; para uma maior reclinção do encosto para um posicionamento mais horizontal do passageiro, o assento também sofreria uma rotação que o faria "acompanhar" o encosto. Lembrando o exposto no capítulo "*Aplicação da Ergonomia ao Projeto do Banco*", item "b) *Suporte do Peso do Tronco*": "... o conforto será máximo quando o peso do tronco é

sustentado principalmente pelas tuberosidades esquiáticas..."; por isso, essa idéia de "assento inclinável" deverá ser melhor estudada sob essa ótica.

Outro problema para a idéia do "assento inclinável" reside na localização de seu eixo de rotação. Se o assento rotacionar em torno da linha de junção com o encosto, sua extremidade livre poderá acabar ficando a uma altura do piso do veículo inviável para pessoas de baixa estatura; a hipótese de se "rebaixar" aquela linha poderia, por outro lado, afetar o conforto de passageiros de maior estatura. E se o eixo de rotação fosse colocado mais próximo à extremidade livre do assento, evitando tal variação de altura do joelho da pessoa ao piso, ocorreria uma variação análoga na altura do encosto ao piso do veículo, exigindo cuidado para não se furtar demasiado espaço destinado às pernas do ocupante da poltrona de trás (a distância mínima entre duas poltronas deve ser de 850mm).

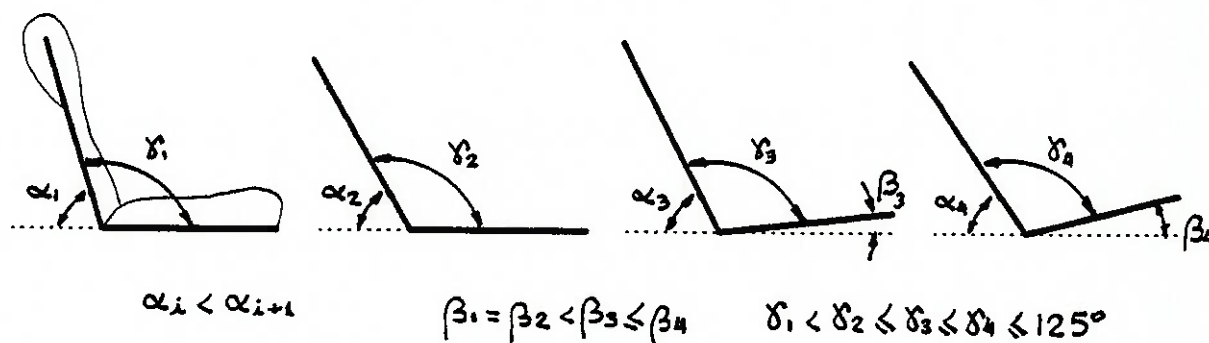


Figura: Assento inclinável

Foi estipulado uma variação de ângulo de 95° a 160° , porém uma análise gráfica mostra que aquela inclinação máxima seria exagerada para um veículo comercial comum, sendo, tal vez, indicado para carros em configuração leito; por outro lado, o ângulo inicial poderia ser localizado por volta de 100° , proporcionando maior conforto sem comprometer uma postura adequada nos intervalos respectivamente posteriores e anteriores ao embarque e desembarque. Assim, define-se novo intervalo para a inclinação do encosto da poltrona: 100° a 120° , com posições fixas, caso seja esse o sistema adotado, a cada 5° .

Esse novo intervalo de reclinção anula a necessidade de utilização do assento inclinável, idéia que exigiria um maior número de peças móveis/mecanismos de movimentação, o que, além de implicar em dificuldades de projeto e construção, afetaria também a segurança, uma vez que se faria necessário manter travados encostos e assento nos instantes de desaceleração.

Com o intuito de se evitar situações embaraçosas entre os ocupantes de um mesmo conjunto seguro (duas poltronas lado a lado) nos instantes de fechamento/abertura das travas dos cintos, pensou-se em posicionar os alojamentos dos cadarços do lado da janela e do lado do corredor para os respectivos passageiros, ou seja, do lado oposto ao acompanhante de quem usará aquele cinto. Além disso, as partes fixas, onde estarão as travas dos cintos, entre os passageiros, deverão estar a certa altura dos assentos, facilitando sua localização e uso.

Também será desejável, dentro do possível, visando redução de peso e melhoria de estética, que os encostos sejam pouco espessos, à semelhança dos utilizados em automóveis de passeio.

ENSAIOS GRÁFICOS

A fim de se conseguir informações dimensionais e de se visualizar a situação de um veículo comercialmente configurado, foi desenhado o interior de um ônibus com distância mínima entre as poltronas - 850mm.

A "construção" da poltrona foi baseada nas medidas de ergonomia disponíveis no anexo 1 - "Proporções do Homem", em conjunto com medidas tomadas experimentalmente em veículos de passeio, além das dimensões previamente estabelecidas no item "*Desempenho e Especificações Técnicas Quantificadas*" da primeira parte deste trabalho.

Assim, estabeleceu-se uma altura de 400mm para a distância entre a borda anterior da almofada e o piso do veículo, diminuindo até atingir 340mm, em direção ao encosto, com profundidade livre de 450mm.

Como a altura do encosto da poltrona deve obedecer à condição de servir de apoio para a cabeça do passageiro, segura e confortavelmente, seja para descanso durante a viagem, seja para impedir movimentos prejudiciais do pescoço do passageiro após o choque, o mesmo foi inicialmente desenhado com uma altura de 800mm e espessura de 100mm, formando, como já estipulado, um ângulo de 100° com a horizontal em sua posi-

ção mais ereta. Com isso, o ângulo efetivo entre almofada e encosto ficou em 92° , próximo àquele pré-definido na etapa anterior deste estudo (95°).

A próxima etapa construtiva foi a de se desenhar o passageiro ocupando a poltrona, recorrendo-se aos estudos ergonômicos já citados. Pôde-se, então, definir a altura para o apoio de braço - 650mm, a partir do qual projetou-se um retângulo em direção ao piso, fazendo o papel de "pé" do conjunto.

Utilizando-se recursos de CAD, o resultado dos passos acima descritos foi copiado segundo a distância fixada de 850mm entre pontos análogos de dois conjuntos de poltronas consecutivos, e rotacionou-se encosto e tronco do passageiro de 20° , para que se conseguisse simular uma situação de poltrona reclinada.

O cadarço do cinto de segurança foi posicionado na junção entre tronco e membros inferiores do passageiro, tendo seu ponto de ancoragem fixo situado a 290mm do nível de referência.

Somente um estudo baseado em simulações gráficas poderia determinar a extensão necessária à região onde se dotará as costas do encosto de uma maciez que absorva parte de possíveis impactos da cabeça do ocupante da poltrona de trás, evitando que o mesmo sofra maiores lesões. Para isso, um interior de ônibus foi criado, através de cópia

dos conjuntos criados, levando-se em consideração as posições relativas extremas possíveis entre os dois encostos envolvidos, quer sejam:

- 1- poltronas anterior e posterior totalmente "eretas";
- 2- poltrona anterior totalmente "ereta" e posterior totalmente reclinada;
- 3- poltrona anterior totalmente reclinada e posterior totalmente "ereta";
- 4- poltronas anterior e posterior totalmente reclinadas.

Com poltronas satisfazendo as posições descritas, iniciou-se uma primeira análise, visando o conforto dos viajantes. Observou-se que a distância de 850mm para uma configuração de alta densidade toma muito espaço que seria preferencialmente destinado às pernas dos passageiros, principalmente na situação (2) acima definida, o que levou a uma alteração no desenho, recomendada para projeto: ao se reclinar a poltrona, encosto e almofada devem se deslocar cerca de 20mm para a frente (Fig. 1).

Visando-se manter o ajuste de comprimento do cadarço para o corpo do ocupante do assento, o ponto de ancoragem daquele dispositivo também foi deslocado longitudinalmente em 20mm, implicando na sua não vinculação à estrutura mais "rígida" da poltrona, e exigindo maior atenção no projeto da estrutura do assento (almofada) e de seus

pontos de fixação com a estrutura "fixa" da poltrona (componentes que não transladam), para que não ocorram desprendimentos no momento do acidente.

Uma outra definição diretamente extraída do primeiro esboço foi a de comprimento do apoio de braço: 450mm. Essa peça, provendo conforto para o ocupante da poltrona, não deve impedir ou prejudicar movimentos de entrada ou saída de pessoas, mesmo na situação crítica onde o encosto da frente esteja totalmente abaixado.

O passo seguinte envolveu a cópia de todo o desenho concebido para simulação de uma situação de acidente, onde os corpos estivessem sendo arremessados, por inércia, para a frente. Recorrendo novamente ao auxílio do CAD, rotacionou-se os corpos desenhados em torno do ponto de encontro das linhas superior da coxa e frontal do tronco, até que a cabeça tocasse o encosto da poltrona posterior (Fig. 2). Conclui-se, rapidamente, que os passageiros sentados atrás de poltronas reclinadas, não importando a posição de sua própria, correm maiores riscos, dada a falta de anteparos que possam protegê-los.

Para se proporcionar proteção na situação acima descrita, iniciou-se um processo de "enchimento" dos encostos, provendo-os de áreas almofadadas que possam amortecer parte do choque. Criou-se, então, a figura 3, de acordo com os passos abaixo:

(I)- Para a situação de ambas as poltronas envolvidas estarem rebaixadas, elevou-se o encosto em 60mm, a fim de se distanciar a cabeça do ocupante do banco anterior

da estrutura do posterior, sem, contudo, afetar sobremaneira a distância entre esses pontos na situação de viagem normal, evitando perda de conforto;

(II)- Para um choque do passageiro em região análoga, na situação de poltrona anterior "ereta" e posterior reclinada repetiu-se a mesma recomendação de (I);

(III)- Na situação de ambas as poltronas estarem "eretas", o ocupante da anterior chocar-se-ia com o encosto da posterior em um ponto mais baixo do que em (I) e (II). Assim, além da elevação de altura do encosto, decidiu-se implementar também um aumento de espessura na região crítica: no ponto de contato passageiro/encosto, "embutiui-se" 40mm de "espuma", sendo esse o ponto de máxima espessura do encosto. Novamente pensando-se em evitar demasiada perda de espaço, essa alteração não foi estendida para toda a parte traseira do encosto, mas, sim, até 250mm abaixo da borda superior do mesmo, inicialmente projetada (sem "espuma"), para que passageiros de menor estatura também pudessem contar com esse adicional de segurança. Mais uma vez, a mesma solução pôde ser aplicada em duas situações, conforme a figura 3-IV.

Visando maior proteção e visual mais agradável, ao se incorporar tais modificações ao conjunto de bancos seguros, fez-se um arredondamento da superfície gerada, eliminando-se cantos vivos.

As dimensões finais para o conjunto de poltronas seguro, visto lateralmente, podem ser apreciadas na figura 4. De posse dessas informações, localizaram-se os centros de massa de passageiro e banco na situação normal, ou, de outro ponto de vista, na iminência do choque decorrente de um acidente.

Para uma inclinação total permitida de 20° para os encostos, as variações de coordenadas dos centros de gravidade de passageiro e poltrona foram supostas desprezíveis. A variação longitudinal fica, portanto, restrita ao deslocamento de 20mm imposto ao conjunto almofada/encosto, para o centro de massa do passageiro; quanto à poltrona, como pé e apoio de braços não se deslocam, deve-se calcular essa variação.

O centro de gravidade do banco foi encontrado utilizando-se aproximação por cálculo de áreas, separadamente, de encosto, almofada e pé, juntando-se a esse último os mecanismos de travamento dos dois cintos de segurança dos ocupantes do banco. Os centros de gravidade de cada ente podiam ser assim melhor aproximados.

Por possuir baixa densidade, a espuma acrescentada ao encosto não foi considerada.

A área do pé foi multiplicada por um fator de 5%, visando corrigir a diferença de volume real entre esse elemento e os demais, além de compensar a exclusão da área do apoio de braço. Deve-se lembrar que, por ser uma estrutura de responsabilidade, o pé de-

verá possuir certa massa, enquanto os apoios de braço têm apenas função ergonômica (objetivo: conforto). O centro de gravidade dos cintos foi suposto 10mm abaixo do ponto de ancoragem do cadarço, devido aos mecanismos de travamento, e, como foi incluso no cálculo da área do pé, multiplicou-se essa posição ("área") por um fator de 2%.

Esses fatores de 2% e 5% foram pensados a partir da informação que a massa total de uma poltrona situa-se na faixa de 60kg; imaginou-se, então, razoável, que o pé tivesse 3kg, e dois sistemas de travamento de cadarço por atrito, com devidos elementos de fixação, somados, 1,2kg.

Desse modo, designando-se x_p e y_p respectivamente, as coordenadas do centro de gravidade do banco nos eixos longitudinal e vertical, tendo como origem o canto inferior traseiro do retângulo que representa o pé do banco, com ângulos medidos em relação à linha vertical (eixo "y"):

$$y_p = \frac{(20.5\% + 28.2\%).42.40 + [86.10.(34 + 46.\cos 10^\circ) + 55.12.35].0.93}{0.07.42.40 + (860 + 660).0.93}$$

Encontra-se um valor aproximado de 57cm, ou 570mm.

Analogamente:

$$x_p = \frac{(0,05.21+0,02.12).42.40 + (-86.10.43.\text{sen}10^\circ + 55.12.24).0,93}{0,07.42.40 + (860 + 660).0,93}$$

Chega-se a $x_p = 7\text{cm} = 70\text{mm}$, para encosto "em pé" (Fig. 5-I). Para encosto totalmente reclinado:

$$x_{pa} = \frac{1,29.42.40 + [-86.10.(43.\text{sen}30^\circ + 2) + 55.12.26].0,93}{0,07.42.40 + (860 + 660).0,93}$$

$$\Rightarrow x_{pa} = -0,44\text{cm} = -4,4\text{mm}$$

O centro de gravidade de uma pessoa localiza-se, aproximadamente, na altura de seu umbigo. Essa elevação foi mantida, mas o ponto foi deslocado para a frente para compensar a massa dos membros inferiores, mais adiantados quando a pessoa está sentada; desenhado, esse ponto foi localizado através do CAD (Fig. 5-II). Utilizando-se o índice "H" para indicar referência a "*Homem*":

$$y_h = 58,8\text{cm} = 588\text{mm}$$

Para possibilitar futuros cálculos de esforços, os dois centros foram posicionados em relação aos pontos de interesse, dando origem aos desenhos (III), (IV) e (V) da figu-

ra 5, relacionados, respectivamente, ao ponto de ancoragem do cinto de segurança, aos pontos de ancoragem do conjunto no trilho superior, e pontos no trilho inferior.

A fim de que se pudesse visualizar as dimensões e distâncias ortogonais ao plano desses primeiros desenhos, construiu-se a figura 6, mostrando o conjunto de frente. Os centros de massa dos passageiros foram colocados no meio dos assentos, enquanto o do conjunto de bancos foi ligeiramente deslocado em direção ao pé do mesmo, para compensar sua massa.

Na figura 6 pode-se notar a "materialização" da idéia atrás colocada de que cadarços dos cintos deveriam se alojar do lado oposto de cada ocupante, e a trava deverias-tar a certa altura da almofada.

PROCEDIMENTO DE CÁLCULO

1) Considerações Iniciais

Uma informação requerida para os cálculos é a da localização dos centros de gravidade e pontos de ancoragem, a qual será extraída das figuras 5 e 6, já descritas.

Os cálculos de esforços serão baseados nos pesos de passageiros e conjunto de bancos seguro, sujeitos à aceleração gravitacional $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ bem como nas "forças de aceleração" devidas às massas dos corpos (inércia), impulsionados por $a = 20g = 196,0 \text{ m/s}^2$.

Refere-se, no parágrafo anterior, aos esforços aplicados às peças de fixação - dois parafusos no trilho inferior do pé do conjunto, fixo ao piso do veículo, mais dois parafusos no trilho lateral superior, fixo à lateral da carroceria, além daqueles aplicados às peças de fixação e mecanismo de travamento do próprio cinto.

Os cálculos estarão baseados num passageiro "padrão" de massa m igual a 75kg. A massa M do conjunto de bancos seguro será aproximada pela massa de um conjunto atual, à qual será somada a massa do sistema de cinto de segurança; essa última já foi apontada no capítulo anterior como sendo de 1,2kg.

Desse modo:

$$M = M_{\text{atual}} + 1,2 = 61,2\text{kg}$$

Como também foi acrescida a massa de espuma na parte superior/anterior do encosto, o valor acima será arredondado para 61,5kg.

Como não há esforços agindo na direção transversal ao movimento, isto é, longitudinalmente ao veículo, supor-se-á que também não há esforços reagentes nessa direção.

Para que se consiga definir a estrutura de um conjunto de poltronas seguro (dois assentos lado-a-lado), admitir-se-á que o caderço do cinto de segurança seja inextensível, e que seu mecanismo de travamento funcione perfeitamente, isto é, não permita movimentação do mesmo no momento do choque.

2) Cálculos de Reações nos Pontos de Ancoragem

As forças a serem calculadas foram designadas de acordo com sua direção e ponto de aplicação:

- forças horizontais: nome X ;
- forças verticais: nome Y ;
- forças agindo sobre o caderço do cinto: índice c ;

- forças no trilho superior de ancoragem do conjunto: índice s ;
- forças no trilho inferior: índice i ;
- forças nos parafusos dianteiros dos trilhos: índice d ;
- forças nos parafusos traseiros: índice t ;

a) Parafuso de Fixação do Cinto de Segurança

A figura 5-III mostra uma das pontas do cinto de segurança fixada à estrutura do assento por meio de um parafuso. São mostradas também as forças que agem devido ao corpo do passageiro.

A força peso deve ser equilibrada pela superfície do assento, cabendo ao cinto impedir que o passageiro se desloque de sua posição sob ação da aceleração a . Assim sendo, para o sistema mostrado:

$$Y_c = 0, \quad X_c = -m \cdot a = -75 \cdot 196 = -14700\text{N}$$

Porém, como dito, apenas uma das duas pontas do cadarço foi desenhada; portanto, na realidade:

$$X_c = -14700 / 2 = -7350\text{N}$$

Assim, o parafuso deve ser projetado para resistir a uma força de 7350N, aplicada radialmente, no sentido de seu centro (X_c está aplicada ao cadarço).

b) Parafusos de Fixação do Conjunto de Bancos

Pelos desenhos (IV) e (V) da figura 5, conclui-se que (lembrando que dois passageiros usam o conjunto):

$$Y_{sd} + Y_{st} + Y_{id} + Y_{it} = 2.m.g + M.g$$

$$X_{sd} + X_{st} + X_{id} + X_{it} = -(2.m.a + M.a)$$

Resolvendo os segundos membros:

$$\Sigma Y = 2072,70N \quad e \quad \Sigma X = -41454,00N$$

Se for suposto que as reações nos parafusos dianteiro e traseiro, em cada trilho, são igualmente distribuídas:

$$X_{sd} + X_{st} = X_s \quad e \quad X_{id} + X_{it} = X_i$$

Pelas grandezas mostradas na figura 6, pode-se calcular o equilíbrio de momentos fletores para o parafuso traseiro do trilho inferior, em relação ao eixo "y":

$$M_{it_y} = 315.m.a + 585.M.a + 910.m.a + 1210.X_s = 0$$

Substituindo-se os devidos valores de m , M e a :

$$X_s = -20709,99N,$$

de onde se conclui que:

$$X_i = -20744,01N.$$

Chega-se, então, aos valores:

$$X_{id} = X_{it} = -10355,00 N$$

$$X_{sd} = X_{st} = -10372,00 N$$

Deve-se lembrar, novamente, que os sinais negativos referem-se à direção das forças aplicadas à estrutura do conjunto, e não aos parafusos.

Para que haja equilíbrio de momentos, em relação ao mesmo ponto anterior, mas tomando-se por base o eixo "x":

$$M_{it_x} = 1210 (Y_{sd} + Y_{st}) - g.[(315 + 910).m - 585.M]$$

Mais uma relação surge para as reações verticais:

$$Y_{sd} + Y_{st} = 1035,50N$$

Repetindo-se a operação para o eixo "z", suposto "saindo" do plano da figura:

$$36.M.g + 210.(Y_{id} + Y_{sd}) = 2.m.(153.g + 588.a) + M.a.570 + 335.X_s,$$

de onde: $Y_{id} + Y_{sd} = 82968,32N$

Aplicando-se tal resultado à expressão de ΣY :

$$Y_{st} + Y_{it} = -80895,62N$$

Como o sistema é hiperestático, far-se-á a hipótese de que a relação entre as duas equações acima se mantenha em cada trilho: $Y_d / Y_t = -1,03$. Usando a hipótese:

$$-1,03Y_{st} + Y_{st} = 1035,50 \Rightarrow Y_{st} = -34516,67N$$

Então: $Y_{sd} = 35552,17N$

$$Y_{id} = 47416,15N$$

$$Y_{it} = -46378,95N$$

Todos os cálculos foram efetuados para os encostos formando 100° com a horizontal. Para a posição de dois encostos abaixados, muda a equação de momento para o eixo "z":

$$110,4.M.g + 210.Y_d = 2.m.(155.g + 588.a) + 570.M.a + 335.X_s$$

Recalculando os passos já descritos:

$$Y_d = 82768,79N \Rightarrow Y_t = -80696,09N$$

$$Y_d / Y_t = -1,03 :$$

$$Y_{st} = -34516,67N \quad Y_{sd} = 35552,17N$$

$$Y_{id} = 47216,62N \quad Y_{it} = -46179,42N$$

Com base nos resultados acima, pôde-se calcular as forças resultantes em cada parafuso, de acordo com a relação:

$$F_R = (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

Dai:

- Encosto levantado:

$$F_{st} = 36041,35N, \quad F_{sd} = 37034,24N$$

$$F_{it} = 47520,87N, \quad F_{id} = 48533,6N$$

- Encosto inclinado:

$$F_{st} = 36041,35N, \quad F_{sd} = 37034,24N$$

$$F_{it} = 47326,15N, \quad F_{id} = 48338,75N$$

3) Dimensionamento dos Elementos de Fixação

O projeto dos parafusos a serem empregados na ancoragem das travas e mecanismos de travamentos dos cintos deverá ser feito com base no parafuso mais solicitado, o qual, como já demonstrado, é o inferior dianteiro. Porém, deve-se levar em conta também o fato de que os parafusos dianteiros trabalham sob compressão, o que leva à necessidade de se fazer cálculos também para o parafuso inferior traseiro (segunda maior força resultante), para que se chegue a uma padronização, isto é, um parafuso dimensionado de forma a ser adotado em todas as posições de ancoragem do conjunto.

Para dimensionamento dos parafusos, além do próprio conjunto de bancos seguro, deverão ser seguidas as seguintes fases:

- 1- Escolha de materiais de parafuso e estrutura à qual o mesmo estará preso__ devem possuir propriedades que possibilitem atingir os níveis de segurança e baixa massa específica; poderá ser interessante também considerar o coeficiente de atrito entre os materiais;
- 2- Adoção de um coeficiente de segurança entre 3 e 4, além de um coeficiente de impacto__ o caso aqui discutido implica em risco de vida em caso de falha dos componentes, sendo indicada esta faixa de coeficiente de segurança. Além disso, os esforços não são aplicados estaticamente, como calculado, mas, atingem um pico em intervalos muito pequenos de tempo, seguindo o comportamento da desaceleração do veículo durante uma colisão, o que eleva sobremaneira as tensões nos elementos de fixação;
- 3- Processo iterativo para definição de características dimensionais do parafuso__ deve-se procurar a melhor combinação entre comprimento, diâmetro, passo e profundidade de rosca.

Com a adoção desses passos para diversos materiais de parafuso e estruturas de fixação, pode-se comparar os resultados obtidos e concluir pela melhor opção.

Se for possível estimar-se a força de impacto provocada pelo choque entre o corpo do passageiro da poltrona de trás sobre o encosto de uma poltrona, poder-se-ia calcular com maior precisão os esforços nos parafusos e estrutura do conjunto, evitando-se, assim, que aqueles elementos resistam apenas aos esforços provocados pelo próprio ocupante do banco em questão.

CONCLUSÕES

Do que foi disposto durante a execução desse trabalho, ficam estabelecidas as seguintes características a serem incorporadas a um *Conjunto de Bancos Seguro* :

- ***Poltronas*** __

- Todas voltadas para a frente;
- Com mecanismo de regulação de inclinação do encosto, num intervalo de 100° a 120° com a horizontal, possibilitando ajustes a cada 5°; o esforço máximo de acionamento da manopla de reclinção deverá ser de 30N, e o esforço máximo sobre o encosto para reclinção, de 40N; quando totalmente reclinado o encosto, o conjunto almofada/encosto deverá se deslocar 20mm para a frente, a fim de não se furtar muito espaço do ocupante do banco de trás;
- Com apoios para os pés e descansa-braços, um em cada extremo do conjunto de bancos, mais um central, escamoteável.

- ***Vinculação do Passageiro à Poltrona*** __

- Por cinto de segurança Sub-abdominal, com região principal de apoio na bacia do passageiro, ancorado na estrutura da almofada do banco; mecanismo de retratibilidade com travamento por atrito;

- O catarço do cinto deverá apresentar resistência média à tração entre 2 e 3t;
- Como acessório, pode haver uma presilha para que o passageiro fixe um comprimento mínimo ao catarço do cinto, de modo que melhor se ajuste a seu tipo físico, evitando pressão constante sobre o corpo;
- O parafuso de fixação da trava do cinto à estrutura do banco deve ser capaz de resistir a uma força de 7350N, aplicada radialmente no sentido de seu centro.

• *Fixação do Conjunto à Estrutura do Veículo* —

- Pontos de ancoragem em dois trilhos: um situado logo abaixo da almofada, com vinculação à lateral da carroceria, e outro na extremidade inferior do pé, fixo a um tipo de longarina no piso do veículo;
- Fixação por parafusos capazes de resistir a uma força de tração de 46378,95N e de compressão de 47416,15N, submetidos a uma força cortante de 10355,00N.

As dimensões gerais do conjunto são mostradas nas figuras 4 e 6.

RECOMENDAÇÕES ADICIONAIS

Além dos itens já dispostos, alguns outros deverão ser adotados dentro de um projeto real. Tais itens não foram aqui detalhados por exigirem um esforço de engenharia que supera os objetivos esperados de um trabalho acadêmico de graduação, como o presente. Vale, porém, deixá-los listados:

- o sistema de travamento do encosto deverá provê-lo de uma força que impeça seu deslocamento mesmo que o ocupante da poltrona traseira seja arremessado contra o mesmo;
- é desejável que a estrutura do encosto seja colapsível, isto é, absorva parte do choque do corpo do passageiro da poltrona imediatamente posterior através de deformação controlada. Tal característica pode ser conseguida pela escolha correta do material a ser utilizado na fabricação dessa estrutura e, é claro, pelo seu correto dimensionamento;
- também o tecido de revestimento do conjunto merece atenção quando o assunto é segurança. Deve-se prestar atenção à velocidade de propagação de chama que o material permite.

Segundo proposta da FABUS/ANFAVEA e Resolução CONTRAN 675/86, o valor máximo deve ser de 250mm/min;

- todos os elementos de fixação do conjunto, bem como sua própria estrutura, deverão estar protegidos contra corrosão, a fim de que suas características mecânicas sejam reservadas no decorrer da vida útil planejada para o veículo;

- para motorista e seu acompanhante/guia, e passageiros situados logo atrás da escada ou posto do condutor, é recomendável a adoção do cinto de segurança de 3 pontos, igualmente retrátil. Para o motorista/guia, a ancoragem do cinto poderá ser feita na própria estrutura da carroceria; já no caso dos bancos de passageiros citados, pode se fazer necessária a adoção de cintos incorporados ao assento, tornando muito mais dispendiosa sua utilização;

- para o banco do motorista deverão ser refeitos os cálculos de dimensionamento da ancoragem, pois, como exposto acima, o cinto não estará totalmente ligado à sua estrutura.

Também influi o fato de que os pontos de ancoragem estarão todos no piso do veículo, ao contrário dos conjuntos de bancos dos passageiros, que possuem pontos laterais de fixação;

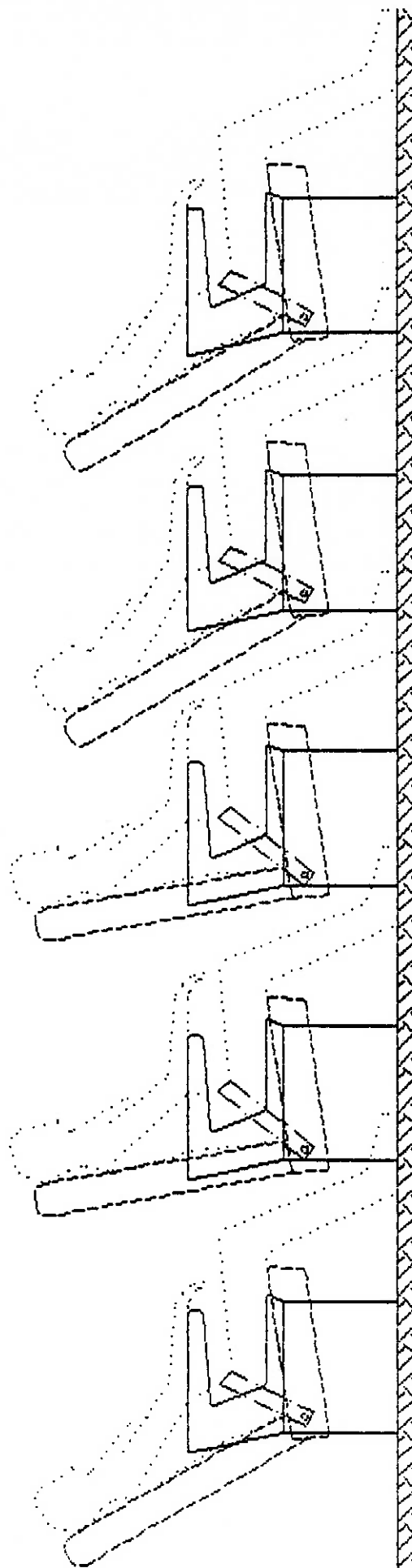
- a mesma recomendação acima se aplica ao banco do guia/acompanhante do motorista. Por estar localizado, em geral, sobre a escada de acesso, deve ser escamoteável, não dificultando o embarque/desembarque dos passageiros; assim, seus pontos de ancoragem estarão no encosto;

- após um acidente, ocorrendo deformação na estrutura do conjunto, não poderá haver cantos vivos ou bordas pontiagudas expostos, para que se evite lesões aos passageiros próximos no instante e depois da ocorrência. Tal norma também deve ser válida no desenho dos conjuntos para que não se provoquem lesões mesmo em uso normal ou acidentes sem deformações dos mesmos;

- a adoção de zonas de absorção de impactos através de superfícies macias, com a utilização de espuma sob o revestimento do banco, deverá obedecer aos compromissos de segurança e não aumentar demasiadamente o volume do encosto, para que não se tome espaço destinado ao conforto e "limpeza visual" do ocupante da poltrona posterior;

- formatos de encosto e almofada do assento dos bancos deverão atender às normas de ergonomia, deixando passageiros em posição confortável e saudável, prevenindo problemas de cansaço, circulação sanguínea e postura.

Fig. 1



LEGENDA:

- Elementos Fixos A Carroceria
- - - Componentes Movelis
- - - Cinto de Seguranca
- Passageiros

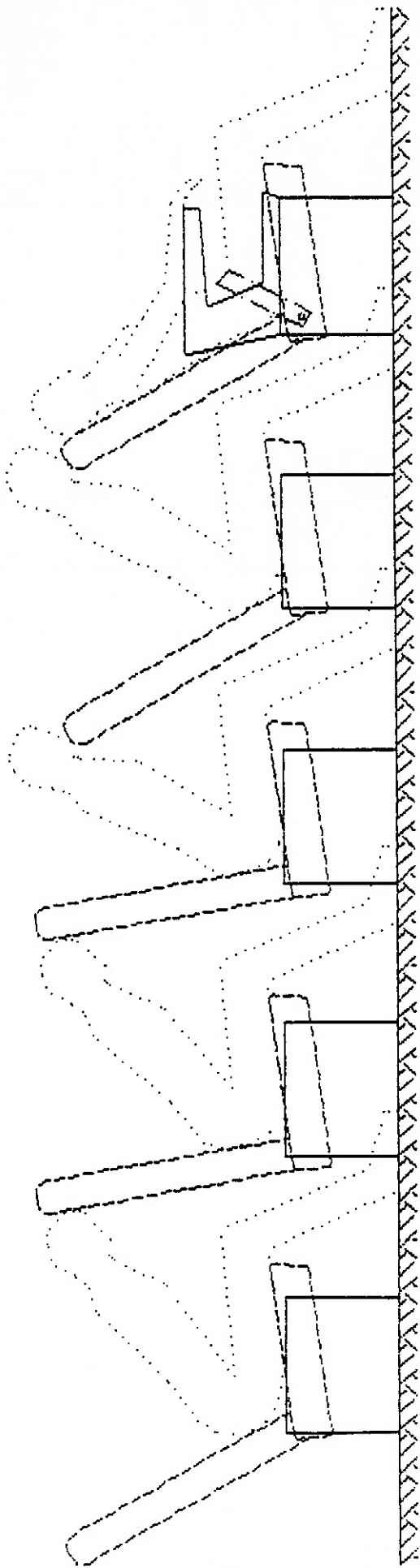


Fig. 2

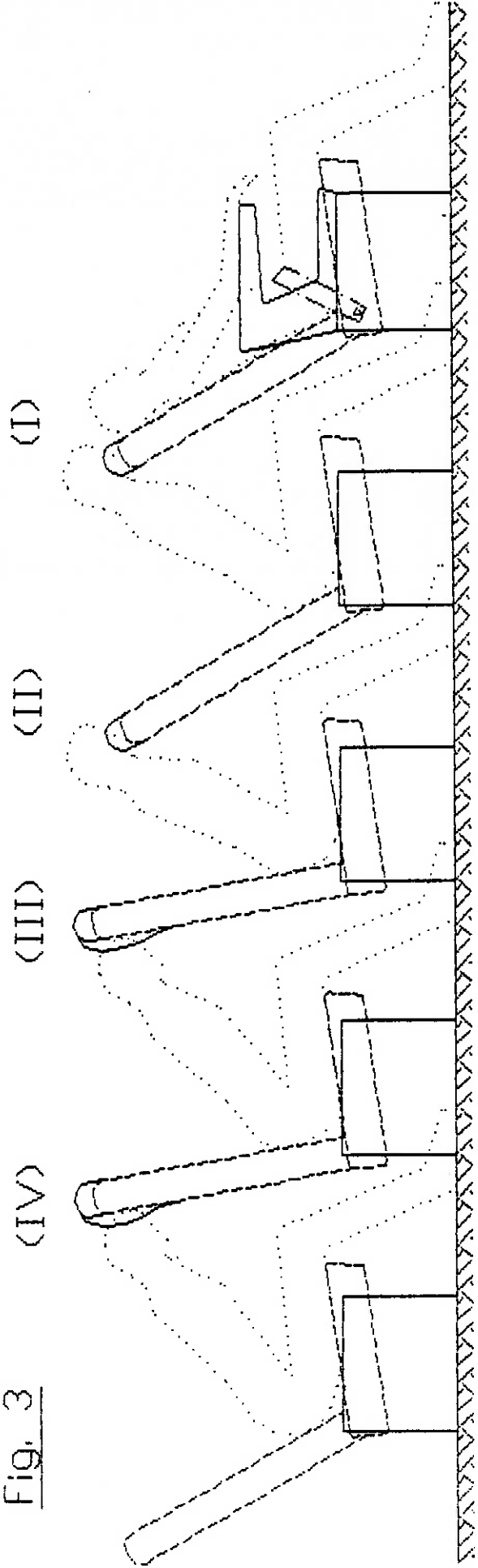


Fig. 3

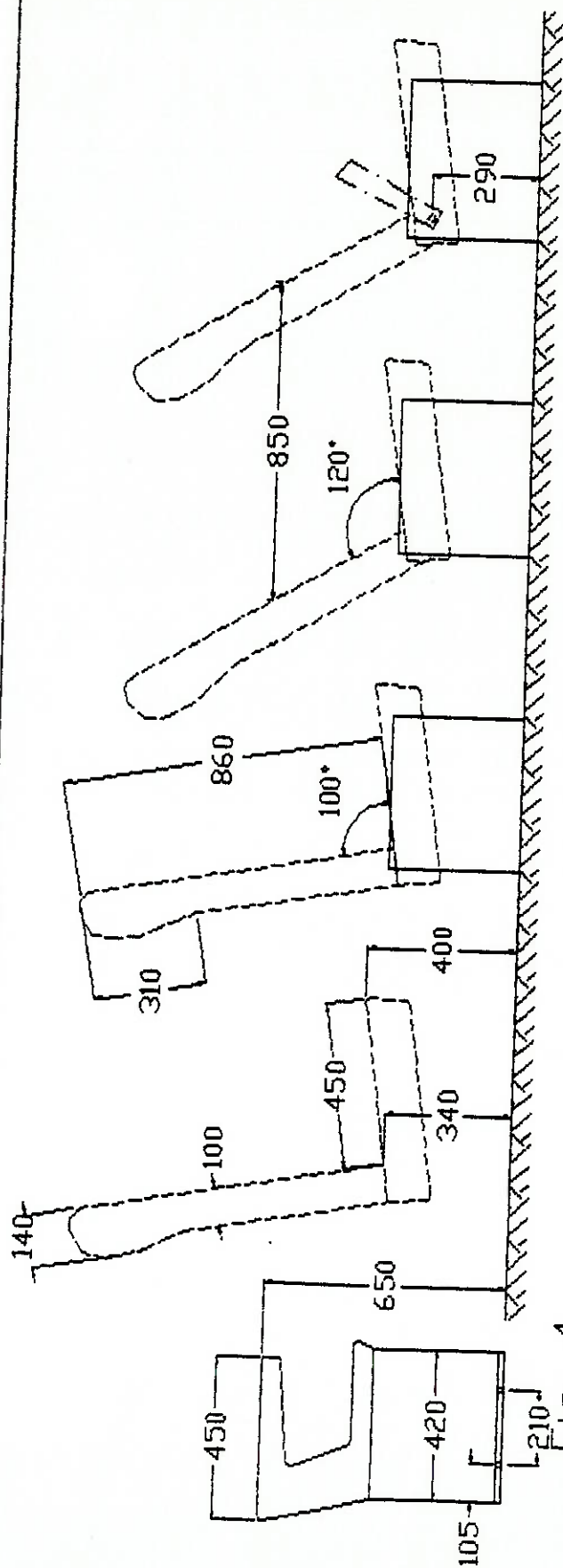
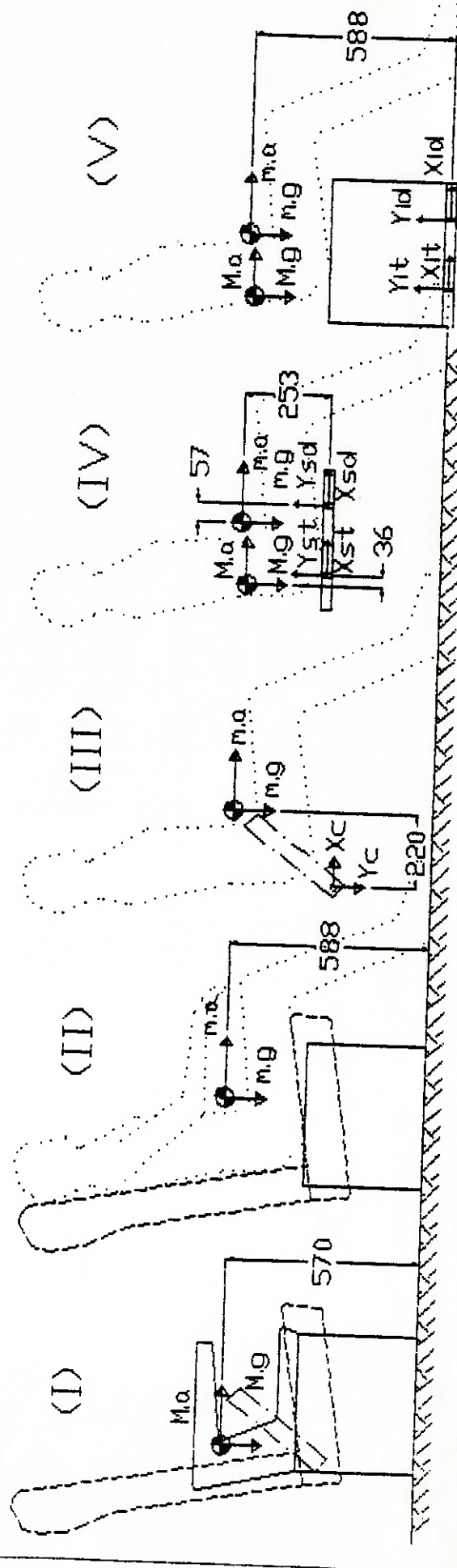


Fig. 4

DBS₁ - Medidas em milímetros

- Cantos arredondados: raio 10mm.

Fig. 5



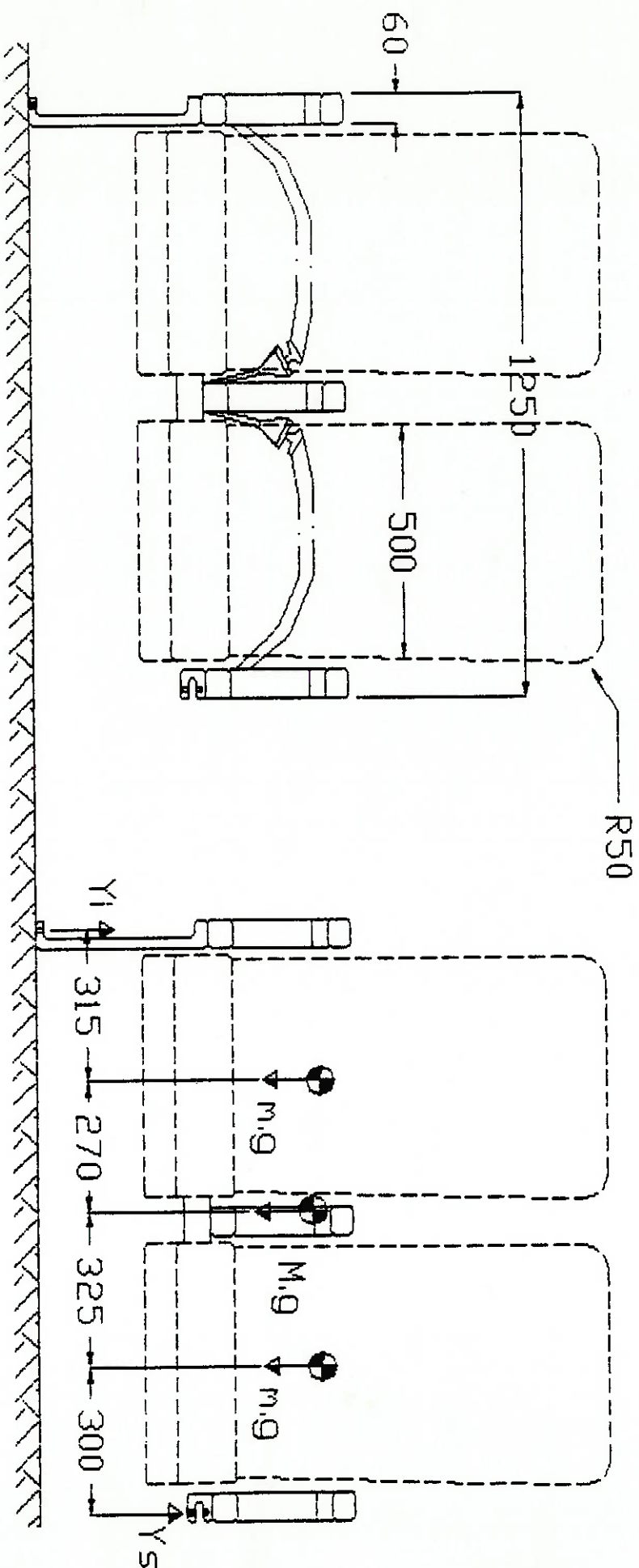


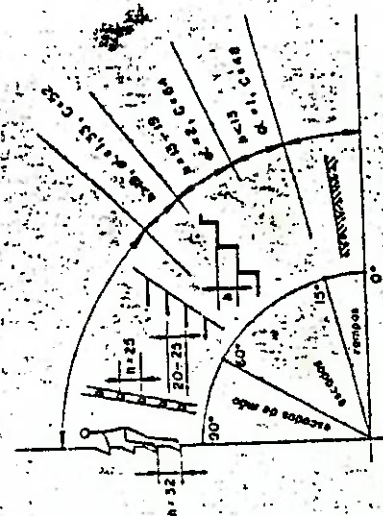
Fig. 6

DBS: - Medidas em milímetros;

- Cantos arredondados: raio 10mm.

Arborecimento de pessoas: m^2 por m^2

o comprimento do piso
a altura do espelho



Bibliografia:

- Saab Scania do Brasil, *Catálogo do Chassis para Ônibus B111*;
- "Automotive Interior Trends for the 90s", *Automotive Engineering*, Vol. 99, Número 5, Maio/1.991;
- Madureira, Omar M., *Apostilas de PMC-475 / Metodologia do Projeto*, Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo;
- FABUS/ANFAVEA, "*Proposta de Complementação da Segurança em Ônibus Rodoviário*" (enviada ao Programa para Redução de Acidentes Rodoviários - PARE - do Ministério dos Transportes);
- Juvinall, Robert C. e Marshek, Kurt M., *Fundamentals of Machine Component Design*, 2a. Edição, John Wiley & Sons, 1991.
- Iida, I. e Wierzbick, H. A. J., *Ergonomia: Notas de Aula*, 3a. Edição, FEI, São Paulo, 1978