



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

**VICTOR HELLMEISTER**

**ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMA CONSTRUTIVO  
DE MÓVEIS PARA APLICAÇÃO VEICULAR**

**Curitiba  
2011**

**VICTOR HELLMEISTER**

**ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMA CONSTRUTIVO  
DE MÓVEIS PARA APLICAÇÃO VEICULAR**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design, do Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná. Área de Concentração: Design Gráfico e de Produto.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Luiz Razera

**Curitiba**

**2011**

---

H477e Hellmeister, Victor, 1984-  
Estudo comparativo de sistema construtivo de móveis para  
aplicação veicular [manuscrito] / Victor Hellmeister. – 2011.  
141 f. : il., color. ; 30 cm.

Impresso.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Ciências Humanas, Letras e Artes, Programa de Pós-graduação em  
Design, 2011.

“Orientador: Prof. Dr. Dalton Luiz Razera”.

Bibliografia: f. 108-111.

1. Mobiliário - Projetos. 2. Desenho (Projetos). 3. Recreação –  
Equipamentos e acessórios. I. Universidade Federal do Paraná.  
Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes. II. Razera, Dalton  
Luiz, 1954-. III. Título.

CDD: 684.4

---

Bibliotecário: Arthur Leitis Junior - CRB 9/1548

*Aos meus pais, Luiz Antônio Vasques Hellmeister e Carmen Francisca Lourenço  
Pinto Hellmeister, por seu apoio incondicional, incentivo, exemplo de vida e  
insistência, sem os quais este trabalho não teria sido realizado.*

## AGRADEÇO...

...ao meu orientador, Profº Dr. Dalton Luiz Razera, pela confiança e pela paciência;

...a todos os docentes do programa de pós-graduação em Design da UFPR pelos  
valorosos ensinamentos;

...à CAPES, pelo suporte financeiro e por acreditar num ensino de qualidade no  
Brasil;

...à Unesp de Bauru pelo apoio nos ensaios;

...ao secretário da pós graduação, Gerson Miguel Yasbek, pela amizade e pelos  
“galhos quebrados”;

...aos amigos que fiz durante o mestrado, Rafael Baptistella Luiz, Reinaldo Pereira e  
Daniel Lourenço, pela companhia e pelas risadas;

...a todos os momentos de alegria que tive durante os últimos dois anos, que me  
impulsionaram até o final;

...a todas as decepções e tristezas, por forjarem o meu caráter...

Muito Obrigado!

*Mataram meu Senhor... o traíram, o cuspiram!*  
*Por minha causa, Ele suportou todas as afrontas, tendo o Exército dos Céus á sua*  
*disposição,*  
*renegou sua divindade para pagar meus erros.*  
*Se fez igual a mim, para que eu me igualasse a Ele....*  
*Mas a morte não o segurou, nem o inferno bastou para retê-lo..*  
*Rugiu como Leão, brotou como a Rosa de Sarom....*  
*Ressuscitou!*  
*E hoje está vestido de luz, hoje É a Luz!*  
*E reinará pelos séculos dos séculos, Aleluia!*  
*Amo-te Pai, mais que a minha vida.. Em Ti nada temo!*

*Maravilhoso é ter teu Amor Jesus!... De nada mais preciso...*

HELLMEISTER, Victor. **ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMA CONSTRUTIVO DE MÓVEIS PARA APLICAÇÃO VEICULAR**. Curitiba, 2011. 216 p. Dissertação (Mestrado em Design de Produto) – Programa de Pós Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

## RESUMO

A instalação de móveis no interior de veículos ocorre com o intuito de reproduzir ou simular ambientes estáticos como, por exemplo, casas, alojamentos, consultórios médico-odontológicos, caixas eletrônicos bancários, cozinhas, lanchonetes, lojas, escolas entre outros. Esta pesquisa apresenta um estudo sobre móveis de madeira para aplicação em veículos e teve como objetivo traçar diretrizes de projeto e fabricação visando minimizar os efeitos destrutivos dos esforços dinâmicos sobre os móveis, inerentes ao uso veicular. Observa-se que tais móveis são construídos segundo métodos construtivos semelhantes ao de móveis convencionais de uso predial e que, apesar de permitirem a realização de atividades antes vinculadas à instalações fixas em outros lugares, apresentam problemas de durabilidade relacionados a esforços dinâmicos aos quais são submetidos durante sua vida útil. Fez-se um levantamento dos principais problemas junto a fabricantes de veículos especiais, bem como dos procedimentos já adotados em relação aos efeitos danosos da vibração. Com base nas informações encontradas, foi realizado um ensaio de vibração senoidal com o objetivo de comparar a resistência de dois corpos de prova, sendo um construído segundo procedimentos convencionais e outro adotando-se os procedimentos encontrados em campo. O ensaio reproduziu os defeitos reais de maneira satisfatória, bem como comprovou a eficiência de algumas medidas já adotadas pelos fabricantes. Os resultados indicaram que tais diretrizes prolongam a vida útil dos móveis quando expostos à vibração senoidal, o que permitiu a proposição de diretrizes de projeto para a construção de móveis veiculares visando o aumento da durabilidade e resistência à esforços dinâmicos.

**Palavras-chave:** Moveleira. Ensaio de vibração. Unidades móveis. Veículos de recreação. *Design*.

HELLMEISTER, Victor. **COMPARATIVE STUDY OF CONSTRUCTIVE SYSTEMS OF FURNITURE FOR VEHICULAR APPLICATION.** Curitiba, Parana 2011. 216 p. Dissertation (Masters in Product Design) - Graduate Program in Design, Federal University of Parana. Curitiba, Brazil 2011.

## **ABSTRACT**

The installation of furniture in the interior of vehicles occurs in order to reproduce or simulate static environments such as houses, medical and dental offices, bank ATMs, kitchens, cafeterias, shops, schools and others. This research presents a study of wood furniture for use in vehicles and aimed to draw up guidelines on the design and manufacturing to minimize the destructive effects of dynamic forces on the furniture, inherent in vehicular use. It is observed that such furniture is constructed according to conventional furniture construction methods and, although allowing activities related to fixed installations elsewhere, presents durability problems related to dynamic forces which are submitted during its lifetime. A survey has been conducted to examine the main problems with special vehicles manufacturers of , as well as the procedures already adopted in relation to the damaging effects of vibration. Based on the information found, there was a sine vibration test in order to compare the resistance of two specimens, one being built in conventional procedures and the other adopting the procedures found with manufacturers. The test reproduced the failures in a satisfactory manner and proved the effectiveness of procedures already adopted by some manufacturers. The results indicated that these guidelines are effective in extending the life of the furniture when exposed to sine vibration, which allowed to propose design guidelines for building vehicular furniture in order to increase the durability and resistance to dynamic forces exposure.

**Keywords:** Furniture. Vibration Tests. Specialty Units. Recreational Vehicles. Design.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Unidade Móvel do Hospital do Câncer de Barretos-SP.....	17
Figura 2: Interior da Unidade Móvel de Prevenção do Câncer.....	17
Figura 3: Escola móvel de automação industrial do Senai SP. ....	17
Figura 4: Unidade móvel da equipe Renault F1. ....	18
Figura 5: Pátio das unidades móveis da Fórmula 1.....	18
Figura 6: Unidade móvel da equipe McLaren-Mercedez.....	18
Figura 7: Estrada Romana com calçamento em pedras. ....	19
Figura 8: Carruagem dormitório do império romano.....	19
Figura 9: Detalhe do suporte da suspensão.....	20
Figura 10: Sheep-Wagon nos EUA. ....	20
Figura 11: Interior de uma Sheep-Wagon nos EUA. ....	21
Figura 12: Cama de uma Sheep-Wagon nos EUA.....	21
Figura 13: Bandeira do Povo Cigano .....	22
Figura 14: Carroça Cigana – Início do Séc. XX.....	22
Figura 15: Motorhome de 1921 .....	22
Figura 16: Estradas norte-americanas no verão .....	23
Figura 17: Estacionamento para VRs nos EUA.....	23
Figura 18: Unidades Móveis do PoupaTempo .....	24
Figura 19: Interior da unidade móvel PoupaTempo .....	24
Figura 20: Unidade móvel bancária.....	27
Figura 21: Unidade móvel bancária, parte interna.....	27
Figura 22: Ambulância da cidade de Maringá, PR. ....	28
Figura 23: Pátio da empresa Rontan em Tatuí-SP.....	29
Figura 24: Transformação de um ônibus urbano em unidade móvel .....	30
Figura 25: Rachaduras e luminárias tortas.....	30
Figura 26: Uso de móveis convencionais.....	31
Figura 27: Gaveta de um <i>motorhome</i> danificada pela vibração. ....	31
Figura 28: Suporte da gaveta danificado.....	32
Figura 29: Cozinha de um trailer quinta-roda em manutenção.....	32
Figura 30: Danos sob a pia. ....	33
Figura 31: Infiltração de chuva no teto de um trailer convencional.....	33

Figura 32: Apodrecimento da estrutura do teto de um trailer. ....	34
Figura 33: Gráfico de Delimitação do Tema.....	34
Figura 34: Armário de produção em linha .....	40
Figura 35: Cama de Linha .....	41
Figura 36: Móvel em vão de escada feito sob medida. ....	41
Figura 37: Armários e prateleiras feitos sob o vão do telhado.....	42
Figura 38: Cozinha planejada em módulos. ....	43
Figura 39: Interior de unidade movel ginecológica. ....	49
Figura 40: Gabinete com pia de unidade movel ginecológica. ....	49
Figura 41: Ferragens de uso tradicionais em unidades móveis. ....	50
Figura 42: Plugues e conexões na instalação elétrica. ....	51
Figura 43: Suporte para TV e ar-condicionado com parafusos ocultos.....	51
Figura 44: Mamógrafo no interior de uma unidade móvel. ....	52
Figura 45: Mamógrafo no interior de uma unidade móvel. ....	52
Figura 46: Classificação de veículos não-motorizados – “towables”.....	53
Figura 47: Classificação de veículos motorizados – “motorhomes” .....	54
Figura 48: Ponte Tacoma Narrows, 1940.....	56
Figura 49: Esquema das frequências no transporte rodoviário .....	57
Figura 50: Feixe de molas de flexão. ....	59
Figura 51: Suspensão por molas de torção do VW Fusca. ....	59
Figura 52: Molas helicoidais. ....	60
Figura 53: Molas pneumáticas. ....	60
Figura 54: Desenho esquemático de suspensão elastomérica. ....	61
Figura 55: Funcionamento de Suspensão Elastomérica .....	62
Figura 56: Conjuntos de suspensão elastomérica.....	63
Figura 57: Braço ajustaveel em suspensão elastomérica .....	63
Figura 58: Motor Home após locação do Rally dos Sertões 2006.....	65
Figura 59: Portas danificadas.....	65
Figura 60: Portas danificadas e desalinhadas.....	65
Figura 61: Motor Home com problema na forração do teto.....	66
Figura 62: Rachadura em teto de motorhome.....	66
Figura 63: Rachadura em teto de motorhome.....	67
Figura 64: Carreta escola de informática – Senac Móvel.....	67
Figura 65: Portas desalinhadas e prateleira caída. ....	68

Figura 66: Rachaduras nos revestimentos das paredes. ....	68
Figura 67: Dobradiças quebradas e portas soltas. ....	69
Figura 68: Perfil de Vibração Randômica ISTA - feixe de mola.....	73
Figura 69: Perfil de Vibração Randômica ISTA - suspensão a ar. ....	73
Figura 70: Perfil de Vibração Randômica ISTA - Trens.....	74
Figura 71: Mesa vibratória executando ensaio em refrigerador .....	75
Figura 72: Perfil de vibração adquirido em situação real.....	75
Figura 73: Mesa vibratória utilizada nos ensaios.....	77
Figura 74: Modelagem digital da mesa vibratória.....	78
Figura 75: Parafusos de rosca soberba bicromatizados 14 X 45 mm .....	79
Figura 76: Parafusos do segundo corpo de prova.....	80
Figura 77: Cantoneira galvanizada de três furos.....	80
Figura 78: Dobradiças tipo caneca de 25 e 35 mm. ....	80
Figura 79: Puxadores em Alumínio da marca Hennich .....	81
Figura 80: Adesivo a base de poliuretano utilizado na montagem .....	81
Figura 81: Modelo digital do corpo de prova. ....	83
Figura 82: Modelo digital com gaveta aberta.....	83
Figura 83: Vista Explodida do modelo.....	84
Figura 84: Primeiro corpo de prova (CP1).....	85
Figura 85: Fixação interna dos painéis estruturais .....	85
Figura 86: Dobradiça para caneca de 25 mm da marca Hettich .....	86
Figura 87: Corrediça da marca FGV-TN, com capacidade para 25kg.....	86
Figura 88: Detalhe dos parafusos do segundo corpo de prova.....	87
Figura 89: Aplicação de adesivo nos painéis estruturais.....	87
Figura 90: Aplicação de adesivo epoxi nos parafusos das dobradiças .....	88
Figura 91: Móveis experimentais fechados .....	89
Figura 92: Móveis experimentais abertos.....	89
Figura 93: Estrutura de caibros para fixação dos corpos de prova .....	90
Figura 94: Peças usadas para fixação dos corpos de prova.....	90
Figura 95: Fixação dos caibros sob os corpos de prova .....	91
Figura 96: Arruela em MDF e parafuso interno ao móvel.....	91
Figura 97: Representação em 3D do ensaio montado.....	91
Figura 98: Corpo de prova 1 montado.....	92
Figura 99: Pesagem individual dos sacos de areia .....	92

Figura 100: Sacos de areia na estante e no fundo do CP.....	93
Figura 101: Porta esquerda desalinhada(CP1) .....	95
Figura 102: Colapso da dobradiça .....	96
Figura 103: Colapso da dobradiça e riscos no acabamento (CP1) .....	97
Figura 104: Ambas portas desalinhadas (CP1).....	97
Figura 105: Pequena folga na corrediça (CP1) .....	98
Figura 106: Prateleira solta. ....	99
Figura 107: Lado esquerdo da testeira solto .....	99
Figura 108: Corrediça intacta (CP2).....	100

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo entre Suspensão de Feixe de molas e a Ar. ....	74
Tabela 2: Quadro comparativo entre corpos de prova .....	82
Tabela 3: Resultados dos Ensaios .....	101

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abimóvel	Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário
AP	Alta-pressão
BP	Baixa pressão
CETEA	Centro de Tecnologia de Embalagem de Alimentos
CG	Centro de gravidade
CP	Corpo de Prova
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
EUA	Estados Unidos da América
ISTA	<i>International Safe Transit Association</i>
ITAL	Instituto de Tecnologia de Alimentos
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
MDP	<i>Medium Density Particleboard</i>
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PSD	Espectros de densidade de potência
RV	Recreational Vehicle
SAMU	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
VR	Veículo de Recreação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2	HISTÓRICO	19
1.3	DADOS ECONÔMICOS DO SETOR	24
1.4	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	26
1.5	JUSTIFICATIVA	35
1.6	OBJETIVOS	35
1.6.1	<b>Objetivo Geral</b>	35
1.6.2	<b>Objetivos Específicos</b>	36
1.7	MÉTODO	36
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	38
2.1	MÓVEIS DE MADEIRA - CLASSIFICAÇÃO	38
2.1.1	<b>Móveis de Produção Seriada</b>	40
2.1.2	<b>Móveis Sob Medida</b>	41
2.1.3	<b>Móveis Planejados</b>	42
2.1.4	<b>Utilização</b>	44
2.1.4.1	<u>Residenciais</u>	44
2.1.4.2	<u>Institucionais</u>	44
2.1.4.3	<u>Hospitalares</u>	45
2.1.5	<b>Matéria Prima</b>	46
2.1.5.1	<u>Material Estrutural</u>	46
2.1.5.2	<u>Fixação ou União Mecânica</u>	46
2.1.5.3	<u>Colagem ou União Química</u>	47
2.1.5.4	<u>Ferragens</u>	47
2.1.5.5	<u>Acessórios</u>	48
2.2	MÓVEIS VEICULARES	48
2.2.1	<b>Classificação</b>	48
2.3	VEÍCULOS ESPECIAIS	52
2.3.1	<b>Suspensão Veicular e Vibração</b>	55
2.3.2	<b>Tipos de Suspensão</b>	58
2.3.2.1	<u>Molas Mecânicas</u>	59

2.3.2.2	<u>Molas Pneumáticas</u> .....	60
2.3.2.3	<u>Suspensão Elastomérica</u> .....	60
<b>2.3.3</b>	<b>Suspensão e Eixos de Trailers e Carretas Rodoviárias</b> .....	<b>61</b>
2.4	DEFEITOS DECORRENTES DA VIBRAÇÃO EM MÓVEIS VEICULARES.....	64
2.5	ENSAIO DE VIBRAÇÃO RANDÔMICA.....	69
<b>2.5.1</b>	<b>Ensaio de Integridade</b> .....	<b>70</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Simulação Generalizada</b> .....	<b>70</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Simulação Focalizada</b> .....	<b>71</b>
2.6	NORMAS DO ENSAIO DE EMBALAGENS.....	72
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>77</b>
3.1	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	77
3.2	CORPOS DE PROVA.....	82
<b>3.2.1</b>	<b>Corpo de Prova 1 (CP1)</b> .....	<b>84</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Corpo de Prova 2 (CP2)</b> .....	<b>86</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Fixação dos CPs à mesa</b> .....	<b>89</b>
3.3	PROCEDIMENTO DE ENSAIO .....	93
<b>3.3.1</b>	<b>Ensaio 1 (CP1)</b> .....	<b>93</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Ensaio 2 (CP2)</b> .....	<b>94</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>95</b>
4.1	RESULTADOS DO ENSAIO 1 (CP1) .....	95
4.2	RESULTADOS DO ENSAIO 2 (CP2) .....	99
4.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	101
4.4	PROPOSTA DE DIRETRIZES DE PROJETO.....	102
<b>4.4.1</b>	<b>Estrutura</b> .....	<b>102</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Ferragens</b> .....	<b>103</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Acessórios</b> .....	<b>104</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Acabamento</b> .....	<b>104</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Suspensão</b> .....	<b>105</b>
	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>106</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>108</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>112</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>120</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Esse trabalho apresenta um estudo sobre o sistema construtivo de móveis de madeira para aplicação veicular, com foco na resistência dos componentes do mobiliário à vibração inerente ao uso em veículos. A instalação destes móveis no interior de veículos ocorre com o intuito de reproduzir ou simular ambientes estáticos como por exemplo casas, consultórios médico-odontológicos, caixa eletrônico bancário, cozinhas, lanchonetes, dentre outras inúmeras aplicações. Observa-se que, em vários casos, tais móveis são construídos segundo os mesmos métodos dos móveis tradicionais de uso predial e que, apesar de permitir a realização de atividades de maneira itinerante antes vinculadas à instalações fixas, tais adaptações apresentam problemas de durabilidade relacionados a esforços dinâmicos aos quais os móveis internos a veículos são submetidos durante sua vida útil.

Dentro do universo de veículos adaptados, motorizados ou não, analisou-se os principais tipos de suspensão quanto ao seu comportamento dinâmico e absorção de impactos, objetivando-se estipular a influência do tipo de suspensão no nível global de vibração de um veículo adaptado.

Analisou-se também o método construtivo e as matérias primas dos móveis de uso predial e, através de um levantamento de campo junto a fabricantes de veículos especiais, estabeleceu-se um paralelo com móveis veiculares.

No levantamento de campo constataram-se os problemas e quais as soluções já adotadas para evitar que os danos decorrentes da vibração ocorram. Com a compilação dos dados coletados em campo, foram traçadas diretrizes básicas para o projeto e execução de móveis veiculares.

Em seguida, propôs-se uma metodologia de ensaio de vibração de modo a analisar a resistência de móveis experimentais e seus respectivos componentes testando a efetividade das diretrizes encontradas e assim reproduzir os danos decorrentes da vibração em laboratório. Para tanto adaptou-se a metodologia de Ensaio de Vibração Randômica, que tem como principal aplicação a área de embalagens, de modo a baixar os custos do ensaio e permitir sua realização em equipamentos mais simples.

Com os resultados dos ensaios, objetivou-se constatar a efetividade das diretrizes encontradas em campo e traçar outras que se fizeram necessárias.

O objetivo final da pesquisa foi traçar diretrizes de projeto para a construção de móveis de madeira para uso veicular, de maneira a auxiliar fabricantes a aumentar a durabilidade de seus produtos e contribuir para a melhora da qualidade de veículos especiais no Brasil, o qual é um nicho de mercado em crescimento e carente de material técnico para consulta.

Devido à escassez ou praticamente inexistência de publicações relacionadas ao tema, foram incluídas na bibliografia quaisquer informações relevantes, como entrevistas a fabricantes, relatos e fotografias feitas por usuários em sites, blogs e fóruns coletados na internet.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O termo “veículos especiais” é designado para todos os tipos de veículo que passam por transformações ou adaptações visando uma aplicação específica (TOSTES, 2009).

Essa designação engloba veículos de recreação e unidades móveis, sejam rebocados ou motorizados.

O termo “unidade móvel” é utilizado para designar veículos adaptados para um determinado uso específico. De maneira geral, pode-se considerar que as unidades móveis são projetadas e produzidas visando o uso comercial ou institucional, diferentemente dos “veículos de recreação”, que são utilizados para fins turísticos. Os veículos de recreação podem ser subdivididos em trailers (veículos rebocados) e *motorhomes* (veículos com motorização própria). Neste trabalho utilizou-se a denominação “veículos especiais” ao se referir a todo e qualquer veículo adaptado a um uso específico e que demanda alterações em veículos originais fabricados em série.

Jardim<sup>1</sup> (2010) afirma que as unidades móveis têm aplicação nas mais diversas áreas. No Brasil são produzidas unidades móveis para diversos ramos de atividade, desde atendimento médico, passando por escolas móveis e carretas-

---

<sup>1</sup>JARDIM, Gilson: Gerente da Fusa Unidades Móveis, de Bauru, Estado de São Paulo; entrevista pessoal. 2010.

estande, para feiras e exposições. Nas Figuras 1 e 2 apresenta-se a Unidade Móvel para prevenção de cancer do Hospital de Barretos, montada em chassi e estrutura de uma carreta baú, que teve todo o interior adaptado para receber equipamentos médicos. A Figura 3 mostra a escola móvel de comandos pneumáticos do Senai.



Figura 1: Unidade Móvel do Hospital do Câncer de Barretos-SP  
Fonte: Jardim (2010)



Figura 2: Interior da Unidade Móvel de Prevenção do Câncer  
Fonte: Jardim (2010)



Figura 3: Escola móvel de automação industrial do Senai SP.  
Fonte: Jardim (2010)

Ainda segundo Jardim (2010), de maneira geral o uso de unidades móveis consolidou-se em atividades que demandam a mudança freqüente de local, como equipes circenses e esportivas. O autor afirma ainda que, atualmente, as maiores e

melhores unidades móveis são as das equipes de Fórmula 1. A unidade móvel da equipe Renault de Fórmula 1 está contida na Figura 4.



Figura 4: Unidade móvel da equipe Renault F1.  
Fonte: Barlito (2007)

Barlito (2007) mostra que as unidades móveis da Fórmula 1 são modulares e se utilizam de várias carretas semi-reboque para montar uma estrutura maior. Em seu interior ficam diversas instalações que dão suporte à equipe, como escritórios, lavanderias, cozinha, refeitório, entre outros. Na Figura 5, tem-se a fotografia do pátio das unidades móveis no circuito de Silverstone, Inglaterra, e na Figura 6, a fotografia da unidade móvel da equipe McLaren-Mercedes.



Figura 5: Pátio das unidades móveis da Fórmula 1.  
Fonte: Barlito (2007)



Figura 6: Unidade móvel da equipe McLaren-Mercedes.  
Fonte: Barlito (2007)

## 1.2 HISTÓRICO

O uso de veículos adaptados a um tipo de necessidade é tão antigo quanto à invenção da roda. Porém, as primeiras documentações sobre o assunto datam do império romano.

Mastinu (2009) afirma que a necessidade de deslocamento de tropas e mercadorias, bem como a vasta rede de estradas no império romano levaram ao desenvolvimento de diversos tipos de veículos de tração animal, cada um adaptado a um tipo de necessidade.

A pavimentação nas estradas romanas (Figura 7) era feita, geralmente, de pedras irregulares e causava um alto índice de vibração aos veículos da época, o que resultou na invenção da suspensão.



Figura 7: Estrada Romana com calçamento em pedras.  
Fonte: Roma-o-matic (2010)

O Museu Romano-Germânico localizado em Colônia, Alemanha possui em seu acervo a réplica de uma carruagem-dormitório do império romano com suspensão em couro. A suspensão mantém o habitáculo literalmente suspenso por tiras de couro em relação aos eixos, diminuindo dessa maneira a vibração transmitida ao habitáculo (Figuras 8 e 9).



Figura 8: Carruagem dormitório do império romano.  
Fonte: Romancoins (2010)



Figura 9: Detalhe do suporte da suspensão.  
Fonte: Romancoins (2010)

O uso de veículos adaptados de maneira a simular ambientes ou instalações fixas teve participação importante na história de povos nômades e em deslocamentos migratórios ao longo da história da humanidade.

Nellemann (2010) afirma que o nomadismo se popularizou na Europa através dos ciganos, e nos Estados Unidos da América (EUA) através dos colonizadores do oeste. Segundo o autor, famílias rumavam para a costa-oeste dos EUA com todos os seus pertences, animais domésticos, rebanhos e objetos a bordo de carruagens-casa, popularmente conhecidas como *Sheep-Wagons*. Nas Figuras 10, 11 e 12 apresentam-se detalhes de uma réplica fiel de *Sheep-Wagon* nos EUA.



Figura 10: Sheep-Wagon nos EUA.  
Fonte: Nellemann (2010)





Figura 11: Interior de uma Sheep-Wagon nos EUA.  
Fonte: Nellemann (2010)



Figura 12: Cama de uma Sheep-Wagon nos EUA.  
Fonte: Nellemann (2010)

A atividade circense têm uma relação intrínseca com o nomadismo e se confunde com a história do povo cigano. Esses, por sua vez, podem ser vistos até os dias de hoje como um povo nômade, ilustrando essa característica inclusive através de sua bandeira (Figura 13). Na Figura 14 vê-se uma carruagem-dormitório cigana, do início do século XX.



Figura 13: Bandeira do Povo Cigano  
Fonte: Hellmeister(2008)



Figura 14: Carroça Cigana – Início do Séc. XX  
Fonte: Wood Factory (2002)

Com o advento do motor a explosão e a construção de estradas modernas, o uso de veículos adaptados se estendeu aos mais diversos ramos de atividade. Na Figura 15 tem-se um dos primeiros registros de um veículo com motor à explosão adaptado como alojamento, de 1921, construído sobre um chassi Pierce Arrow 1905.



Figura 15: Motorhome de 1921  
Fonte: Wood Factory (2002)



A industrialização do século XX possibilitou a popularização do automóvel, eletrodomésticos e de outros bens duráveis. Nos EUA e na Europa de maneira geral a indústria de veículos especiais teve grande crescimento durante o pós-guerra.

A cultura também influencia diretamente no mercado de veículos especiais. Vê-se atualmente que o maior mercado mundial de veículos de recreação e unidades móveis está nos EUA. Graças ao nomadismo já citado, à precoce indústria automobilística e à política de construção de longas rodovias, os EUA se tornou o maior consumidor de veículos de recreação do mundo. Os dados da RVIA (2010) mostram que 10% dos lares americanos possuem algum tipo de veículo de recreação. É possível ver grandes quantidades desse tipo de veículos nas estradas e nos estacionamentos de veículos de recreação (*RV Parks*) durante o verão norte-americano (Figuras 16 e 17).



Figura 16: Estradas norte-americanas no verão  
Fonte: Stevenson (2010)



Figura 17: Estacionamento para VRs nos EUA.  
Fonte: Neveux (2011)

O bom desempenho de um veículo especial está diretamente envolvido com o nível de tecnologia a bordo, o que garante total autonomia de instalações fixas. Os trailers e *motorhomes* modernos podem contar com painéis solares para carregamento de baterias, geradores, televisão via satélite, sistema de aproveitamento de água de condensação do ar-condicionado, entre outros.

Com a popularização da internet sem fio, seja via rádio, telefonia celular ou satélites, aumentou a possibilidade de aplicação de unidades móveis. Atividades que necessitam de conexão com a rede mundial de computadores podem ser desempenhadas comercialmente no interior de veículos. Como exemplo pode-se citar unidades móveis bancárias, postos móveis do Poupa-Tempo (Figuras 18 e 19), dentre outras.



Figura 18: Unidades Móveis do PoupaTempo  
Fonte: Poupatempo (2010)



Figura 19: Interior da unidade móvel PoupaTempo  
Fonte: Domingos (2010)

### 1.3 DADOS ECONÔMICOS DO SETOR

Segundo Tostes (2001) a produção da indústria brasileira de veículos de recreação em 1975 atingiu seu auge, fabricando 130 unidades/mês, e declinou em 1996 para apenas cinco, encontrando-se naquela data em uma situação de recuperação limitada.

O declínio da atividade levou ao fechamento de várias indústrias de barracas, de veículos de recreio e de equipamentos de camping. Os principais fatos que denotaram essa desaceleração foram o fechamento da divisão de VRs da Karmann-Guia (São Bernardo do Campo - SP) em 1995 e, em 2000, da Turiscar (São Leopoldo - RS), a mais antiga indústria do setor do Brasil.

O autor afirma que alguns dos motivos que mais colaboraram para a decadência da indústria de veículos de recreação no Brasil foram a alta tributação de até 47%, e a limitação imposta pelo novo Código Nacional de Trânsito de 1997, que passou a exigir dos campistas a carteira de habilitação tipo “E” para o reboque de trailers. Segundo o autor, tal exigência é a mesma feita para motoristas profissionais de caminhões semi-reboques de 40 toneladas, o que aumentou excessivamente a burocracia para se poder rebocar *trailers* de camping, independente do tamanho do mesmo. Ele ainda afirma que *trailers* oferecem mais conforto e segurança do que uma barraca e têm preços razoáveis, o que consagrou esse tipo de reboque como uma forma popular de acampar por um custo relativamente baixo. Os *trailers* ainda fazem parte de um nicho de mercado intermediário entre as barracas e os *motorhomes*. A exigência legal paralisou a indústria de VRs, impediu mais de 10.000 proprietários de circularem com seus reboques e ainda restringiu a entrada de campistas estrangeiros que visitavam o Brasil via MERCOSUL, afetando a economia do setor turístico dos estados sulistas.

O autor ainda declara que os veículos de recreio produzidos no Brasil equiparam-se aos europeus e americanos em nível de estrutura, conforto e acabamento e que o mercado é limitado pelo preço, decorrente da pequena demanda e por não haver uma estrutura de custos e racionalização de produção. A produção é artesanal e cada *motorhome* consome, em média, 5.000 horas de trabalho. Ele afirma que a indústria nacional de VRs está restrita a cinco empresas de pequeno porte e que, para sobreviver, desviaram sua produção para unidades móveis, limitando a de motor homes em função do encolhimento do mercado e

paralisando a de *trailers* por completa falta de clientela, decorrente dessa exigência legal.

Tostes (2001) afirma ainda que a frota de motor homes em 2001 no Brasil era estimada em 3.000 veículos. O autor, porém, não dá o número de *trailers* nessa data. Nos EUA na mesma época era de 1,7 milhões e na Europa de 900 mil motor homes. Ele diz em seu artigo que no exterior os trailers têm muita aceitação constituindo em 2001 uma frota de 3,4 milhões nos EUA e 3,7 milhões em oito países europeus.

Tostes (2009) dá outro número atualizado. A frota brasileira atual de motor homes está estimada em torno de 5.000 unidades (crescimento de aproximadamente 66% em relação a 2001), e a de *trailers* em 6.000 unidades. Em relação a outros países, esse número mostra-se invertido. O autor defende que o número de trailers é sempre maior do que o de motorhomes devido ao preço mais baixo. No Brasil essa inversão ocorre devido à exigência da carteira de habilitação tipo “E” para a condução de trailers.

Em comparação ao mercado norte-americano de veículos de recreação, os números do Brasil são quase insignificantes. RVBusiness (2011) mostra que oito milhões de famílias americanas possuem algum tipo de veículo de recreação, o que os coloca como a maior frota de VRs do mundo.

Hoje, entre os fabricantes de veículos de recreação no Brasil há expectativas de expansão do setor relacionados aos eventos internacionais como a Copa do Mundo de Futebol, em 2014 e os Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro, em 2016. Nesses eventos o número esperado de estrangeiros segundo a Agência Brasil (2011) é de 6,7 milhões, 30% maior que 2010, que foi da ordem de cinco milhões de pessoas.

#### 1.4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Apesar de apresentarem várias e consistentes vantagens em mobilidade, é frequente os veículos adaptados apresentarem problemas de durabilidade dos móveis internos devido à frequente exposição a vibrações e impactos provenientes da movimentação do próprio veículo.

Nitschke; Lopes; Bueno (2000) afirmam que os efeitos danosos das vibrações podem acometer os usuários, as estruturas, assim como também, os equipamentos sensíveis, cujas vibrações contribuem o mal-funcionamento. Os autores complementam dizendo que os efeitos das vibrações, em estruturas, normalmente podem ser percebidos por inspeção visual e pelos efeitos que produzem como trincas, descolamento de pinturas, pela instabilidade de regulagens de equipamentos, bem como pela verificação da existência de fonte geradora de vibrações, no caso a própria movimentação do veículo. Nas Figuras 20 e 21, apresenta-se uma unidade móvel bancária. Nota-se em seu interior o uso de móveis tradicionais de escritório.



Figura 20: Unidade móvel bancária.  
Fonte: Real (2008)



Figura 21: Unidade móvel bancária, parte interna.  
Fonte: Real (2008)



Outro problema frequente durante o uso de tais veículos é a quebra de utensílios e equipamentos, como copos, louças, eletrodomésticos, lâmpadas, equipamentos odontológicos e tampos de pedra das pias, itens que devem ser revistos no interior das unidades móveis.

Os móveis para aplicações fixas não são projetados para sofrerem constantes vibrações e torções, esforços naturais em se tratando do interior de veículos. O problema se agrava no Brasil devido ao estado de conservação deficitário da pavimentação de ruas e estradas por todo o país. Como observação, pode-se ressaltar que os melhores asfaltos do Brasil estão dentro ou entre as grandes cidades. Porém, as unidades móveis são utilizadas exatamente para o uso distante dos grandes centros, muitas vezes chegando a trafegar por estradas de terra.

Portanto, pavimentações ruins são uma constante na vida útil desse tipo de veículo. O uso extremo tem como conseqüências a abertura de portas durante o trajeto, desmontagem de divisórias e paredes, quebra de trincos e dobradiças, rachaduras e peças soltas, que se tornam fontes de ruídos e afetam até mesmo a segurança dos passageiros do veículo em trânsito. Em alguns casos, até estruturas tubulares em aço e suportes de utensílios, podem ser danificados, causando acidentes e ferimentos aos passageiros. Em se tratando de veículos oficiais, a falta de manutenção agrava a baixa durabilidade das instalações, como é possível visualizar na Figura 22, que mostra uma ambulância na cidade de Maringá em mau estado de conservação.



Figura 22: Ambulância da cidade de Maringá, PR.  
Fonte: Rdnews (2009)

As unidades móveis no Brasil são construídas, em sua maioria, sem considerar a durabilidade das instalações internas e o acondicionamento de equipamentos salvo exceções de empresas com produção seriada, como por exemplo, a Rontan da cidade de Tatuí, SP. A Figura 23 mostra uma foto aérea do pátio da empresa, com várias unidades do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência do Governo Federal (SAMU) sendo produzidas.



Figura 23: Pátio da empresa Rontan em Tatuí-SP.  
Fonte: Rontan (2011)

Em empresas pequenas, onde a fabricação de unidades móveis é artesanal, nota-se que em alguns casos são utilizados veículos antigos para a transformação, como ônibus urbanos que já foram retirados de circulação ou até mesmo carretas tipo porta-container. O uso de veículos inadequados para a transformação em unidades móveis pode resultar em adaptações com baixa durabilidade, agravando a instabilidade de equipamentos de precisão e a baixa vida útil de aparelhos elétricos, como unidades de ar condicionado. Podem ocorrer ainda o rompimento de encanamentos rígidos de gás e água, bem como danos às estruturas e acabamentos dos móveis internos.

Jardim (2010) afirma que as unidades móveis utilizadas na região centro-oeste, norte e nordeste, por trafegarem em sua maioria em estradas não pavimentadas, até mesmo dentro de zonas rurais, apresentam danos freqüentes em tampos de mesa, soltura de equipamentos de ar condicionado e desalinhamento de portas.

Nas Figuras 24, 25 e 26, é possível ver uma unidade móvel médico-odontológica construída no interior de um ônibus urbano antigo. Nota-se a fixação de móveis hospitalares e de escritório no interior do veículo, bem como infiltrações e rachaduras nas paredes. Ainda é possível ver cabos elétricos soltos e luminárias desalinhadas, problemas ocasionados pelos esforços dinâmicos e pela falta de planejamento na adaptação do veículo.



Figura 24: Transformação de um ônibus urbano em unidade móvel  
Fonte: Freire (2008)



Figura 25: Rachaduras e luminárias tortas.  
Fonte: Freire (2008)





Figura 26: Uso de móveis convencionais.  
Fonte: Freire, (2008)

A Figura 27 mostra o gabinete da pia da cozinha de um *motorhome* danificada durante o tráfego do veículo. Nota-se na Figura 28 o uso de uma trava de duplo-rolete, para evitar a abertura da gaveta com o veículo em movimento, bem como o suporte quebrado com grampos soltos.



Figura 27: Gaveta de um *motorhome* danificada pela vibração.  
Fonte: 2manytoyz (2010)



Figura 28: Suporte da gaveta danificado.  
Fonte: 2manytoyz (2010)

Os encanamentos de um motorhome sob o efeito das vibrações podem sofrer danos, acarretando vazamentos. Tais problemas acontecem principalmente pela quebra de junções rígidas nos tubos. Num veículo de recreação ou numa unidade móvel, o vazamento de líquidos e infiltrações apodrecem a estrutura de madeira, bem como carpetes e acabamentos. As Figuras 29 e 30 mostram a cozinha de um trailer turístico sendo desmontada, onde vazamentos do sistema da pia em conjunto com a vibração resultaram em problemas estruturais e de acabamento.



Figura 29: Cozinha de um trailer quinta-roda em manutenção.  
Fonte: Nightrider (2010)



Figura 30: Danos sob a pia.  
Fonte: Nightrider (2010)

As infiltrações de águas pluviais em conjunto com a vibração também causam danos de grande monta e de difícil percepção. Quando o dano é detectado, normalmente grandes áreas do veículo foram afetadas, ocultas sob os painéis de acabamento. As imagens 31 e 32 mostram o teto e o piso de um trailer convencional danificados pela infiltração de água de chuva.



Figura 31: Infiltração de chuva no teto de um trailer convencional.  
Fonte: Nightrider (2010)





Figura 32: Apodrecimento da estrutura do teto de um trailer.  
Fonte: Nightrider (2010)

Portanto, o tema deste trabalho se encontra na intersecção de três grandes áreas de pesquisa, a Engenharia Veicular, a Movelaria e o Design.

Traçou-se um diagrama de Venn, onde estão representadas as áreas de conhecimento envolvidas na pesquisa e suas intersecções, gerando a oportunidade de pesquisa. (Figura 33)

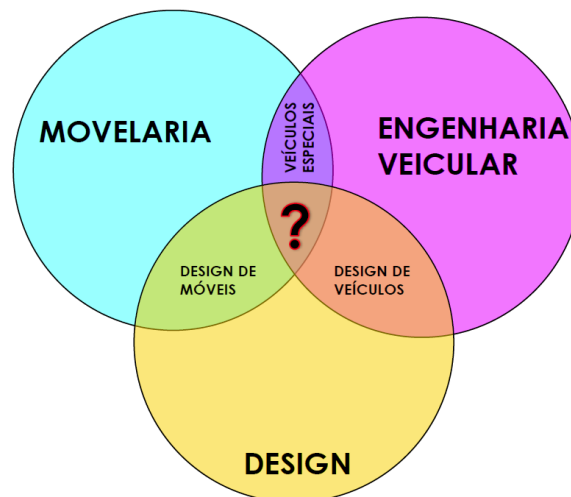


Figura 33: Gráfico de Delimitação do Tema

Com base no gráfico, pode-se afirmar que a pesquisa deve ser focada na área de intersecção, que são os veículos especiais, que engloba o design de veículos e o design de móveis.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa se justifica na busca por soluções para amenizar os danos decorrentes dos esforços dinâmicos nos móveis de uso veicular e o estabelecimento de diretrizes de projeto para a fabricação de móveis veiculares. A baixa durabilidade das instalações internas de veículos especiais acarreta inconvenientes ao usuário e prejuízos ao fabricante. No caso de unidades móveis médico-odontológicas e unidades móveis de ensino, há ainda o dano social pela não-circulação de determinados veículos durante os períodos de manutenção. Em veículos de recreação, a baixa durabilidade acarreta freqüentes manutenções, bem como contratempos para usuários e fabricantes.

Tecnologicamente, essa pesquisa objetiva contribuir para o aumento da qualidade dos produtos brasileiros no ramo de veículos especiais, reduzindo os prejuízos do usuário na interrupção do uso para manutenções.

A redução dos danos decorrentes da vibração contribuirá para a diminuição da periodicidade e os custos das manutenções das instalações internas dos veículos especiais, bem como na prevenção de acidentes durante os deslocamentos decorrentes de partes soltas.

Através do conhecimento da oportunidade de pesquisa, é possível Formular a seguinte pergunta: de que maneira seria possível anular ou minimizar os efeitos destrutivos dos esforços dinâmicos nos móveis de uso veicular?

Com a pergunta de pesquisa formulada, é possível traçar os objetivos do trabalho.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral traçar diretrizes de projeto, baseadas em levantamento de campo e ensaios laboratoriais, que venham amenizar os efeitos danosos da vibração nos móveis de uso veicular.

### 1.6.2 Objetivos Específicos

Para se alcançar o objetivo geral, foram traçados alguns objetivos específicos:

- a) Levantar junto aos fabricantes problemas decorrentes da vibração e esforços dinâmicos em móveis de madeira no interior de veículos;
- b) Levantar junto aos fabricantes as soluções já utilizadas de maneira a evitar danos decorrentes de esforços dinâmicos;
- c) Avaliar a resistência dos móveis de MDF e/ou compensado fixados no interior de veículos através de ensaios dinâmicos de vibração;
- d) Traçar diretrizes de projeto para a construção de móveis veiculares através da compilação dos dados obtidos na pesquisa e
- e) Propor soluções para anular ou amenizar os danos resultantes dos esforços dinâmicos nos móveis de MDF e/ou compensado em uso veicular.

## 1.7 MÉTODO

Nesta seção, apresenta-se o método de pesquisa adotado neste trabalho.

Esta é uma pesquisa exploratória que fez uso de métodos qualitativos e quantitativos.

Inicialmente, conduziu-se um levantamento de dados e fatos para contextualizar o tema e especificar o assunto de pesquisa. Nesta seção traçou-se o panorâma econômico do setor e como o problema da vibração afeta os fabricantes e usuários de veículos especiais. Essa fase pode ser considerada como pesquisa explicativa. Segundo Gil (1991) uma pesquisa explicativa tem o objetivo de identificar fatores determinantes ou contribuintes para um determinado fenômeno.

Posteriormente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para comprovar o problema de pesquisa relatado por outros autores e fontes. Nessa fase classificou-se os tipos de veículos adaptados quanto à sua motorização e utilização e fez-se uma breve análise dos principais tipos de suspensão veicular buscando-se encontrar qual a suspensão que melhor absorve as irregularidades do piso e transmite menos vibração para o interior do veículo.

A fase seguinte do trabalho deu-se em campo, por meio de entrevistas e fotografias, de modo a explicitar o problema de pesquisa, bem como definir suas causas e quais medidas já são adotadas pelos fabricantes em relação aos danos causados pela vibração. A investigação *in-loco* nas oficinas e fábricas de veículos especiais e móveis pode ser classificada conforme Gil (1991) como um levantamento.

Em seguida, deu-se início à definição do experimento, normas, definição dos corpos de prova e métodos de ensaio.

Através da observância das condições reais de uso dos móveis veiculares de madeira, propõe-se um ensaio laboratorial visando simular as condições reais de rodagem e os esforços dinâmicos envolvidos, de modo a avaliar a resistência dos corpos de prova a esforços dinâmicos.

Finalmente, fez-se a compilação de dados da pesquisa bibliográfica, da pesquisa de campo e os resultados dos ensaios. Após a interpretação dos dados, foram traçadas diretrizes de projeto e produção de móveis veiculares, de modo a melhorar a resistência aos esforços dinâmicos por parte dos móveis, resultando ainda na indicação de futuras pesquisas relativas ao tema.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo foi destinado ao levantamento bibliográfico sobre temas relevantes à pesquisa. Inicialmente, fez-se um levantamento do panorama geral sobre móveis de uso predial. A partir dessa classificação, buscou-se classificar os móveis de madeira para uso veicular.

Em seguida, classificou-se os tipos de veículos especiais quanto ao seu uso, sendo rebocáveis ou motorizados, bem como ao tipo de engate e estrutura.

Posteriormente, buscou-se informações a respeito das suspensões veiculares e sua influência na transmissão da vibração ao interior dos veículos.

Fez-se um levantamento bibliográfico e de campo buscando-se documentar os problemas decorrentes da vibração em veículos, bem como informações relevantes junto a fabricantes de veículos especiais, de modo a avaliar quais as estratégias adotadas contra os efeitos danosos das vibrações.

Finalmente, buscou-se informações sobre como reproduzir vibrações veiculares em laboratório, deparando-se com a metodologia de ensaio para embalagens utilizando-se vibrações randômicas, bem como a normatização desse ensaio e sua viabilidade para a aplicação na presente pesquisa.

### 2.1 MÓVEIS DE MADEIRA - CLASSIFICAÇÃO

Fez-se uma breve classificação da produção nacional de mobiliário, visando alcançar uma classificação para os móveis de uso veicular em relação aos móveis de uso convencional. Enfatizou-se os móveis que utilizam a madeira como matéria prima.

Os móveis de madeira são classificados segundo a ABNT NBR 12743/1992 de duas formas: quanto à utilização (móveis residenciais, móveis de escritório, móveis infantis, móveis de uso público e móveis complementares) e quanto ao tipo estrutural (fixo, desmontável e embutido).

A Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (Abimóvel) classifica os móveis de maneira mais abrangente, mostrando ainda a porcentagem de cada categoria em relação ao total de móveis produzidos no país no ano de 2005.



Segundo o órgão, a produção nacional de móveis, no que tange a sua finalidade, é segmentada em: móveis residenciais, com 60% da produção nacional; móveis de escritório, com 25% da produção nacional; móveis institucionais, que correspondem aos móveis para escolas, consultórios, hospitais, hotéis e similares, com 15% da produção nacional.

As matérias-primas predominantes são madeira, metal e plástico. A mais expressiva parcela dos móveis produzidos utiliza a madeira como matéria-prima (Abimóvel, 2005), que pode, ainda, ser classificada como:

- a) Madeira maciça, que pode ser extraída em florestas nativas (madeira de lei) ou em de reflorestamento (como pinus e eucalipto);
- b) Painel de compensado, produto obtido pela colagem de lâminas de madeira sobrepostas;
- c) Painel de aglomerado, formado a partir da redução da madeira a partículas que são depois impregnadas com resina sintética para formar um colchão que, pela ação controlada de calor, pressão e umidade, transforma-se no painel;
- d) Painel de medium-density fiberboard (MDF), produzido a partir de fibras de madeira, aglutinadas com resinas sintéticas através de temperatura e pressão, possuindo consistência similar à da madeira.

Apesar da classificação dada pela norma ABNT NBR 12743/1992 e pela Abimóvel (2005), estabeleceu-se nessa pesquisa como móveis convencionais todo e qualquer tipo de móvel que não é utilizado dentro de um veículo, não tendo porém como objetivo classificar e listar todos os móveis existentes, dada a grande quantidade de tipos e aplicações existentes no mercado.

Portanto, classificou-se nessa pesquisa os móveis entre “de produção seriada”, “sob medida”, e “planejados”, e posteriormente quanto ao seu ambiente de aplicação, residencial, comercial ou institucional. Essa classificação se mostrou mais adequada para encontrar a classificação dos móveis veiculares frente aos móveis de uso predial.

A classificação à seguir foi feita neste trabalho de maneira a dar subsídios para a classificação dos móveis veiculares. Tal classificação se diferencia das classificações supra-citadas, porém traçam um panorama mais detalhado quanto ao uso, montagem e materiais utilizados.

### 2.1.1 Móveis de Produção Seriada

Grande parte dos móveis disponíveis em lojas e comércios do ramo moveleiro são vendidos desmontados e seguem um padrão próprio de cada fabricante quanto aos materiais e dimensões. Cabe ao usuário decidir qual móvel melhor se adapta às suas necessidades e executar a montagem após a compra. Tais móveis podem variar em termos de preço, nível de acabamento, tipo de material e, conseqüentemente, vida útil esperada. Muitas vezes, os móveis são incompatíveis com as dimensões do imóvel em que vão ser instalados, gerando assim espaços mal-aproveitados, ambientes ergonomicamente ruins e aparência heterogênea do cômodo.

Os materiais construtivos e o método de fabricação variam de acordo com a faixa de preço e com o público-alvo. Como exemplos de fabricantes podem ser citados a Bartira, marca pertencente ao grupo Casas Bahia. A empresa é a maior nesse segmento em toda a América Latina e a terceira maior do mundo. A empresa produz camas, armários, mesas, estantes e *racks*, entre outros itens.

As Figuras 34 e 35 mostram um armário e uma cama típicos de produção seriada.



Figura 34: Armário de produção em linha  
Fonte: Bartira (2010)



Figura 35: Cama de Linha  
Fonte: Magazine Luiza (2010)

### 2.1.2 Móveis Sob Medida

Os móveis sob medida integram perfeitamente o ambiente aos eletrodomésticos, aproveitando nichos e lugares de difícil acesso, como vãos de escada, cômodos irregulares e de tamanho reduzido. Atualmente, são utilizados por projetistas que desejam total exclusividade e perfeita integração com o imóvel. Há, ainda, a possibilidade do uso de materiais restritos como madeiras maciças, de lei ou raras, bem como puxadores personalizados e divisões de qualquer tamanho. A Figura 36 mostra um móvel para televisão e aparelho de som aproveitando-se o vão inferior de uma escada.



Figura 36: Móvel em vão de escada feito sob medida.  
Fonte: Zezinho (2010)

A Figura 37 mostra um armário com estantes feitos sob a laje de um telhado, ocupando perfeitamente o formato do cômodo.

A clara desvantagem é o custo elevado, a mão de obra altamente especializada e o tempo necessário para a fabricação e instalação dos móveis. Devido a essas características, existem poucos fabricantes de grande porte. A maioria é composta por pequenas oficinas de marcenaria, que atendem aos usuários de maneira específica e individual, o que torna a padronização da produção extremamente difícil.

Os móveis de uso veicular tem uma relação estreita com esse tipo de móvel graças à sua especificidade, locais de formatos irregulares, pouco espaço disponível e baixa produtividade.



Figura 37: Armários e prateleiras feitos sob o vão do telhado.  
Fonte: Wood Factory (2010)

### 2.1.3 Móveis Planejados

Os móveis planejados surgiram como alternativa menos custosa aos móveis sob medida. Porém, com maior possibilidade de integrá-los ao ambiente do que os móveis de linha. Alguns fabricantes possuem linhas modulares à disposição do consumidor, minimizando o problema apresentado pelos móveis de linha e

aproximando os produtos de móveis sob medida no que se refere ao aproveitamento de espaço e integração entre peças.

Há ainda a tendência de alguns fabricantes de homogeneizar suas linhas de produtos, gerando móveis compatíveis entre si em relação à estética, incentivando o consumidor a comprar diferentes produtos de uma mesma marca. Com isso, empresas de móveis planejados ganham tempo na execução de projetos em relação à empresas de móveis sob medida, pois já possuem módulos de diversos acabamentos à pronta entrega.

Os módulos são ainda fabricados em série, conseguindo-se boa qualidade com economia de tempo e material, resultando em móveis de boa aparência e durabilidade a um preço razoavelmente baixo se comparado a móveis sob medida.

Existem grandes fabricantes desse tipo de móvel, dentre os quais pode ser citadas algumas marcas como Dellano, Kitchens, Todeschini, Itálinea, Romanza, entre outros.

Na Figura 38, típica cozinha com móveis planejados modulares.



Figura 38: Cozinha planejada em módulos.  
Fonte: Multimóveis (2010)

A seguir, far-se-á uma breve classificação dos móveis quanto ao tipo de uso e local de aplicação.

## 2.1.4 Utilização

### 2.1.4.1 Residenciais

Os móveis residenciais têm variações quanto aos níveis de acabamento e faixas de preço, atingindo diferentes classes sociais. São projetados levando-se em consideração o status social e o extrato social do público-alvo. São compostos predominantemente de painéis de madeira industrializados, como MDF, MDP, OSB e compensados. Nesse tipo de móvel é abundante o uso de tecidos macios, laminados imitando couro ou couro legítimo, laminados de alta pressão (imitando madeira natural), tendo foco no conforto e na aparência. São produzidos com previsão de médio-longo prazo de utilização e têm baixa mobilidade. Seu mercado consumidor tem aumentado, principalmente no que tange o aproveitamento de pequenos espaços, como apartamentos. Existem móveis residenciais de vários tipos, dentre eles os principais podem ser considerados: quarto, sala, cozinha e banheiro.

### 2.1.4.2 Institucionais

Os móveis institucionais têm seu uso preferencial em escritórios, lojas, faculdades, salas de espera e repartições públicas em geral. Podem ser chamados ainda de móveis institucionais. Possuem diversos níveis de acabamento variando conforme o preço e o público-alvo.

Em seus componentes há predomínio de estruturas tubulares metálicas soldadas, pés giratórios, peças de acabamento em plástico, acolchoamentos de conforto relativamente baixo. Uso predominante de tecidos sintéticos, de baixo conforto com foco em baixos preços. Utiliza-se também laminados de alta pressão em sua maioria foscos, de cores neutras, como cinza, bege e branco, estilo casca de ovo.

Devido à sua característica de produção em escala industrial, grande parte desse tipo de móvel tem baixo nível de personalização, porém alta flexibilidade de configurações e são produzidos com previsão de baixo-médio prazo de utilização.

Existem linhas de móveis institucionais em chapas de aço com grande aceitação no mercado, como arquivos, fichários, caixas postais, armários coletivos para vestiários, dentre outros. Em sua maioria são modulares, de cores neutras e acabamento extremamente simples. Dentre os principais tipos de móveis comerciais estão: escrivaninhas, cadeiras, divisórias, armários, arquivos, racks para computador (birôs), balcões de atendimento, entre outros.

#### 2.1.4.3 Hospitalares

Os móveis de uso hospitalar são utilizados em hospitais, clínicas e unidades públicas de saúde e têm como característica predominante a resistência à umidade e possibilidade de esterilização, pois fazem uso frequente de rodízios e partes em aço inoxidável, permitindo assim a esterilização e desinfecção. Para as forrações faz-se uso abundante de tecidos emborrachados e laminados impermeáveis.

Na maioria dos casos, evita-se a utilização de madeira, seja bruta ou em painéis devido às condições de uso em ambientes úmidos e necessidade de desinfecção, mas a madeira ainda figura como material principal nos móveis para aplicação em locais secos, como consultórios e salas de espera.

Como revestimento para a madeira, utiliza-se laminados tradicionais de alta pressão do tipo Fórmica®. Porém, o uso do Gofrato (popularmente chamado de “fórmica líquida”) têm se tornado frequente devido à ausência de emendas, o que diminui a possibilidade de infiltrações. É comum o uso de móveis em alvenaria, como sofás, prateleiras devido à sua grande durabilidade, baixa manutenção e impossibilidade de mudança de local, evitando assim o extravio. São produzidos com previsão de longo prazo de utilização, principalmente de instituições públicas.

Grande adaptabilidade, como inclinação de encostos, variação de dimensões e troca rápida de partes almofadadas. Transportabilidade, facilitando a remoção de pacientes.

Dentre os principais tipos de móveis hospitalares estão: macas, mesas-exame, carros de transporte (instrumentação), sofás e poltronas, racks e suportes, móveis para espera, etc.

### 2.1.5 Matéria Prima

Os móveis de madeira podem ser construídos de maneiras e materiais diversos. As principais categorias de materiais contrutivos de móveis de madeira que podem ser consideradas são: material estrutural, acabamento, fixação ou união mecânica, colagem ou união química, ferragens e acessórios.

Cada item será detalhado à seguir.

#### 2.1.5.1 Material Estrutural

O material estrutural de um móvel compõe os painéis como o fundo, tampo, laterais, gavetas, portas e prateleiras. São esses painés que suportam o peso do próprio móvel mais a carga à qual o móvel se destina. Cada material tem uma norma regulamentadora específica, que traça diretrizes para cada material. Dentre os principais materiais de construção para móveis em madeira, podem ser citados:

- a) MDF (*Medium Density Fiberboard*);
- b) MDP (*Medium Dendity Particleboard*);
- c) OSB (*Oriented Strand Board*);
- d) Compensados;
- e) Sarrafeados;
- f) Tamburato;
- g) Madeira laminada e
- h) Madeira maciça, entre outros.

#### 2.1.5.2 Fixação ou União Mecânica

Os móveis são montados através de dispositivos que garantam a fixação de suas partes internas entre si. Podem existir mais de um tipo de fixação mecânica em um mesmo móvel. Nessa categoria foram considerados somente as fixações de partes de madeira sem o auxílio de outros dispositivos de montagem. Cada tipo de elemento tem um norma regulamentadora específica, que traça diretrizes próprias para cada item. Os componentes para fixação mecânica das partes internas dos



móveis podem ser de diversos tipos como: pregos, cavilhas, grampos, pinos, parafusos, encaixes, entre outros.

#### 2.1.5.3 Colagem ou União Química

A colagem ou união química entre partes internas, bem como aplicação de laminados de acabamento e tecidos são feitas utilizando-se adesivos ou colas. dentre os principais tipos utilizados em móveis podem ser citados: cola pva; cola de contato, cola *hot-melting* ou termo-fusível, cola fenólica, cola poliuretânica, adesivos epoxi, entre outros.

#### 2.1.5.4 Ferragens

A utilização de ferragens facilita o projeto e montagem de móveis, podendo ser utilizados como partes funcionais e/ou acabamento.. Existem diversas categorias de ferragens para móveis. Dentre as principais, pôde-se citar:

- a) Puxadores;
- b) Dobradiças;
- c) Corrediças;
- d) Suportes para estantes (mãos francesas, entre outros);
- e) Dispositivos de montagem;
- f) Fechos;
- g) Trincos;
- h) Travas;
- i) Fechaduras;
- j) Trilhos;
- k) Pés;
- l) Rodízios;
- m) Batentes;
- n) Ganchos e
- o) Molas a gás, entre outros.

#### 2.1.5.5 Acessórios

A diversificação de móveis exigiu o desenvolvimento de acessórios específicos para funções diferentes. Dependendo da aplicação, poderão ser usados acessórios que contribuirão para uma boa funcionalidade e especificidade das peças, tais como:

- a) Calceiros;
- b) Cabideiros;
- c) Tábua de Passar;
- d) Lixeiras;
- e) Cinzeiros;
- f) Suportes para CDs e DVDs;
- g) Vitrines;
- h) Iluminação Interna;
- i) Cofres;
- j) Passagem para fios e cabos e
- k) Aramados, entre outros.

## 2.2 MÓVEIS VEICULARES

### 2.2.1 Classificação

Baseando-se na classificação de móveis de uso predial feita anteriormente para uso nessa pesquisa, é possível afirmar que os móveis de uso veicular, segundo a norma ABNT NBR 12743/1992 são classificados quanto ao uso (móveis complementares) e quanto ao tipo estrutural (embutidos).

Por falta de material bibliográfico relativo ao tema dos móveis veiculares, fez-se um levantamento de campo baseado em entrevistas técnicas com fabricantes de trailers, motorhomes e unidades móveis. Tais entrevistas estão detalhadas ao final deste trabalho na forma de apêndices. Jardim (2010), Bordin (2010) e Matheus (2011) serão citados como autores, porém referem-se às entrevistas em anexo.

Jardim (2010) afirma que os materiais utilizados nas unidades móveis variam de acordo com a utilização, necessidade de resistência, exposição ao calor e

exposição à umidade, ou ainda ao nível de acabamento desejado. O autor afirma ainda que as unidades móveis típicas são instaladas dentro da estrutura externa de veículos e reboques pré-existentes, como ônibus e carretas. Em sua grande maioria, os veículos possuem carrocerias em aço, alumínio ou fibra de vidro. Dentro dessa estrutura, os móveis são estruturados e montados com placas de madeira do tipo MDF, em alguns casos placas de compensado e no caso de áreas úmidas ou sujeitas à umidade, é utilizado o compensado naval a prova d'água.

Jardim (2010) mostra que o acabamento dos móveis e paredes é feito com laminados AP (alta-pressão, do tipo Fórmica®), laminados BP (baixa pressão, tipo papel-de-parede) ou mesmo uma tinta poliuretânica texturizada de acabamento fosco, popularmente conhecida como fórmica-liquida. No piso é utilizado compensado naval a prova d'água recoberto por laminados plásticos como o Decorflex®, ou mesmo são assentados pisos cerâmicos como o Porcelanato® para níveis melhores de acabamento. As Figuras 39, 40 e 41 mostram o interior da unidade móvel de prevenção ao câncer do Hospital do Câncer de Barretos.



Figura 39: Interior de unidade movel ginecológica.  
Fonte: Jardim (2010)



Figura 40: Gabinete com pia de unidade movel ginecológica.  
Fonte: Jardim (2010)

Sobre as ferragens como fechaduras, dobradiças, trincos, puxadores e corrediças de gavetas, Jardim (2010) revela que são usados elementos de uso normal. Porém devem ser de primeira linha, de boa qualidade e em alguns casos deverão ser usados em maior quantidade do que uma aplicação normal.

Segundo o autor, existem tais componentes mais apropriados para o uso veicular, porém são de custo elevado, como os puxadores Push-Lock® por exemplo, o que muitas vezes inviabiliza o uso de tais produtos.



Figura 41: Ferragens de uso tradicionais em unidades móveis.  
Fonte: Jardim (2010).

De acordo com Jardim (2010), primeiramente é realizada a instalação do piso do veículo em compensado naval e com o piso no lugar, é feita a instalação dos cabos elétricos, os quais já devem ser previstos em projeto de instalações elétricas .

Ainda de acordo com o autor, com os locais dos móveis pré-definidos, blocos de madeira maciça são colados nas paredes do veículo com cola a base de poliuretano e/ou parafusados diretamente no chassi por meio de parafusos, porcas e arruelas. Esses blocos têm a mesma espessura do isolamento térmico, que será aplicado depois, portanto tanto o isolamento térmico quanto a ancoragem em madeira ficarão ocultos sob o acabamento superficial. Com esses blocos colados, é executada a instalação elétrica de toda a unidade. Toda a instalação é feita com o uso de conduítes corrugados e caixas de inspeção, o que permite eventuais alterações de projeto posteriormente como mostra a Figura 42, feita em um ônibus urbano transformado em escola de informática. Jardim (2010) afirma que emendas nos fios devem ser evitadas, o ideal é o uso de conexões e plugues, o que evita mal-contatos e facilita as manutenções.



Figura 42: Plugues e conexões na instalação elétrica.  
Fonte: Jardim (2010).

Posteriormente, os veículos são forrados internamente com um isolante térmico como espuma de poliuretano, Isopor® (poliestireno expandido) e/ou manta reflexiva de alumínio. Tais medidas visam aumentar o conforto térmico para os ocupantes da unidade durante o uso.

Jardim (2010) revela que móveis são montados no interior do veículo e nfixados nas paredes, no teto ou no piso por meio de parafusos de rosca soberba nos blocos de madeira das paredes e teto previamente colados entre o acabamento superficial e a carroceria. Como mostra a Figura 43, as fixações ficam escondidas. No piso e eventualmente nas paredes e teto, podem ser fixados diretamente no assoalho de compensado naval ou na estrutura metálica do chassi por meio de parafusos de cabeça francesa ou sextavada passantes com porcas auto-travantes e/ou arruelas de pressão.



Figura 43: Suporte para TV e ar-condicionado com parafusos ocultos  
Fonte: Jardim (2010)

Jardim (2010) encerra a descrição da construção dos móveis veiculares tratando de máquinas maiores como mamógrafos, equipamentos de raios-X e cadeiras de dentista, onde o autor mostra que são fixados diretamente no chassi do veículo e, dependendo do caso, faz-se uma sub-estrutura metálica acoplada ao chassi para dar melhor fixação ao equipamento (Figuras 44 e 45).



Figura 44: Mamógrafo no interior de uma unidade móvel.  
Fonte: Jardim (2010).



Figura 45: Mamógrafo no interior de uma unidade móvel.  
Fonte: Jardim (2010).

### 2.3 VEÍCULOS ESPECIAIS

Os veículos adaptados possuem classificações quanto à sua estrutura, motorização e utilização. Segundo Tostes (2001), os veículos adaptados podem ser classificados em:

- a) Veículos de Recreio (de recreação ou simplesmente VR): Veículos com instalações de móveis e equipamentos visando simular uma moradia fixa. Os veículos de recreio ainda podem ser subdivididos como:
- b) Unidades Móveis: Veículos de aplicações variadas usados comercialmente visando simular um posto de trabalho fixo. Exemplos: ambulâncias, unidades móveis de saúde, carros fortes para distribuição de valores, lanchonetes, entre outros. A denominação “unidade móvel” não se altera se o veículo em questão for motorizado ou rebocado;
- c) Não-motorizados ou rebocados (trailers, carretas e campers) e
- d) Motorizados (*motorhomes* ou motor-casas);

Tostes (2009), em um artigo destinado ao intercâmbio de informações sobre VRs entre Brasil e Portugal ainda define mais especificamente o significado dos termos. Segundo o autor, embora com origem na língua inglesa, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) adota a denominação *Trailers* para definir os reboques turísticos, conhecidos como “*Caravanas*” em Portugal. O mesmo nome é utilizado por usuários e fabricantes no Brasil. O CTB define como *Motorcasa* o que os portugueses conhecem como “*Autocaravanas*”. O usual no Brasil, é a denominação *Motorhome*, utilizada inclusive nos anúncios dos fabricantes desses veículos.

Os EUA são o maior mercado mundial para VRs e apresentam uma classificação mais específica quanto ao tipo de chassi, reboque e engate para os veículos rebocáveis ou *trailers*, bem como o tipo de chassi, posição do motorista e posição do motor para os *motorhomes*.

A classificação dada pela RVIA (2010) é feita como mostra a Figura 46.

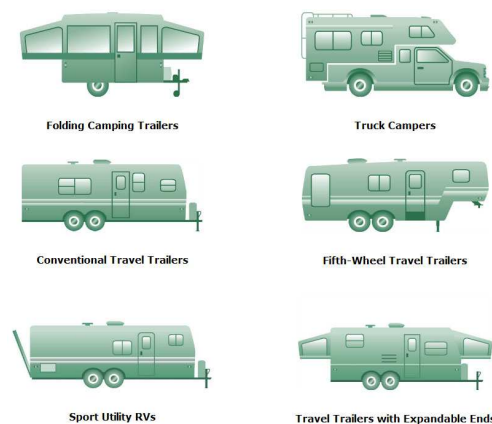


Figura 46: Classificação de veículos não-motorizados – *towables*  
Fonte: RVIA (2010)

*Towables* (Rebocáveis ou não motorizados): Veículos de recreação sem motorização própria. Dentro da categoria de rebocáveis, RVIA (2010) classifica seis subtipos, ilustrados na Figura 46:

- *Folding Camping Trailers* – (Trailers dobráveis);
- *Truck Campers* – (Carroceria Intercambiável tipo Camper);
- *Conventional Travel Trailers* – (Trailers turísticos);
- *Fifth Wheel Trailers* – (Trailers quinta roda);
- *Sport Utility RVs* – (Trailers com garagem);
- *Travel Trailers with expandable ends* (Trailers expansíveis);

*Motorhomes* (Motorizados): Veículos com motorização própria que são classificados por seu tipo de veículo base e tamanho, conforme mostra a Figura 47.

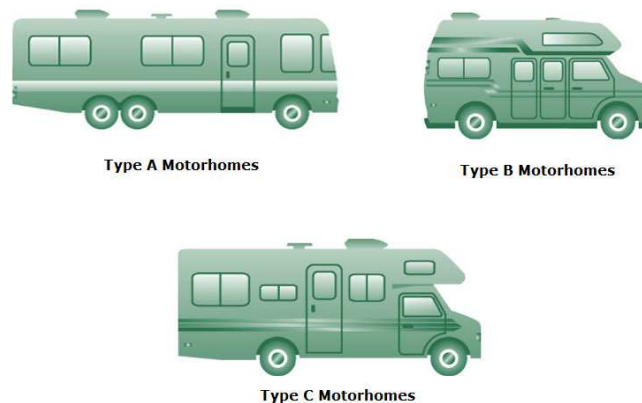


Figura 47: Classificação de veículos motorizados – *motorhomes*  
Fonte: RVIA (2010)

Esses veículos são subdivididos em três tipos:

- *Type A motorhomes* – (Motorhomes tipo A);
- *Type B motorhomes* – (Motorhomes tipo B);
- *Type C motorhomes* – (Motorhomes tipo C);

*Specialty Units*: Unidades móveis. Possuem a mesma classificação quanto à motorização, bem como suas subdivisões. Diferem-se, porém, quanto ao uso e aplicação. A seguir serão listados os principais tipos de veículos utilizados para sua fabricação.

Unidades móveis rebocáveis ou não motorizadas, que podem ser fabricadas a partir de: Trailers, Carretas semi-reboque e Contêineres.



Unidades móveis motorizadas, que podem ser fabricadas a partir de: furgões ou *vans*, microônibus, ônibus, caminhões, carretas semi-reboque e contêiners.

Os veículos de recreação motorizados são chamados nos EUA de *motorhomes*. No Brasil, pelo CTB, são denominados *motorcasas* e como principal diferencial dos não-motorizados apresentam a integração entre cabine/casa, pois permite o trânsito de passageiros, bem como acesso à cozinha e banheiro sem a necessidade de parar o veículo. Podem ser montados em diversos tipos de chassi, desde vans a ônibus, passando por caminhões e carros de carga em geral.

### **2.3.1 Suspensão Veicular e Vibração**

Segundo Rao (2009), grande parte das atividades humanas envolve alguma forma de vibração. O autor afirma que os seres humanos ouvem e enxergam graças às vibrações de ondas físicas e ondas eletromagnéticas, respectivamente. Ainda de acordo com Rao, em muitos outros campos da atividade humana, fenômenos apresentam variáveis cujo comportamento é oscilatório (economia, biologia, química, física, entre outros).

Rao (2009) diz em seu livro que os primeiros estudos de vibrações em engenharia foram motivados pelo problema de desbalanceamento em motores, que pode ocorrer tanto devido a problemas de projeto como de fabricação e manutenção. Diz ainda que as rodas de locomotivas podem sair até um centímetro dos trilhos devido a desbalanceamentos. Em turbinas, Rao (2009) afirma que os engenheiros ainda não foram capazes de resolver uma grande parte dos problemas originados em pás e rotores. As estruturas projetadas para suportar máquinas centrífugas pesadas (motores, turbinas, bombas, compressores, entre outros) também estão sujeitas a vibração, sendo possível que partes dessas estruturas sofram fadiga devido à variação cíclica de tensões. A vibração também causa desgaste mais rápido em mancais e engrenagens, provocando ruído excessivo. Rao (2009) prossegue defendendo que em máquinas, a vibração pode ainda provocar o afrouxamento de parafusos.

O autor ainda fornece alguns dados sobre frequências de ressonância, afirmando que sempre onde a frequência natural de vibração de uma máquina ou estrutura coincide com a frequência da força externa atuante, ocorre um fenômeno conhecido como ressonância, que leva a grandes deformações e falhas mecânicas.

Um exemplo clássico mostrado na Figura 48 é o da ponte de Tacoma Narrows, nos EUA. Inaugurada em julho de 1940, colapsou em 7 de novembro do mesmo ano quando entrou em ressonância induzida pelo vento.



Figura 48: Ponte Tacoma Narrows, 1940.  
Fonte: Rao (2009)

A seguir serão classificados os tipos de transporte rodoviário e aéreo, quanto ao nível de exposição à vibração e suas particularidades. Dentro de cada tipo serão explicitadas as vantagens e desvantagens de cada um sob a ótica do desenvolvimento de embalagens. Tais características referentes a cada tipo podem ser levadas em consideração no desenvolvimento de móveis veiculares para cada aplicação, demandando maior ou menor atenção às características construtivas referentes à prevenção de danos ocasionados pela vibração.

Os modos de transporte ferroviário e naval apresentam níveis gerais de vibração muito baixos frente aos modos rodoviário e aéreo e, portanto, não serão considerados.

O transporte rodoviário é o mais utilizado no Brasil. Bordin (2007) afirma que é o modo de transporte mais acometido pelas vibrações advindas da irregularidade do pavimento. Na Figura 49, uma representação gráfica das áreas de maior incidência de vibração no transporte rodoviário.



Figura 49: Esquema das frequências no transporte rodoviário  
Fonte: Bordin (2007)

Bordin (2007) declara que, no transporte rodoviário, as vibrações são predominantemente verticais, sendo que as vibrações lateral/longitudinal são cerca de cinco vezes menores que a vertical e que os choques são ocasionados por irregularidades na pista (buracos, lombadas, juntas de dilatação de pontes, entrada e saída de pontes, desníveis entre faixas de rolagem/acostamento).

O autor ainda afirma que o nível de vibrações no transporte terrestre é maior do que em outros modos de transporte e que essa quantidade maior de vibrações varia de acordo com as condições das estradas, velocidade do veículo, características do veículo e ainda características da carga.

Segundo Moura (2003) o problema da suspensão dos automóveis (e dos veículos em geral) visto com todo o detalhe, é na realidade bastante complexo. Há que considerar as isolações nas diversas rodas (que são independentes uma das outras), a elasticidade dos pneus (que funcionam, desse ponto de vista, como outras tantas molas), a posição do centro de gravidade (CG) do veículo que influencia na estabilidade do mesmo, e os modos de vibração, uma vez que esta se apresenta com muitos graus de liberdade. Moura (2003) ainda afirma que o estudo teórico do problema, em toda sua complexidade, é "inabordável" (sic). Porém, o autor defende que se tem procurado soluções experimentais atingindo assim, progressivamente a solução ideal.

Sharp; Samahá (2004) definem duas como funções principais da suspensão em automóveis. Uma é evitar que as irregularidades do piso sejam transmitidas para o veículo, numa primeira fase, e para os ocupantes numa segunda. Outra seria conservar as rodas em posição favorável nas curvas e em contato com o solo diante

de toda espécie de oscilação causada por irregularidades, por menores que sejam, garantindo assim aderência dos pneus com o solo.

Sharp; Samahá (2004) ainda explicam que as suspensões funcionam no princípio de deformação elástica dos materiais, isto é: quando submetidas a uma força se deformam e, cessada a força, retornam ao tamanho inicial.

Os autores afirmam também que a suspensão foi denominada desta maneira porque nas carruagens tracionadas por cavalos mais luxuosas, a carroceria ficava literalmente suspensa entre os eixos, atingindo dessa maneira o máximo conforto. Não ficava, portanto, sobre os eixos como nas carroças de carga.

Segundo Ramos (2007), a irregularidade das estradas e ruas do Brasil leva os fabricantes a reforçarem as suspensões dos veículos para uma maior durabilidade e melhor desempenho dinâmico. Tal medida, porém acarreta uma maior transferência de vibrações para o interior do automóvel pois a suspensão torna-se mais rígida.

De acordo com Moura (2003), uma função importante da suspensão é absorver os choques bruscos causados pela eventual presença de pequenos obstáculos ou buracos existentes na pavimentação. O autor afirma ainda que a transmissão da vibração ocorre de forma passiva, ou seja, a massa do veículo está montada sobre uma estrutura que vibra e cujas vibrações devem ser reduzidas a níveis adequados.

Segundo Sharp; Samahá (2004) existem diversos tipos de suspensão automotiva, porém este trabalho se aterá aos mais utilizados em caminhões, veículos de carga e reboques.

### **2.3.2 Tipos de Suspensão**

Sharp; Samahá (2004) classificam as suspensões quanto ao tipo de molas que utilizam. Os autores dividem as dividem em duas categorias: molas mecânicas e molas pneumáticas;

Há outro tipo de suspensão muito utilizado em trailers e carretas automotivas nos EUA, denominado suspensão por torção de borracha que não se encaixa nessa classificação.

### 2.3.2.1 Molas Mecânicas

As molas mecânicas são fabricadas em aços especiais, ou “aço-mola”, e podem ser divididas em molas de flexão, molas de torção e molas helicoidais.

As molas de flexão, em que uma lâmina ou mais juntas se flexionam são montadas em conjuntos denominados feixes de molas. Nesse tipo de montagem, de acordo com Persegui (2005) as molas trabalham deslizando umas sobre as outras. Na Figura 50, apresenta-se um feixe de molas.



Figura 50: Feixe de molas de flexão.  
Fonte: Hoesch (2010)

As molas de torção foram inventadas por Ferdinand Porsche e além de equiparem os veículos da marca alemã, tiveram seu uso consagrado em todo mundo graças aos veículos Sedan (Fusca) e Type 2 (Kombi), da marca Volkswagen. Esse tipo de suspensão (Figura 51) é extremamente robusto e de fácil manutenção (THE SAMBA, 2011).

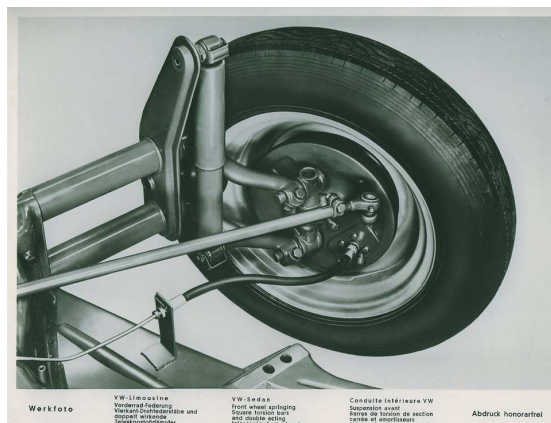


Figura 51: Suspensão por molas de torção do VW Fusca.  
Fonte: The Samba (2011)

As molas helicoidais podem ser consideradas uma mola de torção enrolada em torno de um eixo geométrico central. De acordo com Sharp; Samahá (2004),

esse tipo de mola é o mais utilizado atualmente em automóveis de passeio, tanto na dianteira quanto na traseira. (Figura 52)

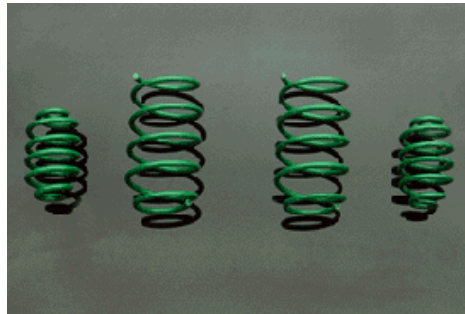


Figura 52: Molas helicoidais.  
Fonte: Sharp; Samahá (2004)

#### 2.3.2.2 Molas Pneumáticas

As molas pneumáticas utilizam a compressibilidade do ar para amortecer as irregularidades do piso. A Figura 53 mostra um sistema de suspensão a ar utilizado em ônibus e caminhões, onde as partes cilíndricas pretas são bolsas de ar, pressurizadas pelo compressor de ar do caminhão, popularmente conhecidas como bexigões (SHARP; SAMAHÁ, 2004).

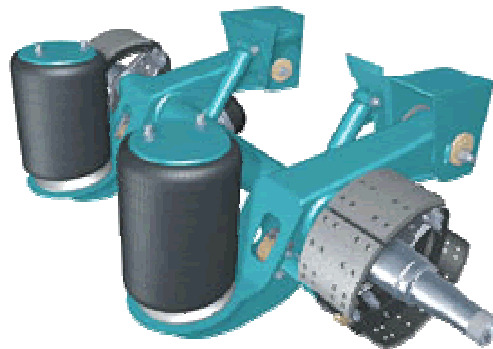


Figura 53: Molas pneumáticas.  
Fonte: Sharp; Samahá (2004)

#### 2.3.2.3 Suspensão Elastomérica

A suspensão elastomérica por torção de borracha, segundo Hellmeister *et al.* (2007), atua segundo um braço de alavanca pressionando cordões maciços de borracha no sentido axial. Dessa maneira, a borracha age na absorção de impactos tendo menos reatividade que as molas de aço, dispensando assim o uso de amortecedores (Figura 54).

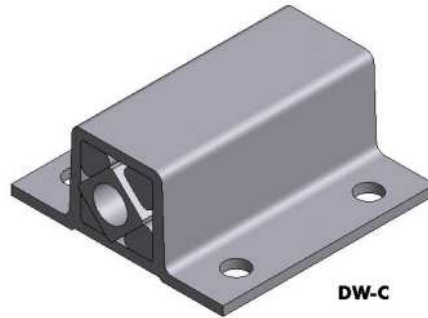


Figura 54: Desenho esquemático de suspensão elastomérica.  
Fonte: Rosta (2011)

### 2.3.3 Suspensão e Eixos de Trailers e Carretas Rodoviárias

Nesta seção foram analisados os tipos de suspensão mais usados em trailers e carretas, quais suas vantagens e desvantagens bem como qual o nível de influência do número de eixos sobre o rodar do veículo.

Dentre os tipos de suspensão usados em trailers e carretas rodoviárias, o mais utilizado no Brasil é o feixe de molas.

Segundo Persegim (2005) o feixe de molas é um dos elementos de sustentação mais antigos utilizados nas suspensões de veículos. Seu sucesso histórico e sua persistente utilização no presente, principalmente em veículos comerciais, deve-se principalmente à sua praticidade e baixo custo. Além de proporcionarem a flexibilidade necessária na direção vertical, os feixes de molas atuam também como o elemento restritor da movimentação relativa entre eixo e chassi nas demais direções. No início do século XX, o atrito entre as lâminas do feixe era considerado como uma vantagem desse elemento na suspensão, por propiciar dissipação de energia, controlando as amplitudes de movimento da massa suspensa.

No entanto, algumas características dos feixes impõem limites ao nível de conforto possível de ser alcançado em um veículo. Ao trafegar com o veículo por pistas de boa qualidade, a excitação pode não ser suficiente para vencer o atrito entre as lâminas, evitando, desta forma, o escorregamento entre elas e gerando um valor de rigidez efetiva significativamente superior ao valor nominal. O autor afirma que o valor efetivo da vibração pode ser de três a oito vezes o valor nominal e que nessas condições surge um efeito conhecido como *Boulevard Jerk* (sem tradução),

que é quando o veículo passa a oscilar diretamente sobre os pneus, sem o efeito de suspensão das molas.

Perseguidim (2005) ainda afirma que nessa condição de travamento, não ocorre dissipação de energia nem entre as lâminas do feixe e nem através dos amortecedores, por não existir movimento relativo significativo entre as massas suspensa e não suspensa. Desta forma, o fator de amortecimento desse modo de vibrar é baixo em função do baixo valor de coeficiente de amortecimento dos pneus.

ISTA (2010) mostra os espectros de vibração teóricos baseados em perfis reais de vibração dos tipos de suspensão a ar e de feixe de molas e revela que a suspensão por feixe de molas vibra em média 169% a mais do que a suspensão a ar. Outra vantagem da suspensão a ar é a ausência do efeito *boulevard jerk*, mostrado por Perseguidim (2005).

As suspensões a ar, por sua vez, demandam uma série de adaptações e têm características peculiares como a necessidade de um compressor de ar. Caminhões e ônibus de grande porte possuem em sua grande maioria freios a ar, portanto já contam com os equipamentos e conexões necessárias ao uso da suspensão a ar. Tais características dificultam e até impossibilitam o uso das suspensões a ar em trailers e carretas rodoviárias de pequeno porte. Nesse quesito, a suspensão por torção de borracha leva grande vantagem.

Hellmeister *et al.* (2007) afirmam que este tipo de suspensão é largamente utilizado em trailers e reboques leves devido ao seu baixo peso, tamanho reduzido e eliminação de molas de aço e amortecedores. A Figura 55 mostra o funcionamento da suspensão elastomérica em três momentos, sem carga, com carga e em choque.



Figura 55: Funcionamento de Suspensão Elastomérica  
Fonte: GKN (2010)

A Figura 56 mostra o aspecto externo da suspensão elastomérica em conjuntos de diversos tamanhos.



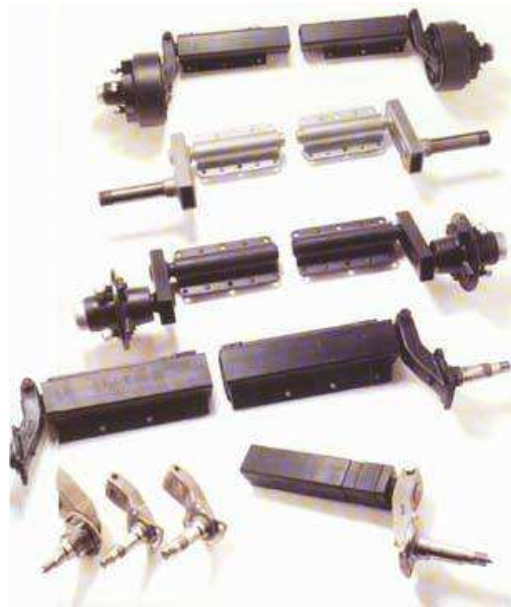


Figura 56: Conjuntos de suspensão elastomérica  
Fonte: Dexter (2010)

Synthesis (1996) mostra outras vantagens da suspensão elastomérica, como a capacidade de ser independente e a diminuição da caixa de rodas, o que permite a otimização do espaço interno de trailers e carretas. Outro ponto favorável é a possibilidade de regular a altura da suspensão, permitindo uma plataforma de carga mais baixa, como mostra a Figura 57.



Figura 57: Braço ajustaveel em suspensão elastomérica  
Fonte: Adaptado de Dexter (2010)

O comportamento dinâmico de trailers e carretas pode ser afetado também pelo número de eixos. Letsgetaway (2011) enumera vantagens e desvantagens relativas ao número de eixos que um trailer ou carreta possuem.

O autor afirma, ainda, que veículos com somente um eixo recebem mais vibrações e impactos advindas do piso, bem como são mais instáveis. Tais veículos transmitem para o veículo trator as oscilações longitudinais através do engate, o que pode afetar o conforto e até a dirigibilidade.

O uso de dois ou mais eixos permite a construção de veículos maiores e por conferirem mais estabilidade, permitem o desenvolvimento de velocidades mais altas. Por outro lado, o uso de dois ou mais eixos aumenta o consumo de combustível, encarece a manutenção e a construção do veículo como um todo.

Os veículos com dois ou mais eixos apresentam ainda dificuldades em manobras por arrastar os pneus lateralmente, forçando o chassi e levando a um maior desgaste de pneus.

#### 2.4 DEFEITOS DECORRENTES DA VIBRAÇÃO EM MÓVEIS VEICULARES

Matheus (2011) revela através de imagens alguns dos problemas nos móveis de madeira causados pela vibração. Na Figura 58, 59 e 60 é mostrado um *motorhome* alugado para a temporada de 2006 para o Rally dos Sertões. Esse veículo apresentou danos nas portas dos armários superiores durante os deslocamentos da competição.



Figura 58: Motor Home após locação do Rally dos Sertões 2006  
Fonte: Matheus (2011)



Figura 59: Portas danificadas  
Fonte: Matheus (2011)



Figura 60: Portas danificadas e desalinhadas  
Fonte: Matheus (2011)

Outro caso de defeitos mostrado por Matheus (2011) é o teto de um motorhome que apresentou rachaduras no revestimento. Nas imagens 61, 62 e 63 é mostrado o *motorhome* e seu respectivo forro danificado.



Figura 61: Motor Home com problema na forração do teto  
Fonte: Matheus (2011)



Figura 62: Rachadura em teto de motorhome.  
Fonte: Matheus (2011)





Figura 63: Rachadura em teto de motorhome.  
Fonte: Matheus (2011)

Na Figura 64, é mostrada uma carreta-escola do Senac-SP.



Figura 64: Carreta escola de informática – Senac Móvel  
Fonte: Matheus (2011)

Nesse caso específico, Matheus (2011) mostra portas de armário desalinhadas e soltas, estantes caídas e ainda rachaduras no revestimento lateral interno da carreta. As setas na Figura 65 indicam os locais onde ocorreram os defeitos e a Figura 66 revela os danos que acometeram os painéis laterais internos.



Figura 65: Portas desalinhadas e prateleira caída.  
Fonte: Matheus (2011)

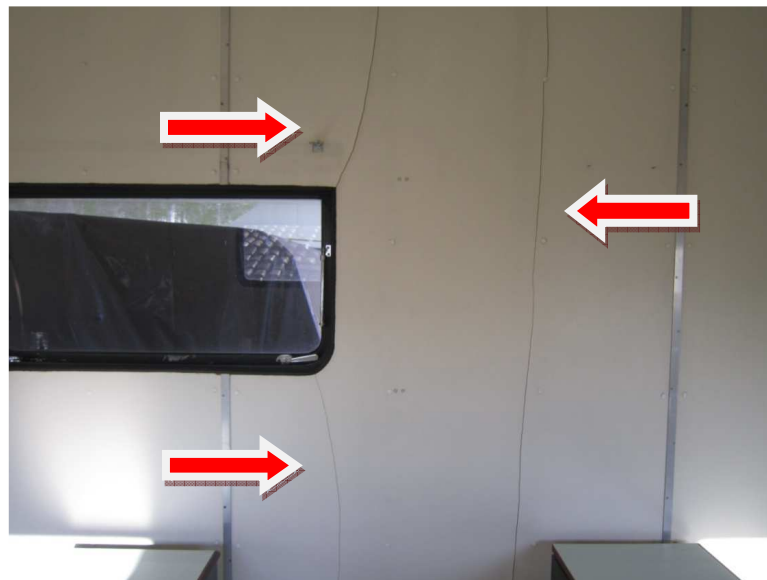


Figura 66: Rachaduras nos revestimentos das paredes.  
Fonte: Matheus (2011)

A Figura 67 mostra com detalhes as portas dos armários da carreta-escola danificadas. Houve colapso de dobradiças e desalinhamento das portas do armário inferior, indicados pelas setas.



Figura 67: Dobradiças quebradas e portas soltas.  
Fonte: Matheus (2011)

## 2.5 ENSAIO DE VIBRAÇÃO RANDÔMICA

Visando reproduzir tais defeitos em laboratório, buscou-se alternativas de ensaios dinâmicos de vibração que reproduzissem as condições de transporte em laboratório.

A metodologia de ensaios de vibração randômica aplicado ao desenvolvimento de embalagens foi a que mais se aproximou dos objetivos da presente pesquisa.

Tal ensaio tem como aplicação principal o desenvolvimento e avaliação de embalagens de transporte para os mais variados tipos de produtos, desde caixas de leite a eletrodomésticos como geladeiras e fogões.

O procedimento experimental consiste em vibrar a amostra de acordo com um perfil de vibração randômico baseado num perfil de rodagem real, avaliando os danos sofridos pelas amostras.

Segundo Bordin (2005), os níveis de ensaio e outros parâmetros não estão contidos nos protocolos de teste e não há protocolos por si, somente guias e recomendações sobre como elaborá-los. O autor ainda divide os ensaios dinâmicos

em embalagens em três tipos: ensaios de integridade, simulação generalizada e simulação focalizada.

Para cada tipo citado, Bordin (2005) enumera os respectivos Protocolos de Ensaio:

### **2.5.1 Ensaios de Integridade**

Os ensaios de integridade são, geralmente, os mais simples e de menor custo. Os ensaios de integridade típicos envolvem ensaios de queda e vibração com amplitude fixa. Alguns protocolos incluem o ensaio de compressão, que pode ser realizado com simples cargas estáticas. Excetuando-se o peso total, não são consideradas outras características do produto ou da embalagem, como construção, valor, quantidades a serem transportadas, entre outros.

Os mesmos protocolos são utilizados para todos os tipos de transporte e meios de distribuição. Os ensaios são conduzidos em condição ambiente de laboratório e o pré-condicionamento das amostras geralmente não é requerido. Os níveis dos ensaios não se correlacionam às ocorrências reais.

Por exemplo, somente uma altura de queda (consideravelmente alta) é especificada para cada faixa de peso, embora saiba-se bem que na distribuição típica há relativamente muitas quedas de alturas baixas e poucas de alta- o ensaio de "vibração" (na verdade, choques repetitivos de baixo nível) não simula o movimento real de veículos e é conduzido em função de um tempo arbitrário ou do número de impactos.

O ensaio de vibração pode ser considerado como choques repetitivos de baixo nível e não simula o movimento real de veículos. Esse ensaio é conduzido em função de um tempo arbitrário ou do número de impactos.

### **2.5.2 Simulação Generalizada**

O ensaio de simulação generalizada é uma tentativa de modelar em laboratório os elementos de dano envolvidos nas etapas de transporte e distribuição.



Os níveis dos ensaios e outros parâmetros são descritos nos protocolos de ensaio, e são estabelecidos em função de históricos, acordos entre indústrias e cálculos.

Os requisitos tipicamente incluem alturas de queda variáveis, impactos adicionais, compressão baseada em cargas máximas e alturas de empilhamento, vibrações randômicas de perfil simples, condicionamento atmosférico e riscos combinados. Os ensaios são adaptados, com base no tipo e construção da embalagem, e com alguma consideração quanto ao valor do produto e quantidade de transporte. Diferentes meios de transporte são levados em consideração, tentando-se colocar os ensaios em uma seqüência similar à esperada durante a distribuição real.

Comparada aos ensaios de integridade, a simulação generalizada requer maiores investimentos em equipamentos e infra-estrutura de laboratório, por se tratarem de ensaios mais complexos e sofisticados. A configuração do plano de ensaios requer maior entendimento e planejamento, uma vez que há mais variáveis a serem consideradas.

Os ensaios de simulação generalizada são mais extensos, trabalhosos e demandam maior tempo. É também a mais exigente em termos de conhecimento prévio, preparação dos ensaios, equipamentos e infra-estrutura, e tempo/complexidade de ensaio.

Os níveis de ensaio e outros parâmetros não estão contidos nos protocolos de teste; de fato, não há protocolos por si, somente guias e recomendações sobre como elaborá-los.

### **2.5.3 Simulação Focalizada**

O ensaio de simulação focalizada necessita de um levantamento detalhado sobre os meios e modos de distribuição para um determinado conjunto produto-embalagem ou uma linha de produtos:

- a) Os riscos em planta;
- b) As operações de manuseio e classificação;
- c) Os veículos de transporte e suas cargas;
- d) O armazém e outras situações de empilhamento e

e) Perfis e extremos atmosféricos, entre outros.

É necessário organizar em uma descrição de distribuição específica, delineando os potenciais riscos de danos juntamente com a seqüência e as combinações em que estes ocorrem.

Posteriormente, é preciso quantificar, através de medições em campo, os riscos envolvidos na distribuição do conjunto produto-embalagem em termos de intensidade e outras condições:

- a) Quedas e impactos: altura de queda ou velocidade de impacto, orientação da embalagem no impacto e frequência da ocorrência;
- b) Vibrações nos veículos: espectros de densidade de potência (PSD), de acordo com os tipos de veículos, condições de carregamento e tempo de transporte;
- c) Quantificar, através de medições em campo, os riscos envolvidos na distribuição do conjunto produto-embalagem em termos de intensidade e outras condições.
- d) Compressão: em veículos e áreas de estocagem, considerando o tempo e condições de sobreposição
- e) Perfis atmosféricos: extremos, taxas de alteração e combinações

Estas informações são transformadas em um protocolo de testes em laboratório específico para o conjunto produto-embalagem e seus meios de distribuição considerados.

A diferença básica entre a Simulação Focalizada e a Generalizada está nos detalhes:

- a) Alturas, velocidades, orientações e quantidades de queda e impacto;
- b) Perfis de vibração e o tempo de execução;
- c) Cargas e tempo de compressão, as condições de sobreposição;
- d) Outros parâmetros.

Uma boa simulação cobre todos os riscos para uma classe ou tipo particular de produto-embalagem, e meios e modos particulares de distribuição.

## 2.6 NORMAS DO ENSAIO DE EMBALAGENS

As normas que tangem esse tipo de ensaio tratam sobre o desenvolvimento de embalagens de transporte. Tais normas foram escritas e são atualizadas pelo ISTA (*International Safe Transit Association* – Associação Internacional de Trânsito

Seguro, EUA). Porém não são diretamente aplicáveis ao ensaio de móveis veiculares. No levantamento bibliográfico não foram encontradas normas referentes a esse tipo de ensaio, demandando dessa maneira, uma adaptação das normas ISTA de embalagens.

O ISTA traça perfis de vibração randômica baseados em perfis de vibração reais adquiridos por caminhões de carga dotados com diferentes tipos de suspensão, bem como outros modais de transporte, como ferroviário, aeroviário e naval. Nos gráficos das Figuras 68 a 70 é possível comparar os níveis de vibração entre três tipos de transporte terrestre: caminhões com feixes de mola, caminhões com suspensão a ar e trens.

Na Figuras 68 a 70 são mostrados os gráficos dos perfis de vibração ISTA, onde os picos são as freqüências de ressonância dos pneus, suspensão e estrutura, respectivamente. O perfil mostrado na Figura 68 corresponde à caminhões e carretas com feixes de mola. Já o perfil mostrado na Figura 69 corresponde à caminhões e carretas com suspensão a ar.

O perfil de vibração mostrado na Figura 70 corresponde a vagões ferroviários de carga. Nota-se que o nível geral de vibração no transporte ferroviário é aproximadamente dez vezes menor do que caminhões com feixes de mola.

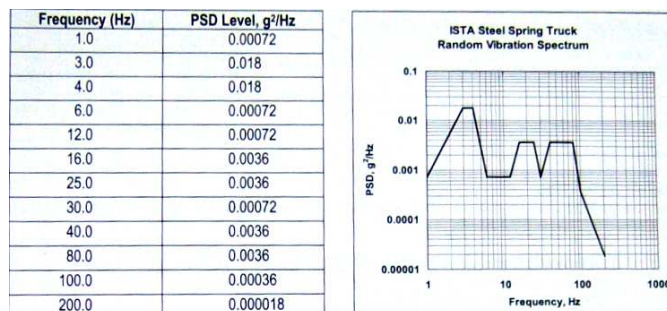


Figura 68: Perfil de Vibração Randômica ISTA - feixe de mola.  
Fonte: ISTA (2010)

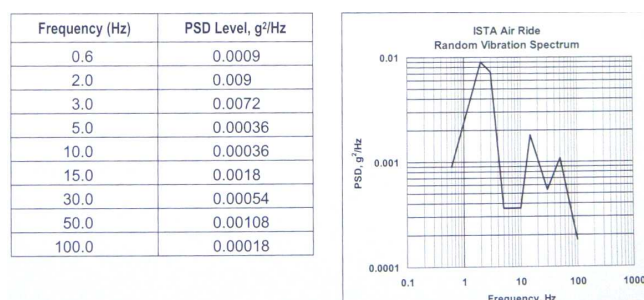


Figura 69: Perfil de Vibração Randômica ISTA - suspensão a ar.  
Fonte: ISTA (2010)

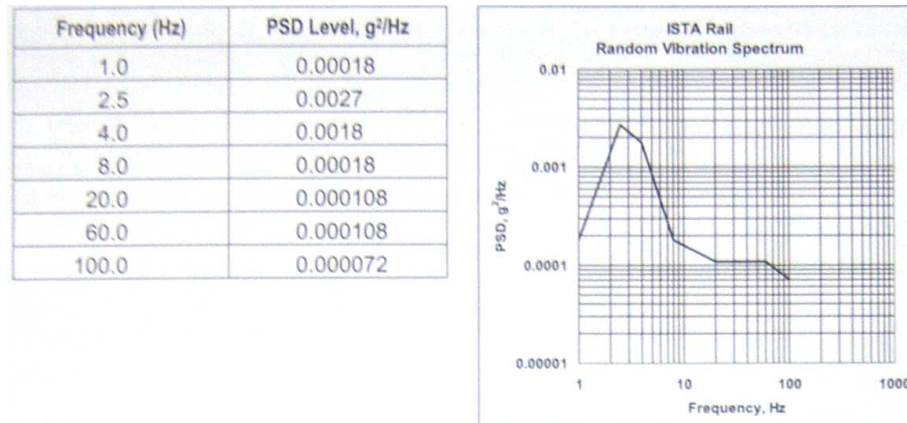


Figura 70: Perfil de Vibração Randômica ISTA - Trens.  
Fonte: ISTA (2010)

Comparando-se o perfil de vibração ISTA para caminhões equipados com feixes de mola em relação a caminhões com suspensão a ar, pôde-se construir a seguinte tabela:

Tabela 1: Comparativo entre Suspensão de Feixe de molas e a Ar.

<b>Suspensão Feixe de molas vs. A Ar</b>			
Hz	FEIXE	AR	% de diferença
3	0,018	0,0072	250%
15-16	0,0036	0,0018	200%
30	0,00072	0,00054	25%
100	0,00036	0,00018	200%
		<b>Média</b>	<b>169%</b>

A partir desses dados pôde-se concluir que a suspensão de feixe de molas transmite em média 169% a mais de vibração ao veículo em relação à suspensão a ar.

Existe um ensaio semelhante que utiliza perfis de vibração constantes e teóricos, como o perfil senoidal por exemplo. Tal ensaio é utilizado para medir a resistência de corpos de prova à vibração, porém impossibilita a relação ensaio/hora por quilometragem. Já a vibração randômica, como utiliza perfis reais de vibração adquiridos em caminhões permite uma relação mais próxima da realidade se comparada com o ensaio de vibração senoidal, tornando o ensaio mais próximo à realidade. A imagem 71 mostra um refrigerador sendo ensaiado sem embalagem na mesa vibratória.



Figura 71: Mesa vibratória executando ensaio em refrigerador  
Fonte: CETEA/JICA (2005)

Já a Figura 72 mostra o perfil de vibração real adquirido entre as cidades de Campinas-SP e Recife-PE com transdutores instalados em caminhões de carga.

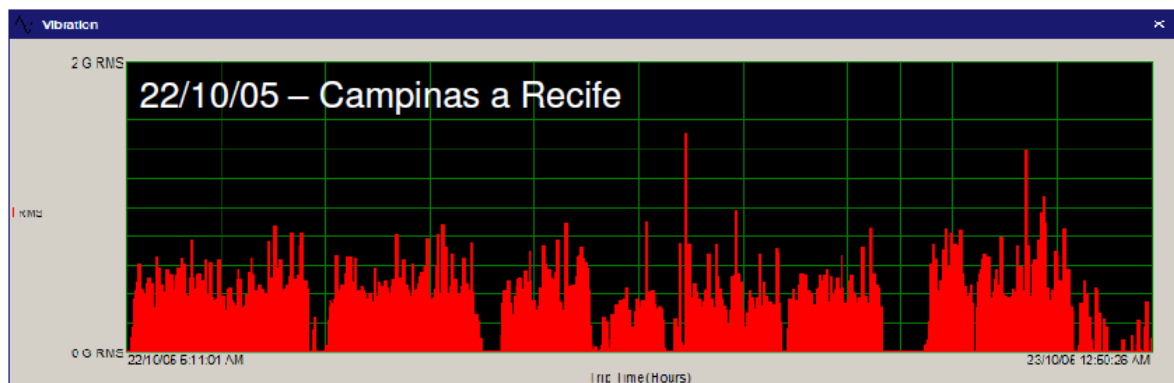


Figura 72: Perfil de vibração adquirido em situação real.  
Fonte: CETEA/JICA (2005)

A metodologia de ensaios de embalagens mostrou-se uma alternativa interessante para o ensaio de móveis veiculares graças ao objetivo em comum de se reproduzir em laboratório as vibrações e impactos provenientes do pavimento. Porém, os custos e a especificidade dos equipamentos necessários inviabilizaram o uso de tal metodologia. Segundo Bordin (2010), existe um ensaio semelhante que utiliza perfis de vibração constantes e teóricos, como o perfil senoidal por exemplo. Tal ensaio é utilizado para medir a resistência de corpos de prova à vibração, porém impossibilita a relação hora de ensaio X quilometragem.

Diante desse panorama, buscou-se alternativas para a geração de vibração em laboratório de maneira mais acessível. A escolha recaiu sobre um equipamento denominado Mesa Vibratória para Concreto, utilizado na fabricação de artefatos de concreto como lajotas, pisos, sarjetas, postes entre outros.

Portanto, ao se fazer este ensaio de vibração, buscou aproximar-se do ensaio de vibração randômica em termos de resultados práticos. Porém, é sabido que o ensaio completo de vibração randômica não só teria a capacidade de simular os efeitos da movimentação do veículo, estabelecer uma relação mais precisa entre tempo de ensaio X quilometragem percorrida e ainda através do ensaio de varredura, estabelecer as frequências de ressonância características de um determinado objeto.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados dois ensaios, cada um com um respectivo corpo de prova (CP). Os corpos de prova consistiram de dois móveis experimentais, produzidos em MDF e ferragens de uso moveleiro, tais como dobradiças tipo caneca, puxadores, corrediças para gavetas e elementos de fixação como parafusos e adesivos.

No primeiro ensaio, buscou-se determinar a resistência do primeiro CP em termos de vibração X tempo, obtendo-se assim o tempo de resistência do móvel experimental face à ação degradante da vibração.

No segundo ensaio, repetiu-se o mesmo procedimento do primeiro ensaio, porém preparando-se previamente o CP de maneira a torná-lo mais resistente à vibração. O CP2 foi preparado segundo diretrizes encontradas junto aos fabricantes, buscando validar tais premissas bem como a proposição de outras, de forma a tornar os móveis veiculares mais resistentes à ação de forças dinâmicas, envolvidas no uso veicular bem como aprimorar a metodologia de ensaio para testes futuros.

#### 3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

A mesa vibratória utilizada no ensaio é feita em aço, apoiada por quatro molas em feixe parabólico. Conta com um motor elétrico de 2cv, 5400 rpm, que aciona o eixo excêntrico por meio de duas correias tipo “V”, esticadas pelo próprio peso do motor. As dimensões da mesa são (C) 2 m X (L) 1 m X (A) 0,5 m. Na Figura 73 é mostrada a mesa utilizada nos ensaios.



Figura 73: Mesa vibratória utilizada nos ensaios

Na Figura 74 é mostrada a modelagem 3D desenvolvida e utilizada para planejamento do ensaio.

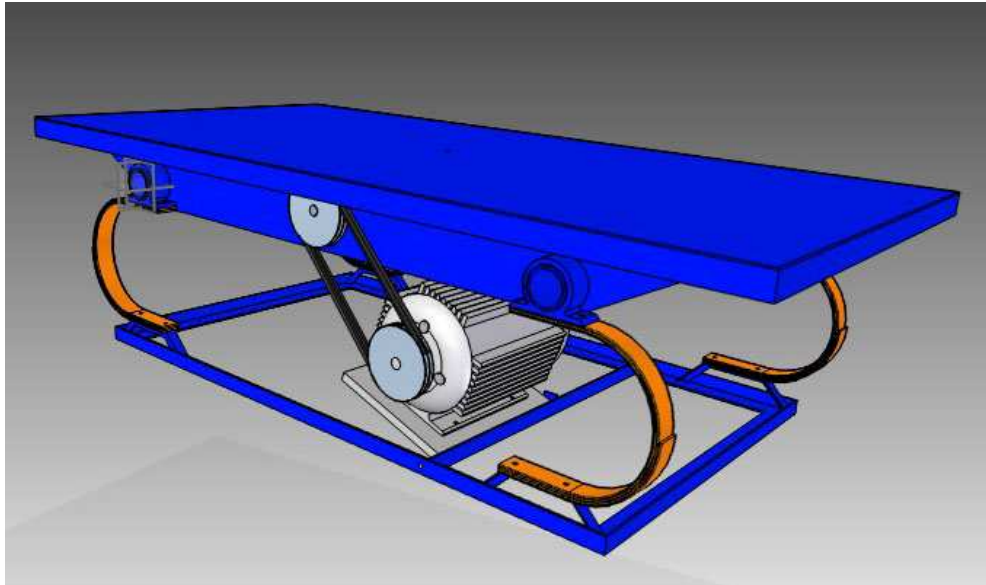


Figura 74: Modelagem digital da mesa vibratória.

A mesa utilizada nos ensaios é dotada de um motor elétrico de indução, trifásico, com 2CV de potencia e número de rotações por minuto fixo, de 5400RPM.

A transmissão da correia é de 1:1, o que resulta numa frequência de vibração de 90Hz ( $5400\text{RPM}/60\text{ s} = 90\text{Hz}$ ).

Cada ciclo do eixo excêntrico resulta num movimento linear vertical da ordem de 3 a 5 mm, dependendo da carga instalada sobre a mesa. No caso do presente ensaio, cada ciclo representou uma oscilação de 4 mm.

As ferramentas utilizadas no processo de montagem dos móveis foram as seguintes:

- a) Equipamentos de medição e marcação: trena, régua metálica 300 mm, régua de alumínio 2,5 m, esquadro e paquímetro de 150 mm;
- b) Ferramentas Manuais: taco de borracha para lixamento, chave de fenda cruzada (Phillips), chave de fenda comum, morsa, limas, entre outros e
- c) Ferramentas elétricas: Furadeira reversível com velocidade variável, furadeira convencional, serra tico-tico, serra circular, lixadeira orbital, furadeira de bancada, esmerilhadeira angular, moto-esmeril e respectivos acessórios, como brocas, brocas chatas para madeira, chave de mandril, entre outros.



Para a construção dos corpos de prova foram utilizados os seguintes materiais:

- a) 02 chapas de MDF de eucalipto da marca Duratex, pré-acabado em branco nas duas faces, de medidas 1,83 X 2,75 m com 15 mm de espessura (uma para cada CP). Ambos CPs foram construídos com MDF de 15mm de modo a eliminar a variável da diferença de resistência de chapas com diferentes espessuras, focando na variável das ferragens e nos procedimentos de montagem;
- b) Caibros de madeira de alta densidade para a estrutura de fixação dos CPs na mesa vibratória (4 metros lineares ou duas peças com 2 metros cada). No presente trabalho utilizou-se caibros de peroba-do-norte em estado verde, ainda úmida, com densidade de aproximadamente 1,17g/m<sup>3</sup> de acordo com Hellmeister (1973);
- c) Parafusos M10 com cabeça sextavada (oito unidades) com respectivas porcas e arruelas para fixação;
- d) Parafusos M10 com cabeça francesa (quatro unidades) com respectivas porcas e arruelas para fixação;
- e) Parafusos com rosca soberba, bicromatizados para MDF, nas medidas 14 X 4,5 mm (CP1) aproximadamente 60 unidades (ver Figura 75);



Figura 75: Parafusos de rosca soberba bicromatizados 14 X 45 mm

- f) Parafusos com rosca soberba, bicromatizados para MDF, nas 50 X 4,5 mm (CP2), 40 unidades como mostra a Figura 76.



Figura 76: Parafusos do segundo corpo de prova.

- g) Cantoneiras galvanizadas (24 unidades) de três furos para fixação interna do CP1 (Figura 77);

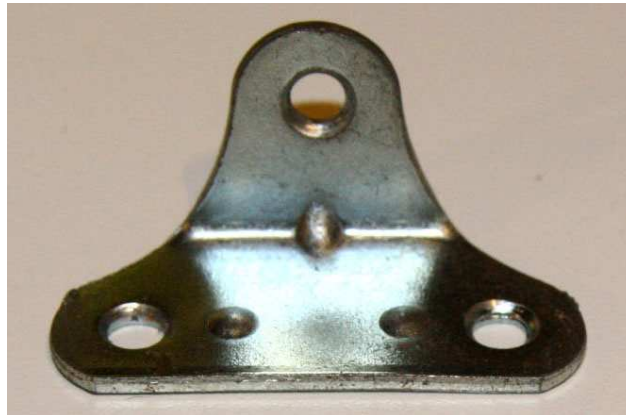


Figura 77: Cantoneira galvanizada de três furos

- h) Dobradiças tipo caneca, sendo quatro unidades com caneco de 26 mm (CP1) e quatro unidades com caneco 35 mm (CP2), como mostra a Figura 78.

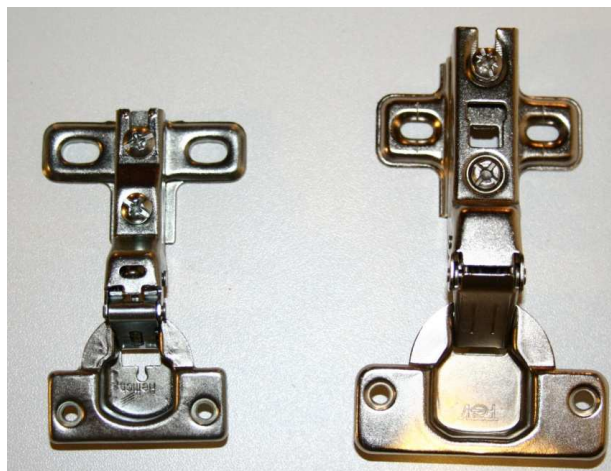


Figura 78: Dobradiças tipo caneca de 25 e 35 mm.

- i) Puxadores para uso mobiliário (seis unidades). Os puxadores utilizados foram da marca Hennich, de alumínio com roscas nas extremidades, como mostra a Figura 79.



Figura 79: Puxadores em Alumínio da marca Hennich

- j) Um par de corrediças de gavetas com 50cm de comprimento com 25kgf de carga nominal (CP1) e um par de corrediças de gavetas com 500 mm de comprimento e 35kgf de carga nominal (CP2), ambas da marca FGV-TN.
- k) Adesivo a base de poliuretano, na cor branca (Figura 80).



Figura 80: Adesivo a base de poliuretano utilizado na montagem

- l) Areia para simulação de carga. Nos ensaios deste trabalho foram usados 90kgf de areia, distribuídos em 18 sacos de 5kgf cada.

A Tabela 2, comparativa, a seguir mostra os materiais utilizados nos dois CPs.

Tabela 2: Quadro comparativo entre corpos de prova

<b>Quadro comparativo dos corpos de prova (CPs) 1 e 2</b>							
	<b>Material Estrutural</b>	<b>Ferragens</b>	<b>Parafusos</b>	<b>Adesivo</b>	<b>Dobradiça</b>	<b>Puxador</b>	<b>Corrediça</b>
<b>Corpo de Prova 1</b>	MDF 15mm	Cantoneiras de 03 furos	Parafusos de rosca soberba para madeira $\varnothing$ 4,5 X 14mm	não utilizou	Dobradiça tipo caneca 25mm	Puxador em Alumínio marca Hennich	Corrediça rolamentada marca FGV-TN Carga Nominal 25kg
<b>Corpo de Prova 2</b>	MDF 15mm	não utilizou	Parafusos de rosca soberba para madeira $\varnothing$ 4,5 X 50mm	Poliuretânico monocomponente	Dobradiça tipo caneca 35mm	Puxador em Alumínio marca Hennich	Corrediça rolamentada marca FGV-TN Carga Nominal 35kg

### 3.2 CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova utilizados no ensaio foram móveis experimentais em MDF, caracterizados como pequenos armários, de dimensões 90 x 83 x 56 cm (Comprimento x Largura x Altura), mostrados na Figura 81. Tais medidas foram adotadas por recomendações de Jardim (2010) e Matheus (2011), as quais se assemelham a gabinetes de pia e a balcões de trabalho em geral, presentes praticamente em todas as unidades móveis e veículos adaptados. De acordo com os autores, os pontos críticos dos móveis são as partes que executam movimentos, tais como dobradiças e corrediças de gavetas. Houve ainda apontamentos referentes às prateleiras internas, as quais são responsáveis por suportar boa parte da carga à que o móvel se destina.

Portanto, traçou-se alguns requisitos básicos para a construção dos móveis experimentais. Os corpos de prova deveriam conter:

- Portas com dobradiças tipo “caneca” com fechamento automático. Tais dobradiças garantem um perfeito ajuste de folgas das portas e ficam ocultas sob os painéis de porta, conferindo bom acabamento;
- Ao menos uma gaveta, com corrediças metálicas com rolamento sobre esferas. As corrediças comuns, com roletes metálicos ou plásticos possuem folgas, o que geram ruídos e facilitam quebras;
- Prateleiras (ao menos uma) e

d) Fixações utilizando-se parafusos de cabeça *Philips* (fenda cruzada), com rosca soberba próprios para MDF, bicromatizados e aparafusados com parafusadeira elétrica.

Seguindo tais premissas, desenvolveu-se um modelo digital em 3D pelo software Solid Edge ST2. A Figura 81 mostra o modelo computacional dos corpos de prova.

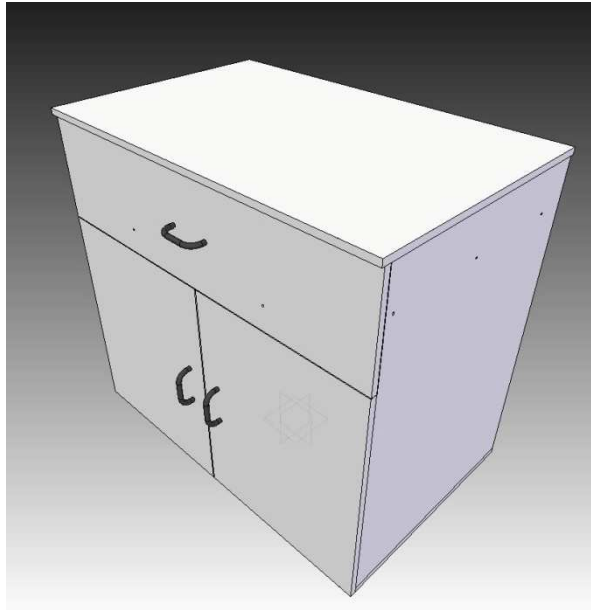


Figura 81: Modelo digital do corpo de prova.

Na Figura 82 tem-se o modelo com uma das portas e a gavetas abertas, evidenciando duas dobradiças do tipo caneca e a corrediça da gaveta.

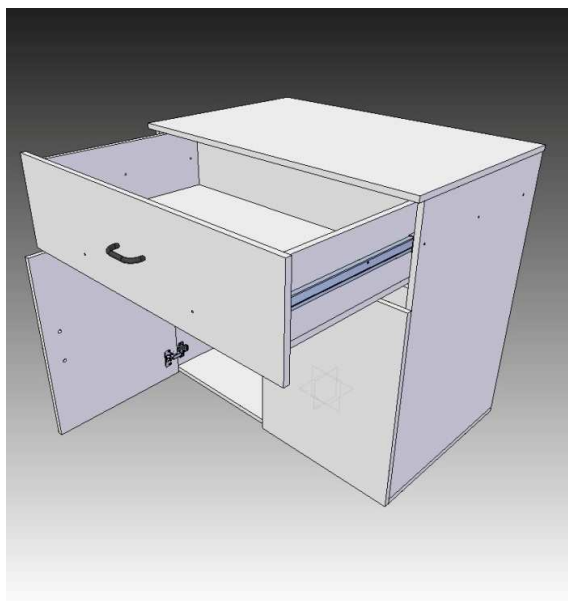


Figura 82: Modelo digital com gaveta aberta.

Na Figura 83 é possível visualizar todos os componentes do corpo de prova na representação em perspectiva explodida.

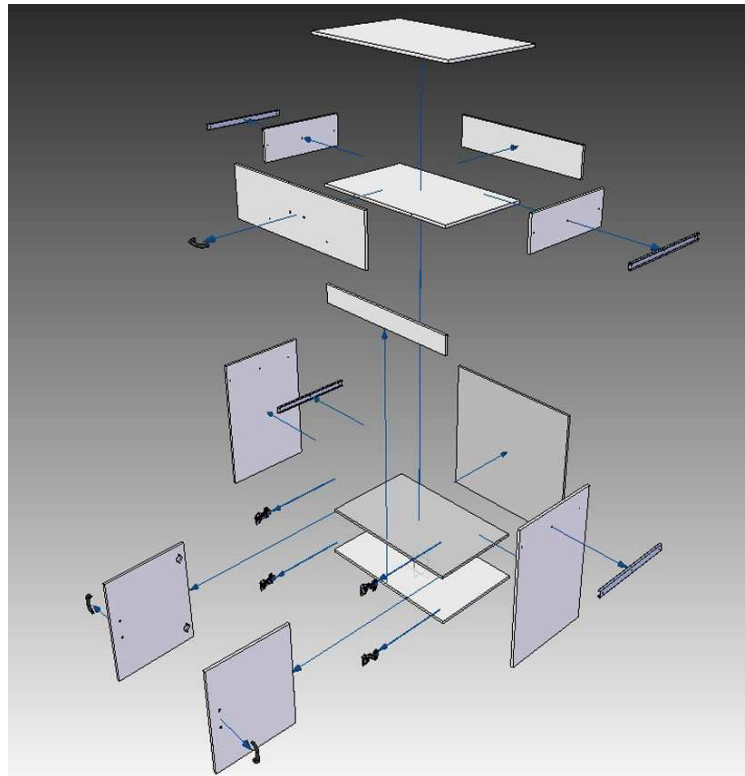


Figura 83: Vista Explodida do modelo.

Nos apêndices do presente trabalho, é possível visualizar com mais detalhes a construção dos corpos de prova, com medidas, representações em é pura e imagens detalhadas das peças que os compõem.

A partir do modelo digital, deu-se início à montagem dos corpos de prova físicos. Foram manufacturados dois corpos de prova, de dimensões e materiais estrututrais semelhantes. A diferenciação entre as peças veio durante o processo de montagem.

### 3.2.1 Corpo de Prova 1 (CP1)

O primeiro corpo de prova foi fabricado segundo procedimentos normais de marcenaria, sem preocupação com o uso dinâmico. Na Figura 84 vê se o primeiro corpo de prova.





Figura 84: Primeiro corpo de prova (CP1)

Utilizou-se como elemento de fixação mecânica aproximadamente 20 cantoneiras internas de três furos, galvanizadas, fixadas com três parafusos de rosca soberba, bicromatizados, da medida 14 X 4,5 mm, como mostra a Figura 85.



Figura 85: Fixação interna dos painéis estruturais

Foram utilizadas quatro dobradiças do tipo caneca, para furo de 25 mm, da marca Hettich (Figura 86)

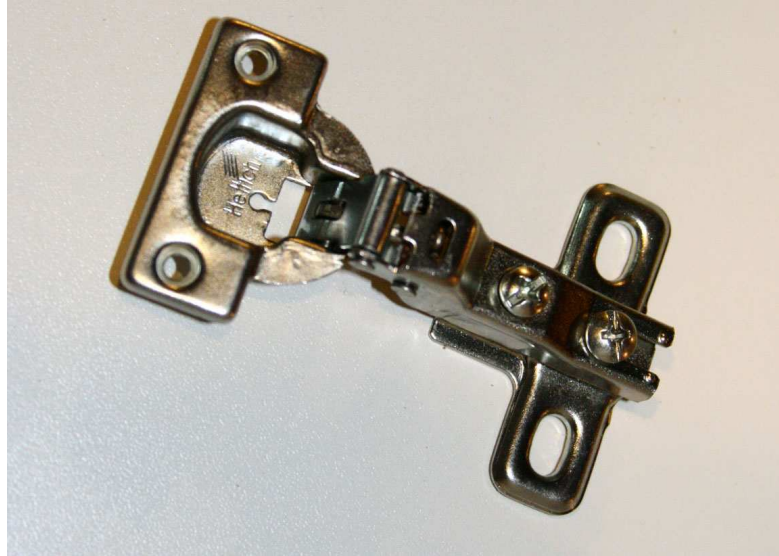


Figura 86: Dobradiça para caneca de 25 mm da marca Hettich

Utilizou-se para a gaveta um par de corredeiras rolamentadas da marca FGV-TN, com capacidade nominal para 25 kgf, de 500 mm de comprimento como mostra a Figura 87. Essa corredeira permite 100% de abertura da gaveta, é telescópica e possui três estágios. É composta por quatro perfis dobrados em chapa de aço, sendo um deles o guia para as esferas.



Figura 87: Corredeira da marca FGV-TN, com capacidade para 25kg

### 3.2.2 Corpo de Prova 2 (CP2)

O segundo corpo de prova foi produzido de acordo com algumas das diretrizes encontradas junto aos fabricantes, dentre elas:

- a) Uso de dobradiças maiores
- b) Uso de corredeiras de gaveta para maior carga nominal



- c) Parafusos maiores
- d) Cola PU
- e) Aplicação de adesivo epoxi nos parafusos das dobradiças de caneca.

A Figura 88 contém o segundo corpo de prova. Nota-se os parafusos aparentes, ao contrário dos parafusos internos do CP1.



Figura 88: Detalhe dos parafusos do segundo corpo de prova

Os parafusos utilizados no segundo móvel foram do tipo fenda cruzada (Phillips), de medidas 50 X4,5 mm, ou seja, 36 mm mais longos do que os utilizados no primeiro móvel.

O segundo móvel foi montado aplicando-se adesivo da marca TecBond na cor branca a base de poliuretano entre os painéis estruturais, como mostra a Figura 89.



Figura 89: Aplicação de adesivo nos painéis estruturais

As dobradiças utilizadas no segundo corpo de prova foram da marca FGV-TN, maiores do que as utilizadas no primeiro. As canecas passaram de 25 para 35 mm.

No segundo corpo de prova, foi aplicado adesivo epóxi da marca Araldite, fabricado pela Brascola, de modo a evitar o afrouxamento proveniente da vibração, como mostra a Figura 90.



Figura 90: Aplicação de adesivo epoxi nos parafusos das dobradiças

Assim, procurou-se preparar o segundo móvel de maneira a aumentar sua resistência às vibrações do ensaio.

Utilizou-se para a gaveta um par de corrediças rolamentadas da marca FGV-TN, com capacidade para 35kgf, de 500 mm de comprimento como mostra a Figura 91. Essa corrediça permite 100% de abertura da gaveta, é telescópica e possui três estágios. É composta por quatro perfis dobrados de chapa de aço, sendo um deles o guia para as esferas. A diferença dessa corrediça para a de 25 kgf é a espessura da chapa e a altura total da corrediça, sendo a de 35kgf aproximadamente 10 mm maior na altura.

Na Figura 91 vê-se os dois móveis experimentais. À esquerda está o móvel reforçado, e à direita, o convencional.



Figura 91: Móveis experimentais fechados

A Figura 92 mostra os dois CPs com gavetas e portas abertas. Nota-se os parafusos aparentes na face da gaveta do móvel esquerdo, o qual foi preparado para a ação das vibrações.



Figura 92: Móveis experimentais abertos

### 3.2.3 Fixação dos CPs à mesa

A fixação dos corpos de prova na mesa demandou uma estrutura específica, que foi desenvolvida a partir de caibros de madeira maciça de seção quadrada, com medidas 50 X 50 mm e parafusos de rosca M10 com cabeças sextavadas, porcas e

arruelas. Nessa estrutura foram instalados parafusos M10 de cabeça francesa, os quais passaram por furos no fundo dos móveis experimentais.

A fixação dos CPs na mesa vibratória não tem como objetivo simular ou ser semelhante com a fixação dos móveis nos veículos, porém no ensaio teve como objetivo somente garantir que a vibração da mesa fosse transmitida ao CP sem perdas ou folgas.

A estrutura de fixação é mostrada na representação 3D na Figura 93.

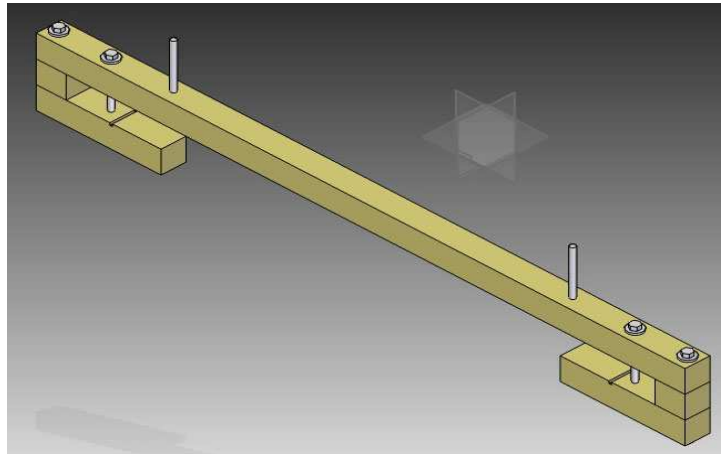


Figura 93: Estrutura de caibros para fixação dos corpos de prova

Na Figura 94 todas as peças de fixação podem ser visualizadas em separado.



Figura 94: Peças usadas para fixação dos corpos de prova

Por precaução, foram acrescentadas arruelas quadradas de MDF de 15 mm, retiradas de retalhos da chapa original, permitindo assim uma melhor distribuição do torque de aperto, evitando possíveis quebras próximas ao local dos furos.

Os móveis tiveram os fundos furados com as mesmas medidas, permitindo a troca de CP sem soltar a estrutura de fixação da mesa, onde foram fixados os caibros (Figura 95).





Figura 95: Fixação dos caibros sob os corpos de prova

Na Figura 96 vê-se o detalhe das porcas internas aos móveis e das arruelas quadradas de MDF.



Figura 96: Arruela em MDF e parafuso interno ao móvel.

Na Figura 97 vê-se o ensaio montado, modelado digitalmente.

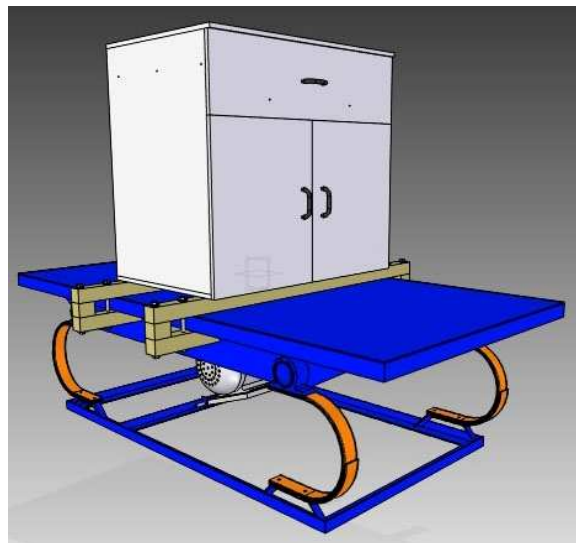


Figura 97: Representação em 3D do ensaio montado.

A Figura 98 mostra o ensaio antes de ser realizado, com a estrutura de fixação e o móvel experimental já fixado à mesa.



Figura 98: Corpo de prova 1 montado.

Dentro do móvel foram colocados sacos com areia de modo a simular a carga de uso, cada um com 5kgf. Tal carga foi estipulada visando simular o peso de mantimentos, utensílios domésticos e roupas. Na Figura 99 é mostrada a pesagem de cada saco.



Figura 99: Pesagem individual dos sacos de areia

Ao todo foram colocados 18 sacos de areia no corpo de prova, sendo seis na gaveta, seis na prateleira e seis no fundo, totalizando 90kgf de carga estática. Na Figura 100 é mostrada a disposição dos sacos dentro do corpo de prova (CP).



Figura 100: Sacos de areia na estante e no fundo do CP.

### 3.3 PROCEDIMENTO DE ENSAIO

O ensaio foi realizado de maneira a comparar o tempo em que os dois móveis resistiriam às vibrações e averiguar a efetividade das diretrizes aplicadas no móvel reforçado em relação ao móvel convencional.

Bordin (2010) afirma que só é possível traçar um paralelo entre o tempo de ensaio e quilometragem percorrida, empregando-se ensaio de vibração randômica. Já no ensaio de vibração senoidal, ou seja, sem variação da frequência, tal correlação é impossível. Portanto, o método escolhido para a avaliação foi a comparação do tempo entre as duas maneiras de montagem.

Dessa forma, avaliou-se a resistência de um corpo de prova em relação ao outro pelo tempo decorrido de ensaio, dispensando uma correlação com a quilometragem real.

#### 3.3.1 Ensaio 1 (CP1)

O primeiro ensaio (CP1) pode ser descrito nos seguintes passos:

- a) Fixação do CP1 à mesa vibratória;

- b) Distribuição das cargas de areia de maneira uniforme nos três níveis do CP1, ou seja, gaveta, prateleira e fundo;
- c) Fechamento da gaveta;
- d) Fechamento das portas somente com a ação de mola das dobradiças;
- e) Acionamento do motor da mesa e do cronômetro simultaneamente;
- f) Primeira fase do ensaio até o colapso das dobradiças;
- g) Paralisação do ensaio;
- h) Retirada das portas e das cargas de areia;
- i) Acionamento do motor da mesa e do cronômetro simultaneamente;
- j) Segunda fase do ensaio até colapso da estrutura do CP1;
- k) Paralisação final do ensaio e
- l) Avaliação dos Resultados.

### **3.3.2 Ensaio 2 (CP2)**

O segundo ensaio (CP2) pode ser descrito nos seguintes passos:

- a) Fixação do CP2 à mesa vibratória;
- b) Distribuição das cargas de areia de maneira uniforme nos três níveis do CP2, ou seja, gaveta, prateleira e fundo;
- c) Fechamento da gaveta e das portas com uso de elástico de cargas;
- d) Acionamento do motor da mesa e do cronômetro simultaneamente;
- e) Primeira fase do ensaio até o desalinhamento das portas;
- f) Paralisação do ensaio;
- g) Retirada das portas e das cargas de areia;
- h) Acionamento do motor da mesa e do cronômetro simultaneamente;
- i) Segunda fase do ensaio até colapso da estrutura do CP2;
- j) Paralisação final do ensaio e
- k) Avaliação dos Resultados.

Os resultados dos ensaios vieram a corroborar com os dados encontrados em campo junto aos fabricantes, reproduzindo de maneira satisfatória o que acontece na realidade e que foi previamente documentado.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 RESULTADOS DO ENSAIO 1 (CP1)

Próximo dos primeiros 30 s de ensaio, os sacos de areia começaram a se deslocar para fora do CP, forçando a abertura das portas.

Sem desligar a mesa, colocou-se de volta os pesos em suas posições originais. Porém os mesmos voltaram a se deslocar. Ao colocá-los novamente em suas posições, a vibração novamente moveu as cargas para fora, situação que permaneceu até o final do ensaio.

Por volta de um minuto decorrido de ensaio, pôde-se notar o afrouxamento da dobradiça superior da porta direita, causando o desalinhamento da mesma.

Por volta de 2 min 20 s verificou-se o desalinhamento da porta esquerda, o que impossibilitou o seu fechamento normal. Tal defeito pode ser visto na Figura 101.

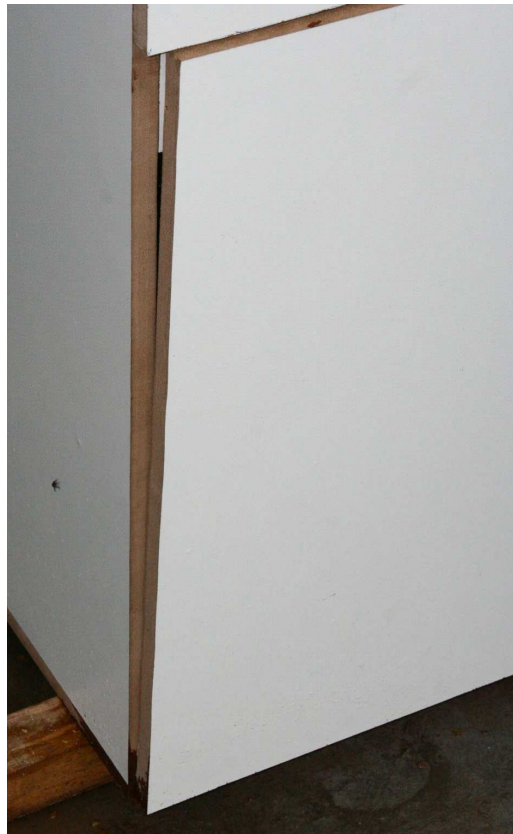


Figura 101: Porta esquerda desalinhada(CP1)

Em torno de 2 m50 s notou-se o colapso da dobradiça direita inferior, o que levou ao total desestruturação da porta. A Figura 102 mostra a porta desalinhada.



Figura 102: Colapso da dobradiça

A Figura 103 mostra a dobradiça sem o parafuso de regulagem, o que levou à desmontagem e conseqüente colapso. Nota-se a presença de marcas de movimentação (riscos) no acabamento do móvel devido a atritos por parte da dobradiça solta.



Figura 103: Colapso da dobradiça e riscos no acabamento (CP1)

Aos 4 min 10 s o ensaio foi paralisado por causa do colapso de ambas as portas, como mostra a Figura 104.



Figura 104: Ambas portas desalinhas (CP1)

Retirou-se as portas e as cargas de areia do interior do CP e o ensaio foi reiniciado, de maneira a avaliar a resistência da estrutura geral do móvel. Pôde-se notar que o móvel sem carga, ou seja, vazio, vibra de maneira diferente e muito mais intensa do que na situação de carga máxima.

Aos oito minutos após o reinício, notou-se um leve afrouxamento da corredeira direita, porém sem nenhum dano crítico, como mostra a Figura 105. Essa folga foi percebida devido a pequenas alterações de trajetória durante as operações de abertura e fechamento da gaveta após o ensaio.



Figura 105: Pequena folga na corredeira (CP1)

Com 9 min 30 s de ensaio, a prateleira interna se soltou e perdeu a função, mostrada pela Figura 106.



Figura 106: Prateleira solta.

Já por volta de 11 minutos, a testeira inferior à gaveta soltou-se do lado esquerdo, o que numa situação real geraria a desestruturação do móvel, sendo neste momento o ensaio paralisado. O defeito da testeira é mostrado na Figura 107.



Figura 107: Lado esquerdo da testeira solto

#### 4.2 RESULTADOS DO ENSAIO 2 (CP2)

No segundo ensaio, as cargas de areia foram colocadas exatamente da mesma forma do primeiro.



Para evitar a abertura das portas e a expulsão dos pesos de areia, optou-se por passar um elástico de amarração de carga, semelhante ao usado em motocicletas, ao redor do CP.

O ensaio transcorreu sem nenhuma alteração até 15 min, quando notou-se um pequeno desalinhamento da porta esquerda.

A corredeira do CP2 permaneceu intacta durante o ensaio (Figura 108).

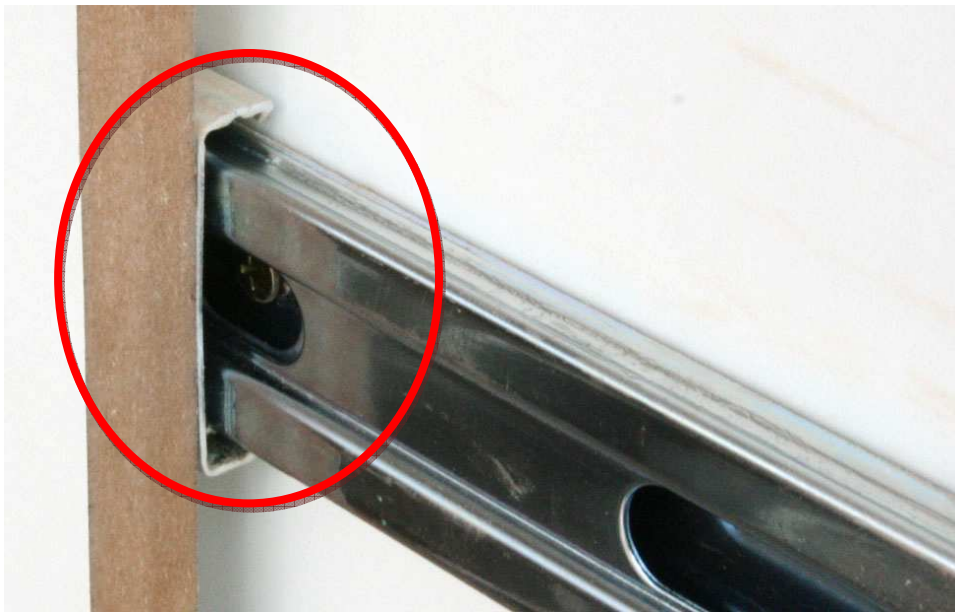


Figura 108: Corredeira intacta (CP2)

Por superar em muito o tempo de resistência do primeiro CP, optou-se por paralisar o ensaio para a retirada das portas e dos pesos para se testar a resistência da estrutura sem carga e sem partes móveis.

Prosseguiu-se com a mesa ligada até 45 min, sem nenhuma alteração visível, optando-se então pela paralisação final do ensaio.

Com os resultados dos ensaios, fez-se a Tabela 3, que permitiu a comparação entre os dados do CP1 e do CP2.

Tabela 3: Resultados dos Ensaios

<b>Tempo</b>	<b>CP1</b>	<b>Consequência</b>	<b>CP2</b>	<b>Consequência</b>
30 s	Deslocamento dos pesos	Abertura de portas	Sem alteração	-
1 min	Afrouxamento dobradiça superior direita	Desalinhamento da porta direita	Sem alteração	-
2 min 20 s	Afrouxamento dobradiça inferior esquerda	Desalinhamento da porta esquerda	Sem alteração	-
2 min 50 s	Colapso da dobradiça inferior direita	Desestruturação da porta direita	Sem alteração	-
4 min 10 s	Desalinhamento grande da porta esquerda	Paralização do ensaio	Sem alteração	-
9 min 30 s	Colapso da prateleira	Perda da função estrutural		
	Reinício	Retirada dos pesos e portas	Não parou	-
12 min 10 s	Folga leve na corredeira direita	Sem alteração	Sem alteração	-
15 min 10 s	Colapso do lado esquerdo da testeira	Perda da função estrutural - Paralisação do Ensaio	Desalinhamento da porta esquerda	Paralisação do Ensaio
15 min 30 s	-	-	Reinício	Retirada dos pesos e Portas
45 min 10 s	-	-	Sem alteração	Encerramento do Ensaio

### 4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dos dados fornecidos pelos ensaios, pôde-se concluir que:

- a) O uso de adesivo epoxi nos parafusos das dobradiças aumentaram a resistência à vibração de um a dois minutos para aproximadamente 15 minutos, ou seja, um ganho de 7,5 vezes o tempo inicial.
- b) As corredeiras mais reforçadas sanaram o problema do afrouxamento do primeiro ensaio, ocorrido em 2 min 10 s, não se repetindo no segundo.
- c) O uso de parafusos maiores em conjunto com a cola poliuretânica sanou o defeito da testeira ter se soltado em 15 min 10 s, o que garantiu que o CP2 não

apresentasse defeitos estruturais em 45 min de ensaio, um aumento da ordem de no mínimo 3 vezes a resistência inicial.

Portanto conclui-se que a adoção de tais diretrizes o objetivo para o aumento da durabilidade dos móveis veiculares quando expostos à vibração senoidal em laboratório. Pode-se inferir que tais medidas garantiriam aos móveis produzidos com a adoção de tais diretrizes uma maior sobrevida no uso veicular.

#### 4.4 PROPOSTA DE DIRETRIZES DE PROJETO

Os resultados obtidos através dos ensaios permitiram traçar, em conjunto com os dados encontrados em campo, diretrizes de projeto para a construção de móveis veiculares. Tais diretrizes serão subdivididas em tópicos de acordo com as peças ou partes do móvel às quais se relacionam.

Antes de serem construídos os móveis e ambientes internos das unidades móveis e veículos de recreação, Jardim (2010) afirma que é necessário ser feito um projeto detalhado para definir onde ficarão as paredes, os móveis, os equipamentos, as instalações elétricas e hidráulicas, a iluminação, entre outros. Sem esse projeto, segundo os dados obtidos na entrevista,, a execução de qualquer unidade móvel é extremamente lenta e demorada, demandando diversas alterações. Portanto, ter um projeto bem resolvido é um pré-requisito para a execução rápida e bem feita de uma unidade móvel.

##### 4.4.1 Estrutura

Os materiais para estrutura dos móveis devem ser de maior resistência possível, dando-se preferência para o MDF e o compensados, evitando-se o OSB e o MDP. Em áreas úmidas a opção deve ser o compensado naval a prova d'água. Em veículos sujeitos à infiltração, o compensado naval deve ser usado em substituição ao convencional de adesivo PVA. O MDF deve ser evitado em qualquer ambiente úmido, dada a sua fragilidade quando exposto à água.



Jardim (2010) aconselha utilizar painéis de madeira mais espessos do que seriam usados em móveis similares para aplicação fixa, porém tomando-se o cuidado com o peso total da instalação.

Em caso de veículos com suspensão de feixes de mola, pode-se realizar a montagem dos móveis com o uso de calços de borracha, em fitas ou mantas sob gabinetes que acomodarão equipamentos de precisão ou eletrônicos em geral. Pode-se considerar o uso de amortecedores de borracha industrializados. Esse procedimento é efetuado em alguns casos por Jardim e Matheus.

Em gabinetes que abrigarão eletrodomésticos como forno de microondas, geladeira e aparelhos de ar-condicionado, deve-se tomar medidas de proteção aos equipamentos, como a fixação com espuma de poliuretano e o calçamento com materiais de amortecimento. Segundo Matheus (2011) Esse procedimento tem como objetivo evitar a quebra de componentes internos dos aparelhos.

#### **4.4.2 Ferragens**

Deve-se escolher ferragens robustas, com chapas e pinos reforçados ou maiores do que as que se utilizariam num móvel convencional. No caso de dobradiças tipo folha ou caneca, devem ser utilizadas em maior número ou de tamanho maior do que em móveis de aplicação predial visando compensar o aumento de esforço.

Em dobradiças tipo caneca, nas quais existem parafusos de ajuste, deve-se usar adesivos anaeróbicos tipo trava-rosca, adesivos tipo epoxi ou adesivo poliuretânico monocomponente para evitar a soltura. Matheus (2011) adverte que o uso de adesivos com base em ciano-acrilato (tipo Super-Bonder®) devem ser evitados por terem um comportamento excessivamente rígido após a cura, característica que os torna quebradiços em esforços dinâmicos.

A escolha das corrediças de gavetas deve recair sobre as que possuem esferas de rolamento devido à sua construção mais precisa e funcionamento justo, o que evita folgas durante o deslocamento do veículo. Os ensaios de vibração demonstraram que o uso de uma corrediça com 40% a mais de capacidade na carga nominal é suficiente para sanar possíveis falhas. Os ensaios demonstraram também que o uso de corrediças com trava de fim de curso, bem como molas de retorno são

preferíveis às com retorno por gravidade, que apresentam folgas. Caso as correções de gavetas apresentem folgas, elas se tornarão fontes de ruídos e estarão mais suscetíveis a quebras.

#### **4.4.3 Acessórios**

O uso de acessórios prontos, industrializados, como tábuas de passar dobráveis, cabideiros retráteis, mesas expansíveis, dentre outros, contribui para um melhor aproveitamento de espaço dentro dos veículos. Porém, tais acessórios não são dimensionados para cargas dinâmicas. Portanto as mesmas observações das correções de gaveta são válidas, ou seja, utilizar modelos que suportam carga nominal maior ao recomendado para a aplicação fixa semelhante.

Os acessórios deverão ser fixados de maneira a se evitar a possível soltura de parafusos e a fim de reduzir a fadiga dos componentes por esforços repetitivos. Tal procedimento poderá ser efetuado fazendo-se o uso de presilhas plásticas tipo Hellerman® para fixar estantes aramadas, bem como o uso de faixas elásticas ao se fechar tábuas de passar retráteis e lixeiras escamoteáveis.

No uso de porcas, deve-se dar preferência às porcas autotravantes do tipo Parlock® ou semelhantes, porcas tipo castelo travadas com cupilha ou semelhantes. Onde não for possível adotar tais medidas, o uso de arruelas de pressão deve ser considerado. Caso nenhuma das medidas anteriores sejam tomadas, é aconselhável o uso de adesivos anaeróbicos tipo trava-rosca ou adesivos tipo epóxi para evitar o afrouxamento de parafusos.

#### **4.4.4 Acabamento**

Deve-se dar preferência para painéis pré-acabados. Devido à grande variação de temperatura que ocorre no interior de veículos em geral, acabamentos como os laminados de alta pressão aplicados com cola de contato tendem a se soltar.

O Gofrato®, ou popularmente chamado de “fórmica líquida” (tinta poliuretânica bi-componente com acabamento texturizado) tem obtido bom

desempenho em situações de extrema variação de temperatura e umidade especificamente no uso veicular.

Em interiores, deve-se dar preferência ao uso de seladoras ao invés de vernizes com formação de película. As movimentações do veículo bem como as variações de temperatura tendem a romper a película do verniz, fazendo-o descamar. O uso de seladoras, bem como de vernizes impregnantes tipo *stain* substituem o uso do verniz comum com vantagens nesses casos. A única ressalva é a fragilidade das seladoras a base de laca-nitrocelulose em relação à umidade e incidência de luz solar. Em tais casos os vernizes impregnantes tipo *stain* podem ser usados em ambientes externos graças à comprovada resistência aos raios solares.

Fitas de borda e acabamentos de topo em chapas devem ser executados com cola do tipo *hot-melting* ou termo-fusível ao invés dos adesivos de contato convencionais devido à fragilidade à umidade e variação de temperatura.

#### **4.4.5 Suspensão**

Persegui (2005) ao analisar o comportamento dinâmico das suspensões por feixes de mola mostra que o nível global de vibração pode ser até oito vezes maior ao compará-las com suspensões a ar.

Segundo indicações dos problemas nos móveis de madeira de uso veicular feitas por Jardim (2010) e Matheus (2011), corroborados pelos gráficos de ISTA (2010), a suspensão por feixe de molas é a que mais transmite vibrações do solo para o interior do veículo. Os gráficos de ISTA (2010) ainda mostram que os níveis de vibração da suspensão a ar é até três vezes menor que as suspensões por feixes de mola.

Com base em tais informações sugere-se que o uso da suspensão por feixes de mola deve ser evitado, dando-se preferência ao uso das suspensões a ar, o que pode contribuir para um aumento da durabilidade dos móveis veiculares.

## CONCLUSÕES

Através do levantamento de campo e dos ensaios laboratoriais pôde-se confirmar a existência do problema da exposição dos móveis de madeira de uso veicular à vibração e fazer a proposição de diretrizes visando contribuir para o aumento da durabilidade.

Como indicações para novos ensaios, recomenda-se o uso de dispositivos de travamento das portas para evitar sua abertura indesejada, como trincos ou trava por roletes.

Faz-se uma observação sobre as cargas simuladas. Deve-se fixá-las para que não se desloquem durante o ensaio. Houve uma notável diferença entre a vibração dos corpos de prova carregados e vazios. Na segunda condição o nível de ruído aumentou substancialmente, bem como o movimento das partes era mais visível.

Faz-se uma recomendação a respeito do tempo de ensaio. Deve-se buscar o aperfeiçoamento dos móveis e conseqüentemente fazer um aumento gradual dos períodos de amostragem. Os resultados fornecidos pelos ensaios, bem como todos os dados encontrados em campo revelaram um ramo de pesquisa ainda inexplorado, carente de bibliografia e com grande potencial de mercado no Brasil.

Pode-se inferir, portanto, que a adoção de tais diretrizes contribuirá para o aumento da durabilidade, bem como reduzirá os riscos de quebras, peças soltas e danos no interior dos veículos especiais.

Faz-se porém uma ressalva no que tange o numero de aplicações, tipos e inumeros materiais que podem compor o interior de tais veículos. O número de variáveis envolvidas é vasto, o que dificulta um fechamento preciso do assunto em questão.

Como pesquisa futura, propõe-se um aprofundamento na metodologia de ensaio, visando assim uma possível normatização para a construção de móveis veiculares em madeira.

Pode-se fazer ainda uma análise mais profunda, englobando móveis veiculares confeccionados em outros materiais, estendendo-se tal metodologia para móveis feitos em chapas e tubos de aço, moldados em plástico reforçado com fibra vidro, plástico injetado, dentre outros.

Cada diretriz proposta neste trabalho consiste de medidas empíricas. Há ainda a necessidade de se fazer a validação de cada diretriz proposta, cabendo ao projetista a adoção ou não de tais medidas ao se idealizar o interior de um veículo especial.

## REFERÊNCIAS

2MANYTOYZ. 2Manytoyz Sunshine States. Dicas de manutenção de *motorhomes*, fotos de viagens e automóveis. Disponível em <<http://2manytoyz.com/>>. Acesso em junho de 2010.

ABIMOVEL. Associação brasileira das indústrias do mobiliário. **Panorama da indústria moveleira no Brasil**: informações gerais. 2005. Disponível em <[http://www.sebraego.com.br/site/arquivos/downloads/Panorama\\_do\\_Setor\\_Moveleiro\\_no\\_Brasil\\_23758.pdf](http://www.sebraego.com.br/site/arquivos/downloads/Panorama_do_Setor_Moveleiro_no_Brasil_23758.pdf)>. Acesso em junho de 2010.

ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (1992). **NBR 12743**: Móveis ABNT, 2 p. Março, 1993.

ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (1997). **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 107 p.

ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (1980). **NBR 62/30**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT.

AGÊNCIA BRASIL. Agência Brasil: portal de notícias. 18/02/2011. Disponível em <<http://www.copa2014.org.br/noticias/6355/brasil+espera+aumentar+em+30+numero+de+turistas+estrangeiros+ate+2016.html>>. Acesso em março de 2011.

BARLITO, Mateo. F1 takes RV'ing to a whole new level – 05 de julho de 2007. Disponível em <<http://zerofilter.typepad.com/soc/2007/07/f1-takes-rving-.html>>. Acesso em maio de 2010.

BARTIRA. Fabricante de móveis seriados. Disponível em <<http://site.casasbahia.com.br/bartira.do>>. Acesso fevereiro de 2010.

BORDIN, Mauricio Rossi. **Entrevista Técnica CETEA**. Campinas, 2010.

BORDIN, Mauricio Rossi. **O ambiente de distribuição**. CETEA, 2007.

BORDIN, Mauricio Rossi. **O ambiente de distribuição**. Seminário Desenvolvimento e Avaliação de Embalagens de Transporte e Distribuição. CETEA, 2005.

CETEA / JICA. **Melhoramento de Tecnologias de Embalagem para Distribuição de Produtos no Mercosul**. CETEA – Centrote Tecnologia de Embalagem de Alimentos. Campinas, 2005.

DEXTER. Fabricante de eixos com suspensão elastomérica para trailers. Disponível em <<http://www.dexteraxle.com/>>. Acesso em junho de 2010.

DOMINGOS, Silvio. Notícias da cidade de Araras. Disponível em <<http://www.araras.sp.gov.br/e/?c=noticias&i=4225>>. Acesso em fevereiro de 2011.

FREIRE. Leilões Freire. 2008. Disponível em <<http://www.leiloesfreire.com.br/trabalho-ver.php?id=63>>. Acesso em setembro de 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GKN. Esquema de funcionamento da suspensão por torsão de borracha. Dinâmica da suspensão GKN – Jakson Center. 2007. Disponível em <<http://gknjacksoncenter.com/>>. Acesso em junho de 2010.

HELLMEISTER, João Cesar. **Sobre a determinação das características físicas da madeira**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo – USP. São Carlos, 1973. 161 p.

HELLMEISTER, L. A. V.; DEGANUTTI, R.; RENOFIO, A.; HELLMEISTER, V. **Modelagem eletrônica, simulação e ensaios de materiais, aplicados no desenvolvimento de suspensão elastomérica para uso rodoviário**. 3º Workshop - Design e Materiais - Seleção de Materiais e Processos de Fabricação. Porto Alegre, 2007

HELLMEISTER, Victor. **HellCamp veículos especiais e equipamentos para camping** - Desenvolvimento da identidade visual da empresa e do mix de produtos. TCC (Comunicação Visual) – Universidade Estadual Paulista – UNESP. Bauru, 2008.

HOESCH. Molas automotivas. Disponível em <<http://www.hoesch.com.br/>>. Acesso em junho de 2010.

ISTA. International Safe Transit Association - Random Vibration Worksheet (Dennis Young 2007). Disponível em <[http://www.ista.org/forms/Random\\_Vibration\\_Worksheet\\_v1-1\\_Young\\_2007.xls](http://www.ista.org/forms/Random_Vibration_Worksheet_v1-1_Young_2007.xls)> - Consultado em 25/05/2010>. Acesso em junho de 2010.

JARDIM, Gilson. Gerente da Fusa Unidades Móveis. **Entrevista pessoal**. Bauru, 2010.

LETSGETAWAY - Caravan Park/Campground Reviews & Trip Reports. Disponível em <<http://www.lets-getaway.com/single-v-tandem.htm>>. Acesso em fevereiro de 2011.

LUIZA, Magazine. Loja de Departamentos Online. Disponível em <[http://www.magazineluiza.com.br/Linha\\_Setores/linha\\_setor.asp?linha=MO&msl=TO](http://www.magazineluiza.com.br/Linha_Setores/linha_setor.asp?linha=MO&msl=TO)>. Acesso em junho de 2010.

MASTINU, Giampiero. **Corso di Costruzione di Veicoli 2009-10**. Politecnico di Milano – 2010. Disponível em <<http://people.mecc.polimi.it/mastinu>>. Acesso em fevereiro de 2011.

MATHEUS, Marcus Pinto. Itutrailer. **Entrevista técnica**. Itu, 2011.

MOURA, E. D. A. **Estudo de suspensões passiva, semi-ativa MR e ativa**. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto de

Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá – UNIFE, Itajubá, 2003. 162 p.

MULTIMÓVEIS. Anúncio de Serviços. Disponível em <[http://www.quebarato.com.br/projetista-de-moveis-modulados\\_\\_29b624.html](http://www.quebarato.com.br/projetista-de-moveis-modulados__29b624.html)>. Acesso em junho de 2010.

NELLEMANN, Christina. Tiny House Blog - postagem sobre Sheep Wagons. Disponível em <<http://tinyhouseblog.com/stick-built/sheep-wagons/>>. Acesso em junho de 2010.

NEVEUX, Marc. RV Adventure & Travel Packing Tips. Disponível em <<http://www.themillcasino.com/blog/index.php/2011/02/packing-tips>>. Acesso em fevereiro de 2011.

NIGHTRIDER. Nightrider RV Inc Restoration and Repair. Oficina especializada na manutenção de trailers e motorhomes. Disponível em <<http://www.nightriderrv.com/cgi-bin/emAlbum.cgi>>. Acesso em junho de 2010.

NITSCHKE, Cesar Augusto Soares; LOPES, Norma Garcia; BUENO, Rosa Maria Lenzi. **Riscos laborais em unidade de tratamento intensivo móvel** - UTI Móvel. Monografia (Especialização em Medicina do Trabalho) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2000. 81p.

PERSEGUIM, Odilon Terreri. **Dinâmica veicular relativa ao ride de veículos e métricas para sua avaliação**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos SP, 2005.

POUPATEMPO. PoupaTempo. Disponível em <[http://www.poupatempo.sp.gov.br/posto\\_movel/unidades.asp?mostrar=g1](http://www.poupatempo.sp.gov.br/posto_movel/unidades.asp?mostrar=g1)>. Acesso em novembro de 2010.

RAMOS, Alexandre Ule Ramos. **Guia de compra Tempra Turbo**. Revista WebMotors, 2007.

RAO, Singiresu. **Vibrações mecânicas**. 4 ed. Pearson Prentice Hall, 2009.

RDNEWS. Imagem de ambulância. Disponível em <<http://www.rdnews.com.br/arquivos/upload/Image/ambulancia--Nova-Maringa-2.gif>>. Acesso em abril de 2010.

REAL. Banco Rea. Disponível em <<http://www.bancoreal.com.br>>. Acesso em junho de 2010.

ROMANCOINS. História do Império Romano. Disponível em <<http://www.romancoins.info/MilitaryEquipment-Wagons.html>>. Acesso em junho de 2010.

ROMA-O-MATIC. Fotografia de uma estrada romana. Disponível em <<http://www.roma-o-matic.com/img/monumento/1-1.jpg>>. Acesso em junho de 2010.



RONTAN. RONTAN ELETRO METALÚRGICA LTDA. Disponível em <<http://www.rontan.com.br/www/rontan/instalacoes.html#>>. Acesso em fevereiro de 2011.

ROSTA. Rosta Inc. Suspensão Elastomérica. Disponível em <<http://www.rostainc.com/pdfs/rostaifo12.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2011.

RVBUSINESS. Revista informativa do setor de veículos de recreação dos EUA. Janeiro a março de 2011. Disponível em <[http://www.rvbusiness.com/wp-content/uploads/2011/01/DigitalRVBusiness1101\\_02.pdf](http://www.rvbusiness.com/wp-content/uploads/2011/01/DigitalRVBusiness1101_02.pdf)>. Acesso em março de 2011.

RVIA. Recreational Vehicle Industry Association. Disponível em <<http://www.rvia.org>>. Acesso em agosto de 2010.

SHARP, Bob; SAMAHÁ, Fabrício. A suspensão explicada. 2004. Best Cars Website. Disponível em <<http://www2.uol.com.br/bestcars/tecprep/susp-1.htm>>. Acesso em maio de 2010.

STEVENSON, Susan L.. Living in Alaska - Life in the Last Frontier. The thoughts and photography of Susan L Stevenson. Disponível em <<http://susanstevenson.com/blog/2010/06/fairbanks-palmer-seward-part-1-of-3/>>. Acesso em fevereiro de 2011.

SYNTHESIS. What makes a Good Trailer? What to look for when Buying or Building – 1996. Disponível em <<http://www.synthx.com/articles/trailer-design.html>>. Acesso em fevereiro de 2011.

THE SAMBA. The Samba. Site mundial especializado em modelos Volkswagen refrigerados a ar. Disponível em <<http://www.thesamba.com/vw/archives/pressphotos/type1.php>>. Acesso em junho de 2010.

TOSTES, Luiz Edgar. Acampe no Brasil - Artigo para troca de informações com caravanistas portugueses. 2009. Disponível em <<http://tribuna-autocaravanista.blogspot.com/search/label/Brasil>>. Acesso em junho de 2009.

TOSTES, Luiz Edgar. Campismo no Brasil - Artigo para o editorial do site Acamp. 2001. Disponível em <<http://www.acamp.com.br/acamp/CampismoLET.cfm>>. Acesso em junho de 2009.

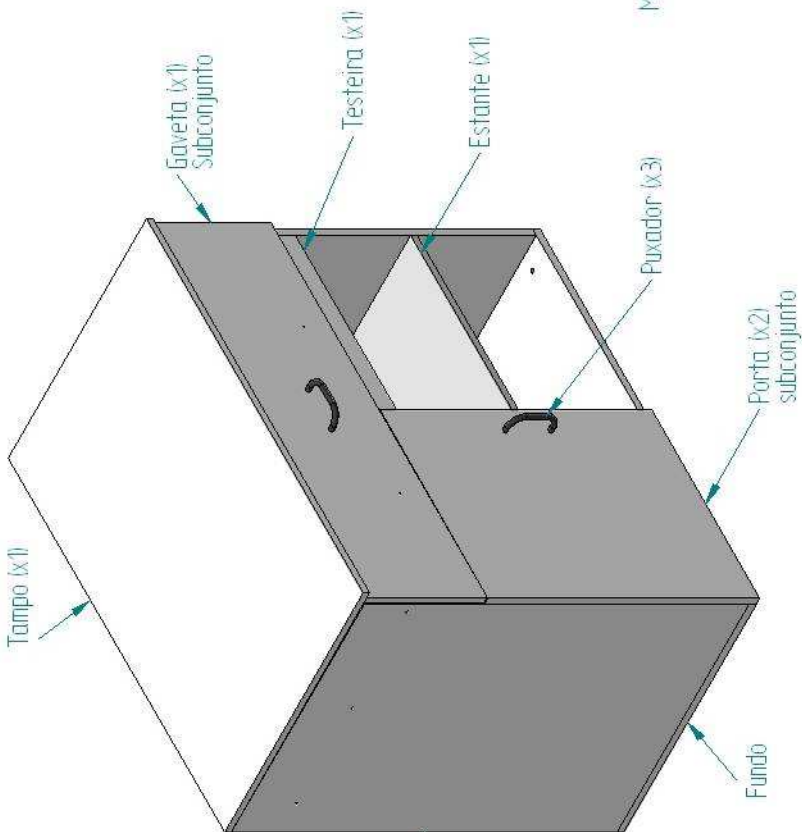
WOOD FACTORY. Anúncio de serviço. Disponível em <<http://saomarcos-lisboa.olx.pt/fabricamos-moveis-sob-medida-escolha-o-seu-e-vamos-a-sua-casa-sem-custos-adicionais-iid-34247363>>. Acesso em junho de 2010.

ZEZINHO, Marceneiro. Anúncio de serviço. Disponível em <<http://saojosedospinhais.olx.com.br/zezinho-marceneiro-moveis-sob-medida-f-41-3283-4006-iid-21476379>>. Acesso em junho de 2010.

## APÊNDICES

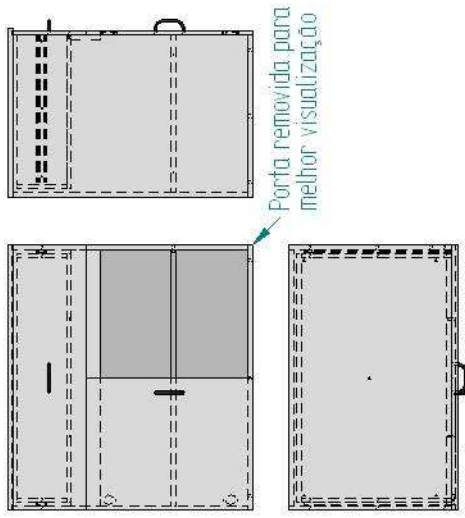
### APÊNDICE 1 - CORPO DE PROVA

Lista de Peças	Qtde.
Tampo	01
Lateral	02
Traseira	01
Fundo	01
Testeira	01
Porta	02
Gaveta	01
Puxador	03

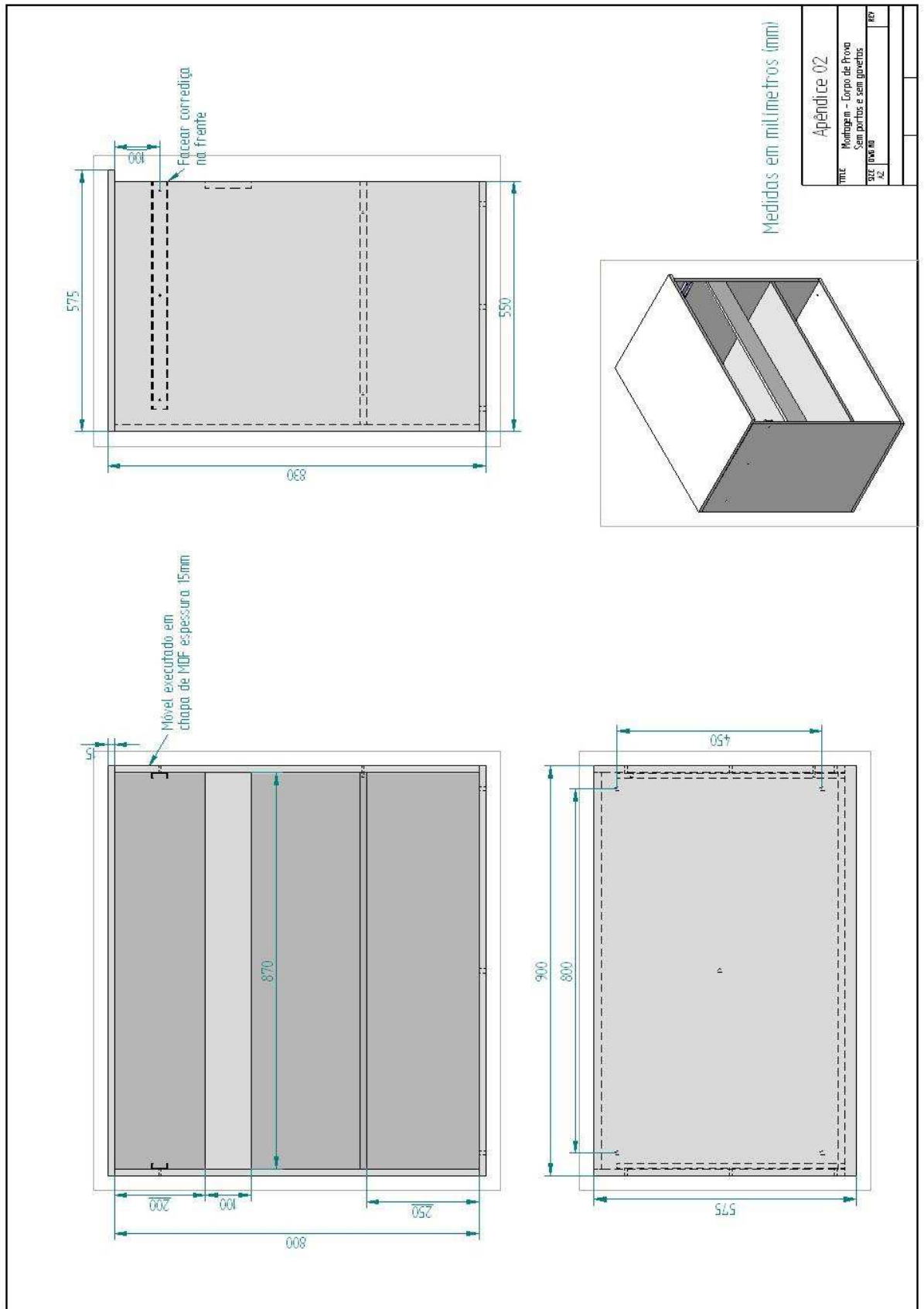
Medidas em milímetros (mm)

Apêndice 01	
Montagem - Corpo de Prova	
DATA	REV
12	

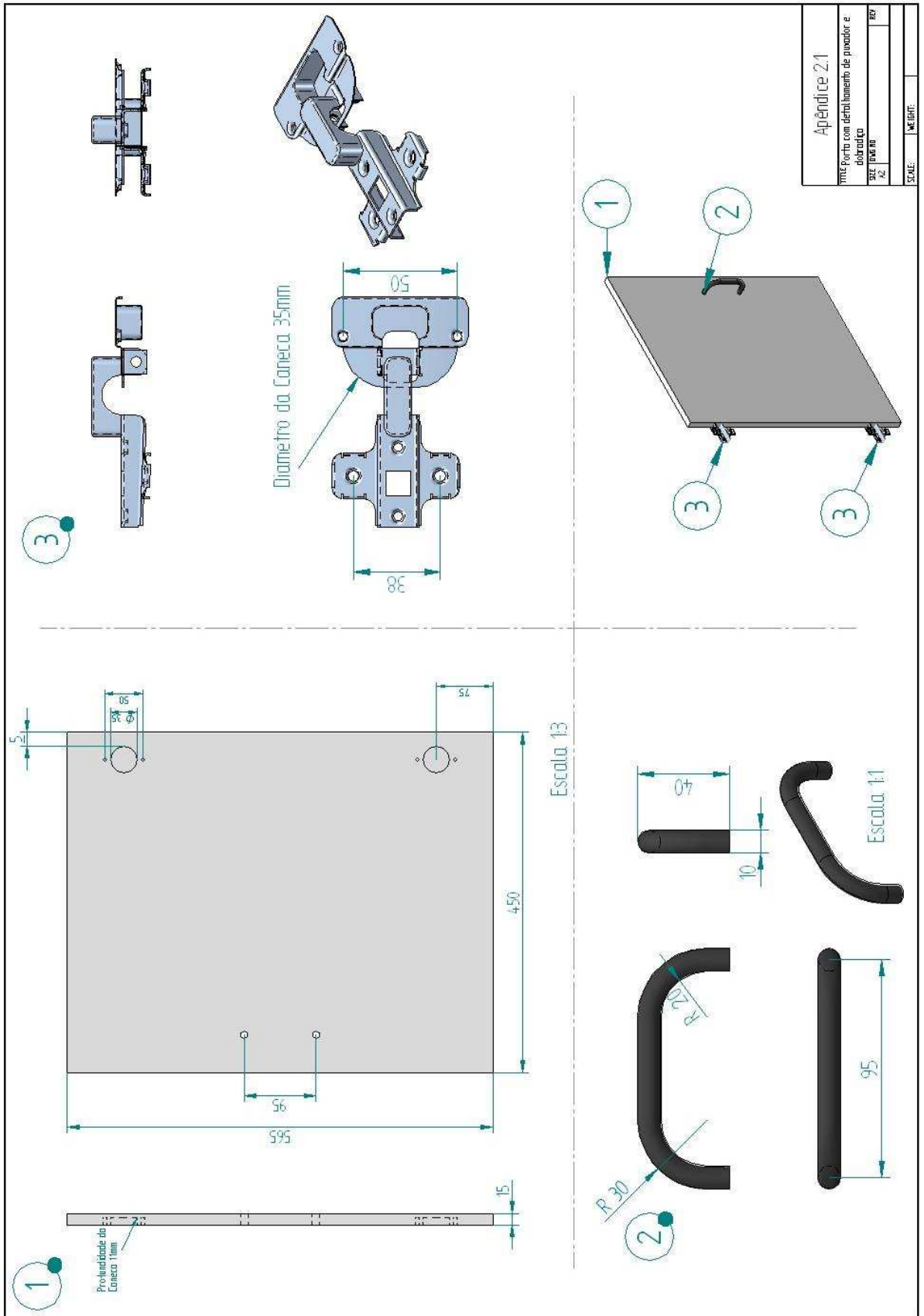
  


Porta removida para melhor visualização

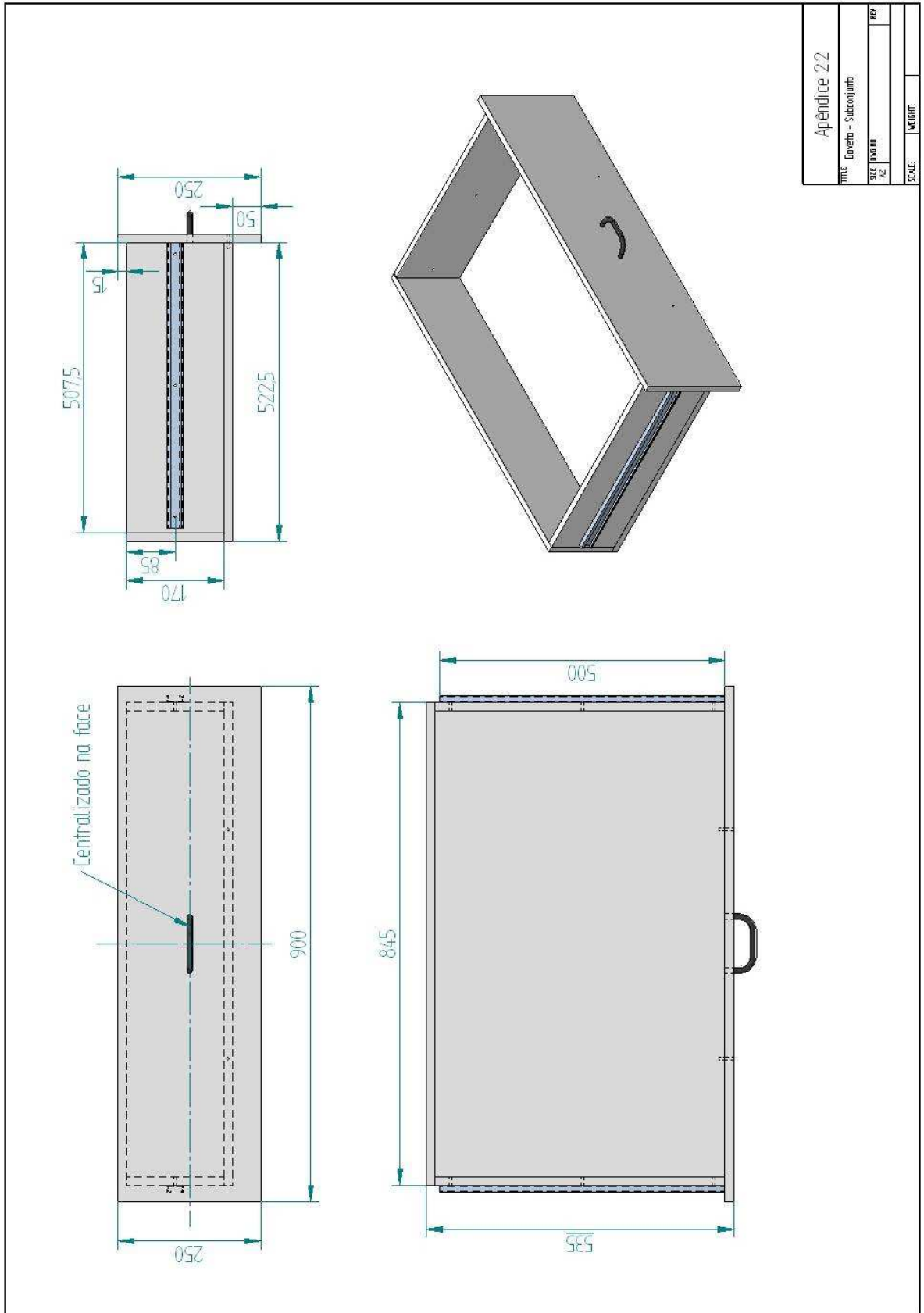
APÊNDICE 2 – SEM PORTAS E SEM GAVETA



APÊNDICE 3 – SUBCONJUNTO PORTA

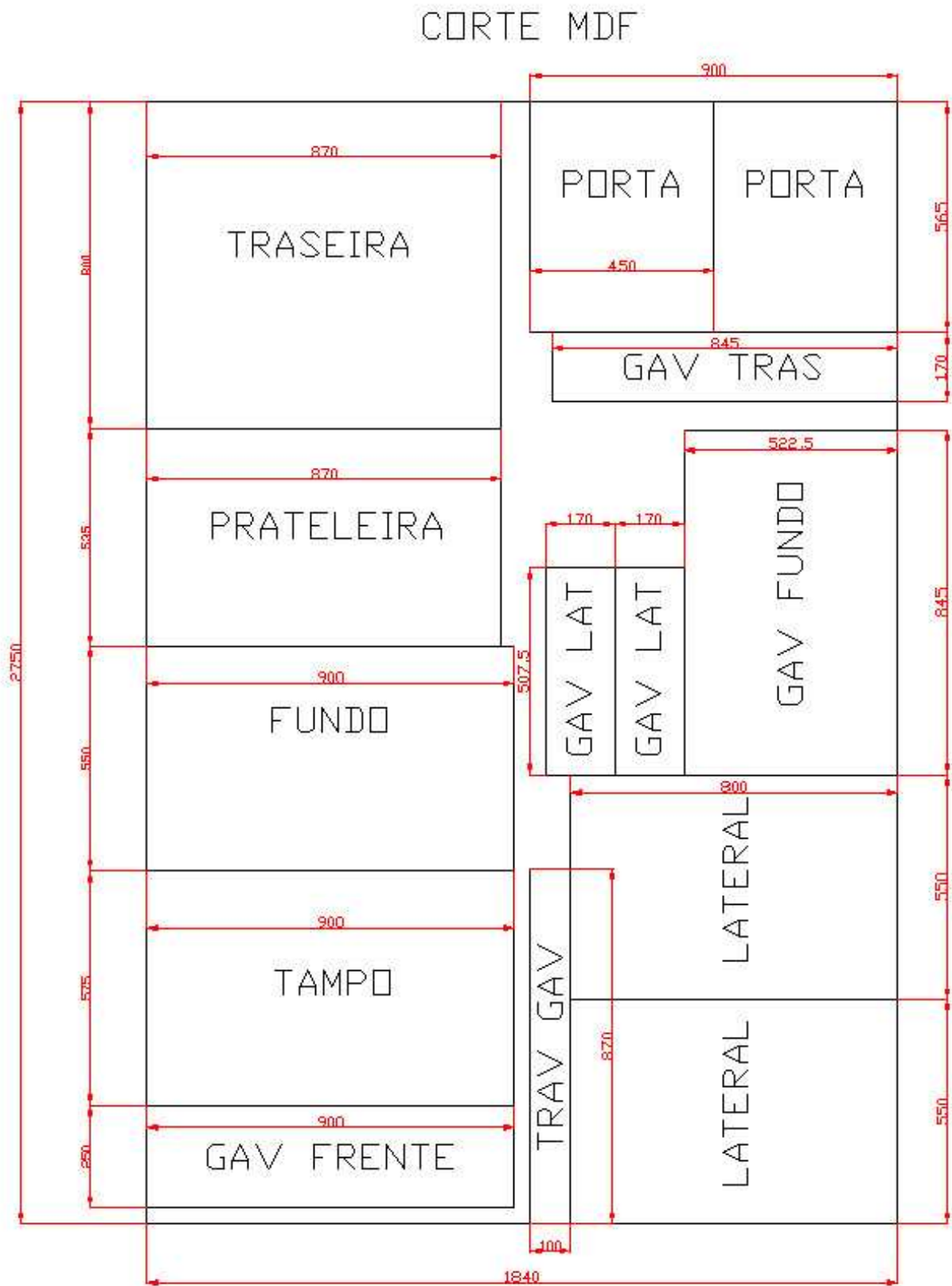


APÊNDICE 4 – SUBCONJUNTO GAVETA

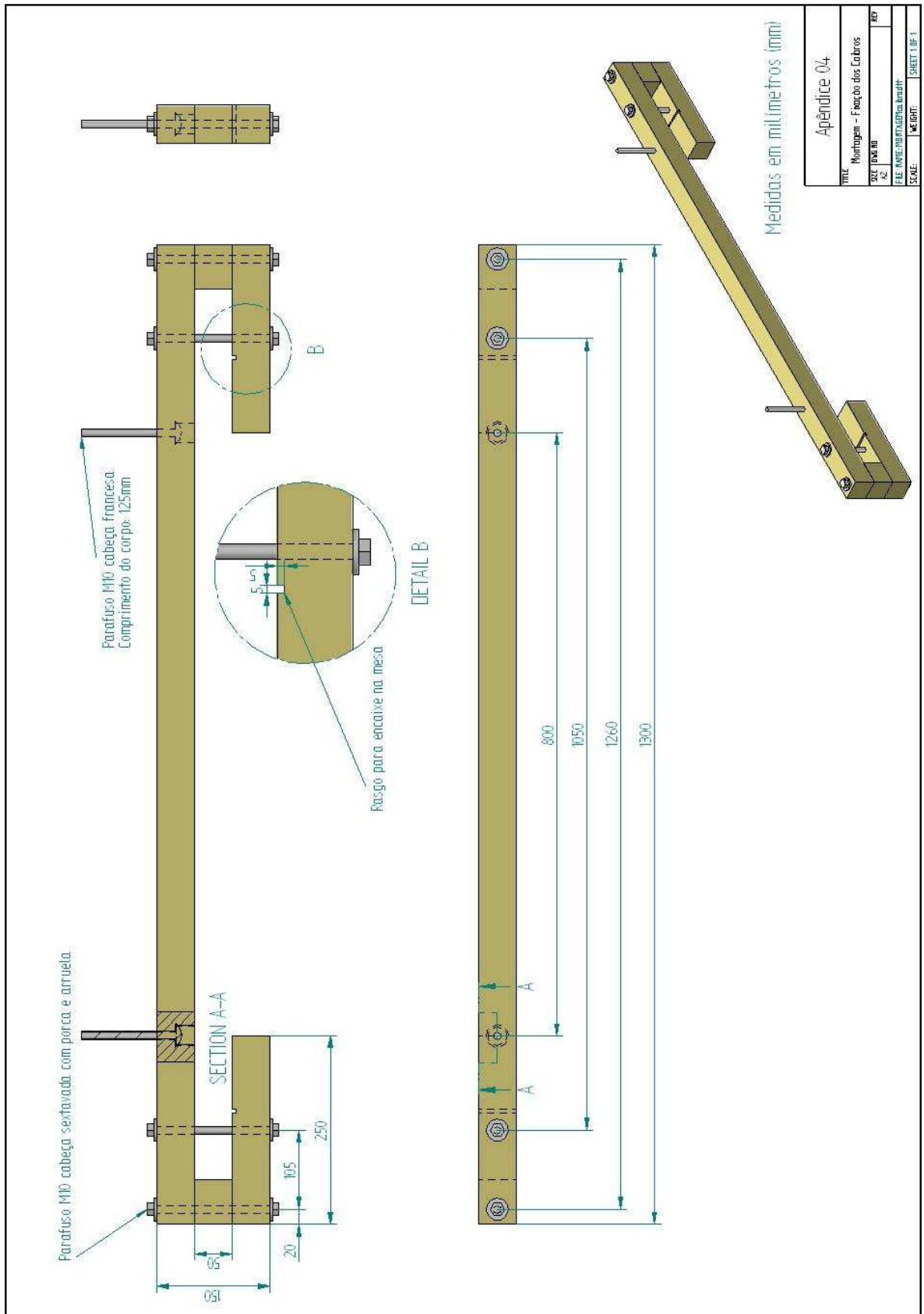


Apêndice 2.2	
TÍTULO	Gaveta - Subconjunto
SIZE	10x16,00
72	107
SCALE:	1:1

## APÊNDICE 5 - DIAGRAMA DE CORTE DA CHAPA DE MDF

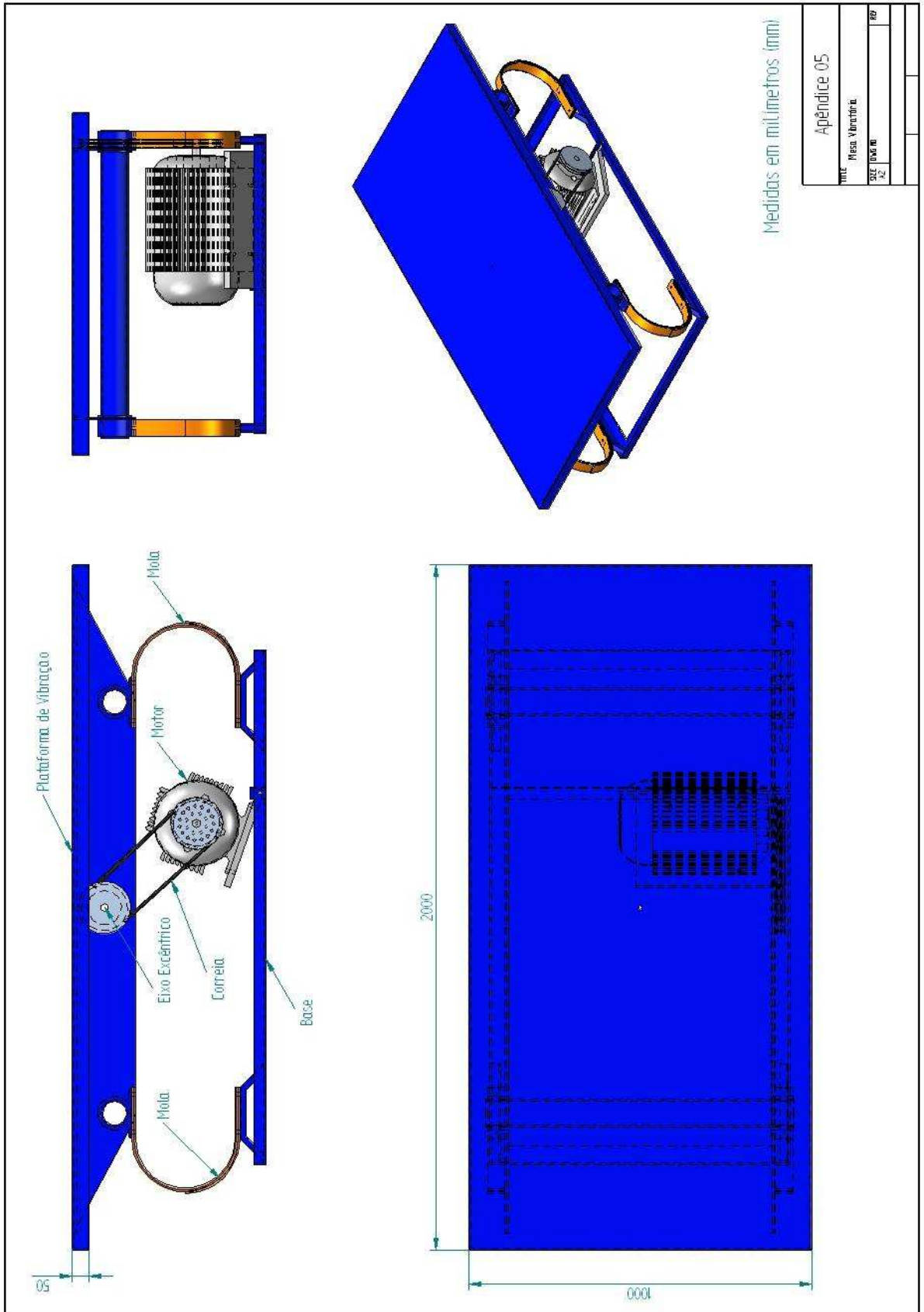


APÊNDICE 6 - CAIBROS DE FIXAÇÃO





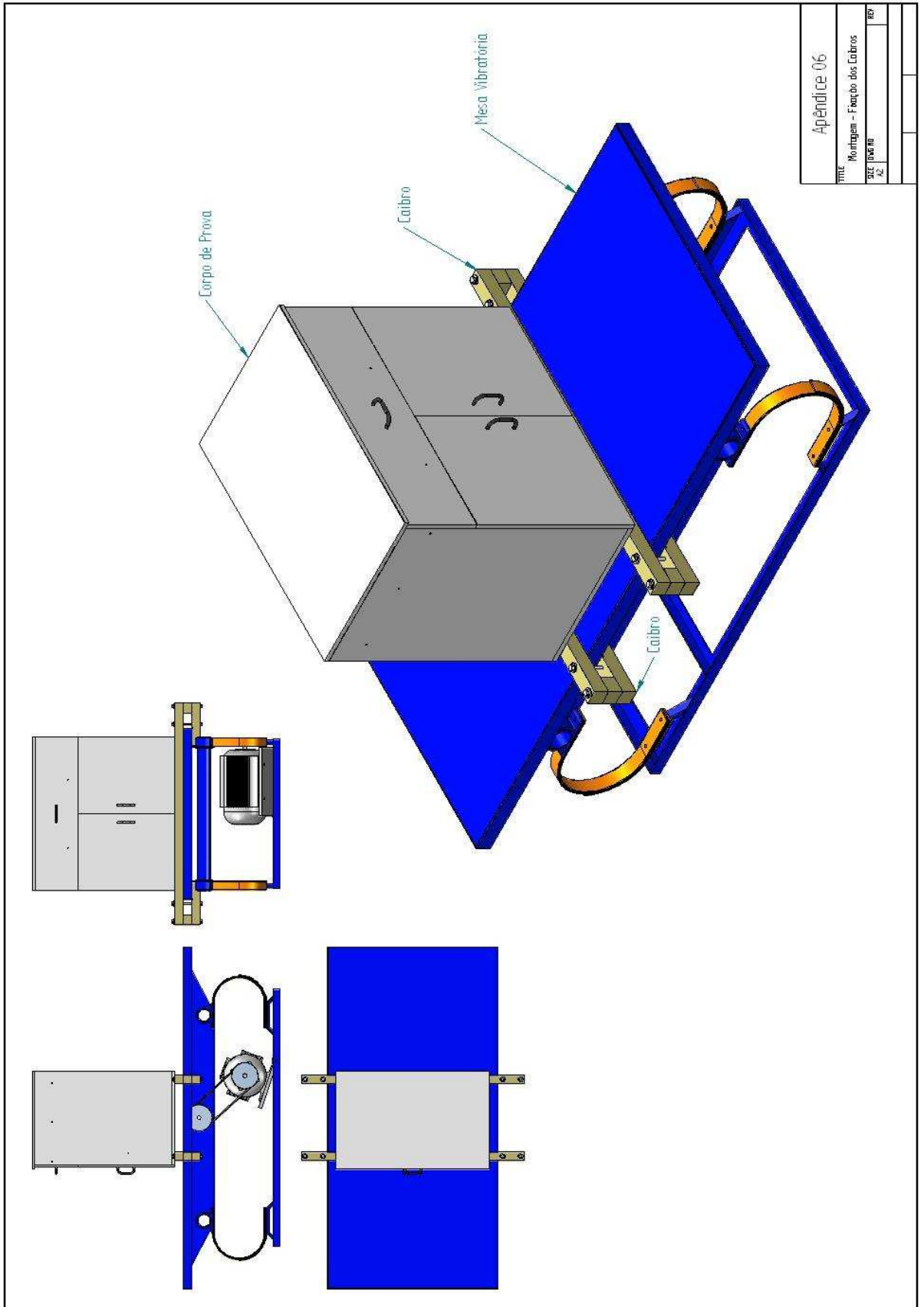
APÊNDICE 7 - MESA VIBRATÓRIA



Medidas em milímetros (mm)



APÊNDICE 8 - MONTAGEM DO ENSAIO



Apêndice 06	
TMC	
Montagem - Fixação dos Cabros	
02	00000
42	000

## ANEXOS

### ANEXO 1 – ENTREVISTA (JARDIM, 2010)

DADOS DO ENTREVISTADO
<p><b>Nome:</b> Gilson Jardim  <b>Cargo:</b> Gerente  <b>Data da Entrevista:</b> 10/03/2010</p>
DADOS DA EMPRESA
<p><b>Nome Fantasia:</b> Fusa Unidades Móveis  <b>Localização:</b> Rua: Rubens Arruda 16-30, Jd. Estoril Bauru - SP, CEP: 17014-300  Fone / Fax: 3313-6474  <b>Ramo de Atividade:</b> Industrial, Serviços  <b>Número de funcionários:</b> aproximadamente 35  <b>Início das atividades:</b> 2002  <b>Produtos / Serviços:</b> Projeto, adaptação e fabricação de unidades móveis e veículos especiais. Readequações, adaptações, reformas e montagem de veículos usados.</p>
DESCRIÇÃO DA EMPRESA, DOS PRODUTOS E DEMAIS INFORMAÇÕES
<p>A empresa FUSA foi criada no ano de 2002, pela necessidade do atendimento de pós-venda no segmento de veículos especiais, as “Escolas Móveis SENAI e SESI” (salas de aulas móveis montadas sobre carretas de caminhões) como também na área de readequações, adaptações, reformas e montagem de veículos usados. Atualmente é especializada na montagem de unidades móveis sobre carretas, ônibus e outros tipos de veículo.</p>
ENTREVISTA: PERGUNTAS E RESPOSTAS
<p><b>Pergunta 01:</b> Quais tipos de veículos a empresa usa para a fabricação de unidades móveis?  <b>Resposta:</b> A Fusa realiza serviços em vários tipos de veículos, desde trailers pequenos até carretas semi reboque, passando por microônibus, vans, ônibus e caminhões baú.</p> <p><b>Pergunta 02:</b> A quais aplicações se destinam esses veículos adaptados?  <b>Resposta:</b> As unidades móveis têm aplicações nos mais diversos ramos de atividade. A Fusa já construiu desde unidades móveis para atendimento médico, passando por escolas móveis e chegando a fazer carretas-estande para feiras e exposições.  De maneira geral, as unidades móveis consagraram seu uso em atividades que demandam a mudança freqüente de local, como equipes circenses e equipes esportivas. Atualmente as maiores e melhores unidades móveis são das equipes de Fórmula 1.</p> <p><b>Pergunta 03:</b> Quais os materiais mais utilizados na fabricação dos ambientes e móveis internos?  <b>Resposta:</b> Os materiais utilizados nas unidades móveis variam de acordo com a utilização, necessidade de resistência, exposição ao calor e exposição à umidade, ou ainda ao nível de acabamento desejado. As unidades móveis típicas são instaladas dentro da estrutura externa de veículos e reboques pré-existentes, como ônibus e carretas. Em sua grande maioria, os veículos possuem carrocerias em aço, alumínio ou fibra de vidro. Dentro dessa estrutura, os móveis são estruturados e montados com placas de madeira do tipo MDF, em alguns casos placas de compensado e no caso de áreas úmidas ou sujeitas à umidade, é utilizado o compensado naval a prova d’água.</p>

O acabamento dos móveis e paredes é feito com laminados AP (alta-pressão tipo Fórmica®), laminados BP ou mesmo fórmica-liquida, que é uma tinta poliuretânica texturizada de acabamento fosco. No piso é utilizado compensado naval a prova d'água recoberto por laminados plásticos como o Decorflex®, ou mesmo são assentados pisos cerâmicos como o Porcelanato® para níveis melhores de acabamento.

A Fusa usa ainda um tipo de piso desenvolvido pela própria empresa, que consiste na aplicação de resina epóxi de Fórmulação especial para a empresa no piso da unidade. Essa resina é auto-nivelante e ao curar apresenta um alto brilho e uma ótima resistência a riscos e arranhões (Figura 2). Para a execução desse tipo de piso, o veículo deve estar perfeitamente nivelado, caso contrário o piso apresentará espessuras irregulares devido ao escoamento da resina antes da cura total.

As ferragens como fechaduras, dobradiças, trincos, puxadores e corrediças de gavetas são devem ser de primeira linha, de boa qualidade e em alguns casos deverão ser usados em maior quantidade do que uma aplicação normal. Quando o orçamento do projeto permite, são utilizados trincos-puxadores do tipo *push-lock*, que travam as portas e gavetas apenas pressionando-os. Na posição "travado", esses puxadores ficam faceando a superfície do armário. Na posição "destravado" as portas e gavetas são destrancadas e o trinco se transforma em puxador (Figura 1).



Figura 1: Móveis em MDF, trincos tipo PushLock® e acabamento em Gofrato®



Figura 2: Piso sem emendas feito com resina epoxi

**Pergunta 04:** Pisos cerâmicos não quebram devido aos esforços dinâmicos das unidades móveis?

**Resposta:** A fixação tradicional em edifícios desse tipo de revestimento é feita sobre o contra-piso com argamassa chamada cimentcola e o rejunte é feito com cimento colorido. Nas unidades móveis, as peças cerâmicas são assentadas sobre a madeira com cola poliuretânica, e o rejunte é feito com a mesma cola. Ao secar, essa cola ainda permanece flexível, mas apresenta uma alta resistência, o que mantém os pisos e azulejos assentados mesmo sob efeito da vibração e torção do veículo.

Certa vez foi necessário fixar uma placa de espelho na parede interna de uma carreta. Com o uso, um tempo depois esse espelho se quebrou devido aos impactos da suspensão. A placa foi substituída por placas menores, compondo a área anterior e o problema foi resolvido. Peças menores têm menor probabilidade de quebras, por isso as placas de pedra, vidros, espelhos e pisos muito grandes são evitados.

Em áreas envidraçadas como vitrines, os vidros são substituídos por acrílico ou policarbonato. Assim, as quebras são praticamente eliminadas.

**Pergunta 05:** Como é feita a fixação das paredes, móveis e equipamentos no interior dos veículos?

**Resposta:** Antes de se iniciar a construção interna de uma unidade móvel, é feito um projeto por computador onde são definidos os locais que ficarão as paredes, móveis, equipamentos, instalações elétricas, hidráulicas, iluminação etc.

Sem esse projeto, a execução de qualquer unidade móvel é extremamente lenta e demorada, demandando diversas alterações depois de se a execução dos trabalhos. Então, ter um projeto bem resolvido é um pré-requisito para a execução rápida e bem feita. Com esse projeto em mãos, é iniciada a construção propriamente dita.

Primeiramente é feita a instalação do piso do veículo em compensado naval e com o piso no lugar, é feita a instalação dos cabos elétricos, os quais já devem ser previstos no projeto.

Com os locais dos móveis pré-definidos, blocos de madeira maciça são colados nas paredes do veículo com cola a base de poliuretano. Esses blocos têm a mesma espessura do isolamento térmico, que será aplicado depois, portanto o acabamento superficial os esconderá.

Com esses blocos colados, é executada a instalação elétrica de toda a unidade. Toda a instalação é feita com o uso de conduites corrugados e caixas de inspeção, o que permite eventuais alterações de projeto posteriormente como mostra a Figura 3. Essa foto foi tirada de um ônibus que foi transformado em escola de informática. Emendas nos fios devem ser evitadas, o ideal é o uso de conexões e plugues.



Figura 3: Interior de escola de informática móvel em construção

Posteriormente os veículos são forrados internamente com um isolante térmico como espuma de poliuretano, Isopor® (poliestireno expandido) e/ou manta reflexiva de alumínio. Isso garantirá o conforto térmico para os ocupantes da unidade durante o uso.

Os móveis são montados no interior do veículo e fixados nas paredes, no teto ou no piso por meio de parafusos de rosca soberba nos blocos de madeira das paredes e teto previamente colados entre o acabamento superficial e a carroceria. Como mostra a Figura 4, as fixações ficam escondidas. No piso são fixados diretamente no assoalho de compensado naval ou na estrutura metálica do chassi por meio de parafusos passantes. Máquinas maiores como mamógrafos, equipamentos de raios-X e cadeiras de dentista são fixados diretamente no chassi do veículo. Dependendo do caso faz-se uma sub-estrutura metálica acoplada ao chassi para dar melhor fixação ao equipamento.



Figura 4: Pequeno armário com dobradiças tipo caneca

**Pergunta 06:** Devido aos esforços dinâmicos sofridos pela unidade móvel, ocorrem problemas de quebras nos componentes internos?

**Resposta:** Sim, ocorrem. Esses problemas estão mais relacionados ao tipo de suspensão do veículo e em que tipos de estrada ele trafega do que com a construção interna da adaptação.

Para construir uma unidade móvel sobre uma carreta semi-reboque ou sobre um caminhão, é praticamente obrigatório que se substitua a suspensão de feixes de mola pela suspensão a ar. Isso ocorre porque a transformação da carreta não atinge o peso necessário para compressão e atuação das molas de aço. Então, com feixes de mola, a carreta vibra e trepida como se não houvesse suspensão, acarretando as referidas quebras.

Com a substituição dos feixes de mola pela suspensão a ar, praticamente são sanados esses problemas. Mas mesmo assim, as unidades móveis que são utilizadas na região centro-oeste, norte e nordeste, por trafegar em sua maioria em estradas não pavimentadas, até mesmo dentro de zonas rurais, apresentam danos freqüentes em tampos de mesa, soldura de equipamentos de ar condicionado e desalinhamento de portas. Em unidades móveis menores, onde é impossível substituir o tipo de suspensão, é aconselhável suavizar a carga das molas, como por exemplo, removendo algumas molas dos feixes. Com isso, o veículo ficará mais “macio” e conseqüentemente diminuirá o risco de quebras.

**Pergunta:** Em qual parte da unidade móvel o problema ocorre com mais frequência?

**Resposta:** Esses problemas ocorrem em sua maioria na área próxima aos eixos traseiros, pois é aí que os impactos são recebidos. Nessa área as paredes chegam a torcer junto com a estrutura do baú em solavancos mais fortes. Nas áreas entre a traseira da carreta e os eixos é uma região complicada também, pois as vibrações dos eixos se propagam e até mesmo são ampliadas na parte traseira.

**Pergunta 07:** O que é feito para evitar tais problemas?

**Resposta:** Para evitar esses problemas primeiramente é estudada a suspensão do veículo e sua possível substituição. Posteriormente, os móveis são feitos em placas de MDF mais espessas do que se fosse para um móvel doméstico. Isso permite o uso de parafusos maiores, mais largos e compridos, melhorando a fixação.

Nas unidades móveis da FUSA não é mais utilizada a cola vinílica, semelhante à Tenaz®, mas sim a cola poliuretânica, que permite mais flexibilidade e conseqüentemente menos quebras.

Sempre quando possível, os laminados de alta pressão tipo Fórmica® são substituídos pelo Gofratto® (fórmica líquida) ou por laminados BP, o que evita a delaminação e as rachaduras. Como já foi citado, o uso dos trincos *push-lock* evitam que portas e gavetas abram durante a viagem, evitando danos.

#### EXEMPLO DOS PRODUTOS DA EMPRESA

**Unidade Móvel de Prevenção de Câncer de colo do útero e próstata: Hospital do Câncer de Barretos** (<http://www.hcancerbarretos.com.br>)

Tipo do Veículo: Carreta Fechada, semi reboque, dois eixos, para acoplamento em caminhão trator.

Engate: Quinta Roda

Suspensão: a ar (bexigão)

Comprimento, Largura, Altura: 13,00 x 2,40 x 4,50

Interior: Dois consultórios, dois vestiários com sanitário, sala de espera.

A seguir, a Figuras 5 e 6 mostram o exterior da unidade, e a Figura 7 mostra o interior.





Figura 5: Imagem exterior da Unidade Móvel



Figura 6: Unidade móvel acoplada ao cavalo-mecânico



Figura 7: Móveis internos da U.M. de prevenção do câncer.

## ANEXO 2 – ENTREVISTA (BORDIN, 2010)

DADOS DO ENTREVISTADO
<p><b>Nome:</b> Mauricio Bordin  <b>Cargo:</b> Engenheiro Mecânico / Pesquisador do Laboratório  <b>Data da Entrevista:</b> 21/04/2010</p>
DADOS DA EMPRESA
<p><b>Nome Fantasia:</b> CETEA – Centro de Tecnologia da Embalagem.  <b>Setor Visitado:</b> Laboratório de Ensaios de Embalagem &amp; Distribuição.  <b>Ramo de Atividade:</b> Serviços, certificação de embalagens, ensaios.  <b>Número de funcionários:</b> 26  <b>Início das atividades:</b> 1982  <b>Produtos / Serviços:</b> Pesquisa e Desenvolvimento, Assistência Tecnológica e Prestação de Serviços</p>
DESCRIÇÃO DA EMPRESA, DOS PRODUTOS E DEMAIS INFORMAÇÕES
<p>O CETEA (Centro de Tecnologia da Embalagem) é uma instituição vinculada ao ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos), que é um órgão do Governo do Estado de São Paulo, gerido pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento.</p> <p>O CETEA foi criado em 1982 por meio da expansão da Seção de Embalagem e Acondicionamento do ITAL, tem como objetivo o desenvolvimento e certificação de embalagens através de pesquisas e ensaios laboratoriais. Para isso conta com as seguintes instalações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2.000 m<sup>2</sup> de área construída de laboratório;</li> <li>- Área de Documentação e Informação – ADI;</li> <li>- 2 redes de computadores;</li> <li>- 10 Laboratórios de Ensaio condicionados à 23°C</li> <li>- 1 Sala Climatizada a 23 °C e 50%Ur do ar para condicionamento e ensaios de materiais celulósicos;</li> <li>- 1 Planta de Processamento (218 m<sup>2</sup>) para Especificação de embalagem;</li> <li>- 1 Laboratório de Análise Sensorial;</li> <li>- 7 Câmaras de Estocagem ;</li> <li>- 1 Laboratório de Ensaios de Embalagem &amp; Distribuição a 23°C/65%UR (400 m<sup>2</sup> e 6,2 m de altura);</li> <li>- 1 Auditório para 70 pessoas;</li> <li>- Cerca de 300 equipamentos de ensaio (desde micrômetros de precisão, balanças analíticas até equipamentos específicos de avaliação de embalagens.</li> </ul> <p>O setor visitado do CETEA foi o Laboratório de Ensaios de Embalagem &amp; Distribuição, o qual conta com máquinas para ensaios dinâmicos, como vibração, impacto, queda livre e para ensaios de estocagem, como empilhamento máximo e compressão de embalagens/palletes.</p>
ENTREVISTA: PERGUNTAS E RESPOSTAS
<p><b>Pergunta:</b> Como é feito o ensaio de simulação de transportes?</p> <p><b>Resposta:</b> Para esse ensaio, é utilizada uma mesa vibratória, que é um sistema de vibração com área plana de 1.500 x 1.500 mm, capaz de aplicar dinamicamente uma força de 5.000kgf, em freqüências na faixa de 3 a 500Hz, suficiente para realizar ensaios em varredura de freqüência, mantendo níveis constantes de aceleração ou deslocamento.</p> <p>A mesa vibratória do CETEA (Figuras 1, 2 e 3) é controlada por um CRV (Controlador de Vibração Randômica), que permite realizar espectros complexos de freqüência, simulando os eventos verificados em meios de transporte como caminhões, trens ou aviões (Figuras 1, 2 e 3 – Mesa vibratória do CETEA ensaiando geladeiras para a Whirpool Brastemp)</p>





Figura 1: Ensaio de vibração de refrigerador sem embalagem



Figura 2: Ensaio de vibração com empilhamento



Figura 3: Ensaio de vibração com embalagem



Figura 4: Porta desalinhada decorrente de ensaio dinâmico

**Pergunta:** Como é determinado qual o perfil de vibração usado no ensaio?

**Resposta:** Controlador de Vibração Randômica CVR, pode-se realizar espectros complexos de frequência, simulando os eventos verificados em meios de transporte como caminhões, trens ou aviões

**Pergunta:** Qual a equivalência em horas de ensaio/horas de transporte?

**Resposta:** Não há uma equivalência precisa, o que a norma ISTA diz é que para embalagens, o tempo máximo de ensaio é de 6 horas, o que equivaleria a 3.000km. Em média, caminhões de carga viajam a 50km/h. O ensaio permite uma compressão de 10:1 , ou seja, dez horas de viagem em uma hora de ensaio.

Portanto, genericamente, uma hora de ensaio equivale a 500km.

**Pergunta:** Qual a diferença entre ensaios de impacto e ensaios de vibração?

**Resposta:** Os ensaios de impacto consistem em transmitir para o corpo de prova uma grande quantidade de energia em pouquíssimo tempo. Já a vibração são inúmeros impactos de pequena monta distribuídos ao longo do tempo.

**Pergunta:** Seria possível usar a metodologia de ensaios de embalagens para ensaios de móveis de uso veicular?

**Resposta:** Creio que sim, bastaria aumentar o tempo de ensaio, afinal esses móveis ficam toda a sua vida útil sob condições de transporte. Já as embalagens ficam menos tempo, só o suficiente para chegar ao consumidor.

## ANEXO 3 – ENTREVISTA TÉCNICA (MATHEUS, 2011)

DADOS DO ENTREVISTADO
<p><b>Nome:</b> Marcus Pinto Matheus  <b>Cargo:</b> Gerente  <b>Data da Entrevista:</b> 10/01/2011</p>
DADOS DA EMPRESA
<p><b>Nome Fantasia:</b> ItuTrailers  <b>Localização:</b> Avenida 9 de Julho, 145.  <b>Contato:</b> (11) 4023-2314, <a href="http://www.itustrailers.com.br">www.itustrailers.com.br</a>, <a href="http://www.casasobrerodas.com.br">www.casasobrerodas.com.br</a>  <b>Ramo de Atividade:</b> Industrial, Serviços  <b>Número de funcionários:</b> aproximadamente 20  <b>Início das atividades:</b> 1989  <b>Produtos / Serviços:</b> Projeto, adaptação e fabricação de trailers, motorhomes, unidades móveis e veículos especiais. Readequações, adaptações, reformas e montagem de veículos usados. Vendas de veículos especiais novos, representante exclusiva da fábrica Motor-Trailer. Locação de trailers, <i>motorhomes</i> e reboques leves.</p>
DESCRIÇÃO DA EMPRESA, DOS PRODUTOS E DEMAIS INFORMAÇÕES
<p>A Itustrailer é uma empresa familiar dedicada ao ramo de veículos de recreação, unidades móveis, adaptações e reformas. Tem como atividades principais a fabricação de motorhomes e unidades móveis sob encomenda. Trabalha também no ramo de locação de trailers, motorhomes e unidades móveis para turismo, feiras e eventos.</p>
ENTREVISTA: PERGUNTAS E RESPOSTAS
<p><b>Pergunta 01:</b> Quais tipos de veículos a empresa usa para a fabricação de unidades móveis?  <b>Resposta:</b> Nossa empresa realiza serviços em qualquer tipo de veículo, desde furgões pequenos, ônibus, caminhões, carretas, trailers e motorhomes. Adaptação de trailers antigos, adaptação de ônibus, vans e furgões em <i>motorhomes</i> e unidades móveis. Adaptação de unidades móveis em carretas semi-reboque.</p> <p><b>Pergunta 02:</b> A quais aplicações se destinam esses veículos adaptados?  <b>Resposta:</b> Praticamente todas as atividades comerciais podem ser realizadas dentro de uma unidade móvel, desde que ela seja devidamente adaptada. Nossa empresa já realizou adaptações aos mais variados usos, desde um simples trailer para alojamento à bares ambulantes, passando por unidades móveis de atendimento médico, veículos de apoio a concessionárias de estrada, postos avançados de vigilância e viaturas especiais para o governo de maneira geral. O cartão de visita da empresa sem dúvida é o ramo de caravanismo turístico, reforma e fabricação de trailers e <i>motorhomes</i>, porém é o ramo menos lucrativo e com menor volume de negócios.</p> <p><b>Pergunta 03:</b> Quais os materiais mais utilizados na fabricação dos ambientes e móveis internos?  <b>Resposta:</b> Depende muito do projeto do cliente. Cada caso exige uso de diferentes materiais, e processos. No geral, os móveis são feitos de MDF pré-acabado ou com acabamento em Fórmica® ou Fórmica líquida (Gofrato). No teto é possível usar MDF pré-acabado, Eucatex ou até mesmo vetroresina, que é um laminado de fibra de vidro já acabado vendido por metro quadrado. Usamos muito a vetroresina no exterior dos trailers e motorhomes devido à sua alta resistência à umidade, abrasão e aos raios UV. Dependendo do caso pode ser utilizado piso em alumínio frisado como em ônibus por exemplo. Em casos de unidades com aplicações geralmente úmidas, o uso do aço inox deve ser considerado também. Mas cada caso merece atenção especial e soluções específicas. Mas, de maneira geral todos os veículos recebem isolamento térmico em Isopor® (poliestireno expandido) ou em espuma PU (poliuretano expandido) e em sua grande maioria os móveis internos</p>

são em madeira. O piso geralmente é em compensado naval revestido com piso sintético tipo Paviflex, as paredes e teto tem estruturas em madeira maciça ou alumínio e forração em MDF fino (de 4 a 10 mm), Eucatex ou vetroresina. Os móveis antigamente eram todos em compensado, que hoje tem sido largamente substituído pelo MDF. Usamos o MDF já acabado, o que poupa tempo e gastos com adesivos. Uma simples fita de borda é suficiente para dar acabamento aos móveis em MDF.

**Pergunta 04 :** Quais as principais diferenças entre a construção de móveis residenciais ou comerciais e a construção de móveis para uso em unidades móveis e veículos de recreação?

**Resposta:** Os móveis comuns, de uso convencional, residenciais e comerciais podem ser feitos de acordo com a carga que vão suportar em uso. Por exemplo, uma mesa ou uma estante é projetada e feita para uma carga pré-estabelecida. Já os móveis instalados nos veículos devem suportar cargas maiores à que foram idealizados, pois as cargas em movimento têm efeitos diferentes das cargas estáticas. É como se algo que pesasse um quilo multiplicasse seu peso várias vezes durante uma frenagem ou quando o veículo passa por um buraco. Por isso utilizamos chapas de MDF mais grossas nos nossos projetos. Há ainda a preocupação com as fixações e as ferragens. Deve-se usar parafusos maiores, maior quantidade de cola e ferragens em maior número do que num móvel comum. Por exemplo, o número de dobradiças por porta deve ser maior, as corrediças de gaveta devem ser superdimensionadas, acessórios de móveis comuns que são somente encaixados, ao ser instalados nos veículos devem ser fixados com parafuso ou cola, como é o caso de cabideiros. A instalação de equipamentos de refrigeração e eletrodomésticos deve ser feita de maneira a evitar que maiores vibrações os danifiquem. É comum o rompimento da tubulação de cobre em aparelhos de ar condicionado devido à fricção entre os próprios tubos, bem como fissura de soldas.

**Pergunta 05 :** No dimensionamento dos móveis internos o peso dos móveis é levado em conta? Os móveis internos resistem ao uso em movimento?

**Resposta:** No caso de trailers, a estrutura do veículo em si não é tão forte quanto a de um motorhome. Por isso, o teto, as paredes e os móveis internos têm função estrutural e ajudam a dar resistência à carroceria. Há outra preocupação no caso dos trailers que é o peso. Um trailer muito pesado para seu tamanho ficará restrito a ser rebocado por automóveis potentes ou grandes, como caminhonetes por exemplo.

Já os motorhomes, as unidades móveis feitas em veículos motorizados e as feitas em carretas semi-reboques não exigem que os móveis e instalações internas sejam estruturais, pois os veículos já são projetados para cargas maiores e estando vazios ou cheios, a estrutura é a mesma. Só se deve tomar cuidado com a instalação de equipamentos pesados no interior dos motorhomes e unidades móveis para não exceder a capacidade do veículo, mas isso raramente ocorre.

Inicialmente é feita uma lista de todos os equipamentos que irão equipar o veículo e seus respectivos pesos.

Após isso, calcula-se a área frontal dos móveis internos do veículo. Geralmente, o peso por metro quadrado do MDF de 15 mm é 11,3kg.

Cada chapa de 2,75 m X 1,83 m pesa 56,6kg. Para cálculo da área dos móveis adotamos um móvel padrão, hipotético de 1,0 m X 1,0 m X 0,5 m. Considerando que esse móvel padrão tenha duas laterais, portas, tampo, fundo, traseira e uma prateleira interna, temos uma área aproximada de 4,5 metros quadrados, que resulta em 50,85kg por metro quadrado de móvel.

Grosseiramente falando, usa-se uma chapa de MDF por metro quadrado de móvel, com perdas de 10%. Esse cálculo é feito na prática, sem grandes precisões, mas nos dá base para cálculo de quantas chapas serão utilizadas no veículo, sem contar piso, teto e paredes. E com esse cálculo simples, temos o peso aproximado dos móveis internos.

Caso o peso dos equipamentos acrescido dos móveis ultrapasse a carga máxima admissível do veículo em questão, deve-se aliviar o peso substituindo os painéis maciços de MDF por painéis sarrafeados, tamburato, portas finas emolduradas ou painéis ocos, feitos na nossa própria oficina. Os trailers da Turiscar, por exemplo, saiam de fábrica com tamburato no piso do trailer inteiro, reduzindo assim o peso. Isso permite a construção de trailers maiores e mais leves, ou seja, para que carros menores possam rebocar trailers relativamente grandes.

**Pergunta 06:** Quais os principais tipos de suspensão dos veículos adaptados pela empresa?

**Resposta:** No caso dos trailers adaptados, utilizamos em sua maioria trailers usados fabricados pelas grandes marcas que existiram no Brasil. A Turiscar utilizava suspensão por torção estilo

Porsche, semelhantes às usadas em (VW) Fuscas e Kombis. A Motor-Trailer utilizava e ainda utiliza o mesmo sistema. Já a Karmann Ghia usava a suspensão por torção de borracha. No caso de trailers mais recentes, feitos por fabricantes menores ou até mesmo artesanais, é comum encontrarmos suspensão por feixes de mola, semelhantes às que são usadas em carretinhas de barco, moto etc.

Já no caso dos motorhomes e unidades móveis, os tipos de suspensão variam com o tamanho dos veículos. Os comerciais leves tipo Mercedes Sprinter, Iveco, Fiat Ducato etc usam suspensão McPherson na frente e molas parabólicas atrás. Os micro-onibus tipo Volare, da Marcopolo e os ônibus urbanos em geral de outras marcas usam feixes de mola tanto na frente quanto atrás. Já os ônibus rodoviários de grande porte usam suspensão a ar, tanto na frente quanto atrás.

As carretas de caminhão (semi-reboques) utilizadas na montagem de unidades móveis normalmente vêm com feixes de molas parabólicas, o que demanda a troca pela suspensão a ar.

**Pergunta 07:** Por que as carretas que vêm com feixes de mola precisam da troca pela suspensão a ar e os ônibus urbanos e micro-ônibus, que também vêm com feixes de mola não são modificados?

**Resposta:** Porque os feixes de molas das carretas de caminhão (semireboque) são projetados para cargas, já os feixes dos ônibus urbanos e micro-onibus já são calibrados para o conforto de passageiros, o que garante também um nível de vibração aceitável para os móveis e instalações da unidade móvel.

**Pergunta 08:** Devido aos esforços dinâmicos sofridos pelos veículos adaptados, ocorrem problemas de quebras nos componentes internos?

**Resposta:** Sim, isso é relativamente normal. Nos *motorhomes* que alugamos para as equipes do Rally dos Sertões sempre ocorrem quebras. Esses veículos acabam trafegando em estradas de terra por longas distâncias e em velocidades acima do que seria aconselhado. Acontece muito de quebrar ou soltar dobradiças tipo caneca ou por causa de uma abertura acidental a porta ser forçada ao contrário do sentido de abertura, ocasionando quebras de dobradiças também. Prateleiras internas também se soltam com alguma frequência, portanto é necessário prender as prateleiras com parafusos externos à lateral do móvel. As gavetas podem apresentar problemas se estiverem com muito peso dentro. Se os trilhos estiverem folgados, as gavetas serão fonte de ruídos e estarão mais suscetíveis à quebra.

Em alguns veículos que rodam grandes distâncias e têm uso contínuo como UTIs móveis e escolas móveis do Sesi e Sesc, os painéis de revestimento do teto e das paredes podem fissurar próximo a cortes de janelas e luminárias. Nesse caso evitamos rasgos com arestas retas, ou seja, quinas. As fissuras sempre começam nas quinas e se propagam para as extremidades das chapas. Os cortes com cantos arredondados evitam esse tipo de problema, mas não os resolvem completamente. Tudo que é solto numa instalação fixa, deve ser preso numa unidade móvel. As portas de geladeiras devem ter trinco, pratos de microondas devem ser calçados durante o transporte, enfim, tudo deve ser revisado, fixado e calçado antes de qualquer viagem para evitar danos.

**Pergunta 09:** É possível prever um provável local de quebra?

**Resposta:** É possível sim. Isso é feito nas revisões periódicas das unidades móveis onde são realizados reapertos e ajustes gerais em cada veículo. O cliente também contribui para o monitoramento das condições gerais de cada projeto. Ao perceber qualquer comportamento anormal da estrutura ou de qualquer elemento do veículo, danos maiores são evitados. Os sinais que devem ser observados são a percepção de ruídos durante a movimentação do veículo, marcas de pequenos movimentos cíclicos nos acabamentos internos, rachaduras em acabamentos e pinturas ou até mesmo pequenos elementos soltos, como puxadores, frisos e acabamentos em geral. Portanto, a percepção do usuário é muito importante para que os defeitos sejam detectados no início. Unidades móveis que trafegam sem ninguém em seu interior e só são utilizadas paradas, podem ter danos maiores pela não observância dos danos em seu início. Isso é mais comum em trailers e carretas semi-reboque, pois a legislação de trânsito não permite o tráfego de pessoas a bordo do veículo rebocado.

#### FOTOGRAFIAS DE PROBLEMAS

**1) Tipo de veículo:** Motorhome tipo "A- maior que 10 metros" (Figura 1)

**Tipo de montagem:** Turística, móveis em compensado 10 mm com acabamento em laminado de alta pressão, portas em compensado 8 mm emoldurados com madeira maciça.

**Suspensão:** A ar.

**Descrição do problema:** Portas dos armários superiores soltas, dobradiças quebradas/soltas. (Figuras 2 e 3)



Figura 1: Motor Home após locação do Rally dos Sertões 2006

Fonte: Arquivo Itutrailer



Figura 2: Portas danificadas

Fonte: Arquivo Itutrailer



Figura 3: Portas danificadas e desalinhadas

Fonte: Arquivo Itutrailer

2) **Tipo de veículo:** Motorhome tipo "A- até 10 metros" (Figura 4)

**Tipo de montagem:** Turística, móveis em compensado emoldurados com madeira maciça.

**Suspensão:** Feixe de molas.

**Descrição do problema:** Rachaduras no revestimento do teto entre os cortes de luminária e corte do ar condicionado. (Figuras 5 e 6)



Figura 4: Motor Home com problema na forração do teto

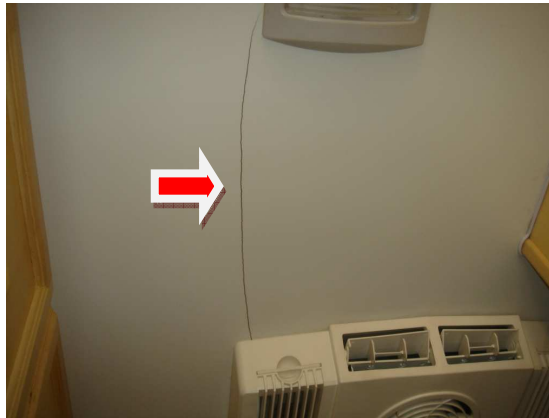


Figura 5: Rachadura em teto de motorhome.



Figura 6: Rachadura em teto de motorhome.



3) **Tipo de veículo:** Unidade Móvel para Ensino de Informática – Senac Móvel (Figura 7)

**Tipo de montagem:** Comercial, móveis em MDF revestidos com folha de madeira e acabamento em seladora.

**Suspensão:** A ar.

**Descrição do problema:** Portas de armário soltas e desalinhadas, dobradiças quebradas, estantes soltas. (Figuras 8 e 9)



Figura 7: Carreta escola de informática – Senac Móvel



Figura 8: Portas desalinhadas e prateleira caída.

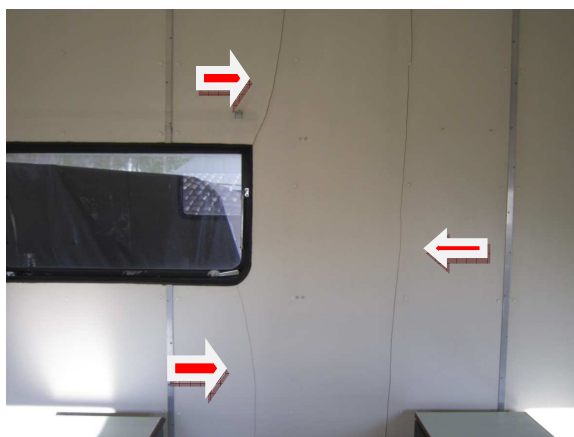


Figura 9: Rachaduras nos revestimentos das paredes.



Figura 10: Dobradiças quebradas e portas soltas.

#### EXEMPLO DOS PROJETOS DA EMPRESA

##### 1) Projetos Realizados: Motorhomes e unidades móveis:



Projeto Rede Globo - Caravana Jornal Nacional "Desejos do Brasil"



Projeto Goodyear - Rally dos Sertões 2005



Projeto Goodyear - Rally dos Sertões 2006



Projeto Djalma Fogaça - Fórmula Truck 2007



Projeto Polícia Rodoviária Federal - Unidade Móvel de Telecomunicações



Projeto Santista - Degustação Bolo Sol





Projeto Nestle - Degustação Nescafé



Projeto FOXLUX - Promo Plus



Projeto Honda Caiuás - Stand de Vendas



Projeto Doctor Feet - Unidade Móvel de Treinamento



Projeto Hellmann's – Degustação



Figura 9: Projeto Habib's - Amigo pra Valer

## ANEXO 4 – ENTREVISTA TÉCNICA (LIMA, 2010)

DADOS DO ENTREVISTADO
<p><b>Nome:</b> Ariel Santos Lima  <b>Cargo:</b> Designer, coordenador de desenvolvimento de Produtos.  <b>Data da Entrevista:</b> 13/04/2010</p>
DADOS DA EMPRESA
<p><b>Nome Fantasia:</b> FGVTVN Brasil Ltda.  <b>Localização:</b> Rua Francisco Derosso, 1352   Xaxim - CEP 81.710-000- Curitiba   Paraná   Brasil  <b>Contato:</b> Fone: 55 + 41 2107.4411 - Fax: 55 + 41 3275.3038 - <a href="http://www.fgvtn.com.br">http://www.fgvtn.com.br</a>  <b>Ramo de Atividade:</b> Indústria, importação/exportação  <b>Número de funcionários:</b> 230.  <b>Início das atividades:</b> 13/08/1953  <b>Produtos:</b> Corrediças, dobradiças, calceiros, tábuas de passar, sistemas de gavetas, porta-panos, bases para teclado, trilhos telescópicos, pés de mesa, sistema de abertura de portas, quadros para pasta suspensa, laterais de gavetas.  <b>Produção:</b> Cerca de 570 mil conjuntos/mês.</p>
DESCRIÇÃO DA EMPRESA, DOS PRODUTOS E DEMAIS INFORMAÇÕES
<p>Atualmente, a FGVTVN Brasil concentra a produção em componentes para móveis de alta qualidade, atendendo indústrias, marcenarias e revendas de todo o País. A linha de produção engloba acessórios de alto valor agregado, como dobradiças e corrediças com amortecimento, sistemas de gavetas metálicas com corrediças ocultas amortizadas, soluções de aramados deslizantes para móveis, quadros para pasta suspensa, os quais se somam a grande linha produtos. As soluções FGVTVN Brasil são utilizadas em móveis de ambientes da casa e do escritório.</p>
ENTREVISTA: PERGUNTAS E RESPOSTAS
<p><b>Pergunta 01:</b> A empresa realiza algum teste de resistência em seus produtos?  <b>Resposta:</b> Sim, a FGV-TN realiza alguns testes em peças como corrediças de gavetas e molas a gás. Ambos dispositivos são avaliados em equipamentos pneumáticos que realizam testes de repetição. O ensaio é controlado pelo número de repetições. No caso das corrediças de gavetas, o número mínimo de repetições que a amostra deve suportar é 50.000 ciclos de abertura e fechamento.</p>

<p>Equipamento para ensaio de corrediças</p>



**FGV-TN**  
Brasil  
Ferragens para móveis

**Relatório de Ensaio**  
Assessoria de Controle da Qualidade

Data Início: 09/02/10  
Data Final: 09/02/10  
N° 097/2009

**1 - Especificações**

Produto:	TT 145 450 (1,2x1,2x1,5mm)	Código:	---
Fabricante:	MARTAS	Tipo do ensaio:	Durabilidade
Critério aceitação:	50 000 ciclos	Abertura corrigida:	405,0mm
Carga aplicada:	45 kg	Abertura ensaio:	400,0mm
Velocidade:	08 ciclos / minuto	Dimensão nicho:	12,7mm
Norma Referência:	Conf. NBR 13961/ out/2003		

**Informações adicionais do Produto / Matéria Prima (quando aplicável)**

Propriedade	"A"	"B"	"C"	Support
Espessura (mm)	1,18	1,19	1,47	180
Camada de zinco (mm)	04	04	2 - 5	
Dureza (HRB)	72	74	74	
Acabamento	brilhante			
Abertura do conjunto (mm)				
Peso corrigido unitário (kg)	0,621			

**3 - Registro durante o ensaio**

Carga (kg)	Ciclos	Esforço de abertura (kgf)	Esforço de abertura final (kgf)	Flexão (mm)	Ponto zero de flexão	Ponto de flexão	%	Observações (falhas, deformação, defeito)
5	2,4	0,8	290,0					
10	2,5	0,8	289,0			0,35	%	
15	2,5	0,8	288,0			0,69	%	
20	2,7	0,7	287,0			1,03	%	
25	2,7	0,7	286,0			1,38	%	
30	3,0	0,8	285,0			1,72	%	
35	3,0	1,2	285,0			1,72	%	
40	3,0	1,5	284,0			2,07	%	
45	3,0	1,8	284,0					
	231.844	---	---	---				Ponto de flexão % Possibilidade de prosseguir ensaio. Finalizado ensaio.

**4 - Laudo >>>** O par de corredeira resistiu **231.844** com carga de 45 kg.

Sérgio Luiz  
Inspetor da Qualidade

Márcio Carneiro  
Líder da Qualidade

Antônio Benedito  
Diretor Industrial

REG ASSCQ 03 Revisão 01 20/08/07

FGVTN Brasil Ltda  
Rua Francisco Derosso, 1352 • Curitiba • Paraná • Brasil • 81710-000 • www.fgvtnbrasil.com.br  
Tel: (41) 2107-4411 • Fax vendas (41)3275-9038 • Fax adm.: (41) 3275-3100  
NBR ISO 9001:2000 Certificado BVQI

Relatório do ensaio de corredeiras

A FGV-TN compra peças de diversos fornecedores e as revende como sendo da própria marca. As peças vindas desses fornecedores passam por testes. Há casos de corredeiras não suportarem 30.000 aberturas. Em compensação, já houveram amostras suportarem mais de 200.000 ciclos e o ensaio ser paralisado pela amostra não ter se degradado.

**Pergunta 02:** As dobradiças são classificadas por carga?

**Resposta:** Não, as dobradiças são classificadas quanto ao tipo de movimento, tamanho do caneco e espessura máxima da chapa a ser utilizada. Já as corredeiras são classificadas quanto à carga estática máxima.

**Pergunta 03:** Existe algum outro tipo de teste feito pela empresa?

**Resposta:** Sim, a FGV-TN realiza alguns outros testes como o teste do vapor nas tábuas de passar. Esse teste consiste em utilizar um ferro de passar roupas a vapor durante um grande período de tempo sobre o tampo da tábua, de modo a testar a qualidade do compensado.

Muitas vezes a umidade e o calor fazem com que as folhas do compensado se descolem, o que reprova a peça no teste.





Tábua de passar roupas na posição aberta



Tábua de passar roupas na posição semi-aberta



Desagregação do compensado por ação do vapor



Desagregação do compensado por ação do vapor

Outro teste feito na nossa empresa é o teste de carga das corredeiras de escritório, de maneira a testar as travas que impedem a abertura de mais de uma gaveta ao mesmo tempo. Esse teste é realizado ao teste de novos produtos, não necessariamente pela durabilidade.



Porta-pastas sendo testado