

**ANÁLISE BIOMECÂNICA DA ESTRUTURA
DE CADEIRAS DE MADEIRA**

CARLA PAOLIELLO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

**ANÁLISE BIOMECÂNICA DA ESTRUTURA
DE CADEIRAS DE MADEIRA**

CARLA PAOLIELLO

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de “Mestre em Engenharia de Estruturas”.

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco (orientador) - DEES / UFMG

Prof. Dr. Eduardo Romero Filho - Depto Engenharia de Produção / UFMG

Prof. Dr. Eduardo Chahud - DEES / UFMG

Belo Horizonte, dezembro de 2001

DEDICATÓRIA

Para Cássio, Sônia, José Carlos e João Lucas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço particularmente ao Professor Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco pela orientação valiosa e amiga.

Aos colegas do Departamento de Engenharia de Estruturas pela oportunidade de realizar este trabalho.

Aos amigos do Curso de Mestrado pelas horas de estudo em grupo e permanente apoio.

À Estrutural Tecnologia em Estruturas de Madeira Colada pela colaboração.

À Coordenação do Programa de Pesquisa Aplicada à Indústria - parceria FAPEMIG/SISTEMA FIEMG-IEL/MG pelo auxílio.

E, sobretudo, à minha família pelo constante incentivo, paciência e valorização.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	06
RESUMO	14
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3 OBJETIVOS	21
4 EVOLUÇÃO DO MOBILIÁRIO	22
5 ERGONOMIA E ANTROPOMETRIA	52
6 DIMENSÕES DE CADEIRAS E DEFINIÇÃO DO PROTÓTIPO	66
7 ESTUDO DO EUCALIPTO COMO MATÉRIA-PRIMA	77
8 ANÁLISE EXPERIMENTAL	88
9 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	139
10 CONCLUSÃO	173
11 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	177
12 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	178
13 ANEXO A	185
14 ANEXO B	188
15 ANEXO C	193

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1	Ligação feita pelos egípcios para a obtenção de peças maiores.....	23
Figura 4.2	Tamborete real egípcio, detalhe para a perna em “x” e encaixe em cabeça de pato.....	24
Figura 4.3	Cadeira egípcia com detalhes em marfim.....	25
Figura 4.4	Vaso com desenho de uma cadeira grega.....	26
Figura 4.5	Vaso com ilustração da cadeira Klimos.....	27
Figura 4.6	Típica peça do mobiliário romano, detalhe para os pés com motivos arquitetônicos.....	27
Figura 4.7	Tamborete romano, detalhe para os pés em “x” e curvos.....	28
Figura 4.8	Tamborete medieval, detalhe para o assento em caixa para guardar objetos.....	29
Figura 4.9	Trono medieval, detalhe para os painéis com predominância vertical.....	30
Figura 4.10	Cadeiras renascentistas, detalhe para a ornamentação em marchetaria.....	31
Figura 4.11	Cadeira renascentista, detalhe para trabalho no apoio para os pés.....	32
Figura 4.12	Sgabello e panchetto – peças do mobiliário renascentista italiano.....	32
Figura 4.13	Cadeira barroca detalhe para o uso de ornamentos bem trabalhados.....	34
Figura 4.14	Cadeiras em estilo Luís XIV, detalhe para apoio de pés.....	35
Figura 4.15	Cadeiras no estilo Regência (transição entre o estilo Luís XIV e o Luís XV).....	36
Figura 4.16	Cadeiras por Robert Adam (variação entre os estilos gótico, rococó e barroco).....	38
Figura 4.17	Cadeira em estilo Hepplewhite, detalhe para o desenho do encosto - 1780.....	38
Figura 4.18	Cadeira no estilo Sheraton, linhas mais simples e retas – 1790/1795.....	39
Figura 4.19	Cadeira nº 14 de Michel Thonet - 1859.....	39
Figura 4.20	Cadeira em estilo art nouveau, de Bernhard Pankok – 1898.....	41
Figura 4.21	Cadeira de Bruno Paul - 1901, detalhe desenho da estrutura.....	41
Figura 4.22	Cadeiras em art deco, uso constante da geometria.....	42
Figura 4.23	Banco indígena da região do Xingu.....	44
Figura 4.24	Cadeira “romântica” com influência manuelina.....	44
Figura 4.25	Cadeira Patente em madeira torneada, de Celso Martinez Carrera - 1915.....	45
Figura 4.26	Cadeiras em compensado recortado, de João Batista Vilanova Artigas - 1948.....	47
Figura 4.27	Espreguiçadeira de balanço em madeira e palhinha, de Oscar Niemeyer – 1977.....	47
Figura 4.28	Poltrona de três pés, de Tenreiro - 1947.....	48

Figura 4.29	Cadeira Bowl: tubo de ferro e assento em concha, de Lina Bo Bardi - 1951.....	48
Figura 4.30	Cadeira e espreguiçadeira em compensado recortado, de Zanine - década de 50.....	49
Figura 4.31	Poltrona Mole estruturada em madeira maciça, de Sérgio Rodrigues - 1957..	50
Figura 4.32	Cadeira Estrela em madeira maciça, de Carlos Motta - 1979.....	51
Figura 5.1	Estrutura óssea.....	57
Figura 5.2	Contato nádegas assento, vista lateral. Detalhe para as tuberosidades isquiáticas.....	58
Figura 5.3	Contato nádegas assento, vista posterior. Detalhe para as tuberosidades isquiáticas.....	58
Figura 5.4	Distribuição de pressões sobre o assento: estofamento duro e estofamento macio.....	59
Figura 5.5	Cadeira com assento alto, causando desconforto na parte interna da coxa....	60
Figura 5.6	Cadeira com assento baixo, causando perda da sensação de estabilidade....	60
Figura 5.7	Cadeira com assento longo acarreta pressão abaixo do joelho.....	61
Figura 5.8	Cadeira com assento curto acarreta perda da sensação de estabilidade.....	61
Figura 5.9	Por apresentar uma protuberância ao assentar aconselha-se deixar um espaço entre o assento e o encosto.....	62
Figura 5.10	A principal função do encosto é a de suporte da região lombar.....	62
Figura 5.11	Posições assumidas pela coluna em três formas típicas da postura sentada..	63
Figura 5.12	Diferentes posições no assento.....	64
Figura 5.13	Ciclo de posturas.....	65
Figura 6.1	Ângulo entre assento e encosto.....	68
Figura 6.2	Perspectiva isométrica da cadeira-modelo.....	69
Figura 6.3	Vista superior da cadeira-modelo.....	70
Figura 6.4	Vista lateral da cadeira-modelo.....	70
Figura 6.5	Vista frontal, corte e vista posterior da cadeira-modelo.....	71
Figura 6.6	Fase inicial de fabricação da cadeira-modelo: corte das peças.....	73
Figura 6.7	Fase de uniformização da seção das peças da cadeira-modelo.....	73
Figura 6.8	Fase de furação da seção das peças para posterior encaixe das cavilhas.....	74
Figura 6.9	Fase após a montagem dos encaixes.....	76
Figura 6.10	Fase de secagem dos encaixes.....	76
Figura 7.1	Esquema de um corte transversal em uma peça de madeira.....	78
Figura 7.2	Estrutura microscopia das coníferas.....	79
Figura 7.3	Estrutura microscopia das dicotiledôneas.....	79

Figura 7.4	Orientação das fibras da madeira.....	79
Figura 7.5	Reflorestamento de Eucalipto no mundo.....	82
Figura 7.6	Reflorestamento de Eucalipto no Brasil.....	83
Figura 7.7	Domínios climáticos brasileiros.....	85
Figura 7.8	Dependendo do local da conexão, o movimento da madeira devido à umidade ficará mais ou menos exposto.....	86
Figura 7.9	Posicionamento dos pinos de ligação.....	86
Figura 7.10	Encaixe que permite o livre movimento relativo entre componentes.....	87
Figura 7.11	Encaixe adequado para ligações de peças de madeira.....	87
Figura 8.1	Exemplos de solicitações não-funcionais.....	89
Figura 8.2	Calibração da trava assento frontal e posterior.....	93
Figura 8.3	Calibração da trava assento lateral direita.....	94
Figura 8.4	Calibração da trava assento lateral esquerda.....	94
Figura 8.5	Mesa para proteção do extensômetro no apóia-braço direito.....	95
Figura 8.6	Calibração do apóia-braço direito.....	95
Figura 8.7	Calibração do apóia-braço esquerdo.....	96
Figura 8.8	Calibração do encosto.....	97
Figura 8.9	Posicionamento do tarugo para nivelamento dos pés.....	99
Figura 8.10	Valores de carga nos pés da cadeira quando adotada a postura ereta.....	105
Figura 8.11	Valores de carga nos apóia-braços quando adotada a postura ereta.....	105
Figura 8.12	Torção que ocorre na trava do encosto quando adotada a postura ereta.....	106
Figura 8.13	Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa levanta os dois pés.....	107
Figura 8.14	Valores de carga nas travas do assento quando a pessoa levanta os dois pés.....	107
Figura 8.15	Valores de carga na trava do encosto quando adotada a postura relaxada.....	108
Figura 8.16	Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no início do assento.....	114
Figura 8.17	Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no meio do assento.....	114
Figura 8.18	Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no início do assento.....	115
Figura 8.19	Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no meio do assento.....	115
Figura 8.20	Contra-flecha que ocorre nas travas laterais ao se reclinar a cadeira.....	116
Figura 8.21	Valores de carga na trava do encosto ao se reclinar a cadeira.....	117
Figura 8.22	Direção das fibras do assento da cadeira modelo.....	122
Figura 8.23	Valores de carga nas travas quando a pessoa se encontra assentada de lado.....	123

Figura 8.24	Valores de carga nos apóia-braços quando a pessoa se encontra assentada de lado.....	123
Figura 8.25	Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa pula.....	128
Figura 8.26	Valores de carga nas travas quando a pessoa pula.....	129
Figura 8.27	Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa assenta no apóia-braço direito.....	134
Figura 9.1	Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no início do assento: ensaio 1.....	142
Figura 9.2	Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no início do assento: ensaio 2.....	142
Figura 9.3	Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no meio do assento: ensaio 1.....	143
Figura 9.4	Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no meio do assento: ensaio 2.....	143
Figura 9.5	Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa levanta os dois pés: ensaio 1.....	144
Figura 9.6	Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa levanta os dois pés: ensaio 2.....	144
Figura 9.7	Valores nos pés da cadeira quando adotada a postura ereta: ensaio 1.....	145
Figura 9.8	Valores nos pés da cadeira quando adotada a postura ereta: ensaio 2.....	145
Figura 9.9	Valores nos pés da cadeira quando esta foi reclinada: ensaio 1.....	146
Figura 9.10	Valores nos pés da cadeira quando esta foi reclinada: ensaio 2.....	146
Figura 9.11	Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa assenta no apóia-braço direito com os pés levantados: ensaio 1.....	147
Figura 9.12	Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa assenta no apóia-braço direito com os pés levantados: ensaio 2.....	147
Figura 9.13	Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa pula: ensaio 1 e 2....	149
Figura 9.14	Valores de carga na trava do encosto ao se reclinar a cadeira: ensaio 1.....	153
Figura 9.15	Valores de carga na trava do encosto ao se reclinar a cadeira: ensaio 2.....	154
Figura 9.16	Valores no apóia-braço direito quando a pessoa o usa de assento: ensaio1.....	154
Figura 9.17	Valores no apóia-braço direito quando a pessoa o usa de assento: ensaio2.....	155
Figura 9.18	Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no início do assento: ensaio 1.....	158
Figura 9.19	Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no início do assento: ensaio 2.....	158
Figura 9.20	Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no meio do assento: ensaio 1.....	159

Figura 9.21	Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no meio do assento: ensaio 2.....	159
Figura 9.22	Valores de carga nas travas quando a pessoa adota postura ereta: ensaio1.....	160
Figura 9.23	Valores de carga nas travas quando a pessoa adota postura ereta: ensaio2.....	160
Figura 9.24	Valores de carga nas travas do assento quando a pessoa levanta os dois pés: ensaio 1.....	161
Figura 9.25	Valores de carga nas travas do assento quando a pessoa levanta os dois pés: ensaio 2.....	161
Figura 9.26	Valores de carga nas travas quando a pessoa pula: ensaio 1 e 2.....	162
Figura 9.27	Carga máxima atuante no assento.....	167
Figura 9.28	Carga máxima atuante no encosto.....	168
Figura 9.29	Carga máxima atuante nos apóia-braços.....	169
Figura 10.1	Valor de porcentagem de carga para dimensionamento do assento.....	174
Figura 10.2	Valor de porcentagem de carga para dimensionamento do encosto.....	174
Figura 10.3	Valor de porcentagem de carga para dimensionamento dos apóia-braços....	175
Figura 10.4	Valor de porcentagem de carga para dimensionamento das travas.....	175
Figura 14.1	Célula de carga 1.....	188
Figura 14.2	Célula de carga 2.....	190
Figura 14.3	Célula de carga 3.....	190
Figura 14.4	Célula de carga 5.....	192
Figura 15.1	Desequilíbrio lateral de cadeiras com apóia-braços.....	194
Figura 15.2	Superfície de carregamento do assento.....	195
Figura 15.3	Posicionamento do gabarito sobre a cadeira.....	195
Figura 15.4	Aparelhagem para ensaio de impacto.....	197
Figura 15.5	Ensaio de carga estática no encosto.....	198
Figura 15.6	Superfície de carregamento do encosto.....	199
Figura 15.7	Ensaio de impacto no encosto.....	200
Figura 15.8	Superfície de carregamento local.....	201
Figura 15.9	Ensaio de impacto no apóia-braço.....	203
Figura 15.10	Superfície pequena de carregamento.....	205
Equação 1	Carga de impacto em relação à raiz quadrada da altura.....	152
Tabela 5.1	Dimensões antropométricas para pessoa sentada.....	56
Tabela 6.1	Dimensões básicas de cadeiras para postura ereta e relaxada (cm).....	67
Tabela 6.2	Dimensões básicas de cadeiras fixas (cm).....	68

Tabela 6.3	Dimensões adotadas na cadeira-modelo.....	71
Tabela 6.4	Características físicas e mecânicas da madeira das cavilhas.....	74
Tabela 7.1	Características físicas e mecânicas da madeira usada na cadeira-modelo.....	84
Tabela 8.1	Valores de correlação.....	97
Tabela 8.2	Posições rotina 01 – ensaio preliminar.....	101
Tabela 8.3	Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira: rotina 01.....	109
Tabela 8.4	Posições rotina 02 – ensaio preliminar.....	110
Tabela 8.5	Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira: rotina 02.....	117
Tabela 8.6	Posições rotina 03 – ensaio preliminar.....	118
Tabela 8.7	Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira: rotina 03.....	124
Tabela 8.8	Posições rotina 04 – ensaio preliminar.....	125
Tabela 8.9	Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira: rotina 04.....	130
Tabela 8.10	Posições rotina 05 – ensaio preliminar.....	130
Tabela 8.11	Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira: rotina 05.....	135
Tabela 8.12	Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira....	136
Tabela 8.13	Posições ensaio final.....	137
Tabela 9.1	Porcentagens máximas atuantes nos elementos estruturais da cadeira.....	166
Tabela 10.1	Tabela comparativa dos valores de carga sugeridos pela autora, pelo Professor Eckelman e pela norma brasileira para cada elemento estrutural de cadeiras.....	169
Tabela 10.2	Valores de carregamentos para dimensionamento dos elementos estruturais de cadeiras.....	175
Tabela 15.1	Nível de solicitações para ensaio de desequilíbrio lateral de cadeiras com apóia-braços.....	194
Tabela 15.2	Nível de solicitações para ensaio de carga estática no assento.....	196
Tabela 15.3	Nível de solicitações para ensaio de impacto no assento.....	196
Tabela 15.4	Nível de solicitações para ensaio de carga estática no encosto.....	198
Tabela 15.5	Nível de solicitações para ensaio de fadiga no encosto.....	199
Tabela 15.6	Nível de solicitações para ensaio de impacto no encosto.....	201
Tabela 15.7	Nível de solicitações para ensaio de carga estática horizontal no apóia-braço.....	202
Tabela 15.8	Nível de solicitações para ensaio de carga estática vertical no apóia-braço.....	202
Tabela 15.9	Nível de solicitações para ensaio de impacto no apóia-braço.....	203
Tabela 15.10	Nível de solicitações para ensaio de carga estática para frente nos pés.....	204

Tabela 15.11	Nível de solicitações para ensaio de carga estática lateral nos pés.....	205
Gráfico 8.1	Distribuição da carga biomecânica nos pés da cadeira-tipo: rotina 1.....	102
Gráfico 8.2	Carga total atuante na cadeira-tipo devido à soma das cargas dos pés: rotina1.....	102
Gráfico 8.3	Distribuição da carga nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: rotina 1..	103
Gráfico 8.4	Distribuição da carga nas travas do assento da cadeira-tipo: rotina 1.....	103
Gráfico 8.5	Carga total atuante na cadeira devido à soma das cargas das travas: rotina1.....	104
Gráfico 8.6	Distribuição da carga biomecânica nos pés da cadeira-tipo: rotina 2.....	111
Gráfico 8.7	Carga total atuante na cadeira-tipo devido à soma das cargas dos pés: rotina2.....	111
Gráfico 8.8	Distribuição da carga nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: rotina 2..	112
Gráfico 8.9	Distribuição da carga nas travas do assento da cadeira-tipo: rotina 2.....	112
Gráfico 8.10	Carga total atuante na cadeira devido à soma das cargas das travas: rotina2.....	113
Gráfico 8.11	Distribuição da carga biomecânica nos pés da cadeira-tipo: rotina 3.....	119
Gráfico 8.12	Carga total atuante na cadeira-tipo devido à soma das cargas dos pés: rotina3.....	119
Gráfico 8.13	Distribuição da carga nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: rotina3...	120
Gráfico 8.14	Distribuição da carga nas travas do assento da cadeira-tipo: rotina 3.....	120
Gráfico 8.15	Carga total atuante na cadeira devido à soma das cargas das travas: rotina3.....	121
Gráfico 8.16	Distribuição da carga biomecânica nos pés da cadeira-tipo: rotina 4.....	125
Gráfico 8.17	Carga total atuante na cadeira-tipo devido à soma das cargas dos pés: rotina4.....	126
Gráfico 8.18	Distribuição da carga nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: rotina4.....	126
Gráfico 8.19	Distribuição da carga nas travas do assento da cadeira-tipo: rotina 4.....	127
Gráfico 8.20	Carga total atuante na cadeira devido à soma das cargas das travas: rotina4.....	127
Gráfico 8.21	Distribuição da carga biomecânica nos pés da cadeira-tipo: rotina 5.....	131
Gráfico 8.22	Carga total atuante na cadeira-tipo devido à soma das cargas dos pés: rotina5.....	132
Gráfico 8.23	Distribuição da carga nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: rotina 5..	132
Gráfico 8.24	Distribuição da carga nas travas do assento da cadeira-tipo: rotina 5.....	133
Gráfico 8.25	Carga total atuante na cadeira devido à soma das cargas das travas: rotina5.....	133
Gráfico 9.1	Distribuição nos pés da cadeira-tipo: ensaio 1.....	140

Gráfico 9.2	Total atuante na cadeira devido à soma das porcentagens dos pés: ensaio1.....	140
Gráfico 9.3	Distribuição nos pés da cadeira-tipo: ensaio 2.....	141
Gráfico 9.4	Total atuante na cadeira devido à soma das porcentagens dos pés: ensaio2.....	141
Gráfico 9.5	Distribuição nos pés da cadeira-tipo: ensaio de verificação dos valores obtidos na posição I e L.....	148
Gráfico 9.6	Porcentagem total nos pés da cadeira-tipo: ensaio de verificação dos valores obtidos na posição I e L.....	149
Gráfico 9.7	Relação entre porcentagem de carga e deformação.....	150
Gráfico 9.8	Relação entre percentual de carga e raiz quadrada da altura.....	151
Gráfico 9.9	Distribuição nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: ensaio 1.....	152
Gráfico 9.10	Distribuição nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: ensaio 2.....	152
Gráfico 9.11	Distribuição nas travas do assento da cadeira-tipo: ensaio 1.....	155
Gráfico 9.12	Total atuante nas travas do assento: ensaio 1.....	156
Gráfico 9.13	Distribuição nas travas do assento da cadeira-tipo: ensaio 2.....	156
Gráfico 9.14	Total atuante nas travas do assento: ensaio 2.....	157
Gráfico 9.15	Distribuição nos pés da cadeira-tipo: ensaio 3.....	163
Gráfico 9.16	Total atuante na cadeira devido à soma das porcentagens dos pés: ensaio3.....	163
Gráfico 9.17	Distribuição nos pés da cadeira-tipo: ensaio 4.....	164
Gráfico 9.18	Total atuante na cadeira devido à soma das porcentagens dos pés: ensaio4.....	164

RESUMO

No universo do mobiliário está registrada a história do cotidiano do homem, sendo possível até dizer que o móvel é o elo material do relacionamento entre o humano e sua habitação, entre corpo e arquitetura. Entretanto, uma das maiores dificuldades no desenho destes é proveniente do fato do ato de assentar ser, normalmente, visto como uma atividade estática ao invés de dinâmica, resultante de freqüentes variações de postura que acontecem para aliviar as tensões dos músculos dorsais. Tendo em vista essas considerações, foi desenvolvido este estudo que visa conhecer melhor o comportamento da estrutura de móveis de madeira de eucalipto com a finalidade de determinar as cargas nos elementos estruturais utilizando para tanto carregamentos variáveis e conceitos ergonômicos. Desta maneira, procurou-se definir alguns procedimentos que visem garantir a otimização e uma maior segurança no uso destes móveis, alcançando assim uma maior qualidade e durabilidade dos móveis que se fabrica no Brasil.

ABSTRACT

The history of furniture registers the history of man's daily life, it is even correct to say that furniture is the material link between mankind and their houses, body and architecture. However, one of the greatest chair design difficulties is originated from the fact that the act of seating is studied as a static activity rather than a dynamic one. Within all this in mind, this research has been developed to settle and define the loads that occur in a chair using ergonomics concepts believing that this will result in a well designed furniture.

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material que vem sendo utilizado pelo homem desde os primórdios dos tempos, sendo muito empregado na construção de edifícios extremamente diversificados quanto ao uso e quanto à forma. O fato de ser um material leve, de grande plasticidade e trabalhabilidade, ou seja, adaptável a uma variedade de formas, fez deste material a principal matéria-prima utilizada pela indústria moveleira.

Entretanto, é notável que desde o início dos tempos, o homem desenvolveu técnicas de fabricação de móveis que pouco diferem das utilizadas hoje em dia. Mesmo com toda esta carga histórica, pouco se sabe sobre a construção de móveis, podendo ser constatado que pouco se desenvolveu desta experiência inicial, principalmente a nível nacional: cargas de projeto não foram determinadas, valores de resistência de cálculo para materiais e ligações não foram estabelecidos e o comportamento da estrutura dos móveis não foi verificado.

Algumas razões podem ser apontadas para explicar o motivo pelo qual o mobiliário foi tão pouco estudado em termos de sua estrutura e carregamentos. A principal delas é a falta de motivação para a realização de uma completa pesquisa nesta área, uma vez que as experiências existentes, baseadas em tentativas e erros, foram capazes de desenvolver e estabelecer métodos de construção.

Atualmente, apenas o preço e a reputação do fabricante são critérios essenciais para o julgamento da qualidade estrutural do móvel. Entretanto, o avanço da tecnologia possibilita o uso de estruturas leves com margens de segurança definidas resultando em objetos mais econômicos.

Tendo em vista essas considerações, foi desenvolvido aqui um estudo para se conhecer melhor o comportamento da estruturas das cadeiras de madeira com a finalidade de se determinar as cargas em todos os elementos estruturais utilizando para tanto carregamentos variáveis e reais. Desta maneira, procurou-se definir alguns procedimentos que visem garantir a segurança e a durabilidade no uso destes móveis, abrangendo a resistência da estrutura e dos materiais usados na confecção da peça.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil apresenta uma grande representatividade junto à comunidade moveleira internacional. Tendo sido desenvolvidos por designers especializados, os móveis nacionais apresentam grande destaque estético, resultando em um rico acervo.

Segundo Rigoni (2001), a indústria brasileira de móveis atingiu sua maioridade, estando se atualizando tecnologicamente, investindo em design e com uma preocupação crescente: a qualidade dos produtos.

“No ano de 2000, o setor moveleiro nacional teve um desempenho acima do esperado. O nosso faturamento interno cresceu 20%, passando de 7,3 bilhões em 1999, para R\$ 8,8 bilhões. As exportações aumentaram aproximadamente 30%. Em 1999, exportamos US\$ 385,2 milhões. Em 2000, alcançamos US\$ 488,8 milhões. As importações mantiveram-se em queda: de US\$ 134,8 milhões em 1999 para US\$ 111,9 milhões em 2000.”

Estes números são expressivos, uma vez que poucos setores industriais no Brasil conseguem apresentar resultados tão promissores. Entretanto, em termos de estudos estruturais, o Brasil está apenas começando. Nacionalmente não são conhecidas as técnicas nem os métodos de cálculo matemático que possibilitem a elaboração do projeto estrutural de móveis; ou seja, não existem métodos seguros e, ao mesmo tempo, econômicos, que garantam sua qualidade física.

Este não conhecimento das questões estruturais retarda de maneira significativa a evolução e consolidação efetiva do móvel brasileiro junto às questões referentes à qualidade e aos fatores econômicos e práticos.

No exterior, de forma contrária, este cenário é diferente tendo-se conhecimento de vários trabalhos existentes nesta área. Inicialmente deve-se salientar a

importância de um dos maiores pesquisadores: o Professor Eckelman da Universidade de Purdue, Indiana, nos Estados Unidos. Ele iniciou seu trabalho no ano de 1966 com o artigo: *A Look at the Strength Design of Furniture* e desde então são mais de 200 artigos sobre este tema, estando entre estes o livro *Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture*, 1993. Seus textos são referência para todos os trabalhos de pesquisa que valorizam e desenvolvam o estudo de estruturas de móveis, pois sua obra mudou a realidade da técnica construtiva que até então era voltada apenas para o fazer artístico.

Ainda nos Estados Unidos deve ser destacado o estudo realizado na Universidade da Carolina do Norte no Furniture Manufacturing and Management Center, pelos professores B. Kasal e S. V. Puella (1995). Este trabalho envolve a análise experimental e numérica e para isto eles contam com a infra-estrutura de um laboratório de ensaios de móveis.

Para se obter um maior conhecimento sobre o móvel atual, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de toda a sua história; analisando, dentre outros, os textos de Blakemore (1997) que abrange do mobiliário egípcio até o do século IXX e também de Santos (1995) sobre o móvel brasileiro moderno. Através desta avaliação histórica; do estudo da postura e das aspirações do homem, em conformidade com os valores e padrões culturais de cada fase da evolução dos costumes e da análise dos padrões sociais e econômicos foi possível traçar um panorama geral da evolução do mobiliário, seus detalhes construtivos e conceitos. Segundo Bayeux (1997) percebe-se que:

“... no universo do mobiliário está registrada a história do cotidiano do homem; a sua maneira de viver, a sua relação com o habitar, seus usos e costumes, suas condições sociais e econômicas, seus conhecimentos técnicos e seus valores artísticos.”

É possível até dizer que o móvel é o elo material do relacionamento entre o humano e sua habitação, entre corpo e arquitetura e que a história do seu

design é a evolução do planejamento do espaço, da arquitetura de interior e da própria cultura humana.

O estudo dos conceitos ergonômicos e antropométricos foi o parâmetro utilizado na definição dos tipos de posturas e conseqüentes carregamentos atuantes nos elementos estruturais das cadeiras. As investigações de Lida (1997) foram de vital importância nesta parte do trabalho uma vez que existem poucas bibliografias nacionais voltadas para o estudo da adaptação ergonômica de produtos e das posturas do corpo humano.

Foram utilizados também a Norma Brasileira NBR 13962 e o trabalho de Panero & Zelnik (1979) para o desenvolvimento do desenho do protótipo utilizado como peça base nos ensaios aqui desenvolvidos.

Definidas as posturas e possíveis carregamentos e o desenho da cadeira-tipo fez-se importante também a análise da matéria-prima a ser utilizada. A escolha da madeira como material base se deu ao fato desta ser um material ecologicamente correto, é a matéria prima que menos energia consome em sua transformação, sua produção não é poluente e é o único material estrutural renovável.

Além destes fatores, existem as vantagens ditas intrínsecas ao material como: facilidade de manuseio, possibilidade de reaproveitamento, grande resistência mecânica em vista da baixa densidade e reduzido peso específico. O estudo bibliográfico deste material abrangeu, principalmente, o trabalho de Carrasco (1984 e 1989).

Quanto às normas técnicas responsáveis pela metodologia de ensaios em estruturas de móveis foi efetuada uma procura bibliográfica via Internet. Estas entidades, seus endereços eletrônicos e uma lista com as normas técnicas de respaldo para este trabalho serão apresentadas no anexo A.

O fato de não ter sido encontrada nenhuma publicação que abordasse a análise estrutural de móveis no Brasil só elucida a importância deste trabalho que pretende contribuir para mudar esta realidade, visando alcançar parâmetros para uma maior qualidade e durabilidade dos móveis que aqui se fabricam.

3 OBJETIVOS

Este trabalho, através do exposto nos itens anteriores, tem como objetivo:

- a Justificar o uso do eucalipto no design de móveis de madeira através de uma análise teórica de seu comportamento estrutural;
- b Definir uma metodologia experimental capaz de analisar e avaliar os carregamentos em cadeiras de madeira;
- c Analisar a Norma Brasileira NBR 14110/98 e o trabalho do Prof. Eckelman e avaliar as grandezas das cargas aplicadas nos ensaios por estes propostos.

Através deste estudo, espera-se de alguma forma contribuir para um melhor entendimento do comportamento destas estruturas, oferecendo dados mais seguros e reais para o projeto de móveis a partir de métodos empíricos, uma vez que, de acordo com Eckelman (1993)

“... pode-se dizer que existem três áreas distintas, mas ao mesmo tempo muito próximas, no design de móveis. A primeira e, no caso do mobiliário, a mais importante é a estética, ou seja, o conceito artístico da forma. A segunda área é a parte funcional onde cada peça deve ser concebida de maneira a atender eficientemente ao uso a que esta se propõe. A terceira, e última etapa, é a fase que caracteriza a estrutura de modo a resistir com segurança aos carregamentos usuais.”

4 EVOLUÇÃO DO MOBILIÁRIO

4.1 INTRODUÇÃO

Denomina-se mobiliário o conjunto de móveis ou peças utilizados pelo homem no ambiente doméstico ou funcional, como complemento da posição de seu corpo ou guarda de seus pertences, de seu prazer estético ou bem-estar, em condições e para fins de trabalho ou de lazer, de atividade ou repouso.

De acordo com Bayeux (1997)

“Através das peças que compõem o mobiliário é possível detectar necessidades e interesses diversos de uma dada sociedade numa determinada época e, até mesmo, a mudança de certos conceitos, como, por exemplo, o de funcionalidade – a cadeira vista como um objeto utilitário básico do nosso cotidiano, foi usada como símbolo hierárquico, como objeto de afirmação de poder em que o conforto não era sequer considerado.”

Fazendo uma avaliação histórica através do tempo e das civilizações, é possível observar que alguns fatores influenciaram e, até hoje, influenciam o design de um mobiliário. O clima, a tecnologia: materiais e técnicas de construção, a cultura, o social e os recursos econômicos disponíveis foram e ainda são alguns desses determinantes.

Através do estudo da postura e das aspirações do homem, em conformidade com os valores e padrões culturais, e da análise dos padrões sociais e econômicos, é possível traçar um panorama geral da evolução do mobiliário, de seus detalhes construtivos e seus conceitos para melhor entender o móvel atual. E é este o objetivo deste capítulo: estudar a evolução do mobiliário, levando em conta os diferentes padrões estéticos ao longo da história e criando, assim, bases para o estudo do móvel atual.

4.2 MOBILIÁRIO EGÍPCIO

Na história das civilizações, uma das maiores manifestações culturais foi também responsável pelo primeiro mobiliário representativo: a cultura egípcia.

A religião, a localização às margens do rio Nilo, a vegetação local, a tecnologia, o clima e a hierarquia social foram alguns dos muitos fatores que influenciaram o design egípcio. A motivação para a maior parte desta produção estava enraizada em crenças religiosas complexas, os egípcios eram politeístas e seus deuses representações de corpos celestiais, de humanos, de animais ou combinações dos dois últimos.

Entretanto, é devido, especialmente, à crença egípcia de vida após a morte e das condições climáticas locais que atualmente se tem muitos dados e exemplos de como era o mobiliário desta época. Algumas peças encontradas no interior de tumbas reais estavam em ótimo estado de preservação.

A madeira era um material escasso na região e, conseqüentemente, era pouco usada na arquitetura e no mobiliário. Para o primeiro, quando este material era empregado, ele tinha de ser importado e para a fabricação de móveis eram utilizadas peças de madeira de pequenas dimensões. Como resultado desta limitação os egípcios criaram o entalhe (fig. 4.1).

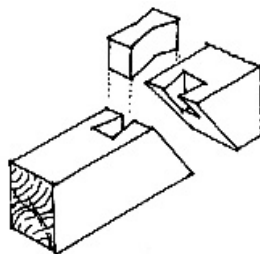


Figura 4.1 Ligação feita pelos egípcios para a obtenção de peças maiores

Fonte: Blakemore, 1997. p.14.

Outra técnica criada e utilizada pelos egípcios era o ato de revestir peças de madeira de pior qualidade com lâminas de madeiras mais valiosas, como o ébano.

Em todo o mobiliário pode-se perceber a ornamentação com símbolos religiosos, sendo que um dos primeiros móveis que se tem notícia foi o tamborete, usado por todas as classes sociais desde cidadãos comuns até a realeza (fig. 4.2).



Figura 4.2 Tamborete real egípcio, detalhe para a perna em “x” e encaixe em cabeça de pato
Fonte: Blakemore, 1997. p.16.

Segundo Blakemore (1997)

“As cadeiras foram usadas, primeiramente, como símbolo de status, e só após a 18ª Dinastia, foi que este mobiliário difundiu-se por todas as classes sociais. Este mobiliário tinha uma estrutura muito simples: assentos quadrados de tiras de couro ou feitos com a própria madeira, encostos inicialmente retos e posteriormente inclinados, poderiam ter ou não encosto para braços e os pés geralmente eram imitações de patas de animais com a interessante característica de representarem as patas dianteiras e as traseiras fielmente.” (fig.4.3)



Figura 4.3 Cadeira egípcia com detalhes em marfim

Fonte: Schäfer, 1933. p.440.

4.3 MOBILIÁRIO GREGO

Geograficamente, a Grécia é uma região montanhosa limitada por oceanos. Esta localização de acesso difícil resultou no isolamento deste país e também de sua cultura, fazendo desta única e extremamente rica.

Coerentes com o pioneirismo de seus princípios políticos, os atenienses iniciaram a socialização do mobiliário sendo que todo tipo de móveis como: bancos, cadeiras, mesas, camas e prateleiras eram usados por todas as classes sociais e econômicas. Sendo assim e diferentemente dos egípcios, estes estavam mais preocupados com o design do mobiliário. Alcançar uma harmonia inteligível entre as partes era o objetivo e leis de proporção estabeleciam esta consonância, seja pelo uso de dimensões ou simples funções aritméticas. A utilização de ordens – dórica, jônica e coríntia – nos projetos não fazia parte da decoração, mas retratava o instrumento de um novo tipo de estrutura.

O mobiliário foi retratado em quadros, vasos e outros e através destas pinturas pode-se ter uma idéia dos desenhos destes e o tipo de encaixes utilizados, feito muitas vezes com pinos (fig. 4.4).



Figura 4.4 Vaso com desenho de uma cadeira grega

Fonte: Blakemore, 1997. p.34.

“Algumas das peças existentes até hoje foram feitas com metais ou mármore, sendo o último material abundante em toda região. Entretanto, sabe-se que a madeira foi utilizada nos protótipos destes através da análise de seus detalhes. Nos móveis onde esta era a matéria-prima utilizada, técnicas decorativas como a pintura, o envernizamento e a ornamentação utilizando ouro e pedras preciosas, eram comuns. Como os egípcios, os gregos também cobriam as madeiras menos preciosas com folhas de madeiras mais caras.” Blakemore (1997)

Dentre a variedade de móveis para assento pode-se destacar a fabricação de tronos de uso exclusivo da nobreza e divindades. Os de uso externo eram de mármore e possuíam como características principais os assentos que normalmente eram quadrados com encosto ou não; a maioria tinha apoio para os braços e as pernas eram retas, retangulares, circulares ou sob a forma de patas de animais.

Cadeiras denominadas *klimos* foram usadas pelos gregos em mobília residencial. Esta possuía o assento quadrado feito de tramas de couro ou cordas, o encosto possuía uma curvatura acentuada e era a mesma peça que formava a perna posterior. Esta, apesar de ser de seção quadrada, possuía dimensões variadas, sendo mais fina na parte próxima ao chão e de maior espessura na parte próxima ao assento (fig. 4.5).

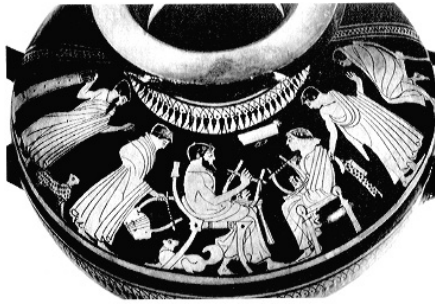


Figura 4.5 Vaso com ilustração da cadeira *Klimos*

Fonte: Blakemore, 1997. p.34.

4.4 MOBILIÁRIO ROMANO

Diferentes fatores foram essenciais na formação da arte romana, dentre destes pode-se citar a posição geográfica, os materiais disponíveis, o domínio de técnicas construtivas: uso do arco e introdução de formas curvas, o aspecto social e a crença religiosa. Outro fator importante foi o contato com outras culturas, principalmente a grega. Ao final, como resultado de todos estes elementos, nascia a cultura romana.

Embora existam poucas peças do mobiliário romano, sabe-se através de fontes literárias, pinturas e peças em bronze e mármore que estes eram caros e exuberantes, bem mais ornamentais que os gregos que estavam preocupados com o refinamento do estilo do mobiliário (fig. 4.6).

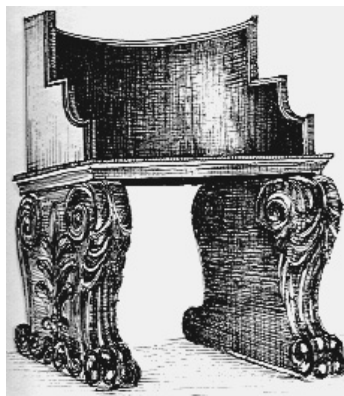


Figura 4.6 Típica peça do mobiliário romano, detalhe para os pés com motivos arquitetônicos

Fonte: Blakemore, 1997. p.53.

Blakemore (1997) evidencia que

“Os materiais usados na construção de móveis eram a madeira, o metal e o mármore. Como os romanos queriam demonstrar ostentação através das peças foram desenvolvidas técnicas para melhor esculpir a madeira, de maneira a conseguir variadas formas. Como resultado as peças são mais trabalhadas, pintadas ou com aplicação de ouro e pedras preciosas. Pregos, pinos, colas e diversos tipos de encaixes foram utilizados e, como nas peças egípcias, o uso de folhas de madeiras mais nobres em cima de outras menos valiosas também foi explorado pelos romanos.”

Cadeiras, sofás, bancos e tronos eram típicos exemplares de móveis de assentar, sendo que os últimos, de uso restrito dos deuses, possuíam os pés retangulares, circulares ou formados por painéis sólidos com ornamentos cravados. A cadeira denominada *cathedra* foi inspirada no desenho grego dos *klimos*. Os tamboretes eram usados por pessoas de classe superior como autoridades e imperadores, representando símbolo de honra e status sendo, normalmente, feitos em bronze e com os pés em “x” curvos (fig. 4.7).



Figura 4.7 Tamborete romano, detalhe para os pés em “x” e curvos

Fonte: Blakemore, 1997. p.54.

4.5 MOBILIÁRIO MEDIEVAL

Do colapso do Império Romano até o fim da Idade Média, dois estilos foram os mais importantes: o românico e o gótico. O primeiro destes era denso e pesado, seus artistas representavam as imagens de um ponto de vista simbólico, abstrato, sem qualquer consideração com as características reais dos objetos. A arte românica era estática, rústica, inalterável e sagrada, como a

sociedade que ela representava. Já o estilo gótico trazia consigo a leveza, a delicadeza e o policromatismo da arte autenticamente popular. Rompendo com o estilo românico, a arte gótica era dinâmica, portadora de um movimento cheio de luzes e cores simbolizando perfeitamente o poder religioso da época.

O sistema feudal; com a Igreja, seus senhores de engenho e escravos e seu estilo de vida instável e inseguro; foi o principal agente norteador dos conceitos da arquitetura e do mobiliário. As comunidades monásticas, as corporações de ofício que mantinham regras de feitiço e as condições transitórias fizeram com que o homem analisasse o móvel. Este, para existir, teve que recuperar a essência de sua definição - a mobilidade - tornando-se, então, ainda mais transportável e adaptável às diferentes situações. Como resultado, existiam dois tipos de mobiliário: o primeiro um móvel leve que podia ser facilmente transportado pelos viajantes e o segundo mais volumoso, robusto e trabalhado, que era deixado nos castelos.

O mobiliário possuía dois propósitos: utilidade e simbologia. A arca é o objeto que mais ilustra esta funcionalidade existente, pois servia de local de depósito, de mala, assento, mesa e até cama. A cadeira, entretanto, representa o aspecto simbólico onde o móvel era expressão de poder. Nas residências, a cadeira era o lugar no qual a pessoa mais importante se assentava, os outros deviam acomodar-se em bancos e tamboretes. Sendo que este último também exercia múltiplas funções: assento, mesa e algumas vezes depósitos (fig. 4.8).

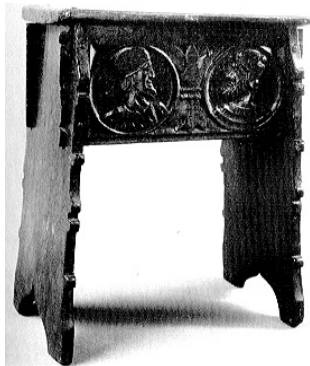


Figura 4.8 Tamborete medieval, detalhe para o assento em caixa para guardar objetos

Fonte: Blakemore, 1997. p.77.

Os móveis medievais tinham, em geral, uma forma simples, com um encosto vertical bem pronunciado no qual elementos estruturais e decorativos usados na arquitetura serviam também de ornamento. A madeira era o principal material utilizado na fabricação e, como consequência direta da existência das corporações, técnicas construtivas se desenvolveram e móveis eram feitos com painéis bem desenhados (fig. 4.9).

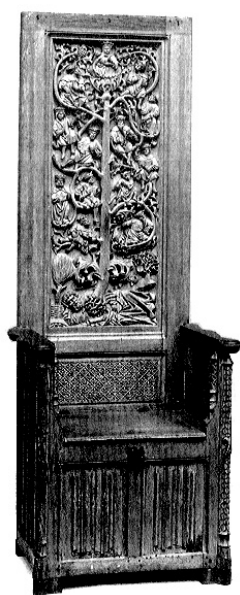


Figura 4.9 Trono medieval, detalhe para os painéis com predominância vertical

Fonte: Blakemore, 1997. p.76.

4.6 MOBILIÁRIO RENASCENTISTA

No período entre os séculos XI e XIV o Ocidente Europeu assistiu a um processo de expansão do comércio e das cidades. O estabelecimento de contatos com o Oriente garantia um fluxo contínuo de especiarias e, sobretudo, um estilo de vida novo para a Europa. A criação do eixo comercial reforçado pelo crescimento demográfico, pelo desenvolvimento da tecnologia agrícola e pelo aumento da produção nos campos europeus dava origem a novas condições que tendiam progressivamente a dissolver o sistema feudal.

Nascia o período renascentista, um período de pesquisa, de invenções e aperfeiçoamento técnico. Não existe a separação da arte e da ciência, ambas representam a vanguarda burguesa que conseguiu conquistar um mundo aberto e de riquezas infinitas. A recuperação do humanismo, da arte e da sabedoria clássica faz com que ocorra uma renovação da atividade criadora e do avanço do conhecimento. Acontece o redescobrimento dos tratados de Vitruvius e as ordens: jônica, dórica e coríntia são usadas tanto estruturalmente como na decoração de peças do mobiliário.

A arte renascentista remete o homem ao próprio homem, colocando-o como personagem mais importante. Novamente tudo o que lhe diz respeito é colocado no centro do universo. Diferente da Idade Média onde a verticalidade era a base da arte medieval, a horizontalidade e a geometria são os maiores princípios renascentistas e tudo é baseado em um sistema de proporções calculado de acordo com as dimensões humanas.

“O mobiliário era digno, massudo e impunha sua presença, podendo até chegar a ser extremamente ornamentado, reproduzindo e misturando elementos arquitetônicos com motivos decorativos. A madeira era o principal material, sendo muitas vezes utilizada mais de uma espécie em um único móvel com o intuito de se criar superfícies com diferentes texturas e cores. Técnicas de construção não se diferem muito das do período medieval, entretanto, na parte de ornamentação houve um espantoso desenvolvimento com o nascimento da marchetaria.” Blakemore (1997)



Figura 4.10 Cadeiras renascentistas, detalhe para a ornamentação em marchetaria

Fonte: Blakemore, 1997. p.96 e 97.

As cadeiras, como no período anterior, apesar de escassas eram a representação de status, tinham o assento reto e quadrado que podia ser coberto com uma almofada de couro ou veludo, o encosto também era reto podendo ter ou não apoio para braços e o apoio para os pés era normalmente decorado (fig. 4.11).



Figura 4.11 Cadeira renascentista, detalhe para trabalho no apoio para os pés

Fonte: Blakemore, 1997. p.97.

A novidade era o *sgabello*, um tamborete com assento octogonal e encosto bem decorado e o *panchetto* que, diferentemente do primeiro, possuía três pernas. Ambos eram muito ornados com emblemas ou flores cravadas na própria madeira (fig. 4.12).



Figura 4.12 Sgabello e panchetto – peças do mobiliário renascentista italiano

Fonte: Weisbach, 1934. p.183.

O renascimento teve seu berço na Itália, mas não demorou muito para que seus conceitos invadissem a Europa, principalmente a França.

4.7 MOBILIÁRIO BARROCO

O termo barroco é de origem portuguesa e usado, inicialmente, para definir uma pérola de formato irregular. Atualmente, é a denominação do estilo que aconteceu entre o maneirismo e o rococó e está relacionado com fortes valores religiosos. O objetivo do barroco era conseguir a harmonia e a unidade de partes na composição do interior e como resultado deste novo conceito, os interiores eram monumentais, cheios de vida, animação e drama.

A Igreja Romana percebendo o poder da arte como fonte influenciadora e inspiradora, começou a dar valor à extravagância e ao ostento do estilo para seduzir e manter seus fiéis. Para estes propósitos, o barroco era o ideal uma vez que se baseava no movimento exagerado e em contrastes estimulantes conseguindo despertar a sensibilidade e o deslumbramento.

O mobiliário, seguindo a mesma tendência, rompeu com a rigidez, as formas retas e o acentuado sentido arquitetural da produção renascentista. O móvel ficou mais próximo da decoração do ambiente e das características arquitetônicas dos interiores, sendo que o seu papel era unicamente o de proporcionar status social (fig. 4.13).



Figura 4.13 Cadeira barroca detalhe para o uso de ornamentos bem trabalhados

Fonte: Blakemore, 1997. p.151.

Recorrendo a formas mais livres e acentuando cada vez mais o aspecto decorativo, o móvel barroco, fartamente entalhado, caracterizou-se como uma verdadeira obra escultural na qual o efeito mais importante era o plástico. A estrutura e cada um dos pormenores de sua ornamentação se tornam indissociáveis, revelando-se assim uma harmonia que, embora assimétrica e inconstante, concilia quase sempre a riqueza e a extravagância.

O estilo Luís XIV era criativo, original e novo. Aberto a influências exteriores, ele conseguiu ser fonte inspiradora para todos os artistas europeus. No mobiliário, o protocolo ditava a altura do assento e a variação nesta altura determinava a classe social da pessoa. Os pés da cadeira eram sempre bem torneados e ligados entre si por apóia-pés em forma de “x” ou “h” (fig. 4.14).



Figura 4.14 Cadeiras em estilo Luís XIV, detalhe para apoio de pés

Fonte: Blakemore, 1997. p.169

4.8 MOBILIÁRIO ROCOCÓ

No final do século 17, o formalismo e a extravagância que marcaram o estilo anterior foi sendo gradativamente modificado em nome do lazer, descanso e relaxamento. Esta mudança fez com que um novo tipo de mobiliário surgisse, agora mais preocupado com o conforto. As cadeiras eram mais leves, fáceis de carregar e mais adequadas aos ambientes internos cada vez menores. Com composição mais livre, os móveis possuíam formas mais esbeltas e sinuosas e assumiam proporções mais reduzidas e harmoniosas, com ornamentos mais leves e mais delicados dispostos assimetricamente.

“A madeira era a matéria-prima mais utilizada e as peças eram todas esculpidas, ornadas e pintadas, quase que a transformando em um outro material. Desenhos eram feitos usando a técnica da marchetaria e os novos motivos eram baseados em flores, pássaros e até cenas da vida cotidiana.” Blakemore (1997)

O estilo regência foi uma transição entre as formas mais retilíneas do estilo Luís XIV para as curvas visíveis no estilo Luís XV que também dava menos atenção à simetria e aos detalhes decorativos (fig. 4.15).

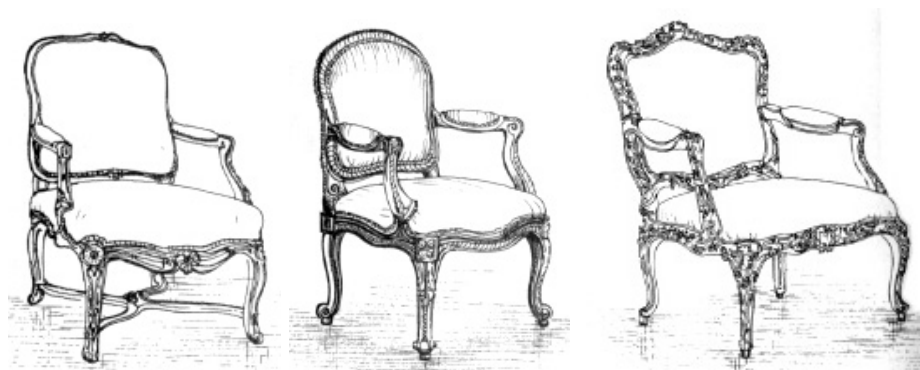


Figura 4.15 Cadeiras no estilo Regência (transição entre o estilo Luís XIV e o Luís XV)

Fonte: Blakemore, 1997. p.219.

Explorando livremente as inovações, o mobiliário deixou de lado a aparência pesada, o luxo excessivo e o rebuscamento para se caracterizar pela elegância, sobriedade e conforto, tornando-se mais adequados aos lares comuns.

4.9 MOBILIÁRIO NEOCLÁSSICO

Na Europa, o desenvolvimento dos métodos científicos, as escavações arqueológicas e o estudo rigoroso dos monumentos antigos deram origem a um crescente interesse pelas civilizações clássicas. Do reencontro nostálgico com as regras gregas e romanas surgiu o estilo neoclássico.

O neoclassicismo foi um movimento crítico ao excesso existente no barroco e no rococó, mudando para um estilo baseado na formalidade, regras e rigidez. O gosto pela recuperação passou a ter tal evidência e intensidade que acabou por reunir e misturar todas essas manifestações, das mais antigas às mais recentes, dando origem ao ecletismo.

O ecletismo é o estilo responsável pelo agrupamento e a organização de diversos estilos. Plural e complexo, o sistema de sistemas baseia-se na obra individual e atual considerando o antigo e constituindo, por consequência, um período de transição.

Sem a necessidade de manter fidelidade a um estilo específico e tendo à disposição um imenso repertório de formas, muitos artistas aderiram a esse tipo de manifestação uma vez que este possibilitava a exploração das mais variadas expressões, podendo modificá-las e combiná-las conforme a conveniência dos mais diversos gostos.

Segundo Bayeux (1997)

“No mobiliário, o ecletismo caracterizou-se pela retomada e mistura não só dos estilos mais antigos, como também daqueles ligados a um passado mais recente. Embora os modelos e os motivos ornamentais fossem geralmente copiados integralmente do passado, as linhas tornaram-se mais pesadas, as proporções menos elegantes e as ornamentações mais carregadas, predominando a total falta de originalidade e de harmonia, o excesso de linhas curvas e o exagero de entalhes e ornamentos.”

A simplificação das linhas curvas e a exploração das formas retangulares, circulares e ovais, aliadas à aplicação de adornos mais reduzidos resultaram num mobiliário de proporções mais harmoniosas e de maior funcionalidade.

Robert Adam foi o maior nome da arquitetura desta época. Seu estilo variou sofrendo influências góticas, clássicas e até barrocas, mas sempre caracterizado pela simplicidade, pelo equilíbrio e por dimensões proporcionais (fig. 4.16).

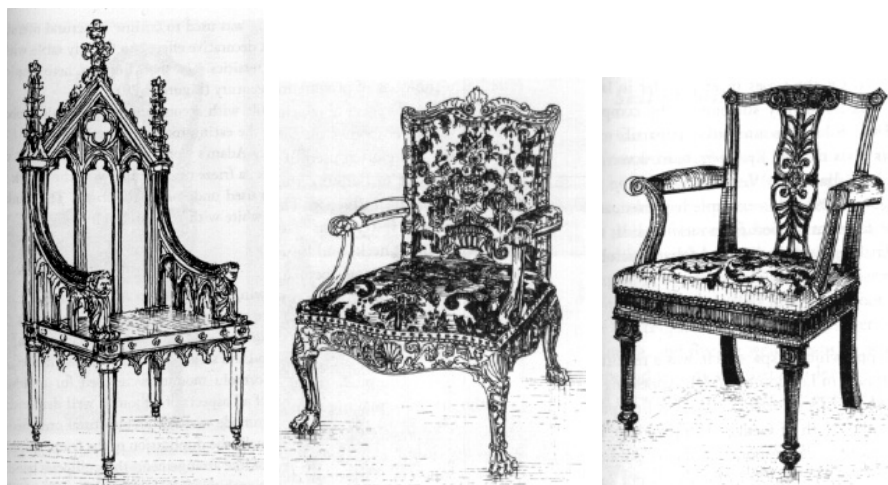


Figura 4.16 Cadeiras por Robert Adam (variação entre os estilos gótico, rococó e barroco)

Fonte: Blakemore, 1997. p.299.

Outro que certamente acrescentou muito para a história do mobiliário foi George Hepplewhite, designer e marceneiro. O seu traço pode ser percebido no encosto das cadeiras que eram vazados e tinham formas variadas. Seu estilo é reconhecido pelo trabalho menos suntuoso, pela maior simplicidade, pela delicadeza das formas, pelas proporções mais reduzidas e pelo domínio das linhas curvas (fig. 4.17).



Figura 4.17 Cadeira em estilo Hepplewhite, detalhe para o desenho do encosto - 1780

Fonte: Blakemore, 1997. p.301.

O domínio da técnica construtiva e o grande conhecimento do desenho e da perspectiva fizeram de Thomaz Sheraton o mais original designer do seu tempo. Buscando soluções mais originais, visando uma produção mais racional

e, portanto, mais econômica, as peças no estilo Sheraton eram retas, simples e austeras, sempre valorizando a estrutura e a funcionalidade do móvel (fig. 4.18).



Figura 4.18 Cadeira no estilo Sheraton, linhas mais simples e retas - 1790/1795

Fonte: Blakemore, 1997. p.304.

Como resultado de uma extensa experimentação, do uso correto do material e da técnica de envergamento a vapor de peças de madeira, aliados a um enorme conhecimento formal, surge o trabalho de Michael Thonet. Suas peças apresentavam uma qualidade construtiva pioneira e uma enorme simplicidade, características que explicam o sucesso de vendas da cadeira nº 14 (fig. 4.19) que até 1930 já havia vendido mais de 50 milhões de exemplares segundo Fiell C. & Fiell P. (1997).



Figura 4.19 Cadeira nº 14 de Michael Thonet - 1859

Fonte: Fiell C. & Fiell P., 1997. p.46.

4.10 MOBILIÁRIO PRÉ-MODERNO

De acordo com Bayeux (1997)

“Devido aos avanços técnicos e científicos e à necessária reorganização da sociedade, o período de 1760 a 1830 foi marcado por um processo de profundas transformações econômicas, políticas e culturais, sendo conhecido como o período da Revolução Industrial e da Idade da Razão... No plano econômico, a racionalização da produção decorrente da invenção da máquina, tornou possível a fabricação em série de todo tipo de objetos e, por conseguinte, a expansão do mercado, o avanço do capitalismo e o crescimento das cidades em função da instalação de indústrias... Enquanto a sociedade passava por profundas mudanças estruturais em função deste progresso técnico, no plano artístico dominava uma grande desorientação. A mudança da própria noção de tempo contribuía para essa situação. Coisas que antes levavam décadas, às vezes séculos, para apresentarem alguma mudança, começavam a sofrer rápido processo de transformação. Ao mesmo tempo, era difícil para os artistas absorverem todos os avanços técnicos, bem como trabalhar com novos materiais... Assim, frente à dificuldade de se lidar esteticamente com o presente, era mais seguro recuperar o passado e, nessa direção inicial, a arte distanciava-se cada vez mais da indústria.”

À medida que crescem os contingentes das classes médias, aumenta incessantemente o mercado consumidor do mobiliário, que vai sendo atendido por uma produção cada vez maior de peças “padronizadas” e destituídas de qualquer autenticidade ou preocupação estética. Utilizam-se, para tal, todas as formas de imitação a baixo custo das tradições existentes, ao invés de se buscarem soluções fundamentadas na nova realidade econômica e social.

O *art nouveau* cria uma nova linguagem, passando a buscar no passado elementos que possibilitam uma contraposição ao rigor retilíneo do classicismo. A descoberta das linhas curvas e flutuantes da gravura japonesa veio comprovar que era possível extrair composições resultantes da combinação de formas abstratas, livres, simples e uniformes. A imagem em movimento respondia à necessidade de romper com o imobilismo em relação aos avanços da era moderna e as formas sinuosas e ágeis sugeriam o desejo comum pelo novo e pela liberdade (fig. 4.20).



Figura 4.20 Cadeira em estilo art nouveau, de Bernhard Pankok - 1898

Fonte: Sembach, 1993. p.86.

No mobiliário impera a linguagem orgânica; linhas ondulantes e assimétricas; o uso da madeira como se fosse uma substância maleável confere às superfícies dos móveis um certo dinamismo onde cada detalhe adquiria uma razão de ser do ponto de vista plástico, construtivo e funcional (fig. 4.21).



Figura 4.21 Cadeira de Bruno Paul - 1901, detalhe desenho da estrutura

Fonte: Sembach, 1993. p.113.

A objetividade do cubismo em relação às formas apresentou um sensível recuo em relação ao repertório vegetal e ao excesso de ondulações para assumir contornos mais lineares derivados da combinação das formas geométricas, mais elementares e uma decoração mais contida e funcional. Neste contexto, a neutralidade do *art deco* possibilita resgatar, de forma simbólica, o passado e conjugá-lo ao que havia de mais moderno.

“Superfícies planas, pureza das linhas retas, predomínio do equilíbrio e um elegante rigor pelo uso das formas e ornamentos mais simples, expressados através de figuras geométricas elementares como o quadrado, o círculo e o retângulo era a linguagem adotada agora no mobiliário.” Bayeux (1997)



Figura 4.22 Cadeiras em art deco, uso constante da geometria

Fonte: Cadeiras Brasileiras, 1994. p.41 e 19.

4.11 MOBILIÁRIO MODERNO

No Movimento Moderno, a integração da arte com a técnica se faz necessária e o resultado é a simplificação e a geometrização formal como forma de adaptar os produtos aos novos tempos. Este movimento progressista de defesa de uma expressão mais condizente com os novos tempos modifica os modelos de comportamento e o estilo de vida das pessoas, criando uma linguagem de completa harmonia com as exigências da era industrial.

“Ao executar, em 1917, a “cadeira manifesto” Red-Blue, Rietveld introduziu uma nova concepção estética para o móvel, uma inovação construtiva e espacial baseada nas formas geométricas puras. Nesta cadeira os planos geométricos em ângulos retos são ligados por juntas e encaixes e os elementos lineares que a compõem, pensados como parte estrutural do conjunto, ao se tocarem tangencialmente formam retângulos como planos abstratos da composição. Primeira peça do mobiliário a expressar os novos princípios estéticos do design, demonstrou a possibilidade de sintetizar a forma e função através da elementaridade plástica, construtiva e técnica.” Bayeux (1997)

Em 1919, a Bauhaus, criada pelo arquiteto Walter Gropius, possuía como objetivo principal a integração do ensino com a indústria; unindo a Escola de Belas-Artes com a Escola de Artes Aplicadas, tentando vencer definitivamente a oposição entre o trabalho manual e intelectual, entre arte e indústria. Este é um empreendimento que representa a plena consciência crítica do problema, procurando conciliar o saber artístico com o fazer artesanal, levando em consideração o avanço tecnológico desde a compreensão dos materiais, a observação das formas até o projeto e execução dos objetos.

Aos materiais tradicionais usados na mobília, são introduzidos o ferro, o aço e a madeira compensada. Algumas dessas novas matérias-primas propiciaram a industrialização, o barateamento e a socialização do móvel a níveis nunca atingidos anteriormente, instaurando uma nova tipologia, uma nova tecnologia e uma nova funcionalidade.

Para Duarte (1999)

“Houve o projeto de Breuer que tratou a *função* da cadeira e seu *modo de produção* como elementos-chave de seu processo criativo, e por esses exatos motivos escolheu o material com sua forma mínima padrão, tubos metálicos, e desenhou (to design) o *tipo* da cadeira Wassily.”

O resultado desta experiência, além de marcar a primeira grande conquista em relação à indústria, resulta na realidade atual, ou seja, na diversificação e especialização praticamente ilimitadas da mobília fabricada hoje. O móvel deixa de ser monumento doméstico para se transformar num objeto útil, agradável de ser visto e, sobretudo, com um desenho identificado com a produção em série, e neste sentido, economicamente viável.

4.12 HISTÓRIA DO MÓVEL BRASILEIRO

A história do móvel produzido no Brasil, como a própria história do mobiliário em geral, acompanha e espelha o caminho da civilização brasileira, seus

costumes e ideais. Durante esses 500 anos de história brasileira, três tipos de móveis predominaram: os oriundos de uma produção popular de expressão genuína e nacional como a rede e bancos indígenas (fig. 4.23), os importados trazidos pela colonização e pela globalização e os produzidos aqui seguindo modelos estrangeiros.

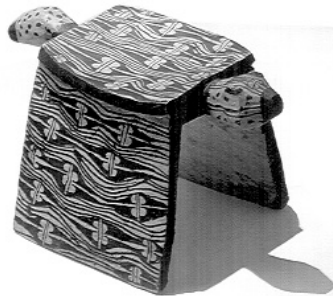


Figura 4.23 Banco indígena da região do Xingu

Fonte: Cadeiras Brasileiras, 1994. p.93.

Até o século XX, os móveis portugueses que o Brasil importava eram robustos, pesados, de linhas retas e estrutura rígida. Assim, o mobiliário brasileiro assumia também estas particularidades, cuja determinante era a utilidade e a possibilidade de execução, tornando-o singelo e de feitura rústica (fig. 4.24).



Figura 4.24 Cadeira “romântica” com influência manuelina

Fonte: Cadeiras Brasileiras, 1994. p.15.

Em função da migração da família real para o Brasil e do domínio político e econômico, o século XIX se iniciou com uma série de mudanças no panorama brasileiro. Como resultado das combinações de diversas influências externas, havia no final um tipo de cadeira brasileira bem representativa desde hibridismo, apresentando a estrutura à moda francesa, a tabela à inglesa e a decoração própria de Portugal.

A primeira experiência brasileira em termos de produção em série aconteceu somente durante a Segunda Guerra Mundial através da linha Patente (fig. 4.25) do espanhol Celso Martinez. Possuindo como marca principal a simplicidade e a inteligência do desenho, esta linha possibilitou uma maior racionalização da produção e, conseqüentemente, preços mais acessíveis, resultando em um marco do design brasileiro.



Figura 4.25 Cadeira Patente em madeira torneada, de Celso Martinez Carrera - 1915

Fonte: Cadeiras Brasileiras, 1994. p.22.

O início do século XX, marcado pela transição da Monarquia para a República assinalava um desejo de mudança, principalmente no sentido de se encontrar uma identificação própria. O sentimento nacionalista, movimento de retorno à tradição, às raízes culturais e o desejo crescente de ingresso à modernidade culminaram na Semana de Arte Moderna de 1922. Existia uma proposta significativa de buscar a atualização artística em concordância com as vanguardas européias e, ao mesmo tempo, voltar à realidade brasileira, para dela extrair sua temática.

Propunha-se a pesquisa de formas ligadas às nossas tradições culturais e à exploração das possibilidades dos nossos materiais, criando soluções originais de acordo com a realidade econômica e tecnológica, o clima e o cotidiano brasileiro, contribuindo assim, para a criação de um design verdadeiramente brasileiro.

Segundo Santos (1995)

“... alguns fatores contribuíram para o processo de modernização do móvel no Brasil: o patrimônio artesanal da madeira, a interrupção das importações motivada pelas duas guerras e a modernização cultural e econômica.”

A partir da década de 30, os conceitos modernos se estabelecem e começa a história do móvel moderno brasileiro de linhas puras e ausência de ornamentos. Entretanto, é claro que o móvel brasileiro, até nos dias atuais, não deixa de receber influências estrangeiras.

“O que aconteceu é que a modernização do mobiliário, fazendo parte de um contexto mais amplo, participou do processo de importação e assimilação de idéias e conceitos, que foi se tornando mais complexo, enriquecendo-se com elementos nacionais: os tecidos, as fibras naturais e o uso de outros materiais da terra. Conseqüentemente, esses elementos acabaram amortecendo o reflexo da importação de idéias, trazendo maior autonomia para a produção do móvel e caracterizando obras significativas elaboradas dentro de um marco estilístico que respondeu mais adequadamente às nossas condições.” Santos (1995)

Alguns arquitetos e designers também contribuíram para a modernização do mobiliário, com produção pequena, podendo-se dizer até pontual, pois a maioria era de móveis que atenderiam somente às necessidades de seus próprios projetos.

João Batista Vilanova Artigas se impõe como marco de referência do processo de modernização da mobília. Para ele, o importante era recuperar o afeto que o homem brasileiro sempre teve pela madeira. Segundo ele: “só assim sairemos de nossas raízes, partiremos para o plano universal da forma moderna e,

depois, reencontraremos na nossa própria terra os principais elementos que compõem o passado de nosso gosto”¹ (fig. 4.26).

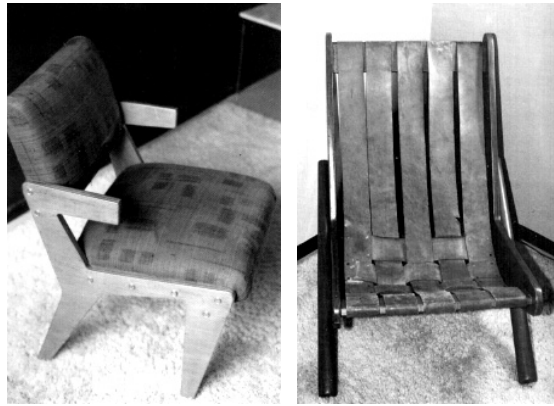


Figura 4.26 Cadeiras em compensado recortado, de João Batista Vilanova Artigas - 1948

Fonte: Santos, 1995. p.70.

Oscar Niemeyer, preocupado com os problemas de produção de móveis no Brasil, estudou as cadeiras suecas de madeira colada e desenvolveu móveis utilizando palhinha e couro no assento e encosto. Para ele, o mobiliário existente no mercado não estava, muitas vezes, condizente com as obras prejudicando assim a arquitetura (fig. 4.27).

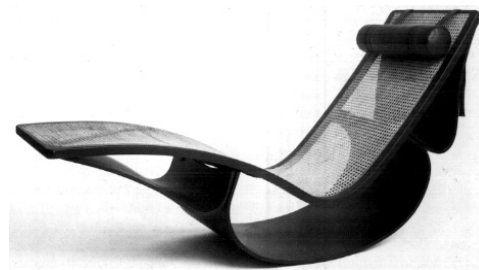


Figura 4.27 Espreguiçadeira de balanço em madeira e palhinha, de Oscar Niemeyer - 1977

Fonte: Santos, 1995. p.61.

Através da simplicidade do uso de novos materiais conjugada com princípios modernos, surgiu um novo desenho no mobiliário nacional de qualidade mais universal e artisticamente elaborado, retratado na obra de estrangeiros.

¹ Trecho do depoimento de João Batista à Maria Cecília Loschiavo dos Santos (1995).

Tenreiro conseguiu explorar todas as possibilidades da madeira: sua maleabilidade, suas cores e a textura de suas fibras para extrair dela formas que remetiam às nossas raízes culturais. Seus móveis são leves, funcionais e marcados pela eliminação do supérfluo (fig. 5.28).



Figura 4.28 Poltrona de três pés, de Tenreiro - 1947

Fonte: Cadeiras Brasileiras, 1994. p.23.

Lina Bo Bardi é outro importante nome no desenho moderno brasileiro que definiu novos padrões e utilizou novos materiais (fig. 4.29), destacando a madeira compensada recortada em folhas paralelas.

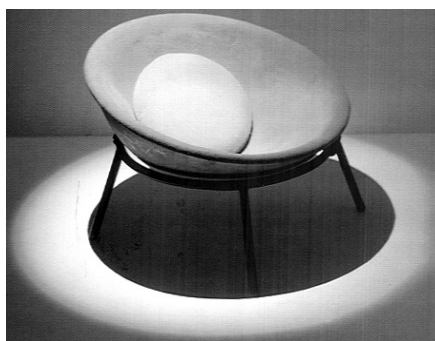


Figura 4.29 Cadeira Bowl: tubo de ferro e assento em concha, de Lina Bo Bardi - 1951

Fonte: Cadeiras Brasileiras, 1994. p.27.

A década de 50 foi marcada por uma crescente euforia desenvolvimentista com grande esforço para a expansão industrial. Acreditando neste período de grandes possibilidades, o arquiteto Zanine orientou sua produção pelos

princípios de modulação, de modo a aproveitar por completo as chapas de compensado. Estas constituíam a estrutura da maioria dos assentos que eram recortados em formas sinuosas diversificadas (fig. 4.30).



Figura 4.30 Cadeira e espreguiçadeira em compensado recortado, de Zanine - década de 50
Fonte: Santos, 1995. p.106.

Segundo Santos (1995), o período mais efervescente do meio artístico e cultural brasileiro foi a década de 60, quando era travada uma luta por uma arte nacional e de contestação refletindo os problemas econômicos e sociais que atingiam o país.

Dentro desta realidade nacionalista, o arquiteto e designer Sérgio Rodrigues se sobressaiu. Profundamente comprometido com valores e materiais da terra e arraigado a formas e padrões de nossa cultura, projetou um móvel que conseguiu expressar a identidade nacional: a Poltrona Mole – ganhadora do 1º Prêmio na Bienal Concorso Internazionale del Mobile em 1961 (fig. 4.31). Atualmente esta cadeira está sendo comercializada em madeira de reflorestamento - eucalipto.

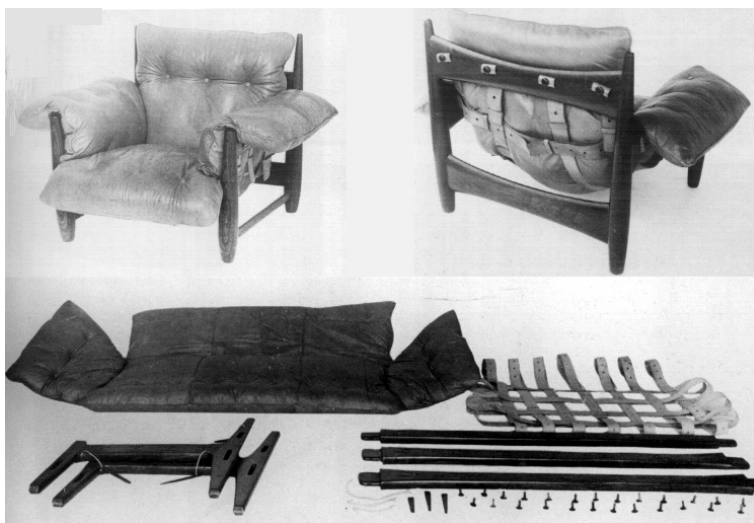


Figura 4.31 Poltrona Mole estruturada em madeira maciça, de Sérgio Rodrigues - 1957

Fonte: Santos, 1995. p.129.

A preocupação com a popularização dos móveis fez com que, nas décadas seguintes – 70 e 80, o móvel moderno atingisse uma escala de produção massiva. Mesmo questionável, a produção teve como mérito a façanha de conseguir levar a um público cada vez maior, um mobiliário executado dentro das condições econômicas e industriais nacionais.

Carlos Motta teve grande representação, principalmente, pela forma simples de se trabalhar com a madeira. O seu método de trabalho consiste em projetar através da busca pela postura mais correta, para depois analisar a estrutura e a maneira de construção mais adequada. A combinação desses elementos representa a estética do seu trabalho (fig. 4.32).



Figura 4.32 Cadeira Estrela em madeira maciça, de Carlos Motta - 1979

Fonte: Cadeiras Brasileiras, 1994. p.78.

Atualmente, o móvel produzido no Brasil é resultado direto de várias tendências difundidas em feiras e na mídia em geral e do expressivo desenvolvimento tecnológico: uso de madeiras de reflorestamento e MDF (fibra de madeira de média densidade) e das técnicas de produção e informatização que influenciam também o desenho final.

Adaptando-se à complexidade de hoje, o móvel é lúdico, exuberante, funcional, artesanal e mesmo nostálgico, coerente com as maneiras de estar, assentar e vivenciar os espaços interiores nacionais.

5 ERGONOMIA E ANTROPOMETRIA

5.1 INTRODUÇÃO

A cadeira é a reprodução do que o ser humano pensa de status, honra, conforto, ordem, beleza, eficiência, disciplina e relaxamento. Quando as idéias mudam, as cadeiras mudam; desta maneira pode-se afirmar que elas são ferramentas culturais, símbolos de modernização e progresso.

Mas o que significa uma cadeira? Segundo Duarte (1999) “... a cadeira tem como significado primeiro a ação humana de *sentar*: isso resgata a idéia motriz de sua experiência material.”

Durante os últimos anos, pode-se perceber que a evolução da cadeira caminhou paralelamente com o desenvolvimento do design e da técnica, refletindo a mudança de necessidades e de conceitos da sociedade. Toda idéia inovadora, toda nova aplicação de materiais e qualquer invenção tecnológica que se expressa, modifica o seu desenho que passa a demonstrar muito mais que a união da arte com a técnica mas também a representar as atitudes, idéias e valores de uma época.

A representação de uma hierarquização social, característica primária de uma cadeira, vem sendo usada desde a época dos faraós que, ao sentarem em seus tronos com encosto à 90° e retos, conseguiam enfatizar sua origem divina. Entretanto, esta relação usuário x móvel é dependente também da cultura e dos costumes locais. Por exemplo, no Brasil atual, a cadeira está intimamente ligada ao ato de reunir-se, sentar em volta de uma mesa para tratar de assuntos diversos; diferentemente do Brasil Colônia época em que somente os visitantes mais ilustres tinham o direito de utilizá-la.

“O assento é, provavelmente, uma das invenções que mais contribuiu para modificar o comportamento humano. Na vida moderna, muitas pessoas chegam a passar mais de 20 horas por dia nas posições sentada e deitada. Diz-se até que a espécie humana, *homo sapiens*, já deixou de ser um animal ereto, *homo erectus*, para se transformar no animal sentado, *homo sedens*.” Lida (1997)

De qualquer forma, os designers e fabricantes de móveis estão sempre acompanhando as mudanças da sociedade, fornecendo os suportes adequados às atividades humanas que evoluem complexa e gradualmente. Isto exige por parte destes profissionais um conhecimento e interesse em diversas áreas como ergonomia e antropometria.

5.2 ERGONOMIA: DEFINIÇÃO E HISTÓRIA

Ergonomia se aplica ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas visando a adaptação destes ao homem. Estuda vários aspectos como a postura e os movimentos corporais, as máquinas e equipamentos utilizados para transformar os materiais e também toda situação em que ocorra o relacionamento entre homem e seu trabalho e/ou equipamento e ambiente.

Seus objetivos são a saúde, o conforto, a satisfação, a segurança e o bem-estar das pessoas no seu relacionamento com os sistemas produtivos. Desta maneira procura-se melhor ajustar os objetos artificiais ou naturais ao homem, aumentando a eficiência de suas atividades. Para conseguir realizá-los, é preciso estudar diversos aspectos do comportamento humano no trabalho: suas características físicas, fisiológicas, psicológicas, sociais e a influência do sexo, idade, treinamento e motivação; e também compreender a máquina: equipamento, ferramenta, mobiliário e instalações.

Sendo um estudo interdisciplinar, a ergonomia se baseia em conhecimentos de anatomia, fisiologia, antropometria, biomecânica, engenharia mecânica, desenho industrial, eletrônica, gerência industrial e psicologia na solução de problemas. É somente desta maneira que esta consegue ser a aplicação da

informação científica no desenho e forma de objetos, sistemas e ambientes para uso humano.

Este conjunto de estudos tem, precisamente, como data oficial de nascimento o dia 12 de julho de 1949, ocasião em que um grupo de cientistas e pesquisadores ingleses se reuniu para desenvolver esse novo ramo de aplicação integrada da ciência. Entretanto, acredita-se que o início desta filosofia se deu bem antes, a partir da escolha do homem pré-histórico pela pedra que melhor se adaptasse à forma e aos movimentos de sua mão, ou seja, desde o momento em que o homem se preocupou em modificar a natureza e adaptá-la, de alguma forma, ao seu corpo e às suas necessidades.

A dificuldade maior da ergonomia está nas diferenças individuais entre as pessoas tanto no aspecto físico como nas características intelectuais e comportamentais. Estas diferenças ocorrem de tal forma que é praticamente impossível caracterizar um elemento tipo. Mesmo assim, a ergonomia consegue contribuir para melhorar a vida quotidiana, tornando os meios de transporte mais cômodos e seguros, a mobília mais confortável e os aparelhos eletrodomésticos mais eficientes e seguros.

5.3 ANTROPOMETRIA

Antropometria do grego *ánthropos* – homem, ser humano e *métron* – que mede, medição; trata do processo ou técnica de mensuração do corpo humano ou de suas várias partes.

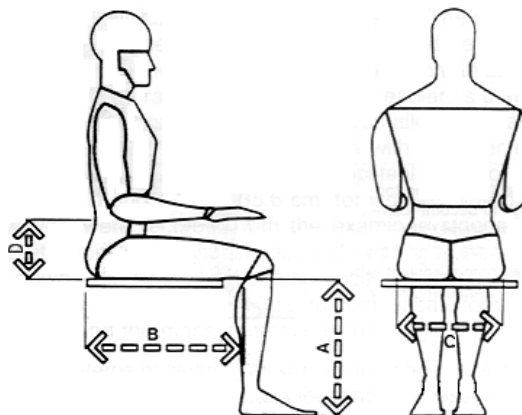
Aparentemente, medir pessoas deveria ser uma tarefa bastante fácil. Entretanto, não é assim tão simples uma vez que o objetivo é conseguir medidas confiáveis de uma população que possui indivíduos dos mais variados tipos. Além dessa diferença usual, as condições em que essas medidas são realizadas (com ou sem roupa, com ou sem sapatos, ereto ou na postura relaxada) são fatores que influenciam consideravelmente os resultados.

No Brasil, ainda não existem medidas antropométricas normatizadas da população. E, devido ao fato da grande variedade de tipos físicos existentes provenientes da miscigenação de diversas etnias, além das diferenças acentuadas pelas condições de nutrição e saúde em que se observa a população brasileira, este estudo se torna mais difícil de ser preciso.

Mesmo com esta realidade, pode-se perceber que as medidas que influenciam o desenho de uma cadeira são: a altura lombar – responsável pela altura do encosto da cadeira e a altura poplíteia – responsável pela altura do assento. Baseando-se nesses parâmetros e através de tabelas apresentadas em Panero & Zelnik (1979), pode-se obter as dimensões básicas de cadeiras, para postura ereta (tab. 5.1).

TABELA 5.1

Dimensões antropométricas para pessoa sentada



VARIÁVEL	DIMENSÕES (cm)	
	HOMEM	MULHER
A - Altura poplíteia	49	44.5
B - Comprimento nádegas - região poplíteia	54.9	53.3
C - Largura quadril	40.4	43.4
D - Altura lombar	29.5	27.9

Fonte: Panero & Zelnik, 1979, p.61.

É preciso salientar que as medidas são geralmente representadas pela sua média ou desvio-padrão. Um projeto para média é inicialmente baseado na idéia de maximização do conforto, o que realmente não existe pois no fim tende-se a beneficiar apenas uma pequena parcela da população que se situa dentro da média adotada; enquanto que um projeto baseado no segundo princípio é mais coerente pois tende a acomodar o extremo, ou seja 95% dos casos, sabendo-se que apenas 5% não se beneficiará do produto. Seguindo este raciocínio, a tabela 6.1 apresentou dados da população analisada para um de grau de confiança de 95%.

5.4 O ATO DE ASSENTAR

Uma das maiores dificuldades no design de cadeiras e outras peças do mobiliário é resultado do fato de que o ato de assentar é, normalmente, visto como uma atividade estática ao invés de dinâmica.

Segundo Haebisch (1981), “o esforço dinâmico é qualquer esforço realizado por um grupo de músculos, sendo o ato de assentar uma interação mecânica entre cinco elementos: vértebras, pélvis, discos vertebrais, músculos e pele.” Entretanto, entre esses elementos, alguns servem para fixar as articulações e o tronco, ou seja, manter o equilíbrio e a postura, executando assim um esforço estático responsável por uma parcela apreciável do cansaço percebido em trabalhos de atenção e/ou intelectual.

Na posição sentada, o corpo entra em contato com o assento através de uma estrutura óssea chamada tuberosidades isquiáticas (fig. 5.1) que são cobertas por uma camada fina de tecido muscular e uma pele grossa adequada para suportar grandes pressões.

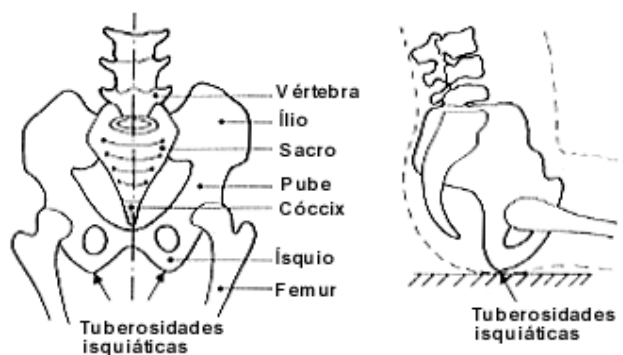


Figura 5.1 Estrutura óssea

Fonte: Lida, 1997. p.140.

Quando assentado, aproximadamente, 80% de todo o peso do corpo é transmitido para apenas 25 cm² através desta estrutura (fig. 5.2 e 5.3). Isto constitui uma carga excepcionalmente elevada distribuída numa área relativamente pequena produzindo, em consequência, uma tensão muito grande nesta região. Esta pressão causa fadiga e desconforto, sendo um dos principais objetivos de uma cadeira aliviar esta condição.

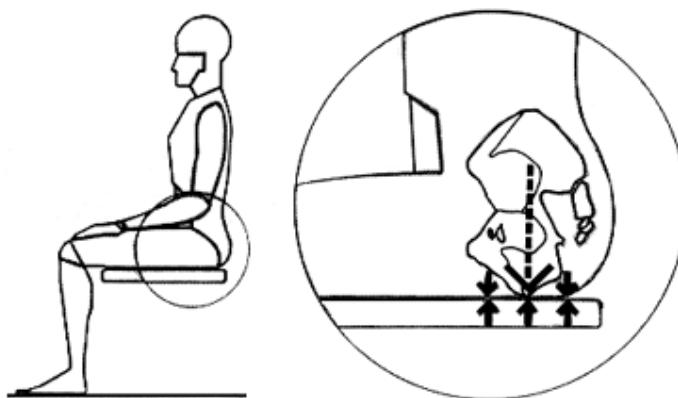


Figura 5.2 Contato nádegas assento, vista lateral. Detalhe para as tuberosidades isquiáticas

Fonte: Panero & Zelnik, 1979. p.58.

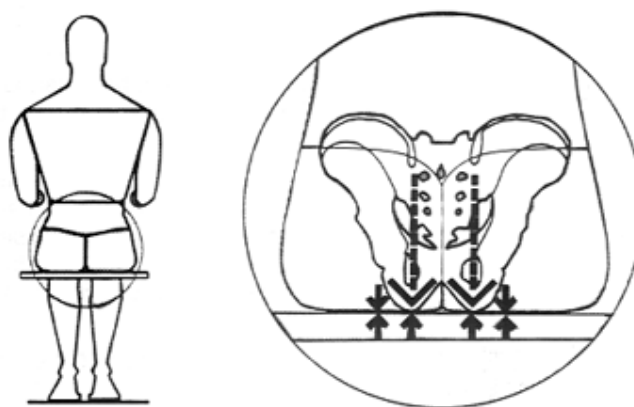


Figura 5.3 Contato nádegas assento, vista posterior. Detalhe para as tuberosidades isquiáticas

Fonte: Panero & Zelnik, 1979. p.58.

Tendo este conceito em mente, fica claro que o desenho de uma cadeira e o material com o qual ela é fabricada deve ser pensado de maneira a melhor

distribuir o peso do corpo para uma área maior (fig. 5.4). Sendo assim, um estofamento intermediário entre um muito duro e outro muito macio, colocado sobre uma base rígida seria o ideal em questões de conforto. Este material utilizado para revestir deveria também ser antiderrapante e ter a capacidade de dissipar o calor e a umidade gerados pelo corpo.

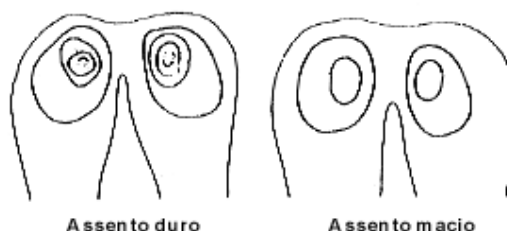


Figura 5.4 Distribuição de pressões sobre o assento: estofamento duro e estofamento macio

Fonte: Iida, 1997. p.141.

É interessante também que a cadeira consiga proporcionar uma certa sensação de estabilidade ao corpo humano pois sendo o seu peso distribuído somente em dois pontos, seriam necessários mais um ou dois outros pontos, neste caso os pés, para provocar a sensação de maior segurança.

Se esta superfície for muito alta a parte interna das coxas será comprimida causando, conseqüentemente, um desconforto e também uma restrição na circulação sanguínea (fig. 5.5). Se ao contrário, esta altura for pequena, as pernas tendem a se posicionar para frente, perdendo a sensação de estabilidade antes mencionada (fig. 5.6). É interessante lembrar que a dimensão da altura do assento está diretamente relacionada com a altura poplítea (da parte inferior da coxa à sola do pé).

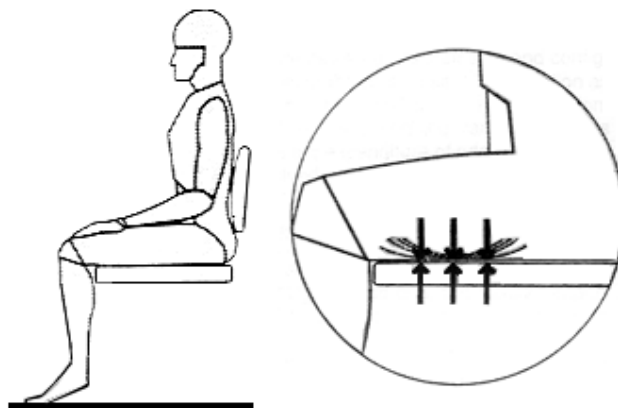


Figura 5.5 Cadeira com assento alto, causando desconforto na parte interna da coxa

Fonte: Panero & Zelnik, 1979. p.62.

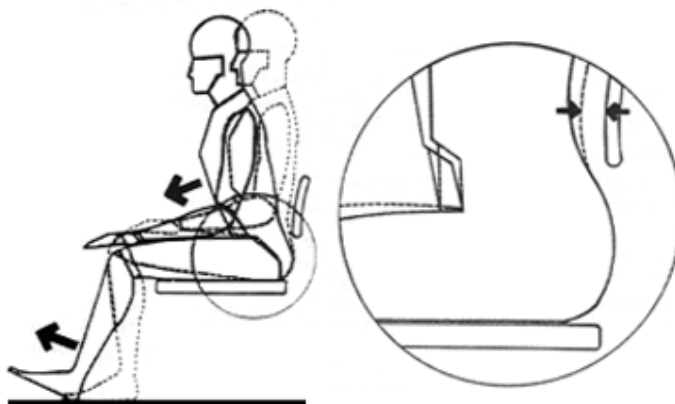


Figura 5.6 Cadeira com assento baixo, causando perda da sensação de estabilidade

Fonte: Panero & Zelnik, 1979. p.62.

Adaptando de Lida (1997), existem outras considerações gerais que devem ser levadas em conta ao se desenhar ou analisar um assento, sempre tendo em mente que o ato de se assentar não é um fato estático, é, ao contrário, dinâmico:

- a O tipo de assento difere com o tipo de atividade a qual ele se presta, ou seja, para cada tarefa existe um tipo de assento mais adequado.
- b As dimensões do assento são resultado direto das medidas antropométricas, e estas variam de acordo com a etnia e a época em que ocorreu a medição.

- c O assento deve permitir variações freqüentes de postura que acontecem para aliviar as tensões sobre os discos rígidos e os músculos dorsais de sustentação, reduzindo assim a fadiga.
- d O tamanho do assento deve ser levado em conta pois se este for longo acarretará uma pressão logo abaixo do joelho, prejudicando a circulação sangüínea desta região e de toda a perna, causando irritação e desconforto (fig. 5.7). Se esta superfície for muito menor que a recomendada, o resultado é a sensação de que se vai cair da cadeira a qualquer momento (fig. 5.8).

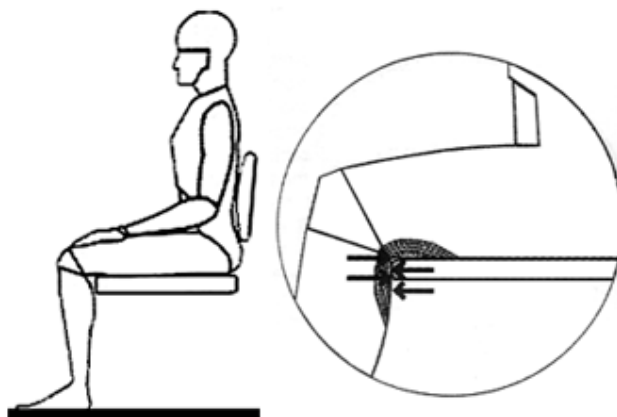


Figura 5.7 Cadeira com assento longo acarreta pressão abaixo do joelho

Fonte: Panero & Zelnik, 1979. p.64.

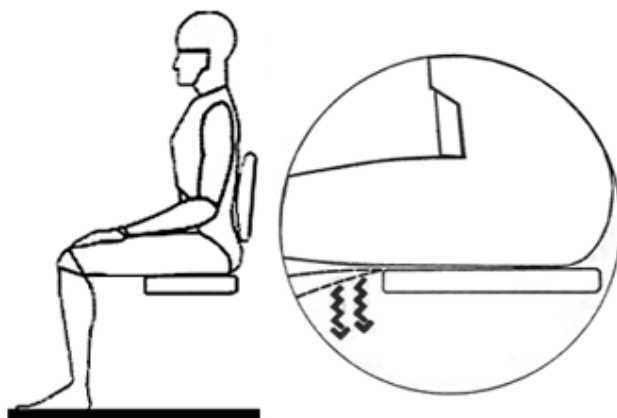


Figura 5.8 Cadeira com assento curto acarreta perda da sensação de estabilidade

Fonte: Panero & Zelnik, 1979. p.64.

Outro fator que também deve ser analisado é o fato de que uma pessoa sentada apresenta uma protuberância para trás na altura das nádegas sendo recomendável deixar um espaço vazio de 15 a 20 cm entre o assento e o encosto (fig. 5.9). Este espaço não acarreta nenhum problema uma vez que a função básica do encosto é somente de dar suporte à região lombar (fig. 5.10).



Figura 5.9 Por apresentar uma protuberância ao assentar aconselha-se deixar um espaço entre o assento e o encosto

Fonte: Panero & Zelnik, 1979. p.65.

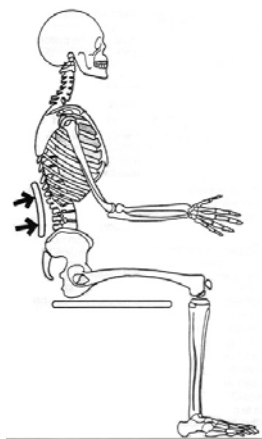


Figura 5.10 A principal função do encosto é a de suporte da região lombar

Fonte: Panero & Zelnik, 1979. p.65.

O tipo de postura empregada pelo indivíduo e suas variações também devem ser levados em consideração. Segundo Lida (1997) existem diversos tipos de posturas que podem ser classificadas em dois tipos básicos:

Postura ereta. É a postura onde a coluna vertebral e o tronco são sustentados pelos músculos dorsais, sendo normalmente esta, a usada em ambientes de trabalho devido à facilidade de movimentação dos braços e de visualização frontal; mas como os músculos dorsais executam um trabalho estático, essa postura tende a ser fatigante, principalmente se a cabeça ficar muito inclinada para frente.

Postura relaxada. É a postura onde o dorso não fica tão tenso quanto na anterior, assumindo uma postura ligeiramente curva para trás ou para frente e as pernas tendem a deslocar-se para frente. Como consequência, os músculos dorsais de sustentação são menos exigidos, sendo portanto uma postura menos fatigante, principalmente quando há a possibilidade de apoiar o dorso sobre o encosto da cadeira. Esta é, normalmente, a usada em carros, nas poltronas e nos sofás. Nesta situação o assento pode ser mais baixo, o ângulo do assento em relação à horizontal e também o ângulo de assento em relação ao encosto pode ser aumentado.

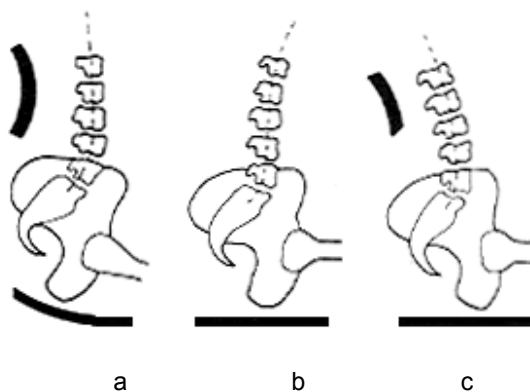


Figura 5.11 Posições assumidas pela coluna em três formas típicas da postura sentada

- a postura reta
- b postura relaxada para frente
- c postura relaxada para trás

Fonte: Lida, 1997. p. 142.

Na década de 40, escritórios necessitavam evidenciar ordem e estabilidade, existindo para tal, códigos de educação, vestimenta e comportamento. A secretária era o símbolo desta organização: postura ereta formando um ângulo de 90°, os dois pés no chão e calcanhares e joelhos sempre encostados. Entretanto, atualmente, seria difícil encontrar uma pessoa assentada desta forma por muito tempo.

No estudo realizado por Grandjean e Huting (1977) foram observadas 378 pessoas trabalhando em um escritório e constatou-se algumas variações interessantes nestes dois tipos de postura (fig. 5.12). Estas variações de posturas, como explicado anteriormente, são freqüentes e contribuem para a nutrição da coluna, aliviando as tensões dos músculos dorsais. Pausas curtas e alguns movimentos também possuem alto efeito recuperativo.

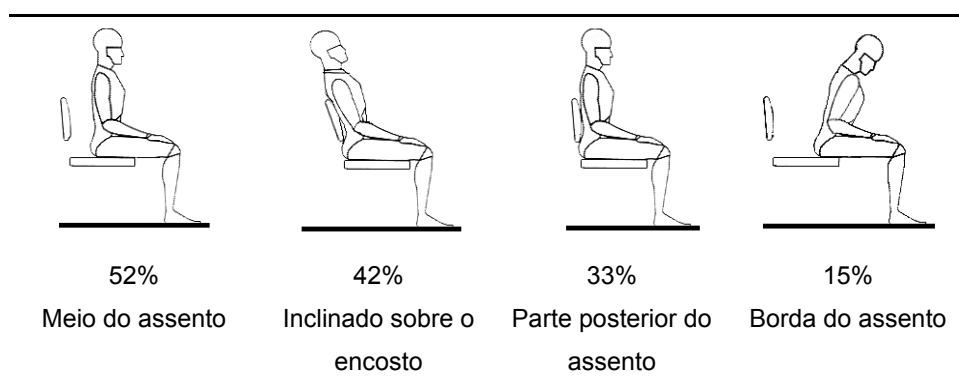


Figura 5.12 Diferentes posições no assento

Alguns autores chegam até a afirmar que a postura ereta é muito instável, pois quando uma pessoa senta (fig. 5.13-a) provoca uma série de forças que fazem com que a região pélvica escorregue para a parte da frente do assento (fig. 5.13-b). Esta postura cria uma sensação de desconforto no usuário e, para aliviá-la, a pessoa adota a postura da figura 5.13-c, ou seja, uma postura ereta sem apoiar no encosto. Por ser cansativa, o indivíduo volta à primeira posição outra vez, recomeçando mais uma vez o ciclo.

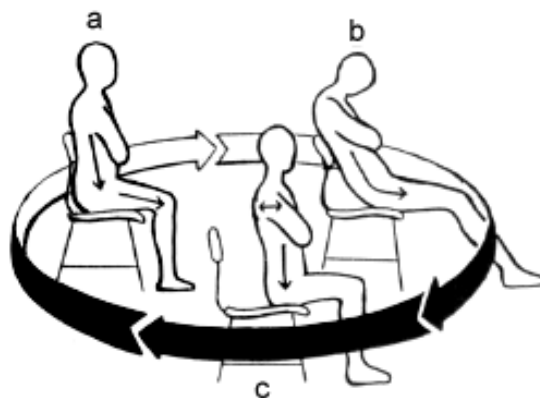


Figura 5.13 Ciclo de posturas

Fonte: Cranz, 1998. p. 95.

Um assento confortável permite as mudanças de posição, uma vez que a dificuldade de movimentação só contribui para o aumento da fadiga, aparecimento de varizes, trombose, dentre outros. De acordo com Cranz (1998) a melhor maneira de se assentar é a que permite mudar de postura frequentemente.

5 DIMENSÕES DE CADEIRAS E DEFINIÇÃO DO PROTÓTIPO

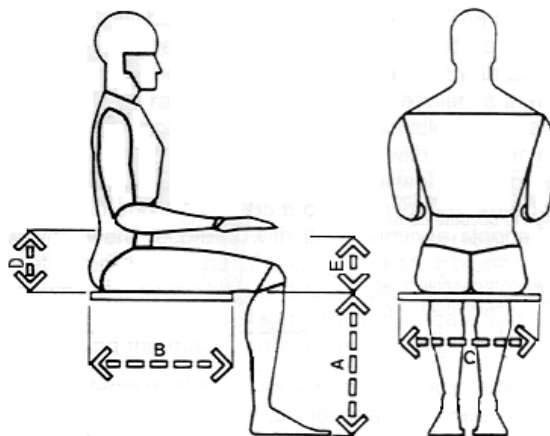
Na peça de William Shakespeare “All’s Well That Ends Well”, um bobo da corte é desafiado por uma condessa a encontrar uma frase que respondesse à todas as questões. Este, sendo muito esperto, disse que encontraria tal resposta e a compara à cadeira do barbeiro que consegue se adequar à nádega de qualquer pessoa seja ela gorda, magra, alta, baixa, homem, mulher, criança ou velho.

A existência de tal móvel é uma ilusão pois enquanto este continuar a refletir o ser humano, a variedade persistirá. Entretanto, alguns parâmetros podem ser delimitados e são necessários, para o dimensionamento de cadeiras.

lida (1997) apresenta dimensões básicas de assentos para postura ereta e postura relaxada para trás (tab. 6.1). Entretanto, estas medidas devem ser analisadas levando em consideração o móvel que se pretende elaborar e o uso específico deste, pois são apresentadas com uma faixa de variação tornando possível acomodar as diferenças de medidas dos usuários e também adaptar o tipo de tarefa que será executada.

TABELA 6.1

Dimensões básicas de cadeiras para postura ereta e relaxada (cm)



VARIÁVEL	Postura reta	Postura relaxada
A - Altura do assento	35 a 42	40 a 47
B - Comprimento do assento	35 a 40	40 a 43
C - Largura do assento	40 a 45	40 a 45
D - Espaço livre assento – encosto	15 a 20	-
E - Altura do apóia-braço	6 a 13	16 a 23
Ângulo assento-encosto	101° a 103°	105° a 115°
Altura máxima do encosto	48	63

Fonte: Iida, 1997. p.143.

Alguns destes valores não estão de acordo com a NBR 13962 – Móveis para escritório – Cadeiras – Classificação e características físicas e dimensionais, que apresenta as seguintes dimensões básicas de cadeiras; variáveis que foram levadas em consideração no momento da idealização do protótipo aqui estudado.

TABELA 6.2

Dimensões básicas de cadeiras fixas (cm)

VARIÁVEL	Valor mínimo	Valor máximo
Altura do assento	38	44
Comprimento do assento	38	-
Largura do assento	40	-
Espaço livre assento – encosto	13	-
Altura do apóia-braço	20	25
Ângulo do encosto	90°	105°
Altura do encosto	22	-

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13962*. p.5.

Segundo Cranz (1998) é recomendável que o ângulo entre o encosto e o assento seja de 110°, especialmente em cadeiras usadas para socialização, pois esta postura permite a redução da pressão nos discos vertebrais e da atividade muscular. Entretanto, como a cabeça tende a seguir a mesma inclinação, móveis que adotam este valor podem causar uma grande tensão na região do pescoço, se o encosto não for suficientemente longo (fig. 6.1). A NBR 13962 afirma que para ângulos de inclinação do encosto maiores que 120° é necessário apoio para cabeça.

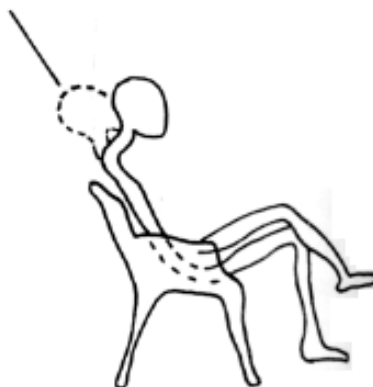


Figura 6.1 Ângulo entre assento e encosto

Fonte: Cranz, 1998. p. 106.

Avaliando todos os parâmetros aqui abordados, chegou-se a conclusão de como seria o protótipo que serviria como padrão para todos os ensaios realizados neste estudo. O design adotado para esta cadeira-modelo (fig.6.2) foi o mais simples, barato e de fácil fabricação possível. Isto se deve ao fato de que o objetivo maior deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia de ensaios capaz de analisar e avaliar os carregamentos em cadeiras e verificar a viabilidade do uso de madeiras de reflorestamento neste tipo de mobiliário.

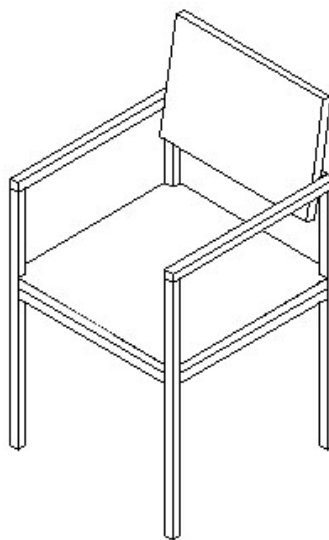


Figura 6.2 Perspectiva isométrica da cadeira-modelo

Desta maneira, a cadeira conseguiu ter clareza estrutural e ser confortável. Trabalhou-se com dimensões mínimas, encaixes perfeitos resultando em um móvel delicado e, ao mesmo tempo, resistente. A simplicidade foi alcançada através do uso de formas retas de seção quadrada e a utilização de encaixes de fácil execução o que proporcionou um baixo custo. As dimensões finais adotadas foram as seguintes (fig. 6.3, 6.4, 6.5 e tab. 6.3):

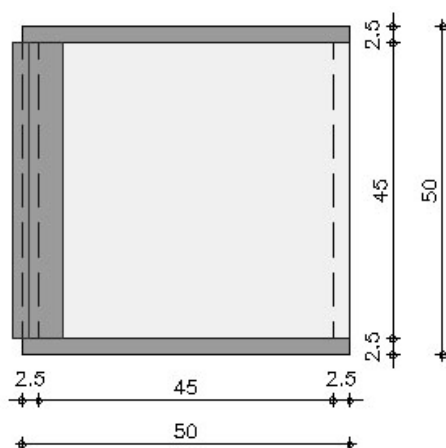


Figura 6.3 Vista superior da cadeira-modelo

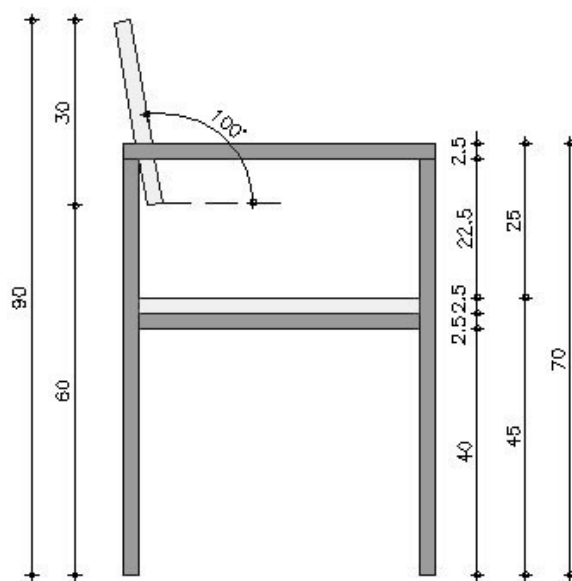


Figura 6.4 Vista lateral da cadeira-modelo

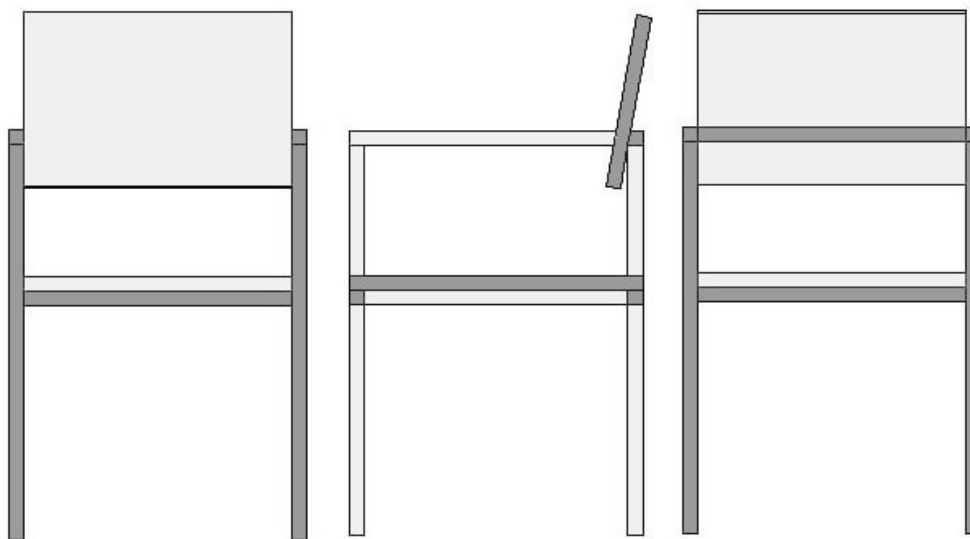


Figura 6.5 Vista frontal, corte e vista posterior da cadeira-modelo

TABELA 6.3

Dimensões adotadas na cadeira-modelo

VARIÁVEL	Dimensões adotadas (cm)	Dimensões recomendadas por lida	Dimensões recomendadas pela norma
Altura do assento	45	35 – 47	38 – 44
Profundidade do assento	50	35 – 43	38 – livre
Largura do assento	45	40 – 45	40 – livre
Espaço livre assento – encosto	15	15 – 20	13 – livre
Altura do apóia-braço	22.5	6 – 23	20 – 25
Ângulo do encosto	100°	101° – 115°	90° – 105°
Altura do encosto	30	livre – 63	22 – livre

É importante explicar que a profundidade adotada foi de dimensão maior que a recomendada por fatores simplesmente estéticos, não prejudicando o assentar na cadeira, mesmo porque a norma NBR 13962 não especifica um valor máximo. Esta mesma justificativa procede também para a dimensão adotada na altura do encosto.

Alguns autores são da opinião de que uma cadeira para ser confortável deve ter algumas características básicas, sendo que a versatilidade é a principal

delas. Mas será que as pessoas têm o hábito de ajustar a cadeira quando assentadas? Em um levantamento realizado por Miller (1989), de 417 funcionários que possuíam cadeiras ajustáveis somente 1/3 ajustavam a altura do encosto e 67% controlavam a altura do assento, descobrindo-se também que 21% não sabiam da existência destes mecanismos.

Sendo assim e levando em consideração o fato de que este trabalho está mais voltado para o aspecto estrutural do móvel; não foi desenvolvida uma tecnologia de ajuste das alturas do assento e do encosto, qualidades existentes nos ensinamentos e regras para um bom desempenho ergonômico. Acredita-se também que a existência destas variáveis afetaria a análise dos resultados e inevitavelmente aumentaria o custo do produto.

Através do desenho minimalista e simples desta cadeira, consegue-se perceber uma preocupação não apenas formal, mas também conceitual de preservação do meio ambiente por meio da redução matériaca, sinônimo de economia e diminuição do “lixo” industrial; uma vez que, tentou-se dar uma nova identidade e uma nova função aos resíduos das marcenarias, reinterpretando assim usos e funções.

Toda a cadeira foi executada, em 3 dias, no Laboratório de Análise Experimental da Escola de Engenharia da UFMG, com a colaboração do Sr. Hildebrando Ferreira Dias, responsável técnico da oficina de marcenaria.

A madeira utilizada foi o *Eucaliptus grandis* e esta foi inicialmente cortada na serra circular (fig.6.6), resultando em seções com dimensão de 2,5x2,5 cm. Depois, estas peças foram levadas para o desengrosso (fig.6.7), para serem uniformizadas. Os furos, para confecção do encaixe em cavilha, foram feitos na furadeira horizontal (fig. 6.8).



Figura 6.6 Fase inicial de fabricação da cadeira-modelo: corte das peças



Figura 6.7 Fase de uniformização da seção das peças da cadeira-modelo

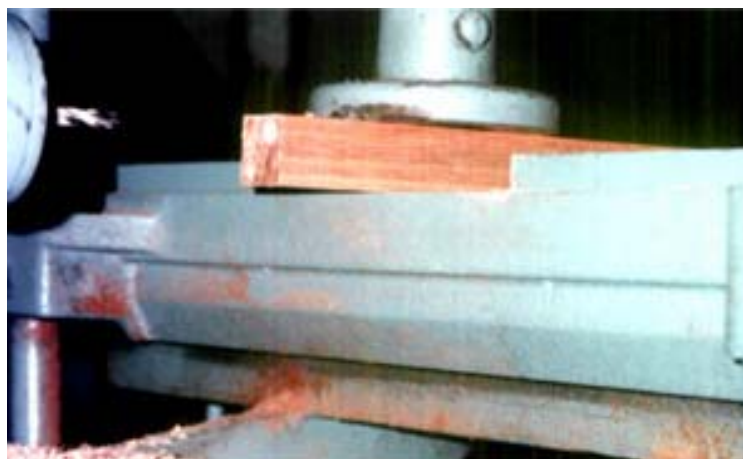


Figura 6.8 Fase de furação da seção das peças para posterior encaixe das cavilhas

As cavilhas, utilizadas nos encaixes da cadeira-modelo, foram compradas em lojas especializadas na venda de material para marcenarias, sendo portanto as utilizadas no mercado. Seu nome comercial é caixeta, referência botânica *Tabebuia Cassinioides*, e suas características físicas e mecânicas estão listadas abaixo (tab. 6.4).

TABELA 6.4

Características físicas e mecânicas da madeira das cavilhas

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR
Peso específico aparente (15% umidade)	0,39
Contração radial	3,3%
Contração tangencial	5,9%
Contração volumétrica	10,0%
Coeficiente de retrabilidade	0,34
CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS	VALOR
Limite de resistência: compressão axial	27,8 MPa
Coeficiência de influência da umidade	5%
Limite de resistência: flexão estática	55,5 MPa
Módulo de elasticidade	71000
Cisalhamento	5,6 MPa
Tração normal às fibras	3,0 MPa
Fendilhamento	0,47 MPa

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1956.

Estas peças possuíam o diâmetro inicial de 3,9 mm; entretanto, visando obter um encaixe mais hermético entre os diversos elementos estruturais, foi realizado o seguinte procedimento:

As cavilhas foram deixadas em uma estufa durante uma noite inteira. No dia seguinte, mediu-se novamente o diâmetro que era de 3,5 mm na média e estas foram recolocadas na estufa. Foram executados, então, os furos nas peças com uma broca de 3,5 mm de diâmetro. A partir do momento em que os furos iam ficando prontos, retiravam-se as cavilhas necessárias da estufa, passava-se cola em toda sua extensão e então o encaixe era feito.

Desta maneira, acredita-se que, com o passar do tempo, o diâmetro da cavilha tenderia a voltar ao seu valor inicial e através deste aumento de volume, o encaixe poderia ser considerado praticamente como engaste. É importante esclarecer que em uma extremidade de cada peça estrutural existiam duas cavilhas diagonais e que na extremidade oposta foi colocada uma cavilha no eixo, evitando assim a possibilidade de giro destes elementos. A seguinte ilustração mostra a cadeira após a fase de colagem (fig. 6.9), algumas peças de madeira, posteriormente retiradas, foram pregadas com o intuito da estrutura permanecer no esquadro, durante este período de secagem.

O assento foi colado e pregado nas travas laterais e o encosto foi fixado com um único parafuso na trava posterior da cadeira, de maneira a conseguir um único ponto de sustentação e portanto de leitura, uma vez que toda a carga recebida seria transmitida para este local (fig. 6.10).

Após um dia, os ganchos foram retirados e a cadeira toda foi lixada para conseguir um melhor acabamento e um selador foi aplicado em toda a sua extensão.



Figura 6.9 Fase após a montagem dos encaixes



Figura 6.10 Fase de secagem dos encaixes

7 ESTUDO DO EUCALIPTO COMO MATÉRIA-PRIMA

A madeira é um dos recursos naturais mais antigos dos quais o homem dispõe e vem sendo utilizada na fabricação de móveis, estruturas, ferramentas, postes, papel, celulose, dentre outros por muitas gerações, acompanhando a história da própria civilização.

Inicialmente, é importante salientar que a madeira é um material ecológico, é a matéria prima que menos energia consome em sua transformação, sua produção não é poluente e é o único material estrutural renovável.

Além destes fatores, existem vantagens ditas intrínsecas do material como: facilidade de manuseio, possibilidade de reaproveitamento, grande resistência mecânica em vista da baixa densidade e reduzido peso específico que fazem da madeira o material de primeira escolha em um número muito grande de situações.

Entretanto, a madeira é um material heterogêneo, anisotrópico, assimétrico e biologicamente perecível, sendo necessário um uso racional no qual tais peculiaridades sejam levadas em conta.

A heterogeneidade da madeira acontece de árvore para árvore e mesmo dentro de uma única tora. Ao se analisar um corte transversal em uma peça de madeira é fácil de se perceber as camadas que aparecem:

- a **casca** é a parte exterior protetora formada por células mortas;
- o **câmbio** é formado por uma fina camada de tecido celular que origina os elementos anatômicos que formam a madeira;
- o **lenho** que pode ser dividido em **cerne** (geralmente mais denso, menos permeável e mais resistente ao ataque de fungos e insetos) e o **alburno**

(parte mais externa, mais nova e, conseqüentemente, mais permeável e menos resistente). Suas camadas são conhecidas como anéis de crescimento que modifica de acordo com a variação sazonal: no período da primavera e verão este crescimento é mais rápido, formam-se células maiores e paredes mais finas, a madeira é mais mole, de menor densidade, resistência mecânica mais baixa e mais clara; enquanto que no período de outono e inverno a madeira formada possui elementos menores, paredes mais espessas, de maior densidade, resistência mais alta e cor mais escura;

- a **medula** é a parte central do tronco da árvore e, normalmente, é formada por madeira mais fraca.

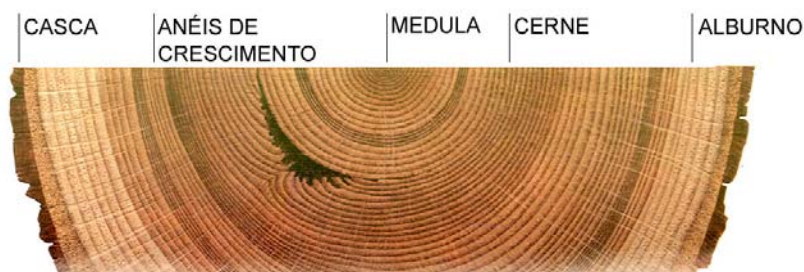


Figura 7.1 Esquema de um corte transversal em uma peça de madeira

FONTE: Jonhson, 1991. p.14.

A anisotropia da madeira é a propriedade mecânica que confere resistências variadas às diferentes direções de acordo com a posição das fibras. Estas características fazem com que a madeira não seja tratada como se fosse um material amorfo, sem estrutura interna, como o aço, o concreto, os plásticos e a cerâmica. Sendo uma característica inerente à sua origem biológica, é conveniente conhecer a fisiologia da árvore.

Segundo Carrasco (1999) a madeira das coníferas (Pinus, araucárias, etc.) apresenta dois elementos essenciais: os traqueídes que têm função de conduzir a seiva e resistir às solicitações mecânicas e os raios medulares que transportam a seiva elaborada no sentido casca-medula.

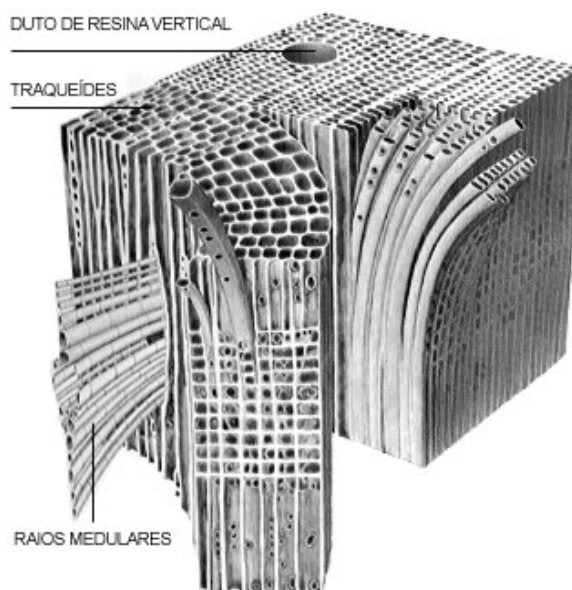


Figura 7.2 Estrutura microscopia das coníferas

FONTE: Jonhson, 1991. p.19.

Entretanto, a madeira das dicotiledôneas (Jatobá, parajú, ipê, mogno, eucalipto, etc.) apresenta três elementos essenciais: os vasos que têm a função de conduzir a seiva, as fibras capazes de resistir às solicitações mecânicas e os raios medulares.

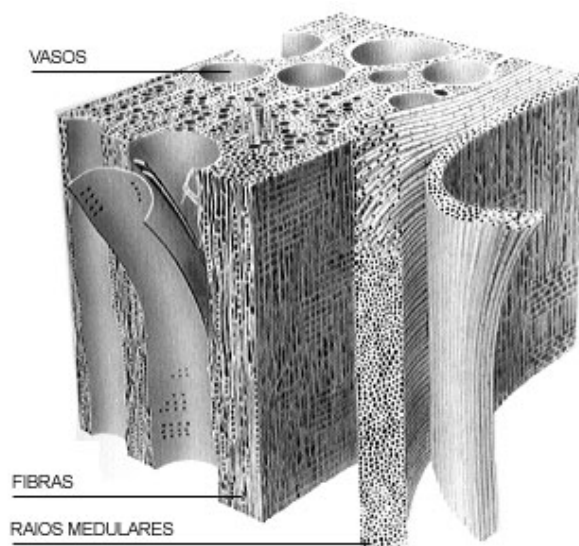


Figura 7.3 Estrutura microscopia das dicotiledôneas

FONTE: Jonhson, 1991. p.19.

A assimetria de propriedades é consequência do fato de se obter diferentes valores de resistência à tração e à compressão resultado das diferentes direções relativas à posição das fibras e à sua forma de crescimento. Estas propriedades variam de acordo com três eixos perpendiculares entre si: longitudinal, radial e tangencial. Entretanto, é importante salientar que as diferenças das propriedades nas direções radial e tangencial são relativamente menores quando comparadas com a direção longitudinal. Portanto, as propriedades da madeira são comumente apresentadas somente no sentido paralelo às fibras da madeira (longitudinal) e no sentido perpendicular às fibras (radial e tangencial).

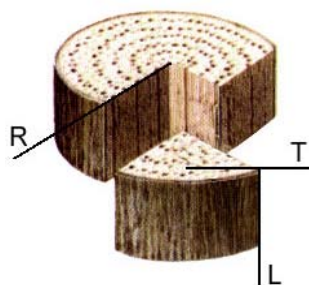


Figura 7.4 Orientação das fibras da madeira

FONTE: Johnson, 1991. p.19.

E, por fim, a madeira é um material de natureza biológica estando, portanto, suscetível a agressões por fungos e insetos. As condições ambientais de temperatura, oxigênio e umidade assim como o teor de umidade da própria madeira são fatores que favorecem a instalação e ataque à madeira. Preservá-la é adotar técnicas que tem como objetivo sua proteção contra a ação dos agentes físicos, químicos e especialmente biológicos, tanto no seu processo produtivo como no seu uso. Deve-se também utilizar técnicas de preservação à base de produtos químicos sendo sua aplicação feita por processos simples como pincelamento, pulverização ou imersão, ou por sofisticados métodos como a vacuopressurização em autoclave.

Resumindo, a madeira é um material de grandes qualidades físico-mecânicas que deve ser estudada adequadamente, procurando sempre respeitar sua estrutura interna para que o seu emprego seja racional.

7.1 MADEIRA DE REFLORESTAMENTO

Desde sua descoberta, o Brasil, país rico em florestas nativas, vem convivendo com a exploração destes recursos, freqüentemente conduzida de maneira não racional. Isto provocou, a partir da segunda metade do século XX, crises ambientais, localizadas principalmente nas regiões onde acontece o constante avanço da fronteira agrícola e a não reposição da cobertura florestal.

Pertencendo à família das Miráceas, o gênero *Eucalyptus* dá origem à possibilidade de uma ampla gama de utilização em razão de seu rápido crescimento, sua facilidade de adaptação a diferentes condições climáticas e, também, por ser uma matéria para exploração alternativa.

Segundo Carrasco (1999) até o início do século XX, o eucalipto era plantado como árvore decorativa, pelo seu rápido desenvolvimento, como quebra vento, ou pelas suas propriedades sanitárias. Poucas eram as plantações com finalidade industrial e de caráter florestal. Sua introdução e a cultura em larga escala são atribuídas à Edmundo Navarro de Andrade que fez importar para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro várias espécies. Os eucaliptos inicialmente eram plantados para garantir o abastecimento de lenha para as locomotivas e para fabricação de dormentes para ferrovias. Entretanto, com a eletrificação das linhas ocorreu uma gradativa redução da necessidade deste produto e, com a implantação de usinas de minério no país e a necessidade de carvão para produção de ferro gusa, foram plantadas grandes áreas de reflorestamento, processo que permitiu a formação das florestas atuais e com isto estimulou a sua cultura.

Atualmente, o uso de madeiras alternativas é estimulado pelo Ibama e evita que a pressão comercial sobre determinada espécie acabe gerando exploração

predatória e até seu desaparecimento como quase ocorreu, por exemplo, com o jacarandá e o mogno.

A pressão ambientalista sobre produtos fabricados com madeira aumenta a cada dia, em alguns países há exigências de que a madeira utilizada industrialmente tenha origem legal e controlada.

Todo este panorama determina a procura por madeiras alternativas. Tendo em vista a disponibilidade de eucalipto neste estado (fig. 7.5 e 7.6), a substituição do uso de madeira oriunda de florestas nativas por madeira de plantações com espécies de reflorestamento é muito vantajosa por diversos motivos, incluindo os problemas ecológicos como os grandes desmatamentos e o esgotamento das reservas.

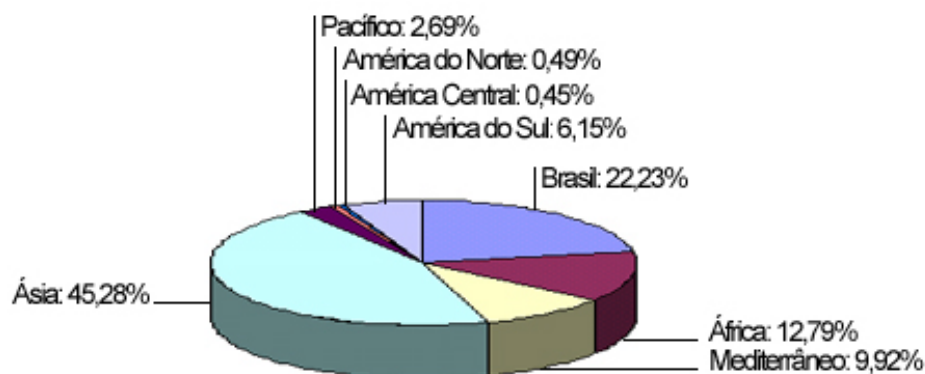


Figura 7.5 Reflorestamento de Eucalipto no mundo

FONTE: Carrasco, 1999. p.4.

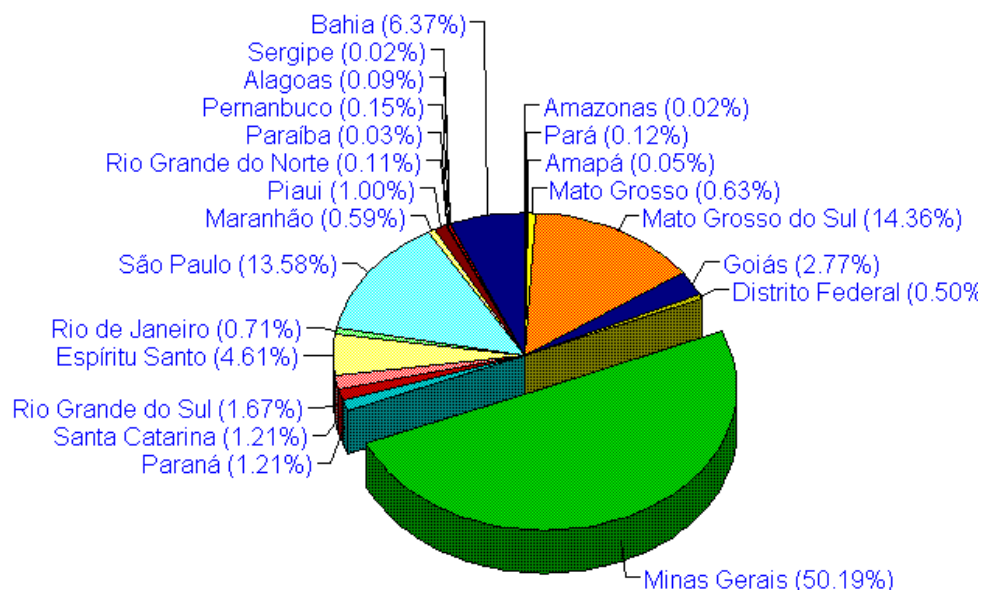


Figura 7.6 Reflorestamento de Eucalipto no Brasil

FONTE: Carrasco, 1999. p.5.

7.2 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA

As propriedades da madeira são condicionadas por sua estrutura anatômica, sua classificação botânica, o solo e o clima da região de origem, sua fisiologia e pela variação de sua composição química. Além destas variáveis, deve-se distinguir os valores correspondentes ao comportamento em relação à direção paralela às fibras e os da direção normal às fibras.

Segundo Carrasco (1999), as propriedades mecânicas são responsáveis pela resposta da madeira quando solicitada por forças externas, podendo ser dividida em propriedade de resistência e elasticidade.

A elasticidade é a capacidade do material de retornar à sua forma inicial, sem apresentar deformação residual após retirada a ação externa que a solicitava. As propriedades elásticas são: módulo de elasticidade longitudinal (E_c), módulo de deformação transversal (G) e o coeficiente de Poisson (ν)

Através de valores tabelados, a madeira utilizada na cadeira-modelo apresenta as seguintes características mecânicas:

TABELA 7.1

Características físicas e mecânicas da madeira usada na cadeira-modelo

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS	VALORES MÉDIOS
Densidade aparente (12%)	640 Kg/m ³
Resistência à compressão paralela às fibras	40,3 MPa
Resistência à tração paralela às fibras	70,2 MPa
Resistência à tração normal às fibras	2,6 MPa
Resistência ao cisalhamento	7,0 MPa
Módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralelo às fibras	12813 MPa

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 7190, 1997. p.90.

Outra variável que influencia nas propriedades da madeira é a quantidade de água existente na peça. A NBR 7190/97 especifica a umidade de 12% como referência para realização de ensaios e valores de resistência nos cálculos para fins de aplicação estrutural.

Variações dimensionais que ocorrem na madeira devido à variação de umidade é a causa de grande parte dos problemas visuais e estruturais em móveis. Este fator pode ser um agravante para as indústrias moveleiras se forem analisados os diversos tipos climáticos existentes no Brasil razão de sua grande extensão territorial, diferentes altitudes, latitudes e massas de ar.

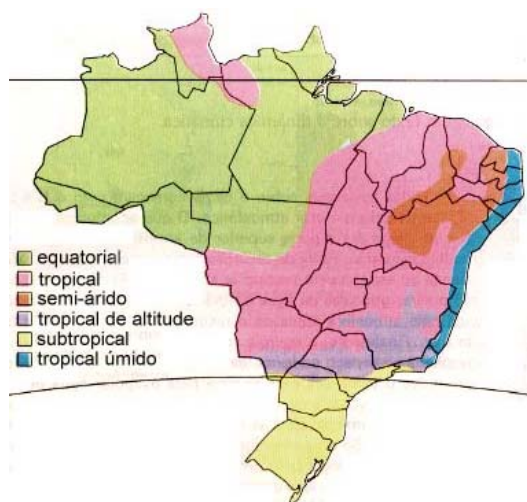


Figura 7.7 Domínios climáticos brasileiros

Fonte: Garcia, 1995.

Sabe-se que no sul do país o inverno é rigoroso enquanto que na região da Amazônia, o clima é geralmente quente e úmido, diferente da região do nordeste que possui clima quente e seco. Se, por exemplo, uma cadeira for fabricada no sul do país e depois transportada para o nordeste, certamente irão aparecer nas peças algumas fissuras decorrentes da variação do teor de umidade relativo do ar.

É a diferença entre as deformações radiais e tangenciais que promove fissuras em extremidades de mesas ou prateleiras de madeira. Tendo consciência do processo de inchamento e retração da madeira, este deve ser antecipado e conseqüentemente minimizado. É importante que o móvel seja capaz de acomodar este movimento natural do material, sem restringir o seu movimento. Entretanto, o mais importante é que a madeira a ser usada esteja acima de tudo seca, ou seja com 12% de umidade.

Uma vez nestas condições a madeira deve ser bem armazenada: deve-se empilhar as peças em lugares nos quais acontece a perfeita circulação de ar e evitar o contato com o solo. Desta maneira, mesmo sabendo que o material irá variar de dimensões com a variação do teor de umidade, os efeitos serão minimizados ocorrendo uma maior estabilidade dimensional, uma maior

resistência a microorganismos e também um melhor desempenho das tintas e vernizes de acabamento.

Alguns detalhes de projeto podem mascarar o movimento da madeira chegando até mesmo a facilitá-lo para evitar assim o aparecimento de fissuras. Por exemplo, em um encosto de cadeira, a ligação feita na parte superior do encosto faz com que a diferença dimensional fique evidente. Se esta conexão estiver no final do encosto, o movimento estará disfarçado (fig. 7.8).

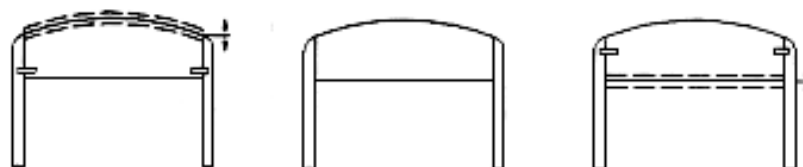


Figura 7.8 Dependendo do local da conexão, o movimento da madeira devido à umidade ficará mais ou menos exposto

Esta mesma filosofia pode ser empregada na ligação das peças que estruturam o assento. O posicionamento dos pinos de conexão evidenciará ou não a diferença entre peças (fig. 7.9).

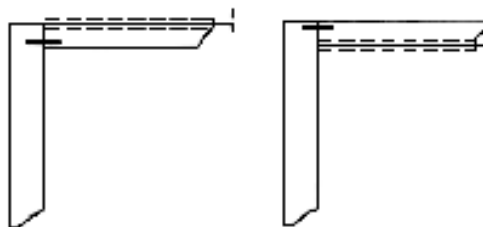


Figura 7.9 Posicionamento dos pinos de ligação

Outro detalhe importante é o uso de conectores que não restringem o movimento natural. Na figura abaixo, a peça metálica está presa em uma parte da estrutura, a outra peça estrutural tem um entalhe que permite o encaixe perfeito com a peça metálica e permite também o movimento da madeira.

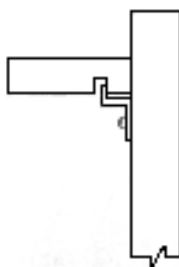


Figura 7.10 Encaixe que permite o livre movimento relativo entre componentes

Outra peça que permite a expansão e contração da madeira é o encaixe ilustrado abaixo. Pelo fato do furo ser maior que o diâmetro do parafuso, consegue-se o movimento sem que a estrutura o acompanhe, evitando assim tensões que levariam ao aparecimento de fissuras.



Figura 7.11 Encaixe adequado para ligações de peças de madeira

Como pode ser percebido, existem várias técnicas que visam o não aparecimento de trincas, sendo que todas elas têm como idéia inicial a não restrição do movimento dos componentes e a utilização de madeiras secas na fabricação dos móveis. Desta maneira os efeitos serão minimizados e os móveis continuarão com seu desenho inicial.

De qualquer maneira, pode-se perceber que as propriedades, as peculiaridades e as características da madeira podem e devem ser trabalhadas, e quando isto acontece, recupera-se todo o seu potencial expressivo e começa a ser possível usar esta matéria-prima no seu limite máximo de otimização. É somente desta forma que os móveis, e neste caso as cadeiras, conseguirão se tornar seguros e duráveis, redescobrando assim este material tradicional e brasileiro.

8 ANÁLISE EXPERIMENTAL

8.1 INTRODUÇÃO

Quando um móvel está sendo usado, as forças que estarão sendo aplicadas nele podem ser classificadas de acordo com o efeito que elas produzem, sua natureza e como elas são aplicadas:

- a Cargas estáticas são aquelas aplicadas gradualmente, até atingirem um determinado valor, permanecendo então constantes.
- b Cargas cíclicas são aquelas aplicadas e removidas sucessivamente um grande número de vezes.
- c Cargas de impacto são aquelas aplicadas de forma repentina.

De acordo com Lida (1997), ao contrário das máquinas, equipamentos e ferramentas que são usadas de forma correta por pessoas treinadas, os móveis são utilizados aleatoriamente. Às vezes numa mesma cadeira pode acontecer de sentar uma pessoa de 500 N, após alguns minutos outra de 1000 N, adotando uma postura diferente, e depois uma terceira que usa o braço da mesma cadeira como assento. Sendo assim, pode-se concluir que existem, basicamente, duas classificações no uso de móveis para efeito de ensaios: o uso funcional e o não funcional.

O primeiro é aquele para o qual o móvel foi destinado, ou seja, uma cadeira para sentar, uma mesa para escrever, uma estante para armazenar livros, uma cama para dormir e assim por diante. O uso não funcional é aquele não convencional: a cadeira para subir no lugar da escada, a cama usada como brinquedo de pular, etc. (fig. 8.1).



Figura 8.1 Exemplos de solicitações não-funcionais

Fonte: Iida, 1997. p.381.

No Brasil, não existe uma análise técnico-científica que defina os valores e a intensidade dos carregamentos reais em móveis. Na realidade, pela bibliografia revisada, sabe-se que uma análise destas foi realizada por Eckelman (1993); entretanto, neste livro são colocados alguns diagramas de forças, sem maiores explicações sobre como estes foram conseguidos, elucidando assim a relevância do estudo aqui apresentado.

8.2 ENSAIOS DE MÓVEIS

O propósito de se ensaiar móveis é avaliar os parâmetros de resistência destes, determinar se uma determinada peça está super ou subdimensionada visando o uso mais eficiente do material, verificar sua habilidade e conseguir a certeza de que ele irá exercer sua função corretamente. Estas informações são importantes no que diz respeito ao design, segurança e qualidade do produto.

Para que o ensaio traduza o que acontece na realidade, a cadeira e seu respectivo uso devem ser ponderados, ou seja, através de observação diária, constata-se quais são as cargas que atuam na estrutura e qual a frequência destas. Entretanto, algumas perguntas ficam em questão. Os ensaios devem ser ou não diferenciados dependendo de seu uso e da cultura que utiliza o produto? No caso das cadeiras, por exemplo, deve-se decidir sobre o uso de uma metodologia de ensaios para todos os tipos de cadeiras ou se estas serão

analisadas em grupos separadamente (cadeiras de escritório, de bibliotecas, de escolas, etc.)? A vantagem de se usar uma única série de ensaios é o fato de se poder analisar facilmente os resultados e compará-los. Entretanto, desta maneira, não estará sendo levada em conta a particularidade de cada objeto.

Acredita-se então que os ensaios devem ser coerentes com o uso (cadeiras de jantar, de escolas, de escritórios), considerando as diferenças e particularidade de cada peça. Para isso, é necessário fazer observações sobre o tipo de carga atuante no móvel durante o seu ciclo de vida, nas mais diversas situações de uso.

Além deste valor, a Furniture Industry Research Association - FIRA, da Inglaterra, adota um coeficiente de segurança de 1.25, ou seja, uma margem de segurança de 25% em relação àquela carga máxima esperada para o móvel. Por exemplo, supondo que o peso máximo de uma pessoa que irá sentar em uma cadeira seja de 1000 N, deverá ser testada a resistência desta para suportar 1250 N.

Entretanto, segundo Eckelman (1993) esta carga deve ser o dobro do peso de uma pessoa pois só assim esta conseguirá representar a carga máxima exercida quando uma pessoa senta brutalmente em uma cadeira. Portanto, a carga máxima deve ser determinada não apenas para os usos funcionais dos móveis, mas também para aqueles não funcionais, podendo então assumir valores muito acima dos primeiros.

As características exigidas dos móveis para suportar as cargas não funcionais podem ser bem diferentes daquelas para usos funcionais, e, conseqüentemente, os ensaios também devem ser diferentes. No caso de cadeiras, por exemplo, os desgastes ocorridos pelo uso funcional decorrem lentamente e as falhas decorrentes dos usos não funcionais podem ocorrer abruptamente. Um tipo de uso não funcional da cadeira acontece quando a pessoa está assentada e arrasta a cadeira lateralmente, provocando

solicitações transversais contrárias ao seu dimensionamento que foi feito de forma que suportasse as solicitações verticais durante o seu uso.

É importante salientar que não existe um tipo único de ensaio que traduza todo o comportamento de um mobiliário. Os existentes hoje são ferramentas de análise e não de verificação técnica total que identifica e quantifica a distribuição e o valor das tensões e deformações nos móveis. Seus objetivos são garantir qualidade, informar sobre a resistência e a funcionalidade do móvel, sua segurança e custo.

No Brasil ainda não existem normas suficientes e nem procedimentos definidos para ensaios de móveis de madeira. Apenas a NBR 14110/98 – Móveis para escritório – Cadeiras – Ensaio de estabilidade, resistência e durabilidade – que estabelece os métodos experimental e analítico para a determinação da estabilidade e métodos para determinação de resistência e de durabilidade de cadeiras de escritório, de qualquer material e tipologia. Mesmo nesta norma, os valores dos carregamentos adotados não são justificados.

Diante deste panorama, a análise biomecânica foi a escolhida e utilizada aqui para avaliar os carregamentos em cadeiras de madeira. Chegou-se a conclusão que para perceber o que realmente acontecia com as cadeiras, deveriam ser colocadas, pessoas assentadas nestas, mudando de posturas a todo o momento. Para conseguir recolher todos os dados relevantes, uma instrumentação especial foi definida e está detalhada na próxima seção.

Todos os ensaios aqui descritos foram realizados no Departamento de Estruturas da Escola de Engenharia da UFMG. Uma sala foi reservada exclusivamente para o desenvolvimento de todos os procedimentos determinados, uma vez que um espaço limpo, com chão regular e de pouco trânsito se fez necessário como forma de se evitar ao máximo as interferências externas.

8.3 INSTRUMENTAÇÃO

Para a correta medição dos valores de carga que acontecem nos pés das cadeiras, foi necessária a idealização de uma célula de carga de precisão cuja história está mais detalhada no anexo B. Foram efetuadas cinco tentativas e por fim optou-se pela importação das células de carga, modelo LM-100KA da marca Kyowa com capacidade máxima de 1 KN e diâmetro de 20 mm.

Estas foram calibradas utilizando a máquina para ensaios de compressão simples Soiltest Chicago U-164 do Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia de Transporte e Geotecnia da Escola de Engenharia da UFMG e os valores de correlação obtidos foram impressionantes, variando de 99,837% a 99,993%, ou seja, com margens de erros insignificantes.

A estrutura da cadeira foi então preparada para uma segunda fase: a colagem de extensômetros em partes de interesse. A área central inferior da trava frontal, posterior, direita e esquerda do assento foi preparada para a colagem dos extensômetros com lixas de número 80, 120, 150 e 320, alternando a direção a cada nova lixa. A limpeza foi feita com algodão, sem aplicação de nenhum líquido. O posicionamento dos extensômetros foi marcado e estes foram colados com adesivo à base de cianoacrilato.

Após esta etapa verificou-se que a resistência de cada extensômetro era de 120 Ω , podendo, assim, serem utilizados. No dia seguinte foi iniciado o procedimento de soldagem dos fios de ligação nos extensômetros utilizando, para tanto, um ferro de solda de potência constante, verificando ao final que a resistência tinha se alterado muito pouco. Estes extensômetros foram ligados em $\frac{1}{4}$ de ponte.

A calibração destes extensômetros foi realizada como mostram as figuras 8.2, 8.3 e 8.4. Inicialmente, tarugos de aço foram pesados em uma balança com sensibilidade de 1/100 de grama. Estes então eram colocados gradativamente

em cima da peça a ser calibrada. Para cada carga media-se a variação de voltagem, possibilitando definir, através de uma regressão linear, a variação da carga em função da variação da voltagem na ponte. Foram obtidos valores muito representativos da correlação das variáveis da regressão linear e desta maneira, a unidade de leitura de saída foi direta em N.



Figura 8.2 Calibração da trava assento frontal e posterior



Figura 8.3 Calibração da trava assento lateral direita

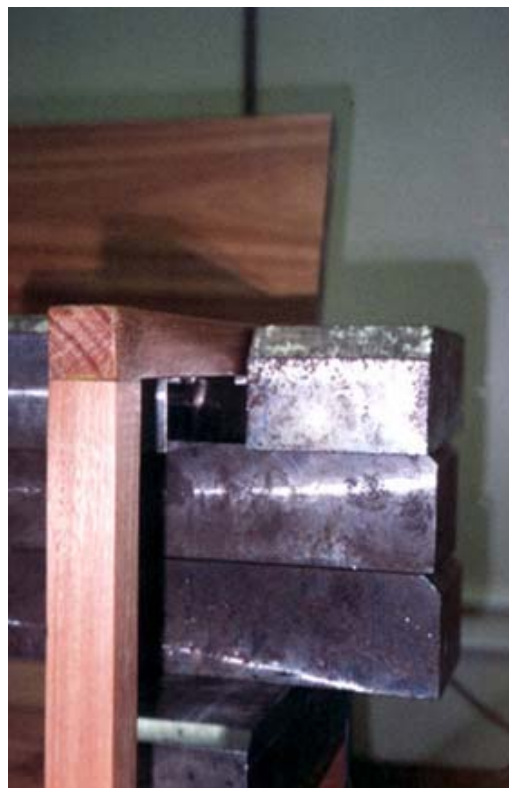


Figura 8.4 Calibração da trava assento lateral esquerda

A parte do meio do apóia-braço direito também foi preparada como descrito anteriormente, entretanto, a ligação utilizada foi em $\frac{1}{2}$ ponte, aumentando assim a sensibilidade da leitura, pois diferentemente dos anteriores, este local possibilitava a colagem de outro extensômetro na parte superior. Para proteção deste, foi colocada uma “mesa” protetora e sua calibração ocorreu como a descrita anteriormente, ver figuras 8.5 e 8.6.

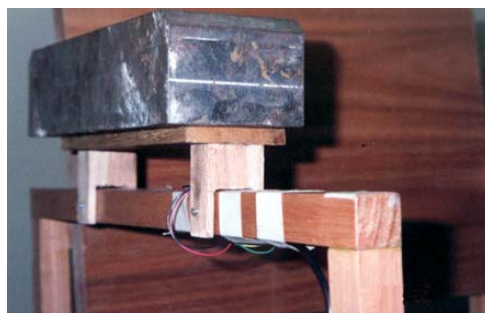


Figura 8.5 Mesa para proteção do extensômetro no apóia-braço direito



Figura 8.6 Calibração do apóia-braço direito

No apóia-braço esquerdo e na trava do encosto foram fixados transdutores de deslocamento em forma de meio anel, modelo PI-2-50 da marca TML. A calibração do apóia-braço foi feita como descrito anteriormente (fig. 8.7) e para a calibração da trava do encosto foi utilizada uma bolsa que era dependurada no meio do encosto. Os mesmos tarugos eram colocados no seu interior, conforme figura 8.8 e através do aumento destes, também se conseguiu determinar a correlação entre a variação de voltagem na ponte e a variação de carga.



Figura 8.7 Calibração do apóia-braço esquerdo



Figura 8.8 Calibração do encosto

Os valores finais da correlação entre as variáveis para cada instrumento, após regressão linear, estão apresentados a seguir na tabela 8.1.

TABELA 8.1

Valores de correlação

Instrumento	Correlação (%)
Pé frontal esquerdo	99,987
Pé frontal direito	99,990
Pé posterior esquerdo	99,992
Pé posterior direito	99,993
Apóia-braço direito	99,985
Apóia-braço esquerdo	99,968
Trava encosto	99,664
Trava assento frontal	98,276
Trava assento posterior	99,837
Trava assento esquerda	99,794
Trava assento direita	99,697

Estes dados demonstram o nível de precisão adotado nos ensaios. Estes valores tão próximos à realidade eram muito importantes pois os valores de variação de carregamento são de pequena ordem, quando comparados com ensaios de vigas ou pilares, e um dos objetivos era obter resultados o mais próximo possível do real.

Uma vez calibrados todos os mecanismos de leitura, ensaios iniciais foram executados para o entendimento do processo de aquisição de dados. Foi utilizada a placa conversora A/D, permitindo a leitura pelo computador durante o ensaio e programa de aquisição de dados foi o AqDados versão 4 para MS-DOS.

Verificou-se que imperfeições mínimas do chão eram detectadas nas leituras e então chapas de 1mm de espessura eram utilizadas como calço e nivelamento dos pés. Para a certeza de que a cadeira estava totalmente nivelada, um peso era colocado no meio do assento da cadeira e a leitura em cada pé deveria ser de $\frac{1}{4}$ do valor desta carga (fig. 8.9). Este procedimento foi adotado antes de cada ensaio realizado e aqui apresentado.



Figura 8.9 Posicionamento do tarugo para nivelamento dos pés

8.4 DEFINIÇÃO DAS ROTINAS DE POSTURAS PARA O ENSAIO PRELIMINAR

Após a devida instrumentação da cadeira, era preciso definir as principais variações de posturas, necessárias como explicado anteriormente para a integridade corporal do ser humano.

Através da observação de pessoas assentadas em situações diversas: assistindo a aulas, trabalhando em computadores, sentadas para almoço ou em uma mesa de bar, dentre outros, foi possível a criação de uma lista com as mais diversas posições no assento. Esta lista inicial foi dividida em 5 rotinas de ensaio de acordo com a similaridade das posturas e cada uma destas foi realizada durante o ensaio preliminar e analisada posteriormente.

Os dados adquiridos após cada rotina foram tratados numa planilha eletrônica, a qual possibilitou o desenvolvimento de gráficos ilustrativos das variações de carregamento ocorridas em cada parte da estrutura da cadeira em função do tempo do ensaio. Estes gráficos possuem escalas vertical e horizontal semelhantes, possibilitando assim obter uma visualização e uma comparação mais rápida.

É necessário salientar que foi utilizada a frequência de leitura de 100 Hz, ou seja, 100 leituras por segundo, de maneira a conseguir um panorama mais próximo do real, uma vez que qualquer alteração de postura e, conseqüente, redistribuição de cargas deveria ser captada.

Para a execução destes ensaios preliminares, a própria autora foi a carga biomecânica utilizada, visando eliminar qualquer alteração nos movimentos determinados pela rotina em função do desconhecimento dos objetivos aqui propostos.

8.4.1 ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 01

Esta primeira rotina de posturas compreendeu as posições básicas que envolvem o assentar como o cruzar as pernas, levantar as duas pernas e o sentar com postura ereta ou relaxada. A tabela abaixo (tab. 8.2) detalha cada uma destas posições e, conseqüentemente, o desenvolvimento do ensaio. Cada postura foi classificada por uma letra e esta simbologia foi repetida posteriormente nos gráficos de maneira a facilitar o entendimento do processo.

TABELA 8.2

Posições rotina 01 – ensaio preliminar

Simbologia	Postura
A	Início do ensaio. Apoiar braços, impacto ao assentar e apoiar tronco - posição inicial: assentada postura ereta.
B	Cruzar perna direita.
C	Descruzar perna direita
D	Cruzar perna esquerda.
E	Descruzar perna esquerda.
F	Levantar as pernas.
G	Abaixar as pernas - posição inicial: assentada postura ereta.
H	Relaxar e recostar sobre o encosto.
I	Voltar a posição inicial: assentada postura ereta.
J	Levantar da cadeira, fim do ensaio.

Os gráficos 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 e 8.5 apresentados a seguir mostram os dados adquiridos após a realização desta rotina e ilustram as variações de carregamento ocorridas em cada parte da estrutura da cadeira em função do tempo.

Este ensaio preliminar teve a duração de 1 minuto e 38,130 segundos e a carga biomecânica foi de 500 N.

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 01

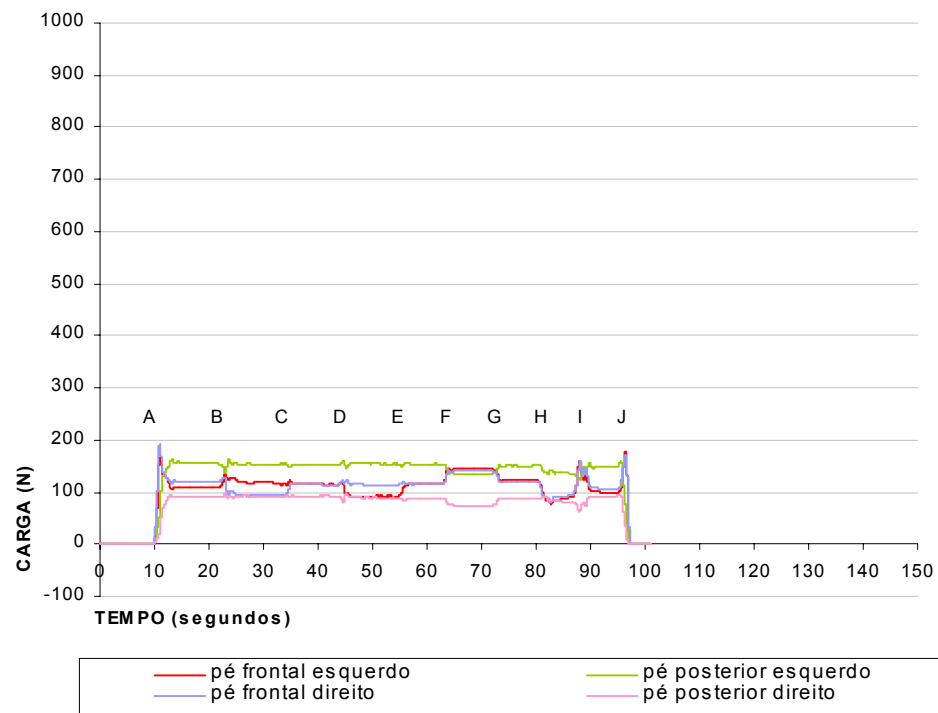


Gráfico 8.1 Distribuição da carga biomecânica nos pés da cadeira-tipo: rotina 1

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 01

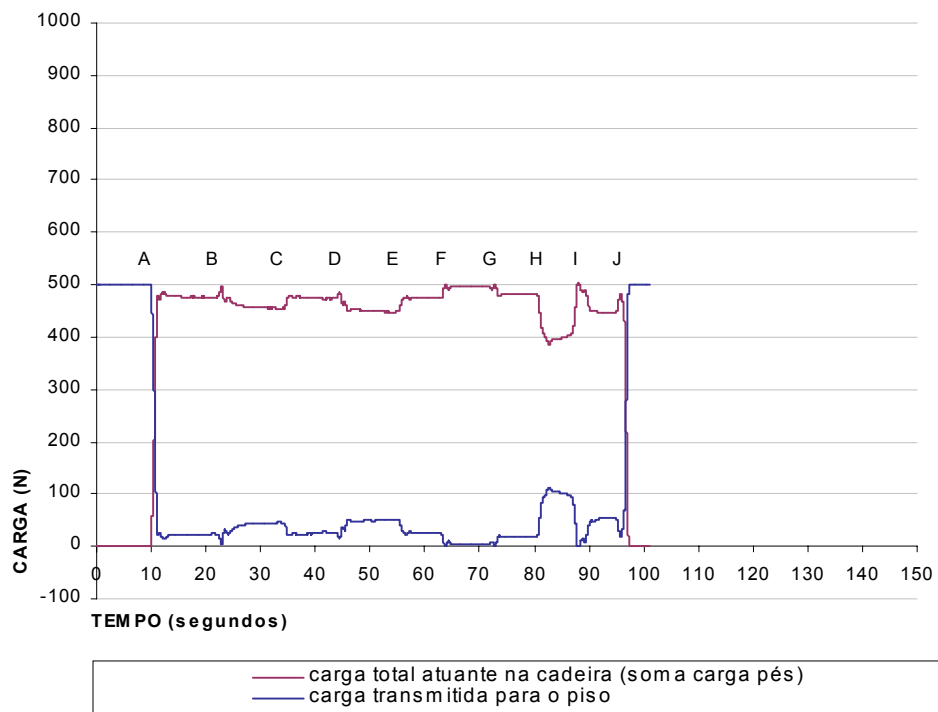


Gráfico 8.2 Carga total atuante na cadeira-tipo devido à soma das cargas dos pés: rotina 1

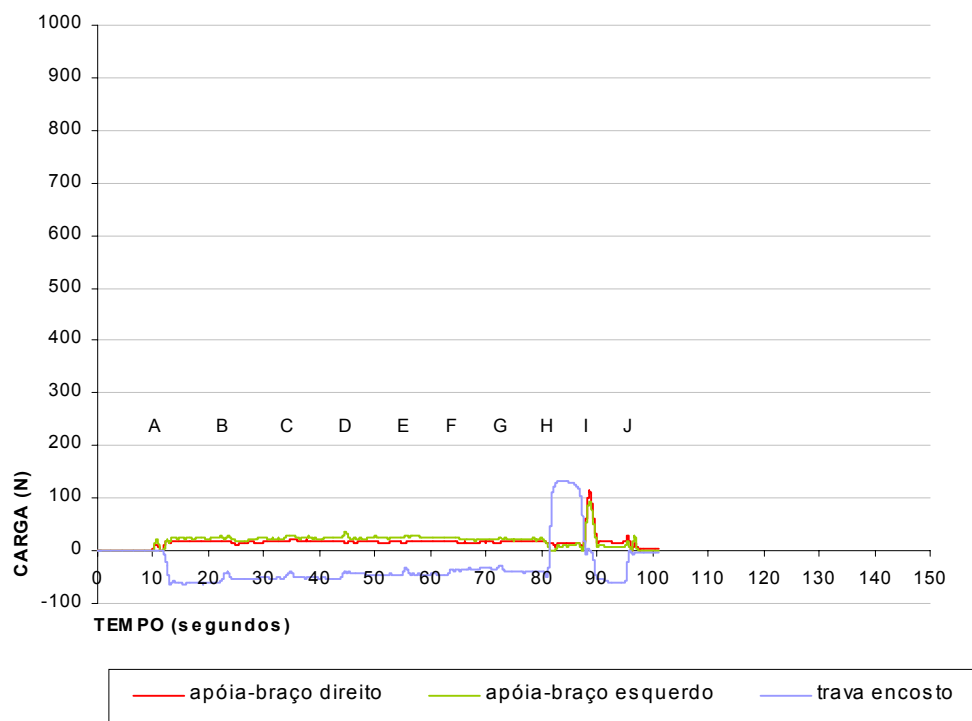
ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 01

Gráfico 8.3 Distribuição da carga nos apoia-braços e encosto da cadeira-tipo: rotina 1

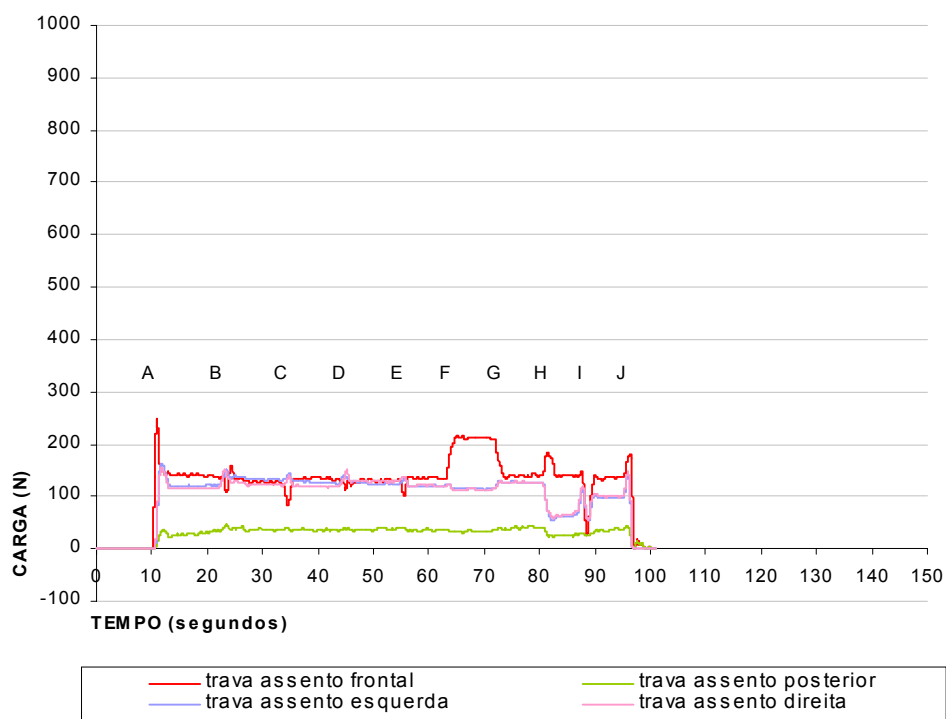
ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 01

Gráfico 8.4 Distribuição da carga nas travas do assento da cadeira-tipo: rotina 1

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 01

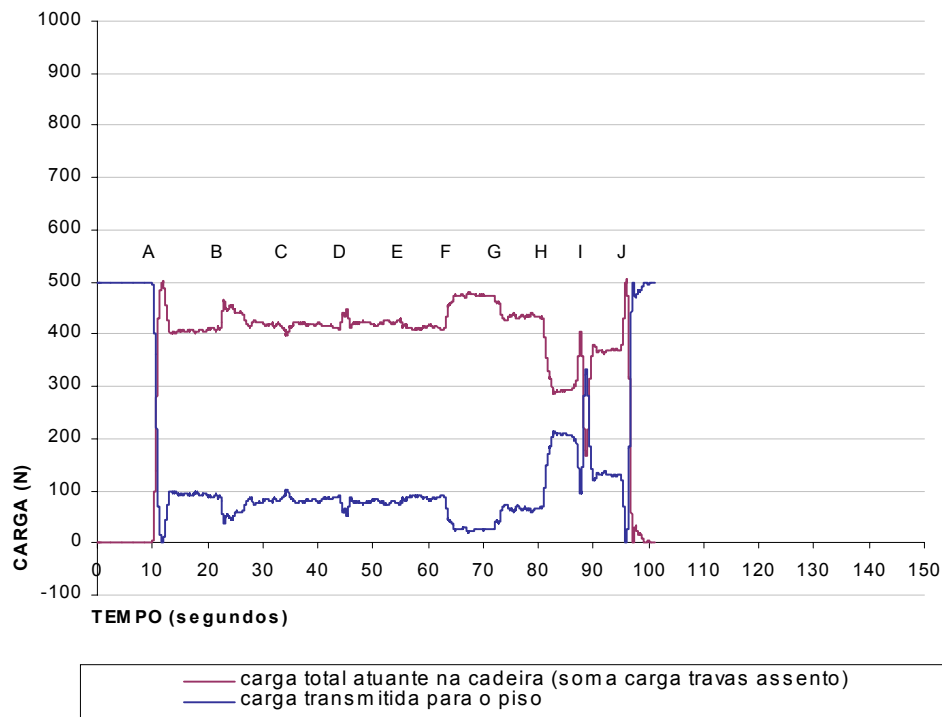


Gráfico 8.5 Carga total atuante na cadeira devido à soma das cargas das travas: rotina 1

Através da análise destes gráficos, pode-se concluir que:

- 1 As posições A e J representam o início e o fim do ensaio, respectivamente, e ilustram o fato de que quando uma pessoa assenta ou levanta de uma cadeira, acontece um pequeno impacto em toda sua estrutura.
- 2 Após o início do ensaio e com a estabilização da estrutura pode-se verificar que a carga transmitida para os pés, quando uma pessoa senta com postura ereta e apoiando os braços e o encosto, equivale a 95% do valor total do seu peso. Neste exemplo, o valor da carga biomecânica é de 500 N e o valor da carga transmitida para os pés é de 475 N. Em algumas situações e dependendo da postura adotada, este valor é menor, podendo chegar a 450 N ou 90 % do peso total da pessoa, como pode ser percebido no gráfico 8.12.

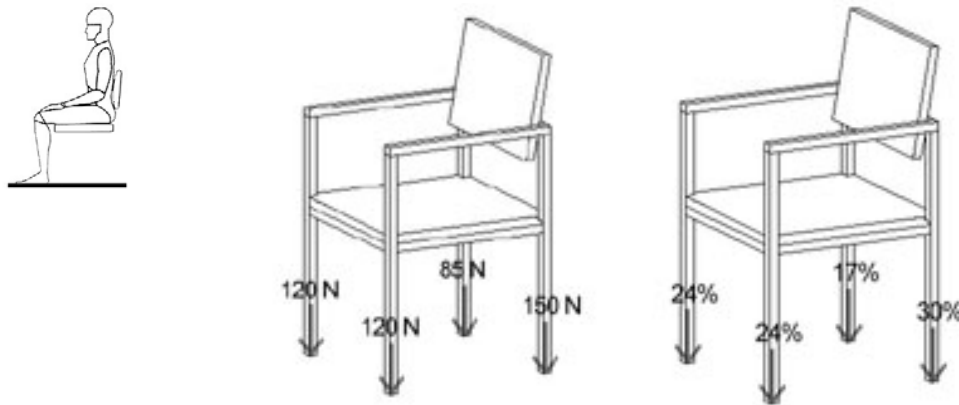


Figura 8.10 Valores de carga nos pés da cadeira quando adotada a postura ereta.

- 3 A carga transmitida para os apóia-braços quando uma pessoa permanece assentada com postura ereta revelou ser de pequena grandeza, aproximadamente de 25 N em cada peça.

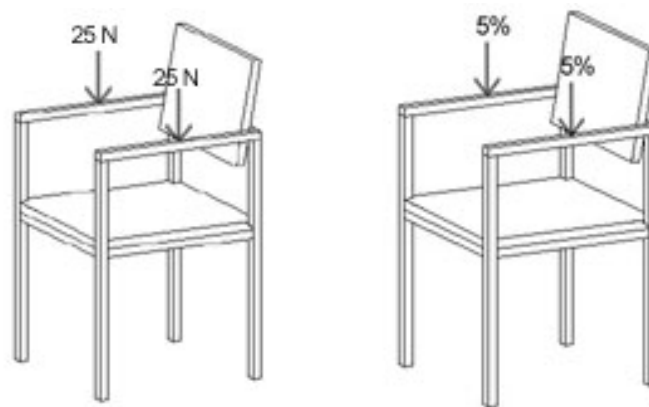


Figura 8.11 Valores de carga nos apoia-braços quando adotada a postura ereta.

- 4 A carga negativa que aparece na trava do encosto é proveniente de uma torção nesta peça provocada por uma carga aplicada na parte inferior do encosto. Para explicar este fato, é importante lembrar que esta trava foi calibrada com cargas perpendiculares ao encosto, aplicadas no meio da peça. Quando a pessoa está na posição relaxada, ocorre a aplicação da carga no ponto correto e o valor lido passa a ser positivo.



Figura 8.12 Torção que ocorre na trava do encosto quando adotada a postura ereta.

- 5 Através das letras B, C, D e E, verifica-se que a variação no valor da carga atuante nos pés é muito pequena, cerca de 4,50 N, o que permite concluir que alterações na postura, como cruzar as pernas, são irrelevantes. Mesmo assim, o trecho BC ilustra a diminuição da carga transmitida para o pé frontal direito de 29 N devido ao ato de se cruzar a perna direita e no trecho DE, quando se cruza a perna esquerda, também ocorre uma diminuição da carga transmitida no pé esquerdo do mesmo valor. Conclui-se então, que com uma perna cruzada, uma parte do peso da coxa não é transmitida para a cadeira e sim para a outra perna que transmite diretamente ao chão, resultando assim em um pequeno alívio para a estrutura.

- 6 Ao levantar as duas pernas, trecho FG, percebe-se um aumento da carga transmitida para os pés frontais de 25 N em cada e uma diminuição do valor transmitido para os pés posteriores de 15 N em cada. Desta maneira e como era de se esperar, a soma total da carga transmitida para os pés equivale a 500 N, ou seja, 100% do peso da carga biomecânica.

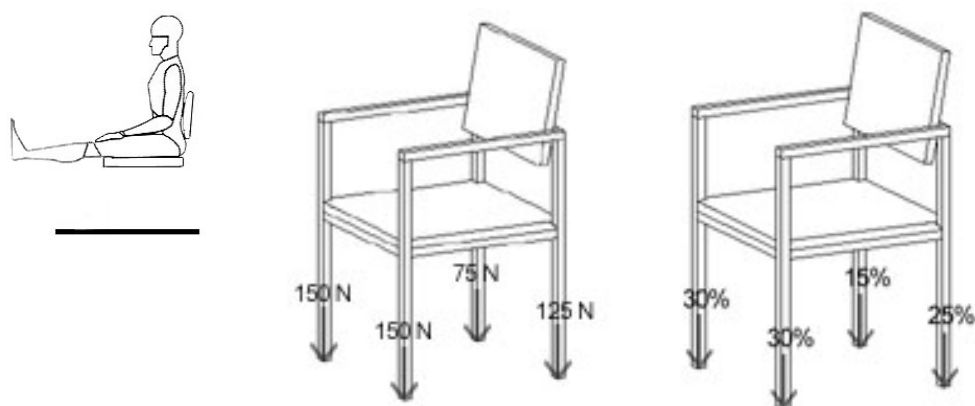


Figura 8.13 Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa levanta os dois pés.

- 7 Neste mesmo trecho, quando analisada a trava frontal, verifica-se um aumento de 80 N da carga transmitida para esta peça e uma diminuição do valor transmitido para cada trava lateral de 121 N para 115 N. Entretanto, diferentemente do que ocorre nos pés, quando a pessoa se encontra nesta posição, as travas do assento não recebem 100% do peso da pessoa, mas apenas 92% deste total. Isto acontece porque o peso das pernas é uma carga vertical fora do eixo da trava frontal, o que provoca nesta uma torção. O restante do peso da pessoa ou, para ser mais exato, 8% deste valor é transmitido diretamente do assento para os pés devido à ligação destes elementos ter sido feita com cola, podendo ser considerada quase como um engaste.

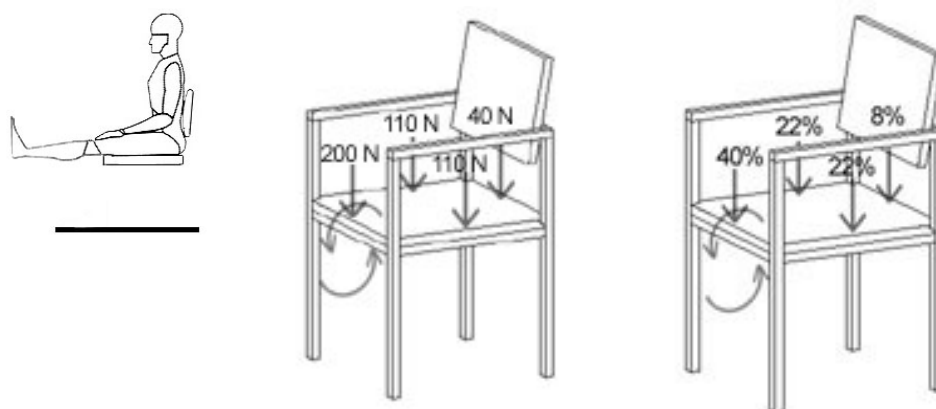


Figura 8.14 Valores de carga nas travas do assento quando a pessoa levanta os dois pés.

- 8 A trava do assento posterior é a peça menos solicitada, consequência direta do desenho da cadeira que faz com que a pessoa se assente sempre mais na parte frontal do assento.
- 9 No trecho HI, a pessoa se encontra na posição relaxada, desta maneira, ocorre uma maior solicitação do encosto, local para onde é transmitida uma parcela de 130 N do peso da parte superior do corpo (tronco, cabeça, pescoço), aliviando, conseqüentemente, a carga transmitida para os pés. É importante perceber que parte do peso da pessoa que era transmitido verticalmente, nesta posição, será transmitida horizontalmente ocorrendo assim uma variação na direção do carregamento.



Figura 8.15 Valores de carga na trava do encosto quando adotada a postura relaxada.

- 10 Nesta posição, percebe-se um aumento inicial da carga transmitida para a trava frontal que chega a 172 N na letra H, devido ao início do movimento de se 'escorregar' no assento. Logo depois, o valor se estabiliza em 138,5N. Quando se inicia o movimento de volta à posição inicial, percebe-se que a pessoa tende a levantar um pouco as pernas para conseguir o impulso inicial, fato que explica o valor de somente 30N nesta peça, letra I.

É importante salientar que todos os valores utilizados nesta análise são valores médios pois, como pode ser percebido através dos gráficos, a distribuição do

peso da pessoa, mesmo que visualmente parada em uma posição, se altera com o menor movimento.

Na tabela abaixo foram colocados os valores máximos das cargas transmitidas para cada elemento estrutural da cadeira-modelo e a postura correspondente. Estes valores servirão de referência para a montagem do roteiro de ensaio final, onde estarão determinadas quais as posturas que mais solicitam este móvel.

TABELA 8.3

Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira: rotina 01.

Elemento estrutural	Carga atuante (em N)	Postura	
Pé frontal esquerdo	176,8	J	Levantar da cadeira.
Pé frontal direito	192,1	A	Impacto ao assentar.
Pé posterior esquerdo	163,1	A	Impacto ao assentar.
Pé posterior direito	98,0	B	Cruzar perna direita.
Apóia-braço direito	113,3	I	Voltar a posição assentada postura ereta.
Apóia-braço esquerdo	93,8	I	Voltar a posição assentada postura ereta.
Trava encosto	133,6	H	Assentada postura relaxada.
Trava assento frontal	249,0	A	Impacto ao assentar.
Trava assento esquerda	163,9	A	Impacto ao assentar.
Trava assento direita	153,5	A	Impacto ao assentar.
Trava assento posterior	47,0	B	Cruzar perna direita.

8.4.2 ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 02

Com a preocupação de se captar variações devido a diferentes maneiras de se assentar, levemente ou bruscamente, desenvolveu-se esta rotina que consegue verificar o impacto de quando uma pessoa se 'joga' em uma cadeira tanto na parte inicial quanto no meio do assento. Como no ensaio anterior, apresenta-se a seguir a tabela 8.4 que detalha cada uma destas posições, a ordem dos acontecimentos e a classificação das posturas por letras.

TABELA 8.4

Posições rotina 02 – ensaio preliminar

Simbologia	Postura
A	Início do ensaio. Assentar levemente na parte frontal do assento sem apoiar braços. Levantar da cadeira.
B	Impacto ao assentar bruscamente na parte frontal do assento sem apoiar braços. Levantar da cadeira.
C	Assentar levemente no meio do assento sem apoiar braços. Levantar da cadeira.
D	Impacto ao assentar bruscamente no meio do assento sem apoiar braços.
E	Apoiar braços e tronco - posição inicial: assentada postura ereta.
F	Reclinar a cadeira até que os pés frontais estejam a menos de 5 cm do chão.
G	Voltar levemente - posição inicial: assentada postura ereta.
H	Levantar da cadeira, fim do ensaio.

Este ensaio preliminar teve a duração de 1 minuto e 37,250 segundos e a carga biomecânica também foi de 500 N.

Como na rotina posterior, os gráficos 8.6, 8.7, 8.8, 8.9 e 8.10 apresentados a seguir mostram os dados adquiridos após a realização desta rotina e ilustram as variações de carregamento ocorridas em cada parte da estrutura da cadeira em função do tempo.

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 02

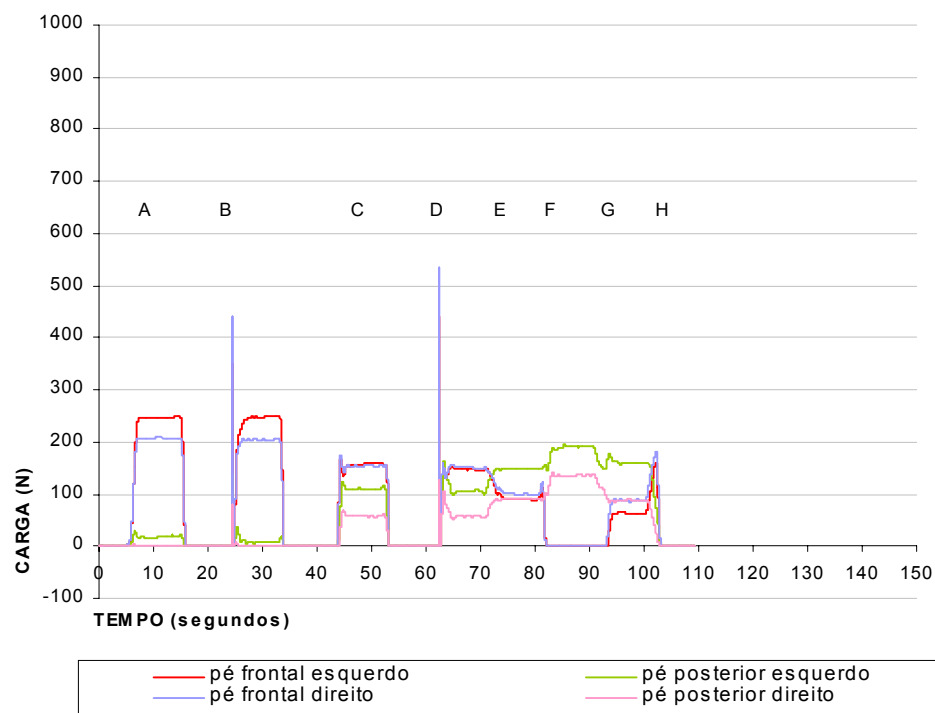


Gráfico 8.6 Distribuição da carga biomecânica nos pés da cadeira-tipo: rotina 2

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 02

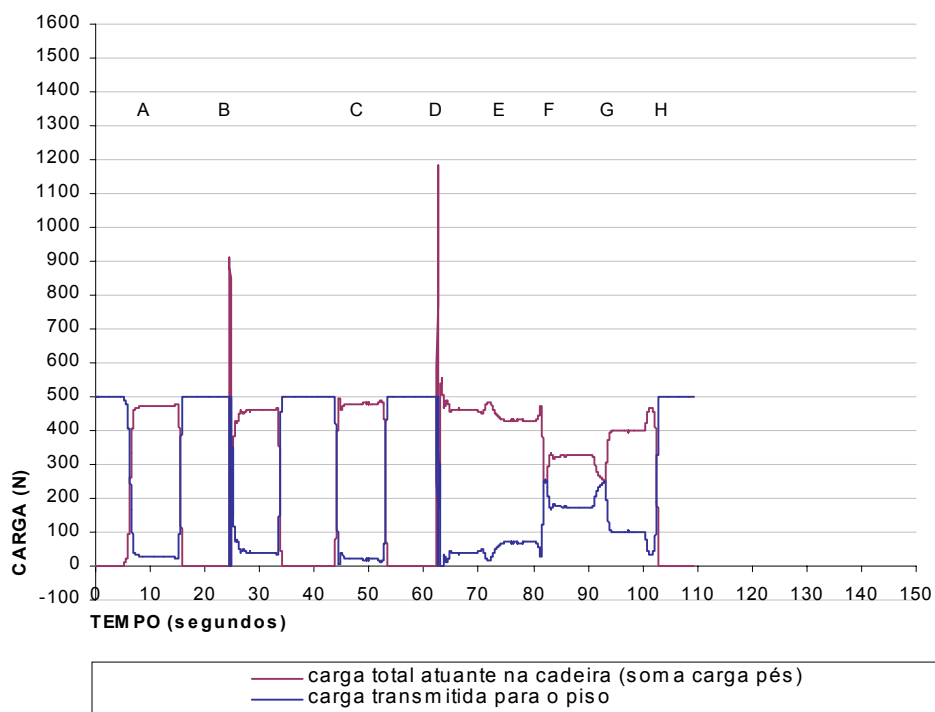


Gráfico 8.7 Carga total atuante na cadeira-tipo devido à soma das cargas dos pés: rotina 2

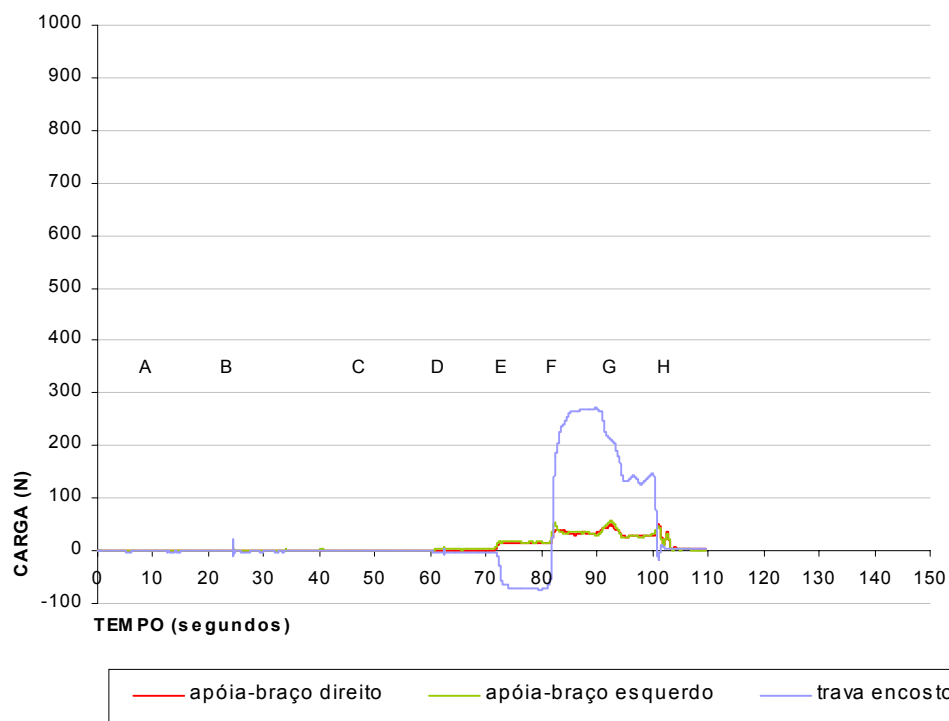
ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 02

Gráfico 8.8 Distribuição da carga nos apoia-braços e encosto da cadeira-tipo: rotina 2

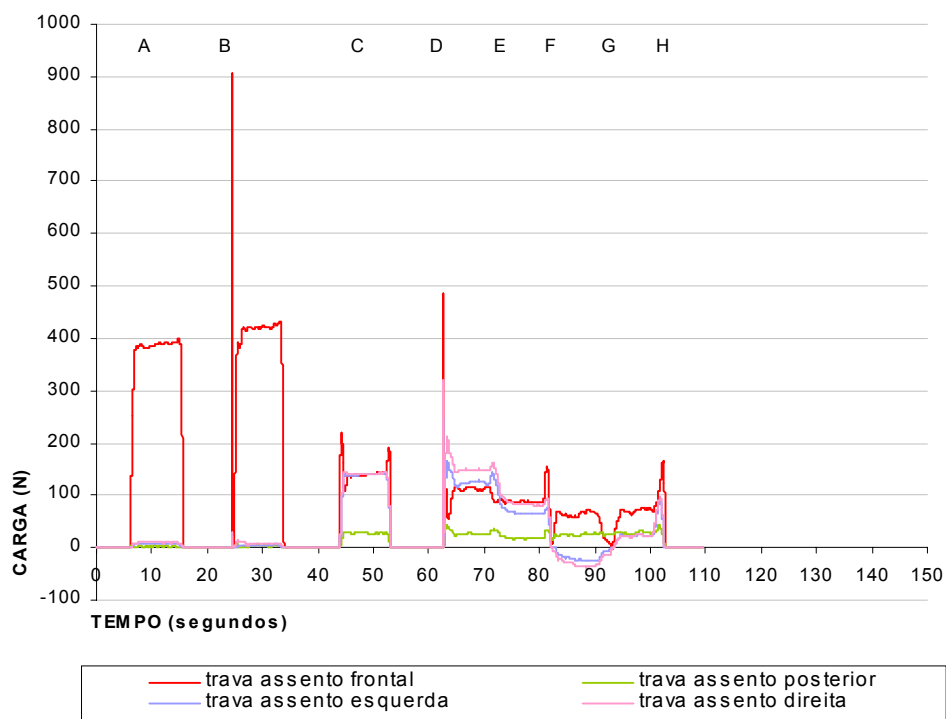
ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 02

Gráfico 8.9 Distribuição da carga nas travas do assento da cadeira-tipo: rotina 2

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 02

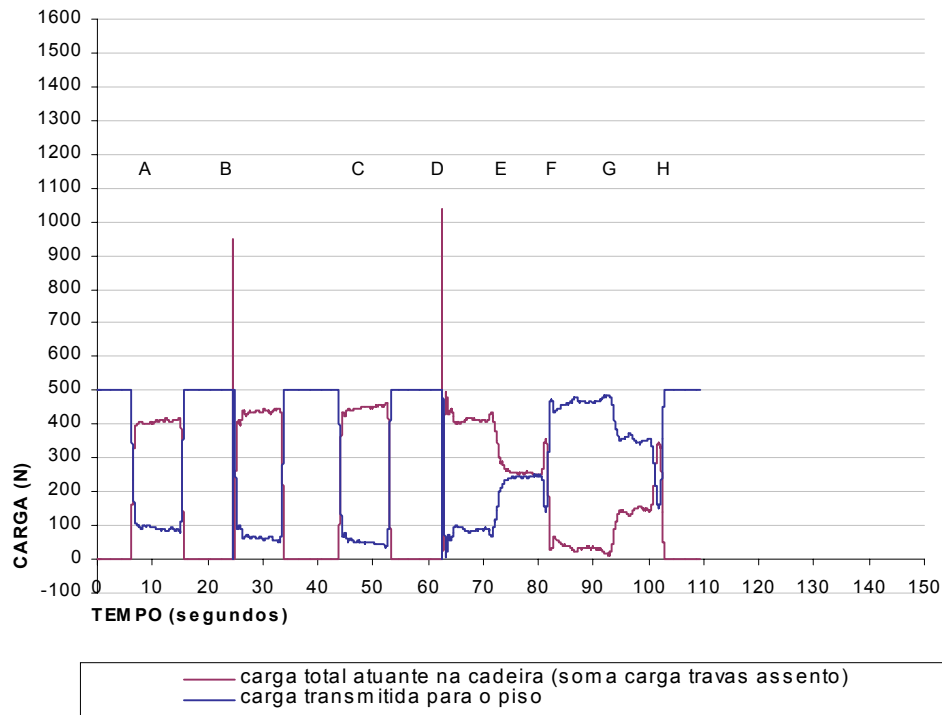


Gráfico 8.10 Carga total atuante na cadeira devido à soma das cargas das travas: rotina 2

Através da análise destes gráficos, pode-se concluir que:

- 1 Tanto na primeira posição quanto na segunda, a pessoa sentou-se um pouco mais para a esquerda, fato que pode ser percebido claramente através do gráfico 8.6, no qual o valor da carga no pé frontal esquerdo é visivelmente maior, por volta de 246 N do que o do pé frontal direito, que é de 208 N.
- 2 Entretanto, independentemente deste fato, os gráficos ilustram bem a influência do impacto de se assentar bruscamente em uma cadeira. Neste ensaio, a carga de impacto, transmitida aos pés da cadeira, ao se sentar bruscamente na frente do assento foi de 910 N, representando 182% do valor total do peso da pessoa, enquanto que a carga de impacto do assentar no meio do assento foi de 1175 N, ou seja, 235% do valor total da carga biomecânica. Estes valores ainda podem aumentar mais quando

a pessoa se 'jogar' de uma maior altura, uma vez que a carga de impacto depende desta variável.

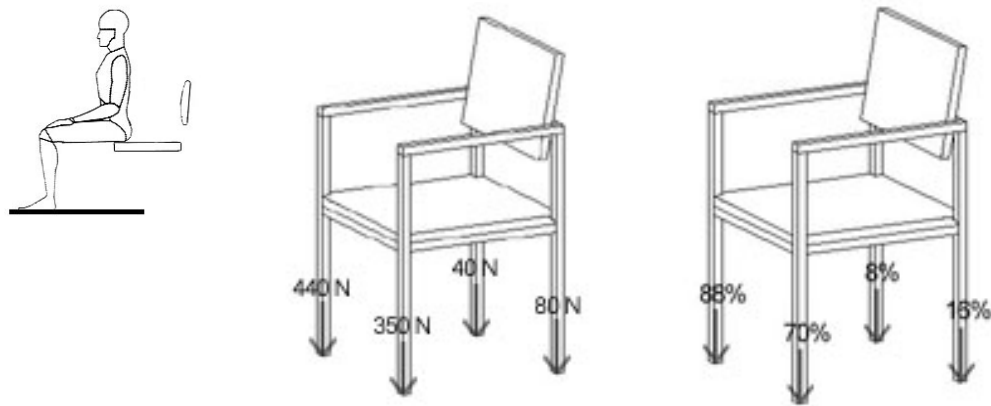


Figura 8.16 Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no início do assento.

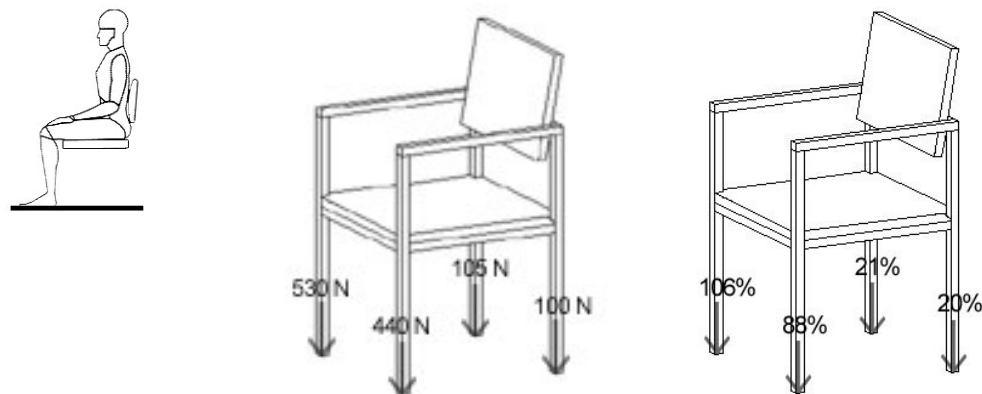


Figura 8.17 Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no meio do assento.

- De acordo com o gráfico 8.9, consegue-se perceber que no primeiro impacto a carga, equivalente a 910 N ou 182% do peso da pessoa, é transmitida praticamente toda para a trava frontal (posição B). Ao se assentar bruscamente no meio, verifica-se que o valor do impacto é distribuído para a trava frontal, 470 N; para as travas laterais, 249,5 N para a esquerda e 322 N para a direita; e a trava posterior recebe uma porcentagem menor, apenas 49,5 N. Mesmo assim, o valor deste segundo impacto representa aproximadamente 1100 N ou 220% do peso da pessoa. A redução de 235%, valor total devido a soma das

porcentagens de carga que transmitida para os pés, para 220% é devido à ligação entre a placa do assento e os pés ter sido feita com cola e, portanto, esta transmite diretamente parte deste valor.

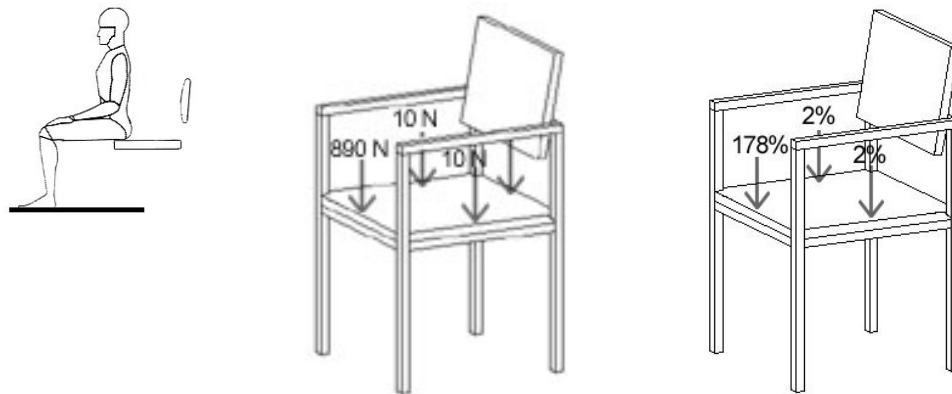


Figura 8.18 Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no início do assento.

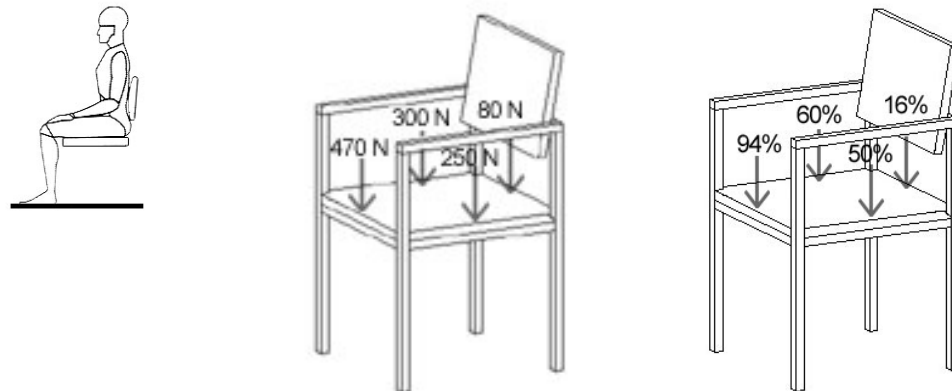


Figura 8.19 Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no meio do assento.

- 4 Quando a pessoa reclina a cadeira, trecho FG, percebe-se um aumento de mais ou menos 10% no valor da carga transmitida para os pés posteriores. Dependendo do ângulo de inclinação, este número tende a aumentar proporcionalmente. Neste ensaio, os pés frontais foram elevados de aproximadamente 5 cm do chão.

- 5 É interessante perceber que nesta posição, as travas laterais apresentam um valor de carga negativo devido ao aparecimento de uma contra-flecha nestas peças.

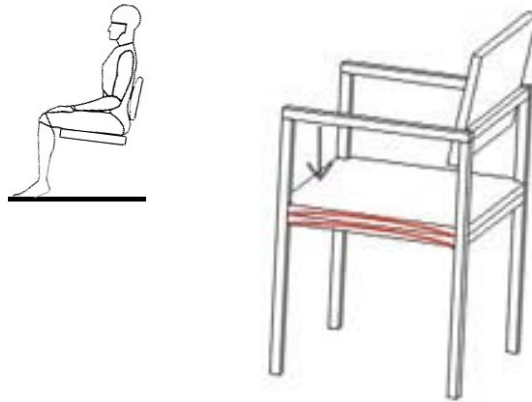


Figura 8.20 Contra-flecha que ocorre nas travas laterais ao se reclinar a cadeira.

- 6 Esta posição é a que acarreta o maior valor de carga na trava do encosto. Até a posição E, o encosto e os apóia-braços não haviam sido utilizados, estes apresentam valor zero. A partir da letra E, a postura adotada utiliza estes três elementos, e então, percebe-se a mesma situação já analisada na rotina 1: 25 N em cada apóia-braço e carga negativa na trava do encosto devido à torção. Quando a cadeira fica na posição reclinada, estes valores aumentam para 47 N nos apóia-braços e 270 N para a trava do encosto, este último representando 54% do valor total do peso da carga biomecânica.



Figura 8.21 Valores de carga na trava do encosto ao se reclinar a cadeira.

A tabela abaixo revela os valores máximos das cargas transmitidas para cada elemento estrutural da cadeira-modelo e a postura correspondente.

TABELA 8.5

Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira: rotina 02.

Elemento estrutural	Carga atuante (em N)	Postura
Pé frontal esquerdo	437,0	D Impacto assentar no meio do assento sem apoiar braços.
Pé frontal direito	530,6	D Impacto assentar no meio do assento sem apoiar braços.
Pé posterior esquerdo	194,9	F Reclinar a cadeira.
Pé posterior direito	142,2	F Reclinar a cadeira.
Apóia-braço direito	50,1	G Voltar para posição inicial.
Apóia-braço esquerdo	56,7	G Voltar para posição inicial.
Trava encosto	271,0	F Reclinar a cadeira.
Trava assento frontal	907,8	B Impacto assentar na frente do assento sem apoiar braços.
Trava assento esquerda	249,5	D Impacto assentar no meio do assento sem apoiar braços.
Trava assento direita	322,0	D Impacto assentar no meio do assento sem apoiar braços.
Trava assento posterior	49,5	D Impacto assentar no meio do assento sem apoiar braços.

8.4.3 ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 03

A rotina 3 foi idealizada a partir da observação de posturas ‘informais’, ou seja, maneiras de se assentar bem à vontade. Colocar os pés no assento ou assentar de lado na cadeira foram algumas das posições aqui verificadas e que estão mais detalhadas na tabela abaixo.

TABELA 8.6

Posições rotina 03 – ensaio preliminar

Simbologia	Postura
A	Início do ensaio. Apoiar braços, impacto ao assentar e apoiar tronco - posição inicial: assentada postura ereta.
B	Colocar perna direita sob assento, segurando-a com os braços.
C	Retirar a perna - posição inicial: assentada postura ereta.
D	Colocar perna esquerda sob assento, segurando-a com os braços.
E	Retirar a perna - posição inicial: assentada postura ereta.
F	Colocar as duas pernas sob assento, segurando-as com os braços.
G	Retirar as duas pernas - posição inicial: assentada postura ereta.
H	Virar e sentar de lado na cadeira, colocando as pernas no apóia-braço direito.
I	Voltar levemente - posição inicial: assentada postura ereta.
J	Virar e sentar de lado na cadeira, colocando as pernas no apóia-braço esquerdo.
K	Voltar levemente - posição inicial: assentada postura ereta.
L	Levantar da cadeira, fim do ensaio.

Como nas rotinas posteriores, os gráficos 8.11, 8.12, 8.13, 8.14 e 8.15 apresentados a seguir mostram os dados adquiridos após a realização desta rotina e ilustram as variações de carregamento ocorridas em cada parte da estrutura da cadeira em função do tempo. Este ensaio preliminar teve a duração de 2 minutos e 13,700 segundos e a carga biomecânica também foi de 500 N.

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 03

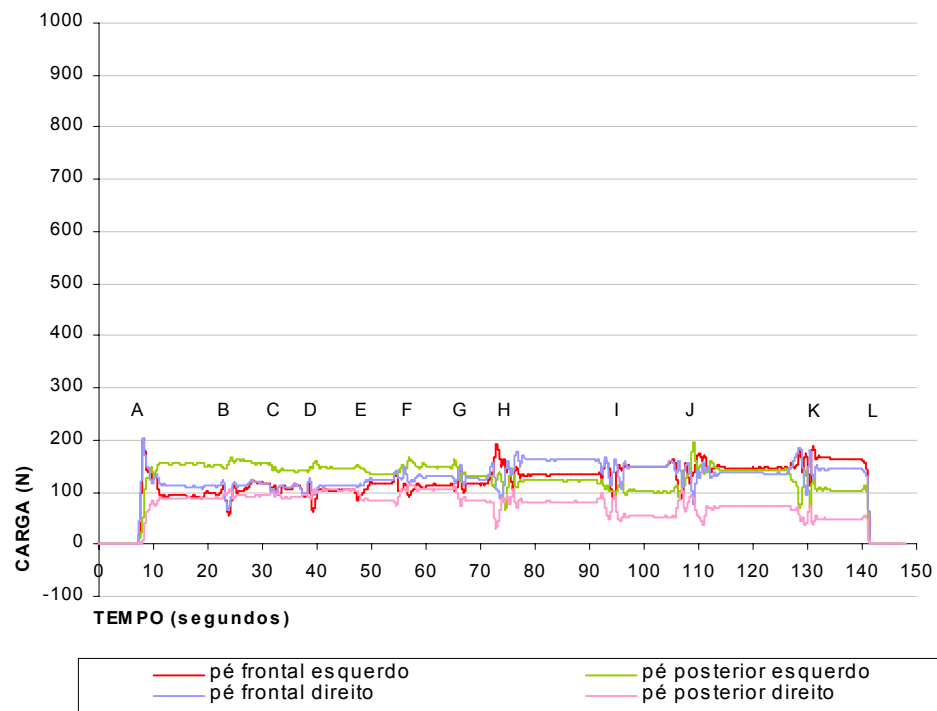


Gráfico 8.11 Distribuição da carga biomecânica nos pés da cadeira-tipo: rotina 3

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 03

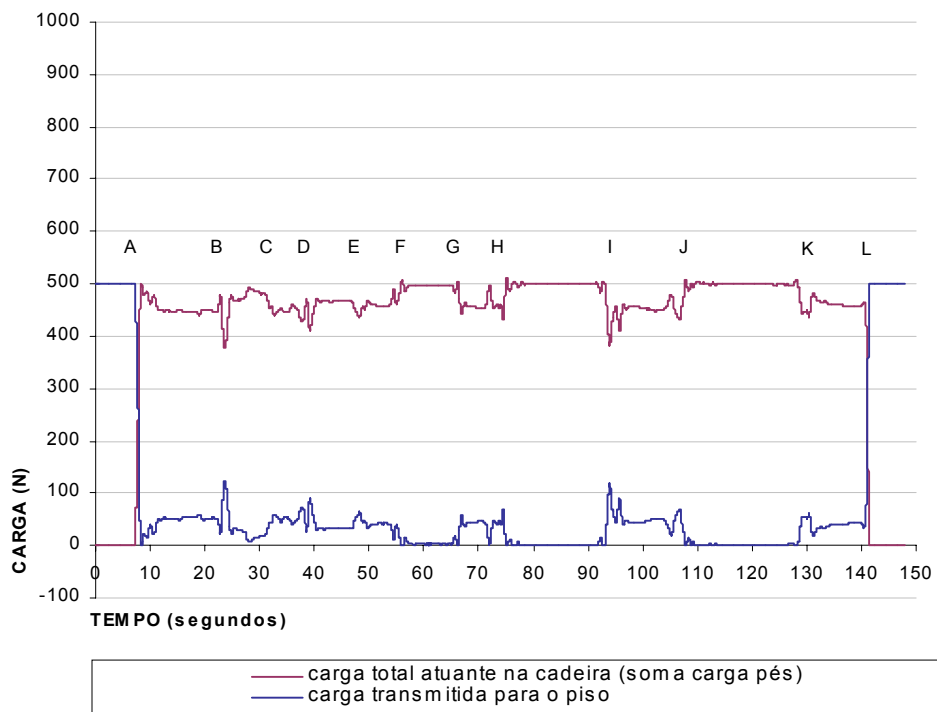


Gráfico 8.12 Carga total atuante na cadeira-tipo devido à soma das cargas dos pés: rotina 3

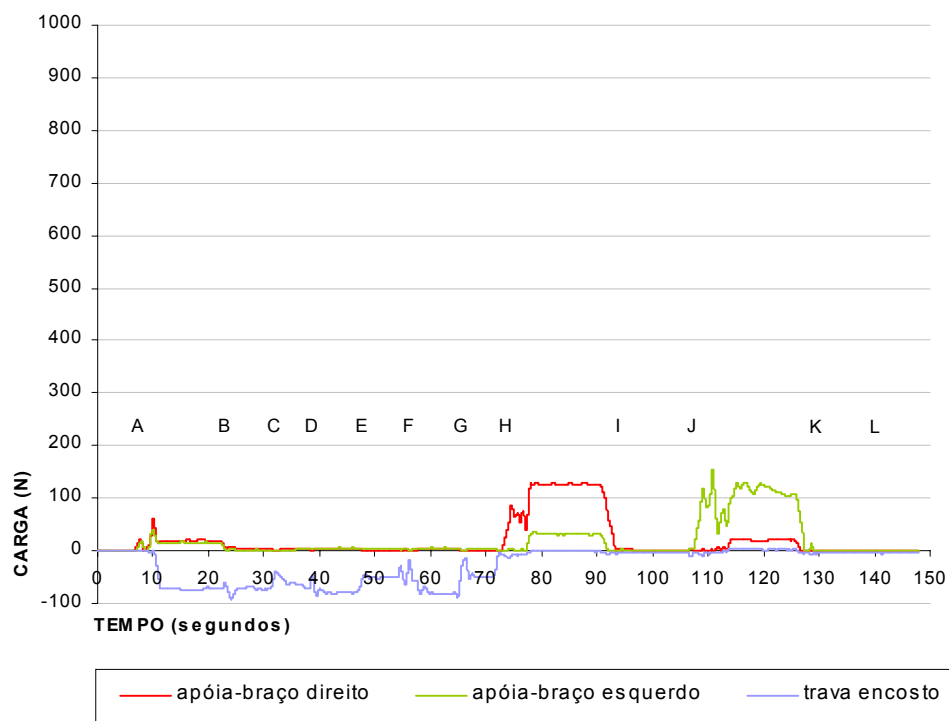
ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 03

Gráfico 8.13 Distribuição da carga nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: rotina 3

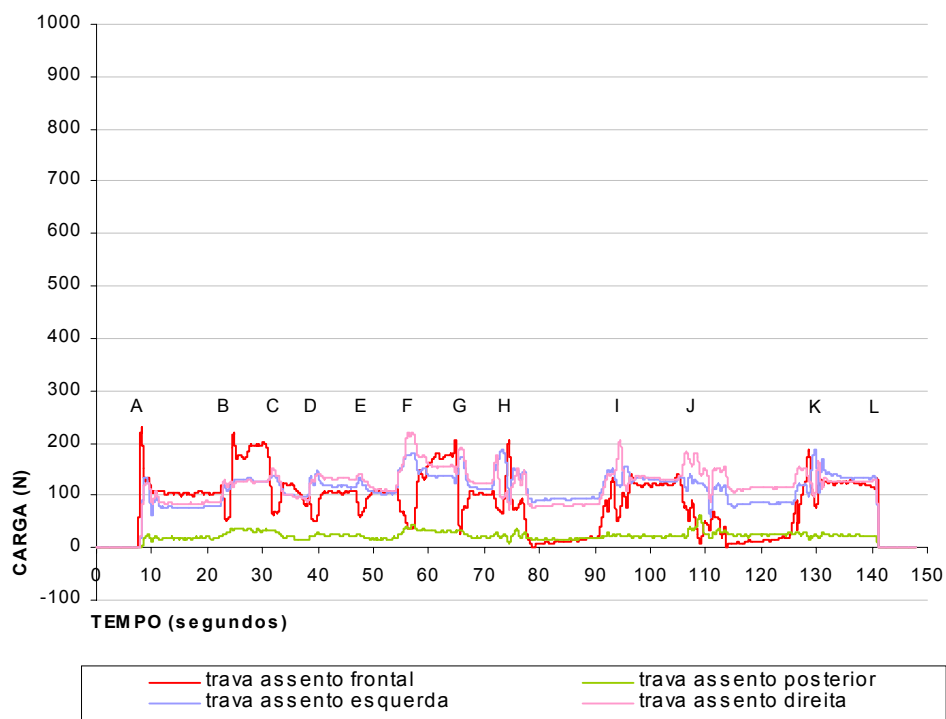
ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 03

Gráfico 8.14 Distribuição da carga nas travas do assento da cadeira-tipo: rotina 3

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 03

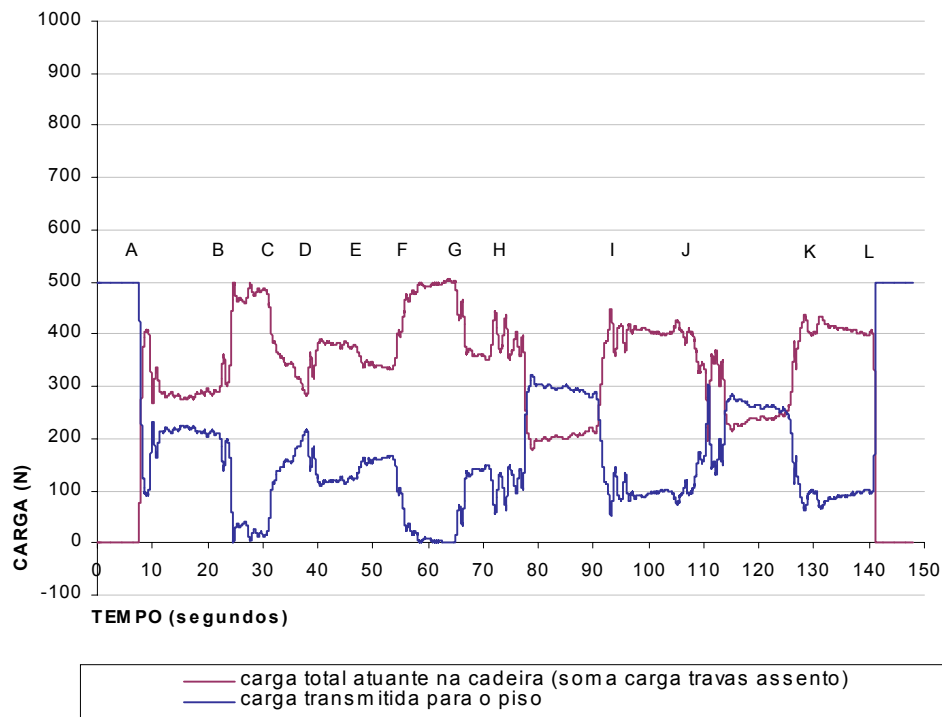


Gráfico 8.15 Carga total atuante na cadeira devido à soma das cargas das travas: rotina 3

Através da análise destes gráficos, pode-se verificar que:

- 1 Colocar uma perna ou duas sob o assento não altera significativamente o valor da carga transmitida para os pés. É claro que ao se colocar os dois pés sob o assento da cadeira, a pessoa estará transmitindo 100% do seu peso para o móvel, trecho FG, mas isto acarreta somente 2,5% a mais da carga biomecânica para cada pé.
- 2 As letras H, I, J e K mostram as maiores variações de carregamento ocorridas devido à mudança de posição: virar, colocar as pernas nos apoia-braços e desvirar.
- 3 Em função desta variação de postura, os valores da trava frontal são os que mais se alteraram. Esta peça, diferentemente dos outros elementos, deveria 'absorver' e 'absorve' o aumento de carga devido ao fato de se

colocar o pé ou os pés sob a cadeira, ou sendo mais exato, sob esta trava.

- 4 Entretanto, quando a pessoa se encontra assentada de lado, 40% do peso é transmitido para o assento que o distribui praticamente todo para as travas laterais, fato que pode ser explicado através da direção das fibras da placa do assento que faz com que este passe a funcionar como um elemento bi-apoiado. Desta maneira, qualquer carga concentrada no seu meio será totalmente transferida para as travas laterais.

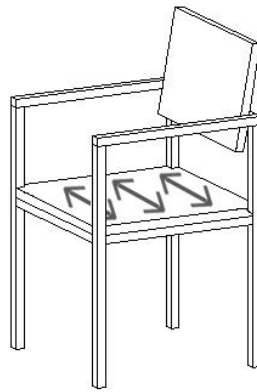


Figura 8.22 Direção das fibras do assento da cadeira modelo.

- 5 Sendo assim, no trecho HI, o valor transmitido para a trava frontal é praticamente nulo; uma parte insignificante, certa de 15 N, é transferida para a trava posterior e a parte restante é transmitida para as travas laterais.

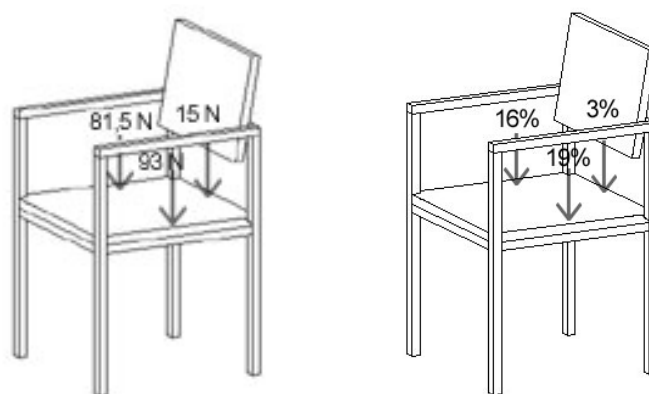


Figura 8.23 Valores de carga nas travas quando a pessoa se encontra assentada de lado.

- 6 Neste mesmo trecho, a parcela da carga biomecânica transferida para o apóia-braço direito aumenta para 130 N em função do peso da perna da pessoa. Entretanto, quando a pessoa está com a perna sobre um dos apóia-braços, esta aplica uma carga inclinada no outro apóia-braço, provocando uma flexão oblíqua-composta nesta peça, sendo o valor de 31,5 N, observado nos gráficos, referente à parcela vertical desta carga inclinada. É por este motivo, e também pelo tipo de ligação feita entre o assento e os pés, que a soma da porcentagem do peso que vai para os apóia-braços (33%) com a que é direcionada para as travas (40%) não resulta em 100% do peso da pessoa.

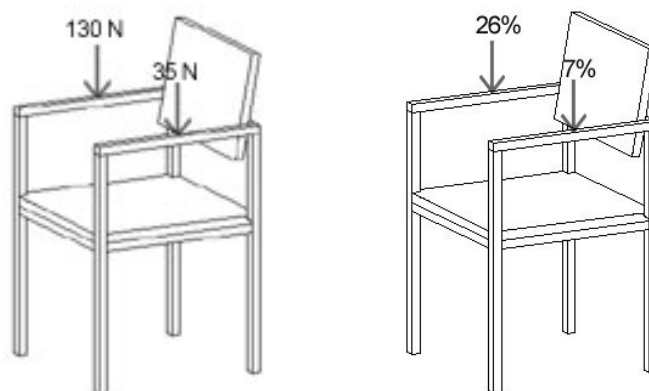


Figura 8.24 Valores de carga nos apoios-braços quando a pessoa se encontra assentada de lado.

- 7 É interessante ressaltar que as mesmas avaliações podem ser realizadas e verificadas durante o trecho JK deste ensaio.

A tabela abaixo (tab.8.7) revela os valores máximos das cargas transmitidas para cada elemento estrutural da cadeira-modelo e a postura correspondente.

TABELA 8.7

Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira: rotina 03.

Elemento estrutural	Carga atuante (em N)	Postura	
Pé frontal esquerdo	203,8	A	Impacto ao assentar.
Pé frontal direito	203,2	A	Impacto ao assentar.
Pé posterior esquerdo	195,6	J	Assentar de lado na cadeira.
Pé posterior direito	117,9	F	Colocar pernas sob o assento.
Apóia-braço direito	130,2	H	Assentar de lado na cadeira.
Apóia-braço esquerdo	155,7	J	Assentar de lado na cadeira.
Trava encosto	4,3	J	Assentar de lado na cadeira.
Trava assento frontal	231,7	A	Impacto ao assentar.
Trava assento esquerda	189,4	H	Assentar de lado na cadeira.
Trava assento direita	220,9	F	Colocar pernas sob o assento.
Trava assento posterior	60,7	J	Assentar de lado na cadeira.

8.4.4 ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 04

Esta rotina de posturas tinha como objetivo maior verificar e quantificar o valor do impacto em seus elementos estruturais quando uma pessoa pula em cima de uma cadeira. Como nas rotinas anteriores, cada postura foi classificada por uma letra e esta simbologia foi repetida posteriormente nos gráficos de maneira a facilitar o entendimento do processo e a tabela abaixo detalha cada uma destas posições e, conseqüentemente, o desenvolvimento do ensaio.

TABELA 8.8

Posições rotina 04 – ensaio preliminar

Simbologia	Postura
A	Início do ensaio. Apoiar pé direito levemente na parte do meio do assento sem apoiar braços.
B	Apoiar pé esquerdo levemente na parte do meio do assento sem apoiar braços – posição inicial: em pé.
C	Apoiar pé no apóia-braço direito.
D	Voltar levemente – posição inicial: em pé.
E	Apoiar pé no apóia-braço esquerdo.
F	Voltar levemente – posição inicial: em pé.
G	Pular no assento.
H	Descer uma perna do assento.
I	Descer totalmente da cadeira, fim do ensaio.

Os gráficos 8.16, 8.17, 8.18, 8.19 e 8.20 apresentados a seguir mostram os dados adquiridos após a realização deste ensaio que teve a duração de 1 minuto e 17,230 segundos e carga biomecânica de 500 N.

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 04

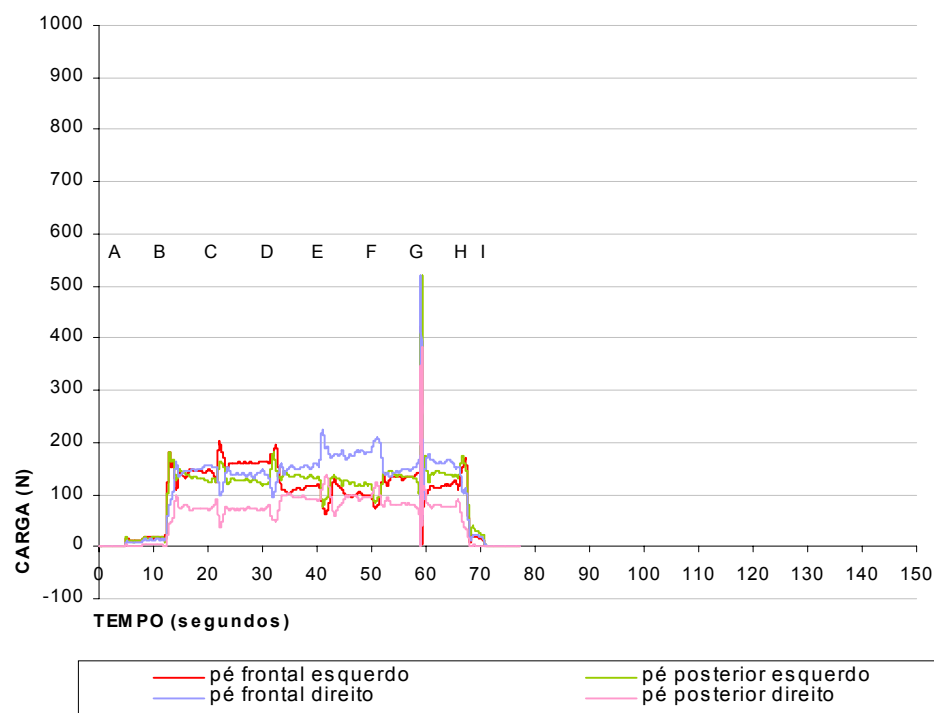


Gráfico 8.16 Distribuição da carga biomecânica nos pés da cadeira-tipo: rotina 4

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 04

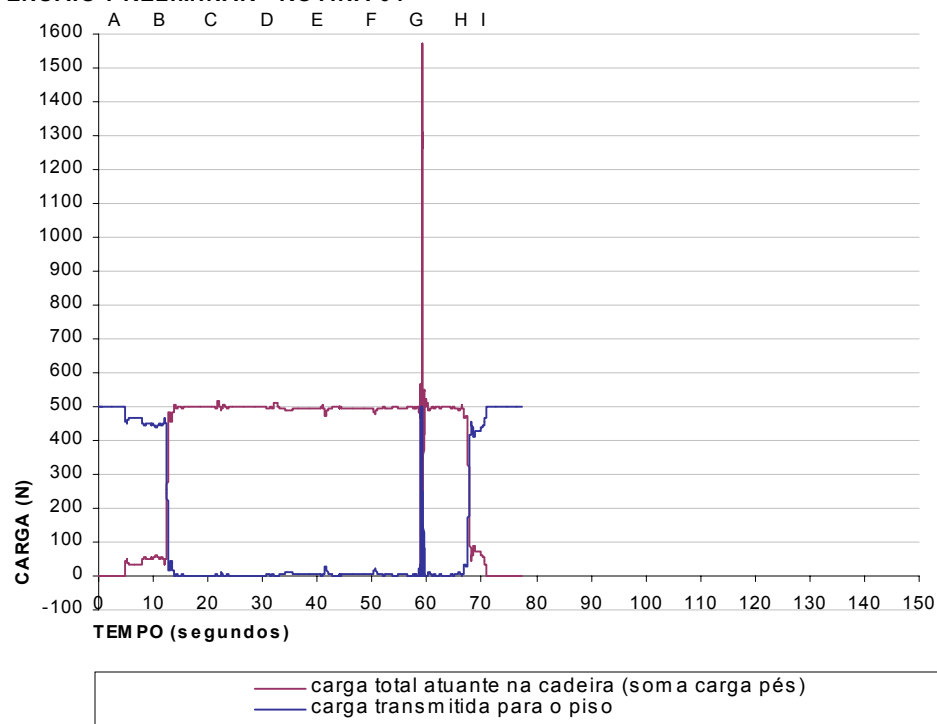


Gráfico 8.17 Carga total atuante na cadeira-tipo devido à soma das cargas dos pés: rotina 4

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 04

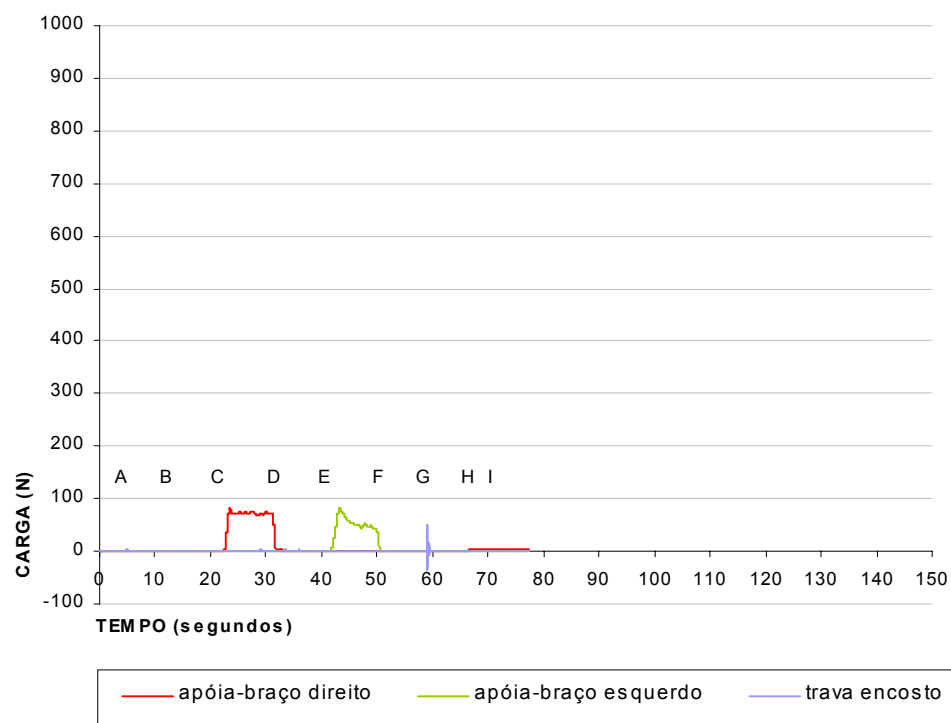


Gráfico 8.18 Distribuição da carga nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: rotina 4

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 04

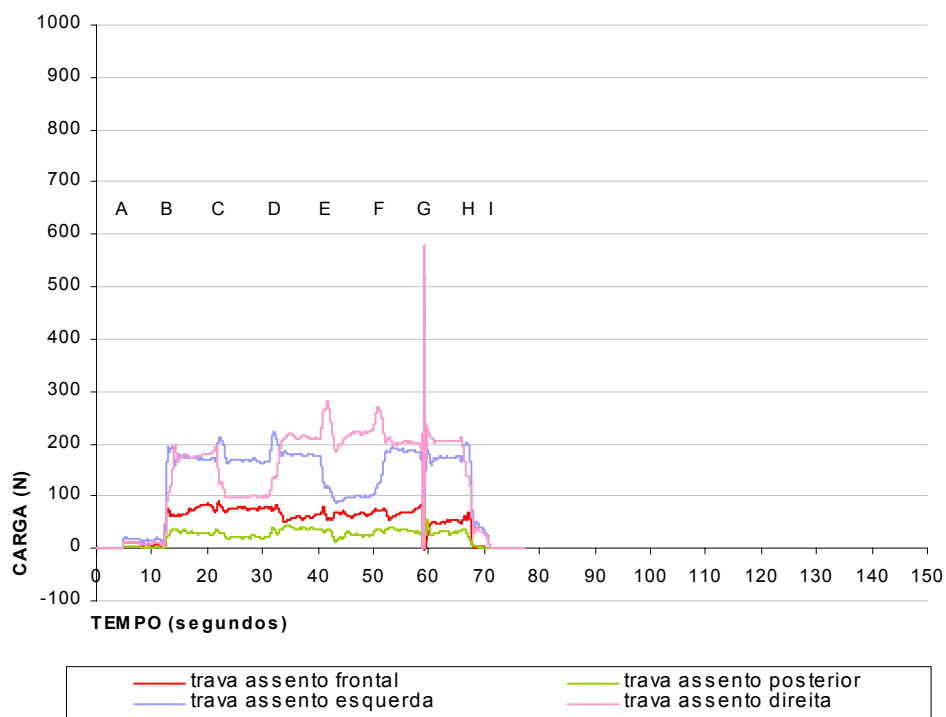


Gráfico 8.19 Distribuição da carga nas travas do assento da cadeira-tipo: rotina 4

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 04

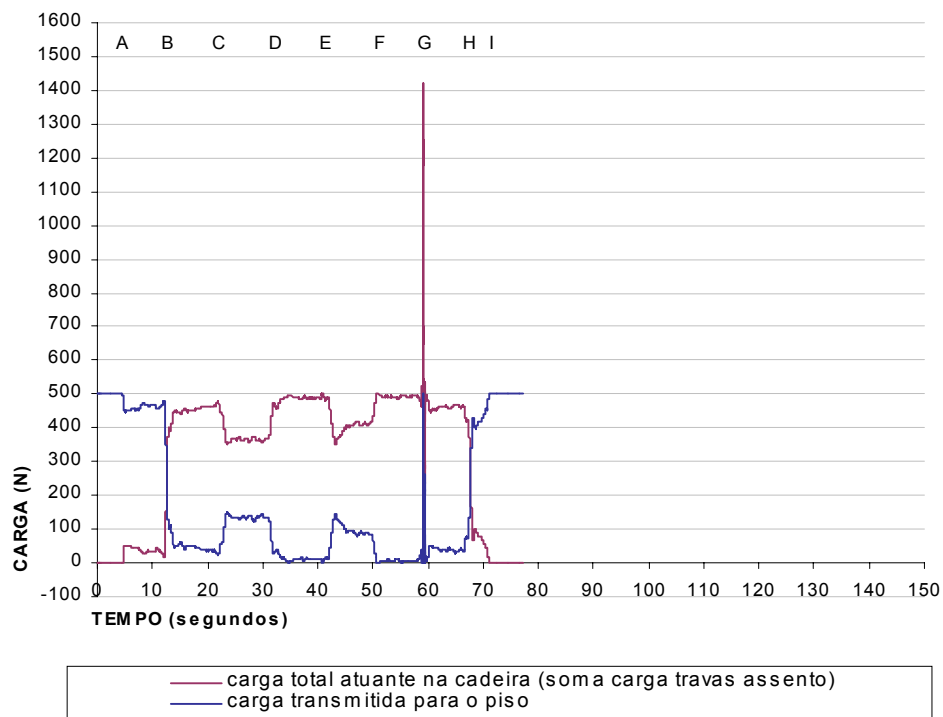


Gráfico 8.20 Carga total atuante na cadeira devido à soma das cargas das travas: rotina 4

Através da análise destes gráficos, pode-se concluir que:

- 1 O movimento de colocar e retirar o pé do apóia-braço, causa um impacto inicial nesta peça e também nos pés da cadeira. Se o pé for colocado no apóia-braço direito, letra C, este elemento estará recebendo uma carga de 81,3 N o que equivale a 16% do peso da pessoa. Ainda nesta situação, o pé frontal e o posterior direito recebem um aumento de carga de aproximadamente 40 N cada e o valor de carga dos outros pés diminui de 20 N. Se o pé for colocado no outro apóia-braço, o mesmo ocorre com os pés frontal e posterior esquerdo (letra E).
- 2 Mas, o impressionante mesmo, foi o impacto devido ao pulo, letra G. Este foi de uma altura pequena, bem menos que 5 cm e, mesmo assim, o valor de carga transmitido para os pés chegou a 1550 N, ou seja, 310% do valor da carga biomecânica. Dependendo da altura utilizada, este valor tende a ser ainda maior uma vez que esta variável influencia no valor final. É importante prever situações como esta e idealizar coeficientes de segurança coerentes para o correto dimensionamento destes móveis visando absorver este e outros impactos.

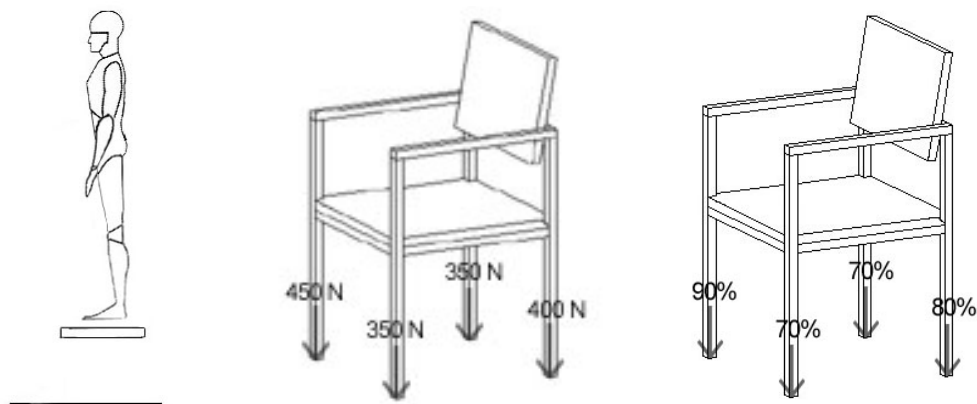


Figura 8.25 Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa pula.

- 3 As travas laterais do assento também sofrem influência deste impacto. Como anteriormente explicado, e através do gráfico 8.19, pode-se perceber claramente que o assento desta cadeira-tipo foi idealizado e funciona como uma placa biapoada quando se trata de cargas 'pontuais' (neste exemplo, uma pessoa que pula no centro da cadeira), pois a quantidade de carga que é transferida para as travas frontal e posterior é pequena (menos da metade) em comparação à que é transmitida para as laterais.

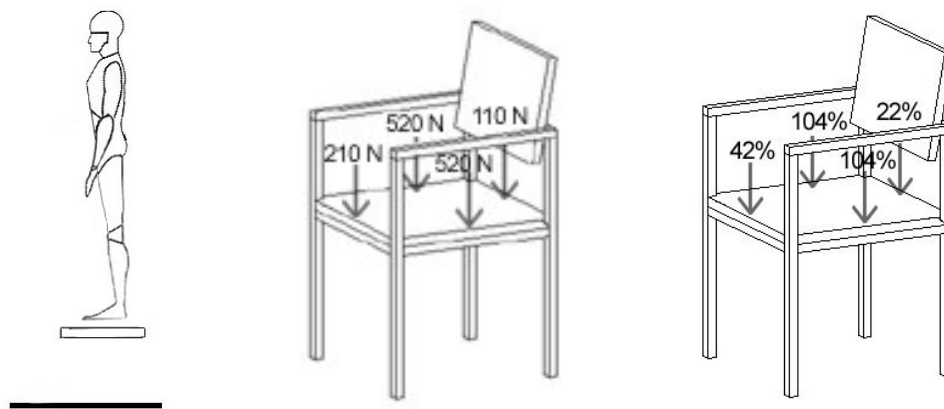


Figura 8.26 Valores de carga nas travas quando a pessoa pula.

- 4 É interessante notar que quando a pessoa pula no assento, o encosto se movimenta, o que resulta na pequena oscilação que aparece no gráfico 8.18.

A tabela a seguir revela os valores máximos das cargas transmitidas para cada elemento estrutural da cadeira-modelo e a postura correspondente.

TABELA 8.9

Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira: rotina 04.

Elemento estrutural	Carga atuante (em N)	Postura	
Pé frontal esquerdo	424,6	G	Pular no assento.
Pé frontal direito	521,8	G	Pular no assento.
Pé posterior esquerdo	521,2	G	Pular no assento.
Pé posterior direito	382,2	G	Pular no assento.
Apóia-braço direito	81,3	C	Apoiar pé no braço direito.
Apóia-braço esquerdo	81,2	E	Apoiar pé no braço esquerdo.
Trava encosto	51,6	G	Pular no assento.
Trava assento frontal	207,9	G	Pular no assento.
Trava assento esquerda	517,0	G	Pular no assento.
Trava assento direita	577,9	G	Pular no assento.
Trava assento posterior	168,6	G	Pular no assento.

8.4.5 ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 05

Verificar o comportamento do apóia-braço, quando este é utilizado como assento, foi o objetivo desta rotina. Como nas anteriores, cada postura foi classificada por uma letra (tab. 8.10) e esta simbologia foi repetida posteriormente nos gráficos de maneira a facilitar o entendimento do processo.

TABELA 8.10

Posições rotina 05 – ensaio preliminar

Simbologia	Postura
A	Início do ensaio. Assentar bruscamente no início do apóia-braço direito.
B	Assentar levemente no início do apóia-braço direito.
C	Assentar bruscamente no meio do apóia-braço direito.
D	Assentar levemente no meio do apóia-braço direito.
E	Levantar as duas pernas.
F	Levantar do apóia-braço.
G	Assentar bruscamente no início do apóia-braço esquerdo.
H	Assentar levemente no início do apóia-braço esquerdo.
I	Assentar bruscamente no meio do apóia-braço esquerdo.
J	Assentar levemente no meio do apóia-braço esquerdo.
K	Levantar as duas pernas.
L	Levantar do apóia-braço, fim do ensaio.

A variação de carregamento ocorrida em cada parte da estrutura da cadeira em função do tempo pode ser percebida através dos gráficos 8.21, 8.22, 8.23, 8.24 e 8.25 apresentados a seguir. Este ensaio preliminar teve a duração de 1 minuto e 23,140 segundos e, como nos outros ensaios preliminares, a carga biomecânica foi de 500 N.

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 05

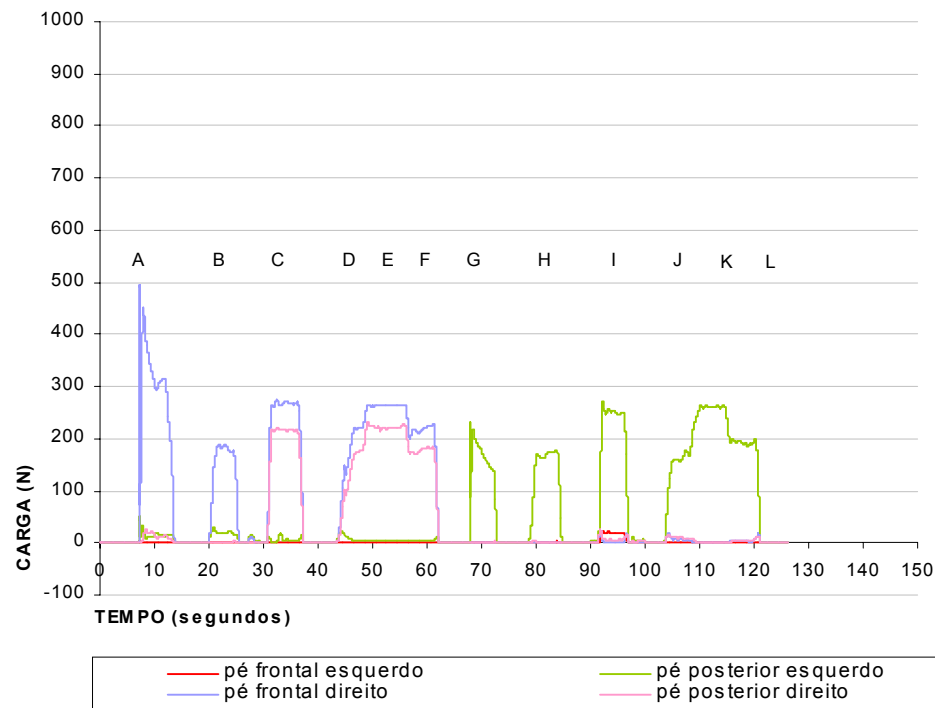


Gráfico 8.21 Distribuição da carga biomecânica nos pés da cadeira-tipo: rotina 5

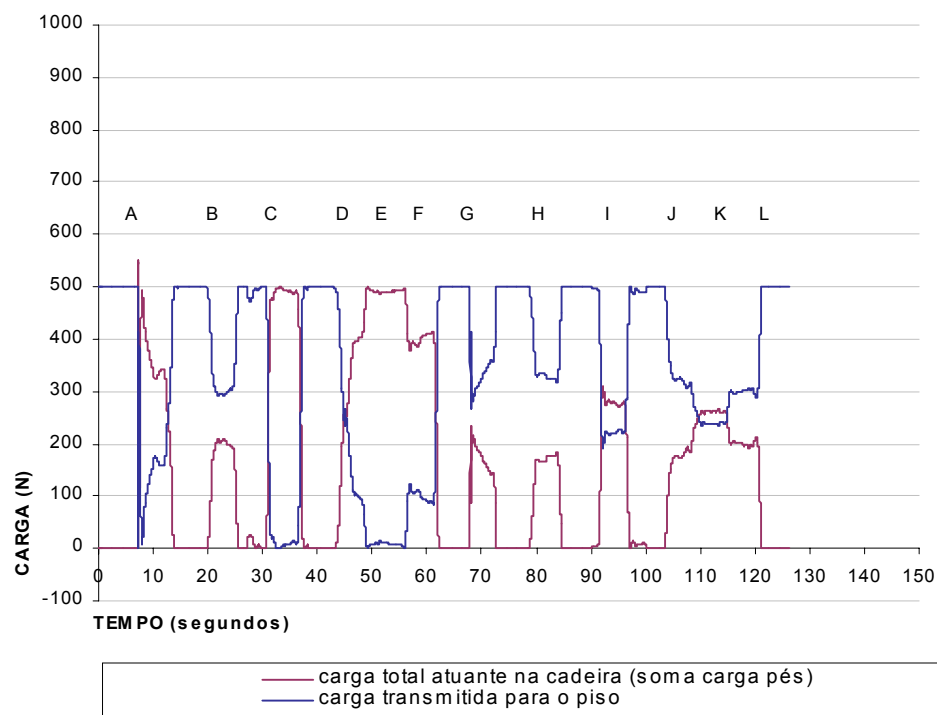
ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 05

Gráfico 8.22 Carga total atuante na cadeira-tipo devido à soma das cargas dos pés: rotina 5

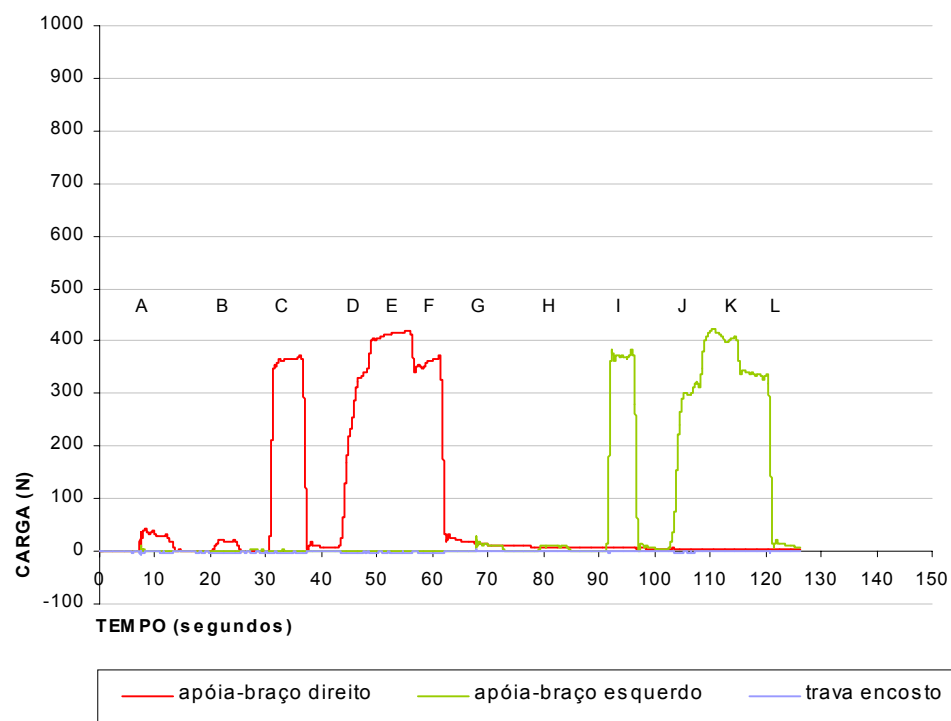
ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 05

Gráfico 8.23 Distribuição da carga nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: rotina 5

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 05

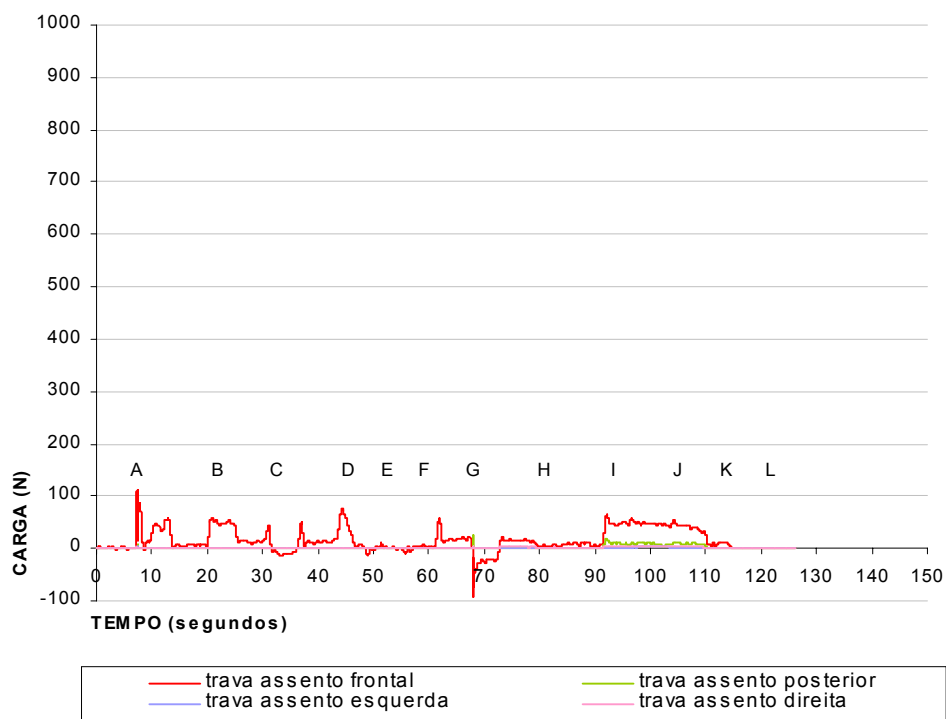


Gráfico 8.24 Distribuição da carga nas travas do assento da cadeira-tipo: rotina 5

ENSAIO PRELIMINAR - ROTINA 05

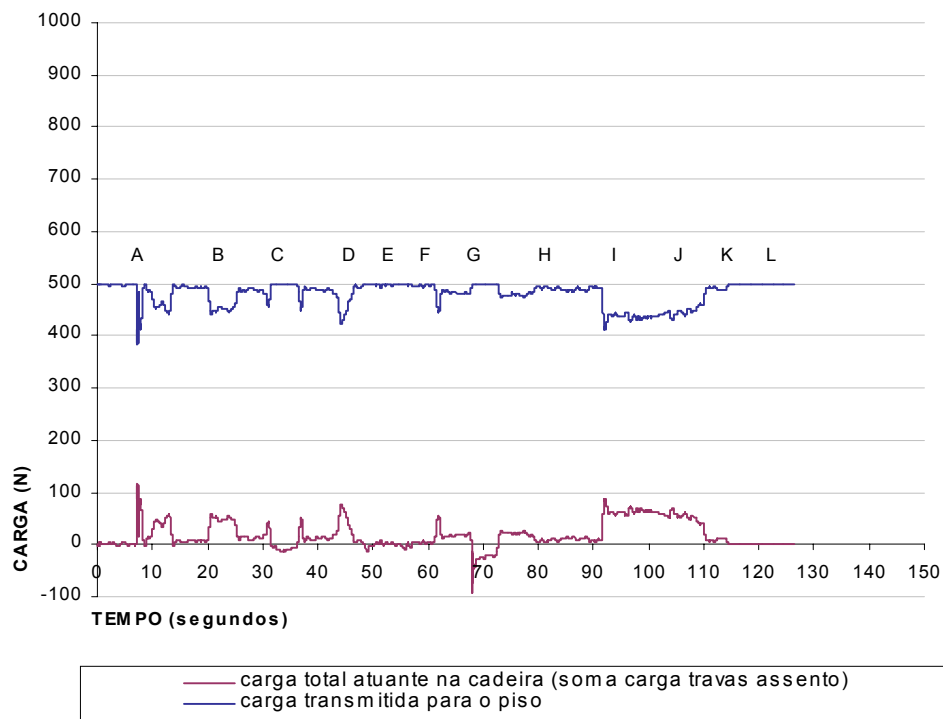


Gráfico 8.25 Carga total atuante na cadeira devido à soma das cargas das travas: rotina 5

Através da análise destes gráficos, pode-se concluir que:

- 1 Como na rotina anterior, a consequência do impacto de se assentar bruscamente no apóia-braço pode ser avaliada. Ao se comparar as letras A e B ou G e H, percebe-se que os valores de impacto transmitidos para os pés são aproximadamente 2,0 vezes maiores do que em uma situação comum ou utilização normal do móvel.
- 2 Percebe-se também que ao se assentar com os pés levantados, a pessoa está transferindo 100% do seu peso para os dois pés da cadeira, o que significa teoricamente que cada pé recebe 250 N. Na realidade, a pessoa não estava assentada no meio do apóia-braço, e sim o mais próximo da parte inicial, fato que pode ser comprovado através do gráfico 8.21, letra E. O mesmo aconteceu quando a pessoa assentou-se no outro apóia-braço.

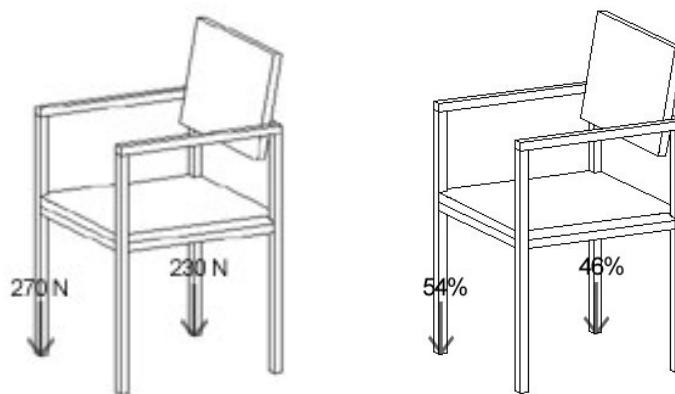


Figura 8.27 Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa assenta no apóia-braço direito.

- 3 Nesta mesma situação, o apóia-braço não recebe todo este valor, somente cerca de 80% do peso da pessoa é transmitido para este elemento, o que pode ser explicado devido ao peso das pernas não ser uma carga centrada o que provoca uma torção nesta peça.

- 4 As travas do assento e a do encosto quase que não são utilizadas nesta rotina pelo próprio objetivo desta que era de analisar apenas o comportamento dos apóia-braços. Entretanto, verifica-se um pequeno valor de carga na trava frontal, algumas vezes positivo e outras negativo. Isto ocorre devido ao fato desta peça funcionar como travamento dos pés, impedindo-os de flambarem ao receberem a carga dos apóia-braços.

A tabela a seguir (tab.8.11) revela os valores máximos das cargas transmitidas para cada elemento estrutural da cadeira-modelo e a postura correspondente.

TABELA 8.11

Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira: rotina 05.

Elemento estrutural	Carga atuante (em N)	Postura	
Pé frontal esquerdo	273,1	I	Impacto assentar no meio do apóia-braço esquerdo.
Pé frontal direito	496,2	A	Impacto assentar no início do apóia-braço direito.
Pé posterior esquerdo	238,7	J	Assentar / levantar do apóia-braço esquerdo.
Pé posterior direito	230,2	D	Assentar / levantar do apóia-braço direito.
Apóia-braço direito	420,4	F	Assentar / levantar do apóia-braço direito.
Apóia-braço esquerdo	423,0	J	Assentar / levantar do apóia-braço esquerdo.
Trava encosto	valor insignificante	-	-
Trava assento frontal	112,7	A	Impacto assentar no início do apóia-braço direito.
Trava assento esquerda	valor insignificante	-	-
Trava assento direita	valor insignificante	-	-
Trava assento posterior	24,7	G	Impacto assentar no início do apóia-braço esquerdo.

8.4.6 CONCLUSÕES PRELIMINARES

Nas rotinas apresentadas não foram verificadas as posições nas quais a pessoa ‘arrasta’ a cadeira para frente, para trás ou para qualquer um dos lados por se acreditar que estas posturas poderiam afetar o desempenho das células de carga localizadas nos pés da cadeira. A posição na qual a pessoa assenta ao contrário, ou seja, utiliza o encosto como apoio para os braços também foi evitada, pois o próprio desenho deste móvel-tipo não possibilita este tipo de postura.

Como consequência inicial destes ensaios preliminares, foi montada uma tabela comparativa de todos os valores máximos apresentados que tem como objetivo avaliar quais as posições que provocam as maiores cargas na estrutura da cadeira, para que desta seja montada a rotina dos ensaios finais.

TABELA 8.12

Valores máximos de carga atuante nos elementos estruturais da cadeira.

Elemento estrutural	Carga atuante (em N)	Rotina	Postura
Pé frontal esquerdo	437,0	2	Impacto assentar no meio do assento sem apoiar braços.
Pé frontal direito	530,6	2	Impacto assentar no meio do assento sem apoiar braços.
Pé posterior esquerdo	521,2	2	Reclinar a cadeira.
Pé posterior direito	382,2	4	Pular no assento.
Apóia-braço direito	420,4	5	Assentar / levantar do apóia-braço.
Apóia-braço esquerdo	423,0	5	Assentar / levantar do apóia-braço.
Trava encosto	271,0	2	Reclinar a cadeira.
Trava assento frontal	907,8	2	Impacto assentar na frente do assento sem apoiar braços.
Trava assento esquerda	517,0	4	Pular no assento.
Trava assento direita	577,9	4	Pular no assento.
Trava assento posterior	168,6	4	Pular no assento.

Avaliando então a tabela acima, percebe-se que as posições que mais solicitam a estrutura de uma cadeira são provenientes do uso indevido ou não-funcional deste móvel: assentar bruscamente, reclinar a cadeira, pular no assento e assentar no apóia-braço. E a consequência direta destes resultados é a tabela 8.13 que apresenta a rotina do ensaio final com as posturas que mais solicitaram a estrutura da cadeira-modelo. Como nos ensaio preliminares, cada uma destas posições é detalhada e classificada por uma letra e esta simbologia foi repetida posteriormente nos gráficos de maneira a facilitar o entendimento do processo.

TABELA 8.13

Posições ensaio final

Simbologia	Postura
A	Início do ensaio. Assentar bruscamente na parte frontal do assento sem apoiar braços.
B	Levantar da cadeira.
C	Assentar bruscamente no meio do assento sem apoiar braços.
D	Levantar as pernas.
E	Reclinar a cadeira até que os pés frontais estejam a menos de 5 cm do chão.
F	Voltar levemente - posição inicial: assentada postura ereta.
G	Levantar da cadeira.
H	Assentar bruscamente no meio do apóia-braço direito.
I	Levantar as pernas.
J	Levantar do apóia-braço.
K	Assentar bruscamente no meio do apóia-braço esquerdo.
L	Levantar as pernas.
M	Levantar do apóia-braço.
N	Subir na cadeira e ficar em pé no meio do assento.
O	Pular no assento.
P	Descer da cadeira, fim do ensaio.

Foram realizados quatro ensaios finais com duas cargas biomecânicas distintas, uma de 500 N, como nos ensaios preliminares, e a outra de 840 N.

Esta variação de peso foi adotada para possibilitar a comparação entre os diversos usuários de cadeiras. Uma terceira pessoa, pesando 1000 N, seria convidada a participar, mas como os resultados comparativos dos primeiros ensaios apresentaram valores muito próximos, esta hipótese foi descartada.

Com cada carga biomecânica, foram executados dois ensaios: no primeiro a cadeira possuía os pés nivelados e, no segundo, esta se apresentava bem desnivelada. Esta variação teve como objetivo principal a visualização da interferência deste fenômeno na distribuição das cargas na estrutura deste móvel.

Os dados adquiridos após cada ensaio foram também tratados numa planilha eletrônica, ilustrando assim a variação de carregamento ocorrida em função do tempo. Estes gráficos possuem as mesmas escalas vertical e horizontal, possibilitando assim a comparação mais rápida entre os diversos ensaios realizados.

9 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Através dos gráficos obtidos nos ensaios finais, foi possível verificar as conclusões obtidas nas avaliações dos resultados preliminares e também analisar a influência do efeito do desnivelamento na distribuição de carga na estrutura da cadeira analisada. Inicialmente, as conclusões devido à aplicação de diversas cargas serão apresentadas (ensaios 1, com carga biomecânica de 840 N e ensaio 2, com carga biomecânica de 500 N) e posteriormente a análise do desnivelamento (ensaio 3, com carga biomecânica de 840 N e ensaio 4, com carga biomecânica de 500 N) será comentada.

É interessante explicar que nesta fase da dissertação serão somente apresentados os gráficos de tempo x porcentagem de carga, para facilitar a comparação entre a influência da diferença entre pesos das duas pessoas utilizadas como carga biomecânica.

Inicialmente será analisado o que ocorre nos pés da cadeira durante toda a rotina de ensaio e, para tanto, são necessários os gráficos 9.1, 9.2, 9.3 e 9.4. Após esta verificação, será avaliada a estrutura dos apóia-braços e trava do encosto e, por fim, as travas do assento.

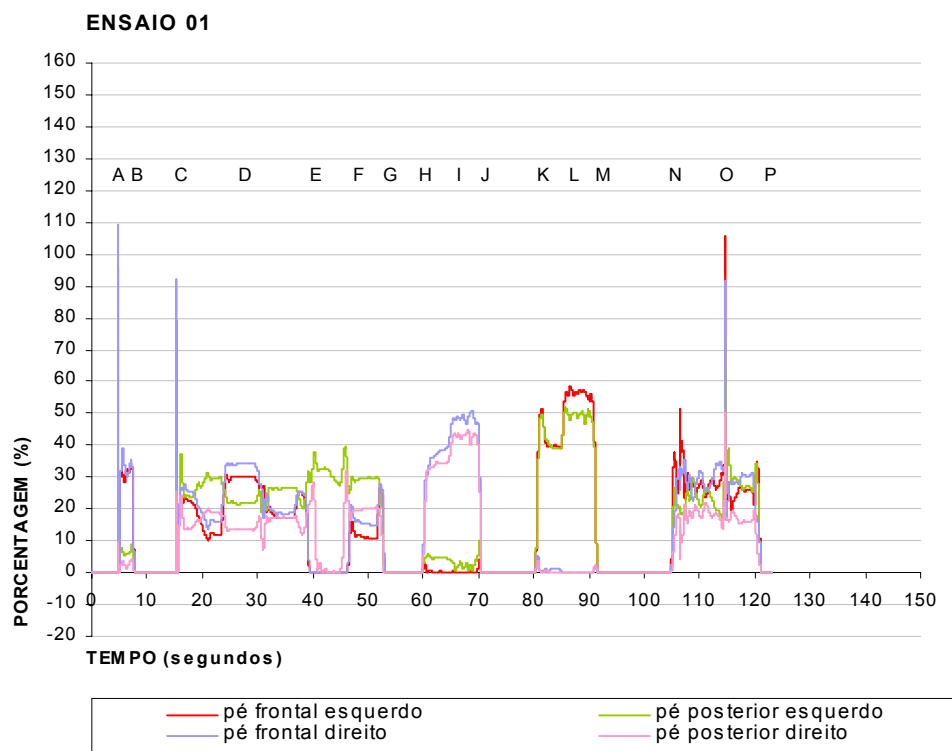


Gráfico 9.1 Distribuição nos pés da cadeira-tipo: ensaio 1

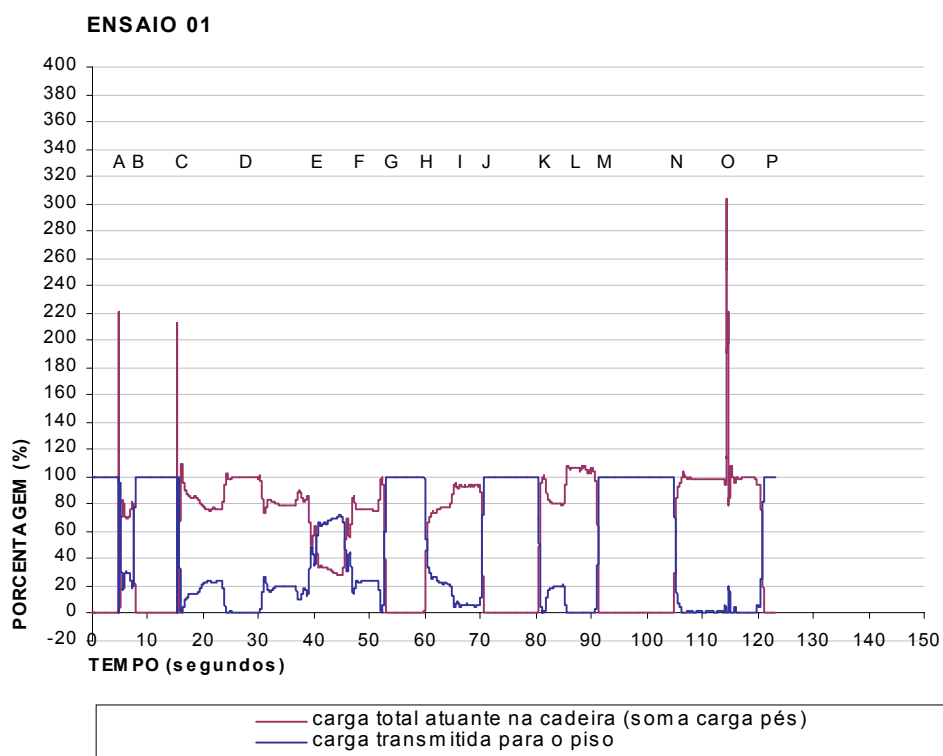


Gráfico 9.2 Total atuante na cadeira devido à soma das porcentagens dos pés: ensaio 1

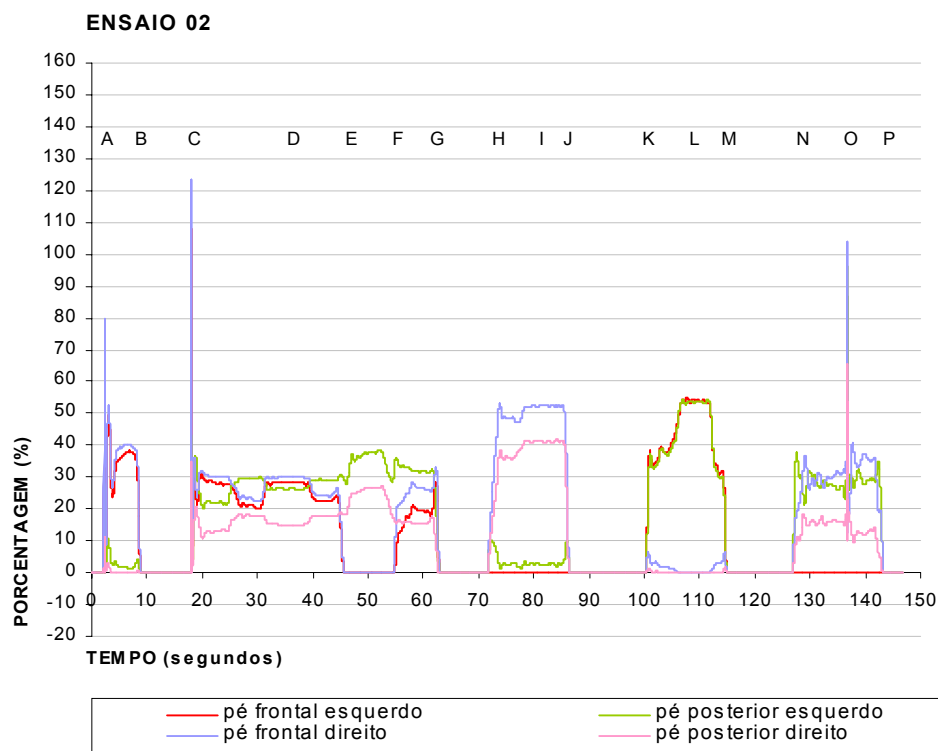


Gráfico 9.3 Distribuição nos pés da cadeira-tipo: ensaio 2

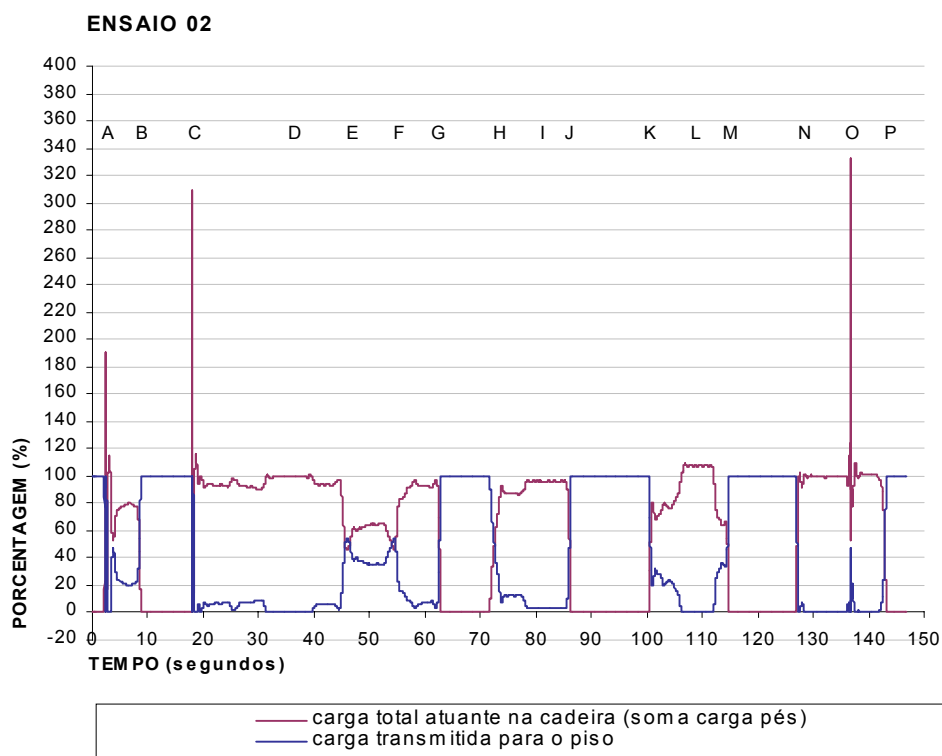


Gráfico 9.4 Total atuante na cadeira devido à soma das porcentagens dos pés: ensaio 2

As posições A e C ilustram a influência do impacto de se assentar bruscamente em uma cadeira. A carga de impacto, transmitida aos pés da cadeira apresenta valores diferentes devido ao fato desta depender da altura com a qual a pessoa se 'joga' na cadeira. Numericamente, este fato pode ser percebido através das figuras 9.1, 9.2, 9.3 e 9.4.

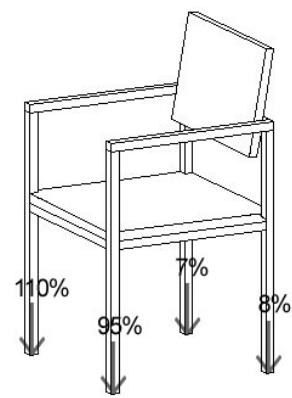


Figura 9.1 Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no início do assento:
ensaio 1

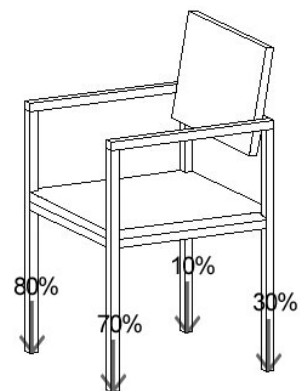


Figura 9.2 Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no início do assento:
ensaio 2

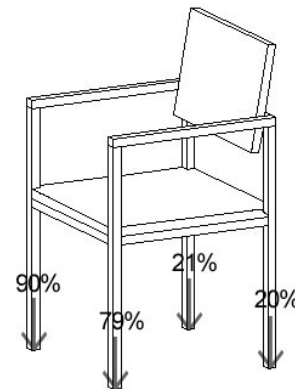


Figura 9.3 Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no meio do assento:
ensaio 1

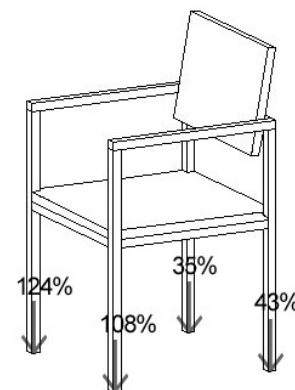


Figura 9.4 Valores de carga nos pés devido ao assentar bruscamente no meio do assento:
ensaio 2

Ao levantar as duas pernas, posição D, percebe-se um aumento da porcentagem de carga transmitida para os pés frontais e uma diminuição do valor transmitido para os pés posteriores. Desta maneira e como era de se esperar, a soma total da carga transmitida para os pés equivale a 100% do peso da carga biomecânica.

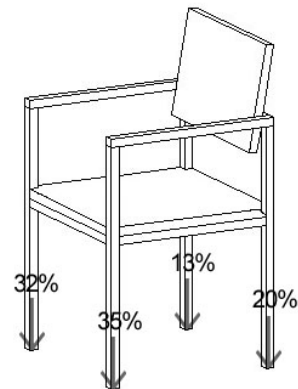


Figura 9.5 Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa levanta os pés: ensaio 1

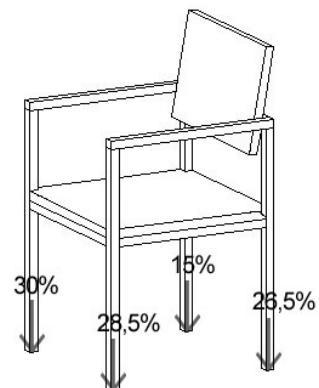


Figura 9.6 Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa levanta os pés: ensaio 2

No trecho DE, pode-se verificar que a carga transmitida para os pés, quando uma pessoa senta estável com postura ereta, apoiando os braços e o encosto, pode variar entre 75 a 95% do valor total do seu peso, sendo que este valor depende somente do local e da maneira que esta está assentada.

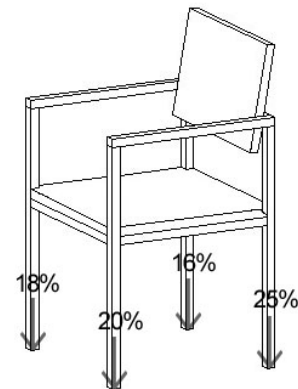


Figura 9.7 Valores nos pés da cadeira quando adotada a postura reta: ensaio 1

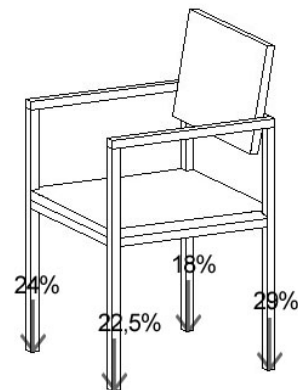


Figura 9.8 Valores nos pés da cadeira quando adotada a postura reta: ensaio 2

Na letra E, quando a pessoa reclina a cadeira, percebe-se um aumento de mais ou menos 10% no valor da carga transmitida para os pés posteriores. Dependendo do ângulo de inclinação, este número tende a aumentar proporcionalmente. Nestes ensaios, os pés frontais foram elevados de menos de 5 cm do chão. Entretanto, pode-se perceber no gráfico do ensaio 1 que a pessoa reclina a cadeira de tal maneira que somente um dos pés da cadeira está atuante. O resto do peso do corpo foi transmitido para os pés da pessoa (esforço vertical) e para a trava do encosto (esforço horizontal).

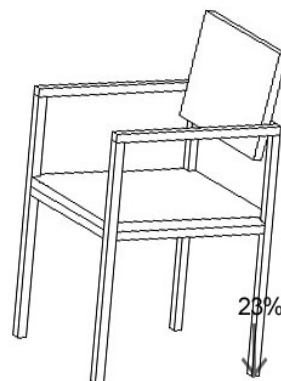


Figura 9.9 Valores nos pés da cadeira quando esta foi reclinada: ensaio 1

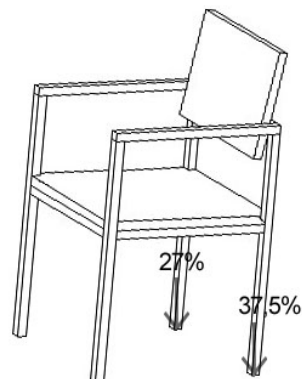


Figura 9.10 Valores nos pés da cadeira quando esta foi reclinada: ensaio 2

Através dos ensaios preliminares, foi percebido que ao se assentar no apóia-braço com os pés levantados, posição I, a pessoa estará transferindo 100% do seu peso para os dois pés da cadeira. Entretanto, nestes ensaios, verificou-se valores diferentes deste inicial que variam entre 95% para a posição I e 105% para a posição L no ensaio 1 e entre 95% para a posição I e 110% para a posição L no ensaio 2.

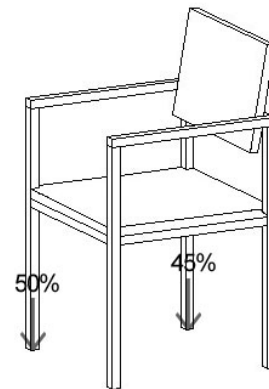


Figura 9.11 Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa assenta no apóia-braço direito com os pés levantados: ensaio 1

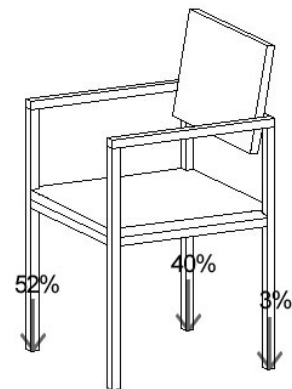


Figura 9.12 Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa assenta no apóia-braço direito com os pés levantados: ensaio 2

Acredita-se que estes valores diferiram do inicial por esta posição ter sido realizada após várias outras que devem ter provocado algum movimento ou alteração no balanceamento das células de carga dos pés. Este fato demonstra que a situação ideal de ensaio seria aquela em que cada postura ou posição seria analisada separadamente e que após a realização de cada uma, a cadeira deveria ser novamente nivelada e as células balanceadas para não ocorrer alterações nas leituras. Esta conclusão pode ser verificada através dos

gráficos 9.5 e 9.6 produzidos após a repetição desta posição. Pode-se perceber, então, que a pessoa quando assentada nos apóia-braços transfere 100% do seu peso para os dois pés da cadeira. Neste exemplo a carga biomecânica é de 500 N e pelo gráfico verificam-se três posições distintas: a letra A corresponde ao início do ensaio e neste caso a pessoa estava assentada no apóia-braço, a letra B corresponde ao momento em que está levantou suas pernas e a letra C identifica o fim do ensaio.

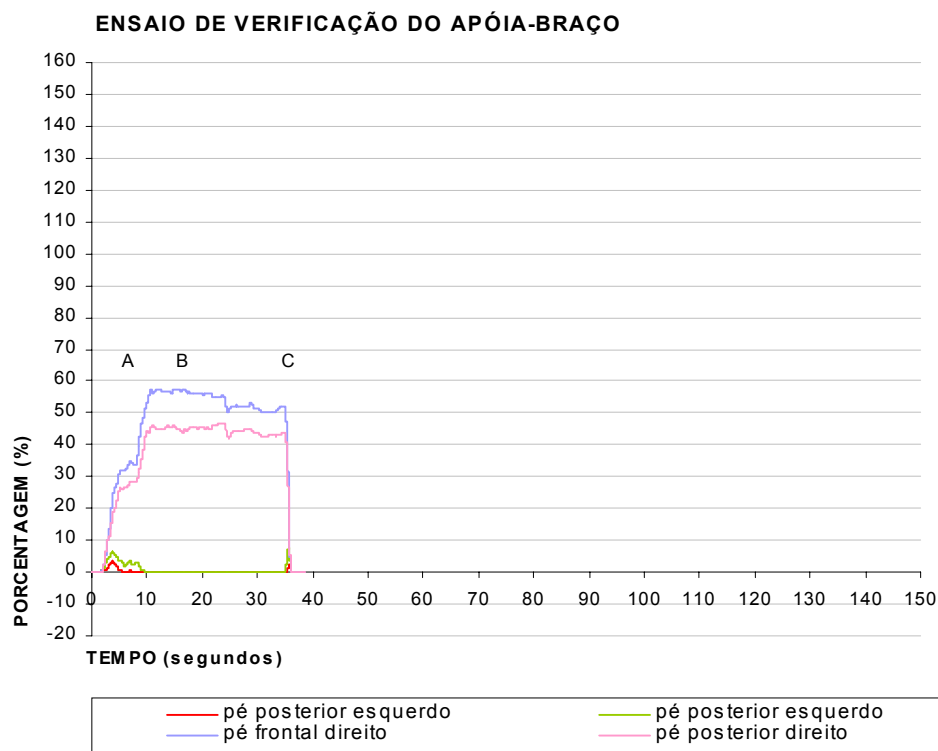


Gráfico 9.5 Distribuição nos pés da cadeira-tipo: ensaio de verificação dos valores obtidos na posição I e L

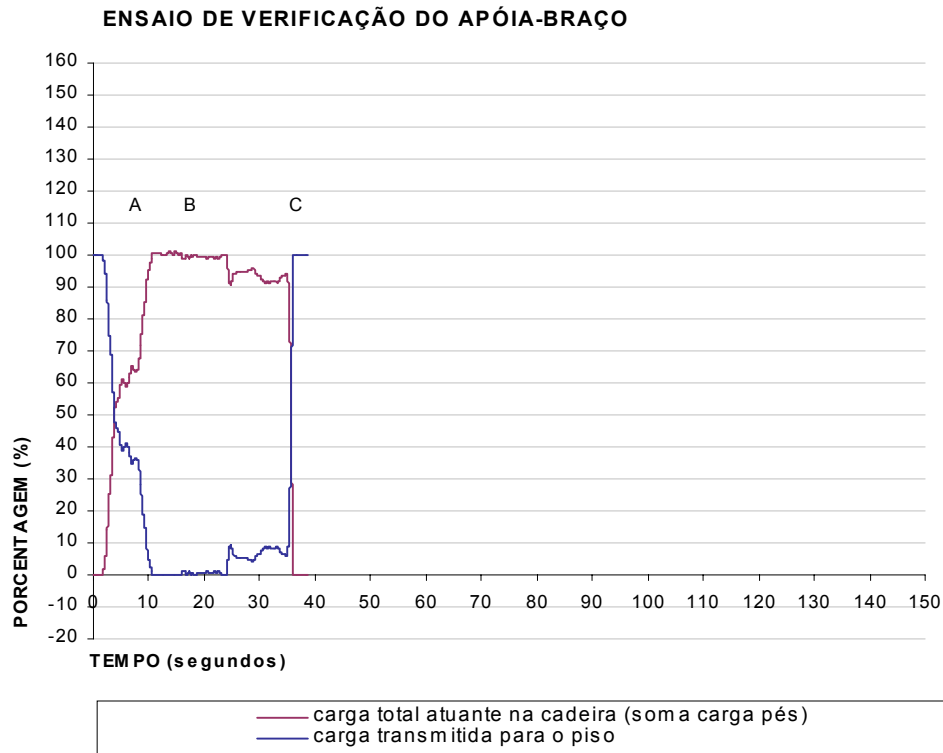


Gráfico 9.6 Porcentagem total nos pés da cadeira-tipo: ensaio de verificação dos valores obtidos na posição I e L

Os valores obtidos devido ao impacto do pulo, letra O, são diferentes uma vez que a altura utilizada não foi a mesma. Como já explicado, dependendo da altura do pulo, o valor tende a ser diferente uma vez que esta variável influencia o valor final.

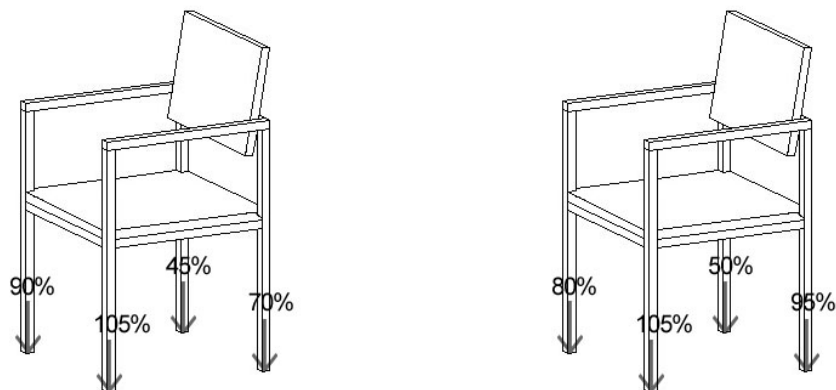


Figura 9.13 Valores de carga nos pés da cadeira quando a pessoa pula: ensaio 1 e 2

Para conseguir entender e até prever o que acontece na estrutura de uma cadeira quando uma pessoa pula no seu assento e, conseqüentemente, a influência desta altura, foi realizado o seguinte ensaio: jogou-se no centro do assento, de diversas alturas, uma esfera de concreto revestida de borracha, pesando 42,7 N. A deformação do assento foi lida através de um transdutor de deslocamento (DT) da marca TML, com curso de 20 mm, que foi locado no centro do assento, embaixo da cadeira. Através dos valores lidos pelo DT foi possível desenvolver o gráfico 9.7 que mostra que a relação entre o deslocamento e o valor da carga de impacto (em porcentagem) é linear e a partir da soma dos valores obtidos nos pés da cadeira-modelo foi desenvolvido o gráfico 9.8 que relaciona os valores de carga do impacto (também em porcentagem) com a raiz quadrada da altura.

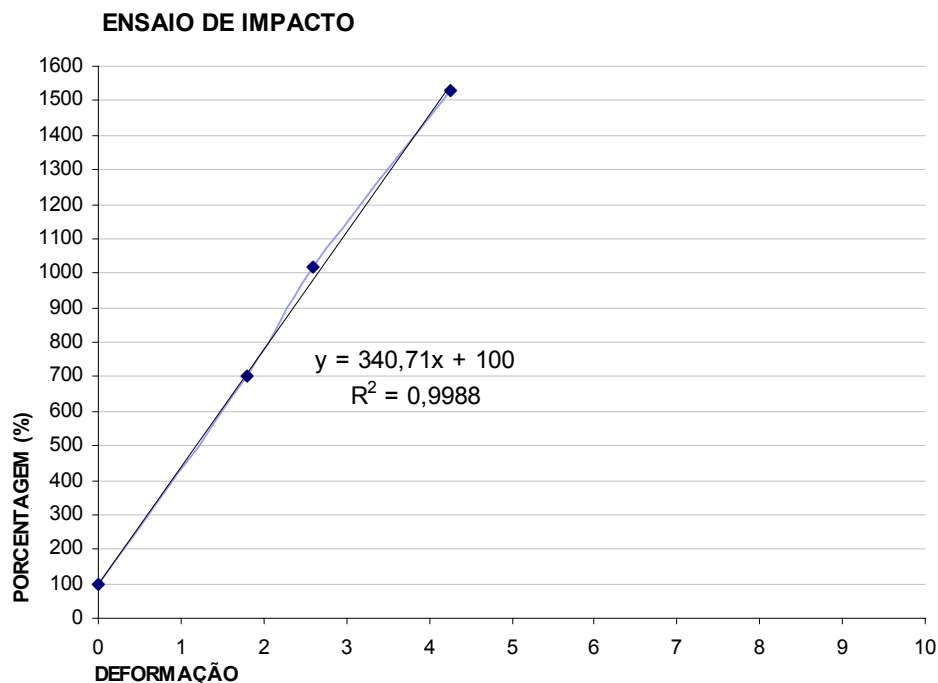


Gráfico 9.7 Relação entre porcentagem de carga e deformação

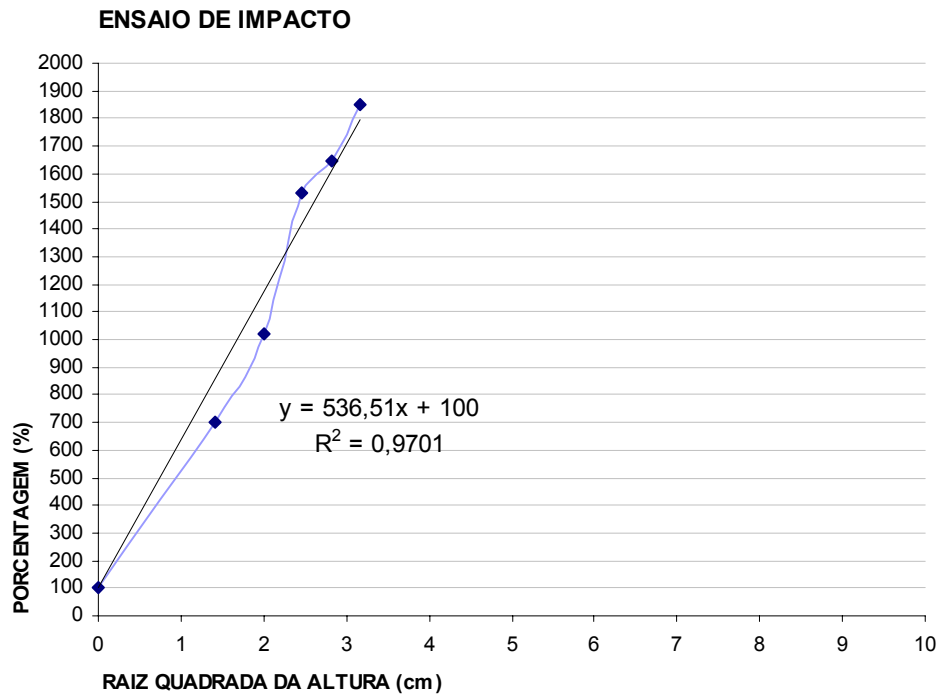


Gráfico 9.8 Relação entre percentual de carga e raiz quadrada da altura

Através destes gráficos e da Lei de Conservação de Energia percebe-se que dimensionalmente a porcentagem da carga de impacto tem variação linear com a raiz quadrada da altura (h), como demonstra a seguinte equação:

$$F = 100 + 536,51 \cdot \sqrt{h} \quad (1)$$

Esta equação tornará possível a análise das cargas de impacto que podem ocorrer em cadeiras e será utilizada posteriormente na comparação entre este estudo, o proposto por Eckelman (1993) e o sugerido pela norma brasileira NBR 14110/98.

Para a análise da distribuição de carga nos apóia-braços e trava do encosto, são necessários os gráficos 9.9 e 9.10 que, conforme explicação anterior, foram feitos em função da porcentagem de carga biomecânica.

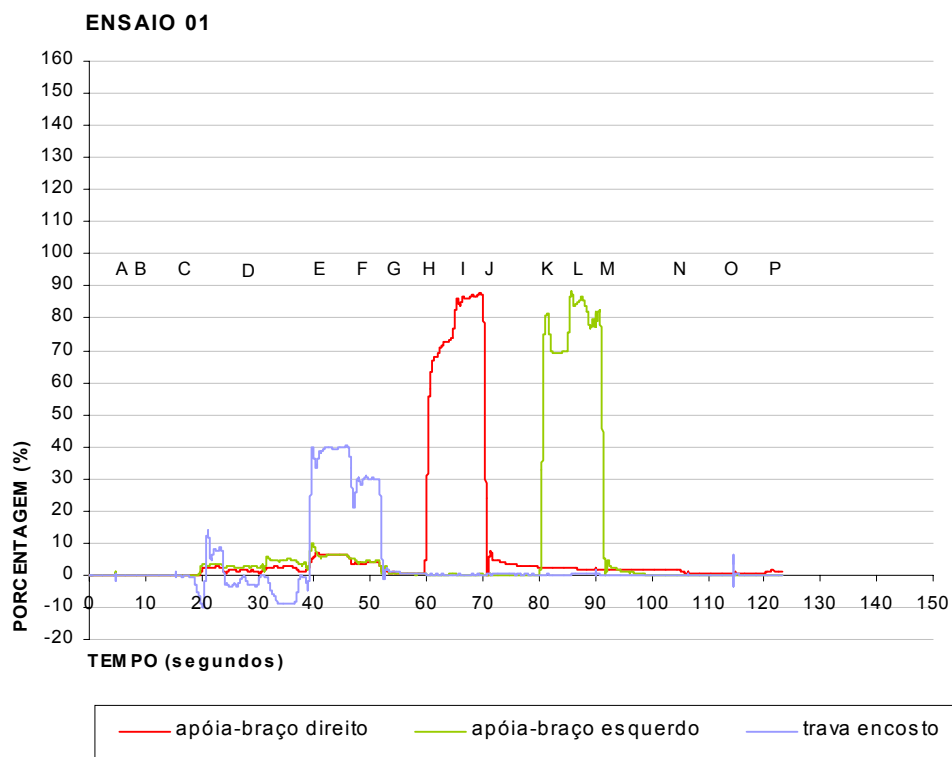


Gráfico 9.9 Distribuição nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: ensaio 1

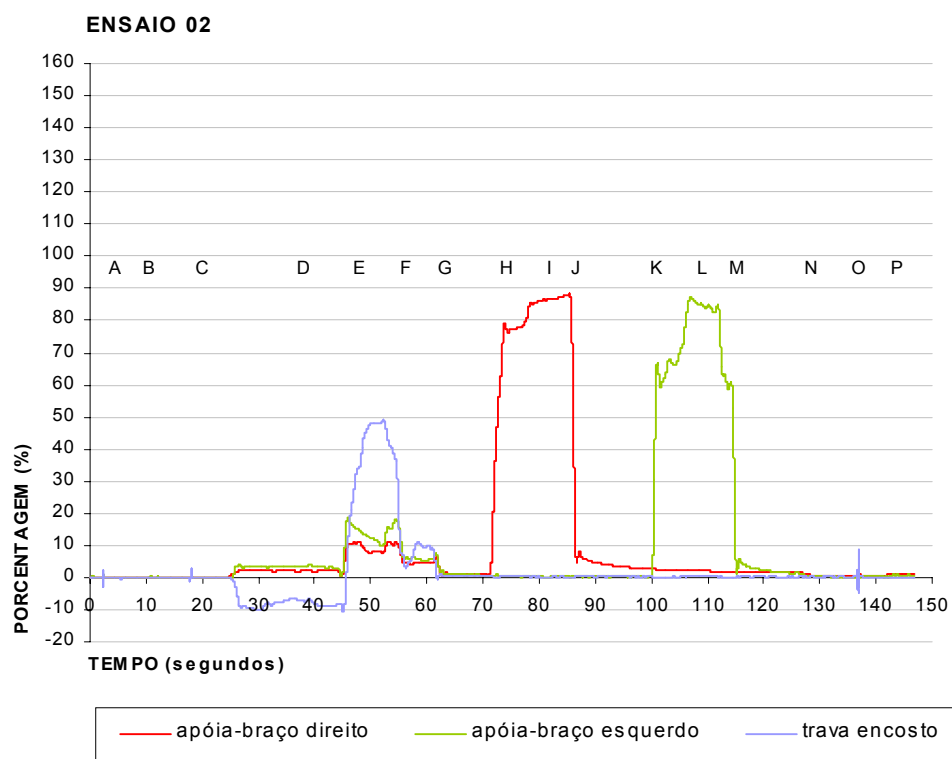


Gráfico 9.10 Distribuição nos apóia-braços e encosto da cadeira-tipo: ensaio 2

Como até a posição C o encosto e os apóia-braços não haviam sido utilizados, estes apresentam valor zero. A partir deste ponto, a postura adotada utiliza destes três elementos, e então, percebe-se a mesma situação analisada nas rotinas preliminares, entre 5 e 10% em cada apóia-braço e carga negativa na trava do encosto devido à torção.

A posição E é a que acarreta o maior valor de carga na trava do encosto. Os valores obtidos no ensaio 1 e 2 podem ser verificados nas figuras 9.14 e 9.15. A diferença entre estes dados é em função do ângulo de inclinação da cadeira, pois quanto maior este valor maior será a carga transferida para a trava do encosto.

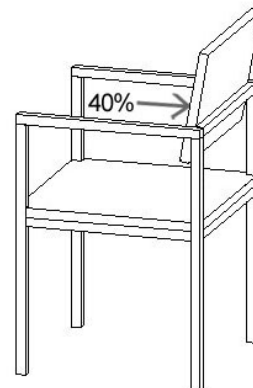


Figura 9.14 Valores de carga na trava do encosto ao se reclinar a cadeira: ensaio 1

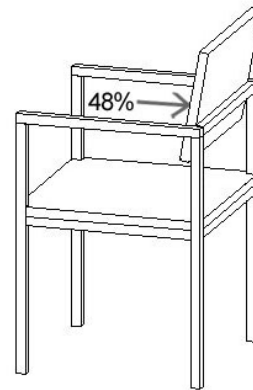


Figura 9.15 Valores de carga na trava do encosto ao se reclinar a cadeira: ensaio 2

Nas posições I e L, o apóia-braço recebe somente cerca de 80% a 90% do peso da pessoa. Esta situação foi também analisada nos ensaios preliminares e acontece devido ao fato de que o peso das pernas não é uma carga centrada, provocando uma torção nesta peça.

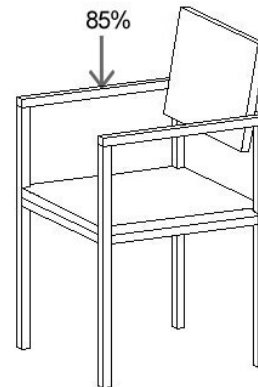


Figura 9.16 Valores no apóia-braço direito quando a pessoa o usa de assento: ensaio 1

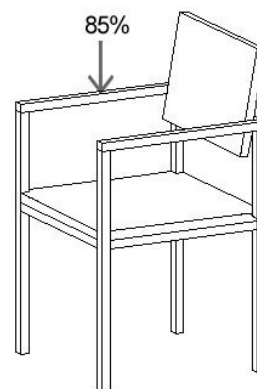


Figura 9.17 Valores no apóia-braço direito quando a pessoa o usa de assento: ensaio 2

E, por fim, para analisar a distribuição de carga nas travas do assento, apresenta-se os gráficos 9.11, 9.12, 9.13 e 9.14.

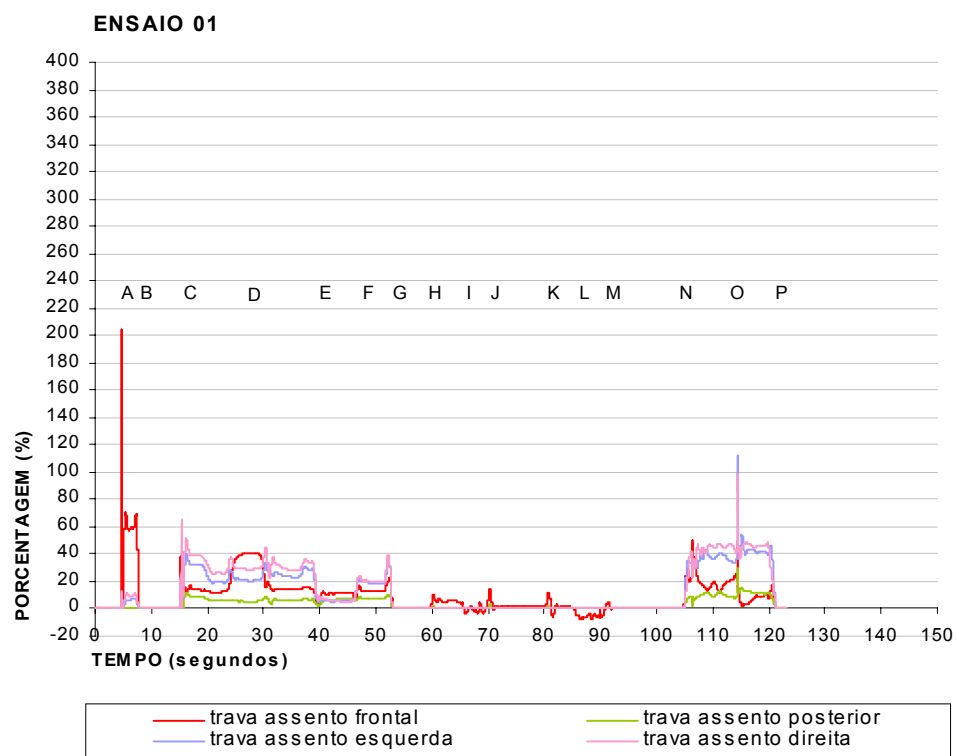


Gráfico 9.11 Distribuição nas travas do assento da cadeira-tipo: ensaio 1

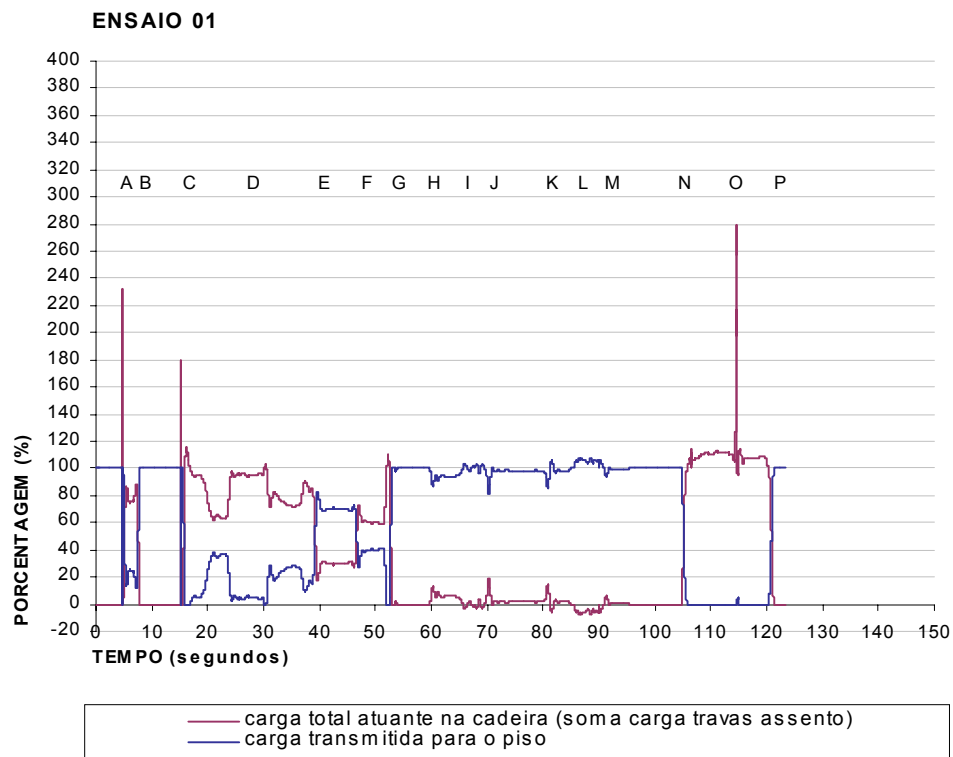


Gráfico 9.12 Total atuante nas travas do assento: ensaio 1

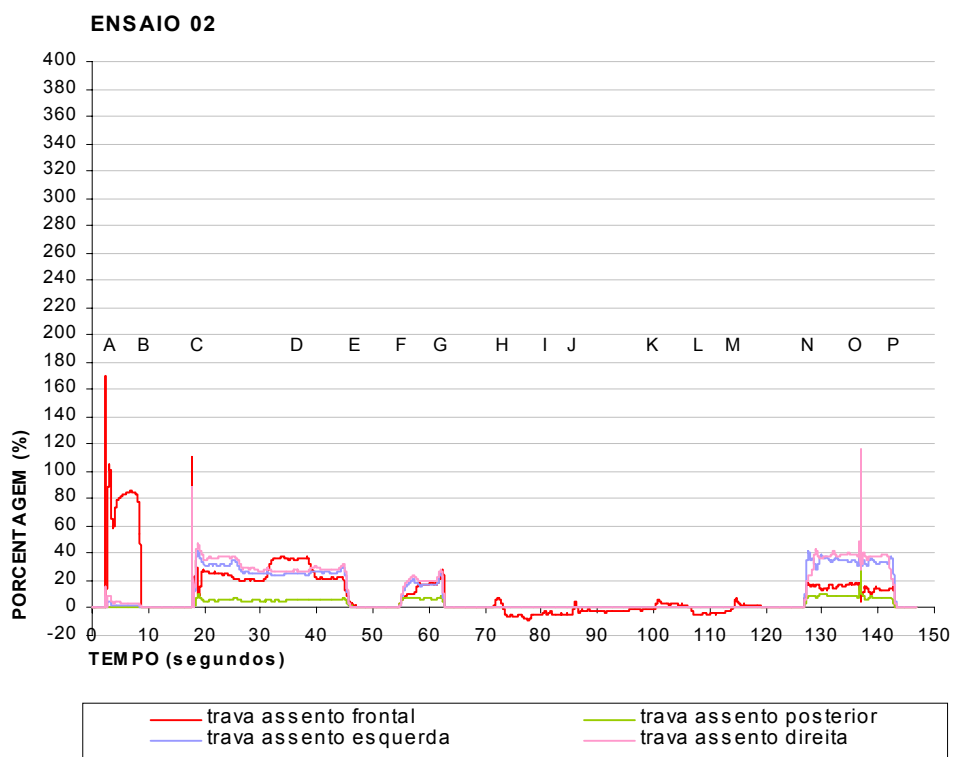


Gráfico 9.13 Distribuição nas travas do assento da cadeira-tipo: ensaio 2

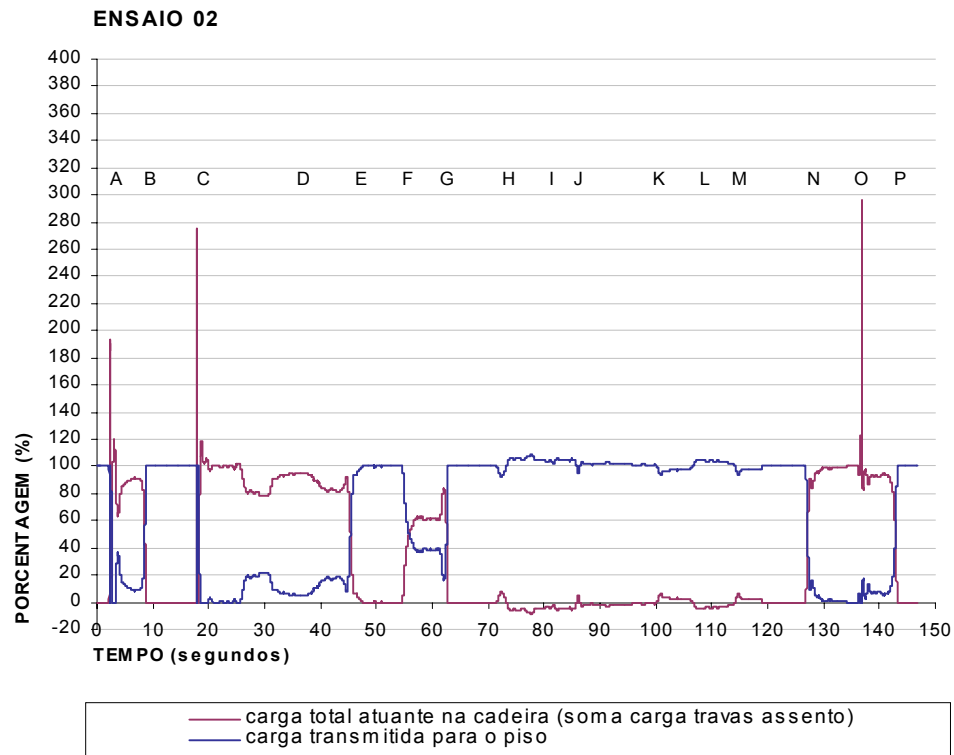


Gráfico 9.14 Total atuante nas travas do assento: ensaio 2

De acordo com os gráficos 9.11 e 9.13, consegue-se perceber que no primeiro impacto, a carga é praticamente toda transmitida para a trava frontal, posição A. Ao se assentar bruscamente no meio, posição B, verifica-se que o valor do impacto é distribuído para a trava frontal, para as travas laterais e a trava posterior recebe uma porcentagem menor.

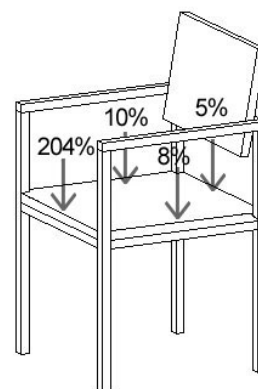


Figura 9.18 Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no início do assento:
ensaio1

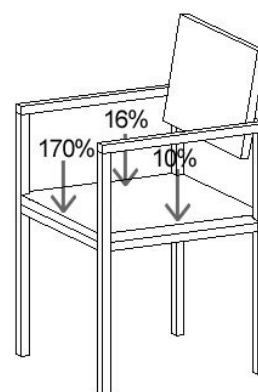


Figura 9.19 Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no início do assento:
ensaio2

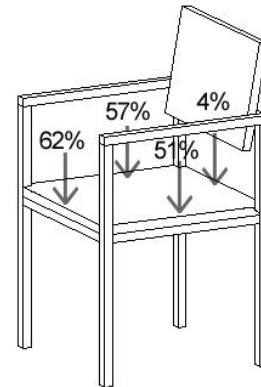


Figura 9.20 Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no meio do assento:
ensaio1

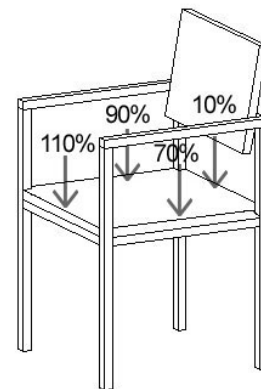


Figura 9.21 Valores de carga nas travas por assentar bruscamente no meio do assento:
ensaio2

Logo após a posição C, quando a pessoa se encontra assentada, estável e com postura ereta, os valores são distribuídos como mostram as figuras abaixo. Os valores diferem em função do local e da maneira como foi o assentar.

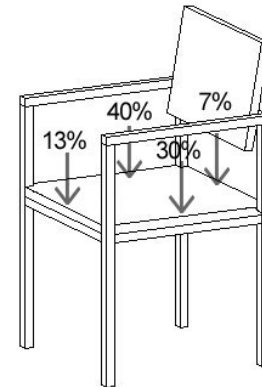


Figura 9.22 Valores de carga nas travas quando a pessoa adota postura ereta: ensaio 1

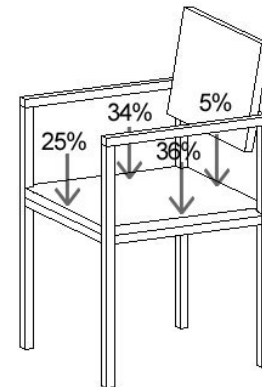


Figura 9.23 Valores de carga nas travas quando a pessoa adota postura ereta: ensaio 2

Na posição D, as travas do assento não recebem 100% do peso da pessoa, este valor oscila entre 90 e 95% deste total, devido ao fato do peso das pernas ser uma carga vertical fora do eixo da trava frontal, o que provoca nesta uma torção.

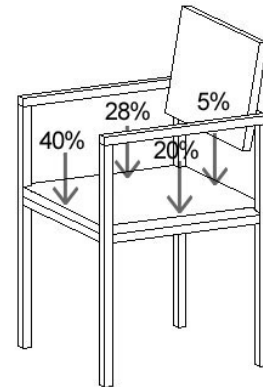


Figura 9.24 Valores de carga nas travas do assento quando a pessoa levanta os dois pés:
ensaio 1

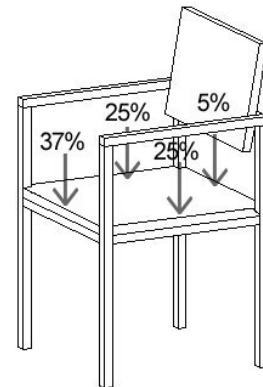


Figura 9.25 Valores de carga nas travas do assento quando a pessoa levanta os dois pés:
ensaio 2

As travas laterais do assento sofrem influência do impacto ao se pular no assento, posição O. Como já explicado, pode-se perceber claramente que o assento desta cadeira-tipo foi idealizado e funciona como uma placa biapoiada quando se trata de cargas 'pontuais' (neste exemplo, uma pessoa que pula no centro da cadeira), pois a quantidade de carga que é transferida para as travas frontal e posterior é menor do que a transmitida para as laterais.

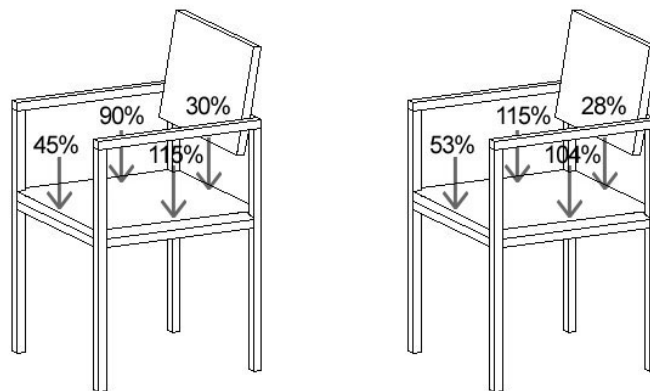


Figura 9.26 Valores de carga nas travas quando a pessoa pula: ensaio 1 e 2

Todas estas conclusões foram obtidas através da análise da cadeira nivelada, ensaios 1 e 2. Para verificar a influência do efeito do desnivelamento na distribuição de carga na estrutura da cadeira foram realizados os ensaios 3 e 4, com a carga biomecânica de 840 N e 500 N respectivamente.

Como era de se esperar, o fato da cadeira estar desnivelada interfere apenas nos resultados lidos nos gráficos que ilustram os pés, não tendo consequência direta nos valores dos apoia-braços, trava do encosto e assento. Sendo assim, apresentam-se os gráficos 9.15, 9.16, 9.17 e 9.18.

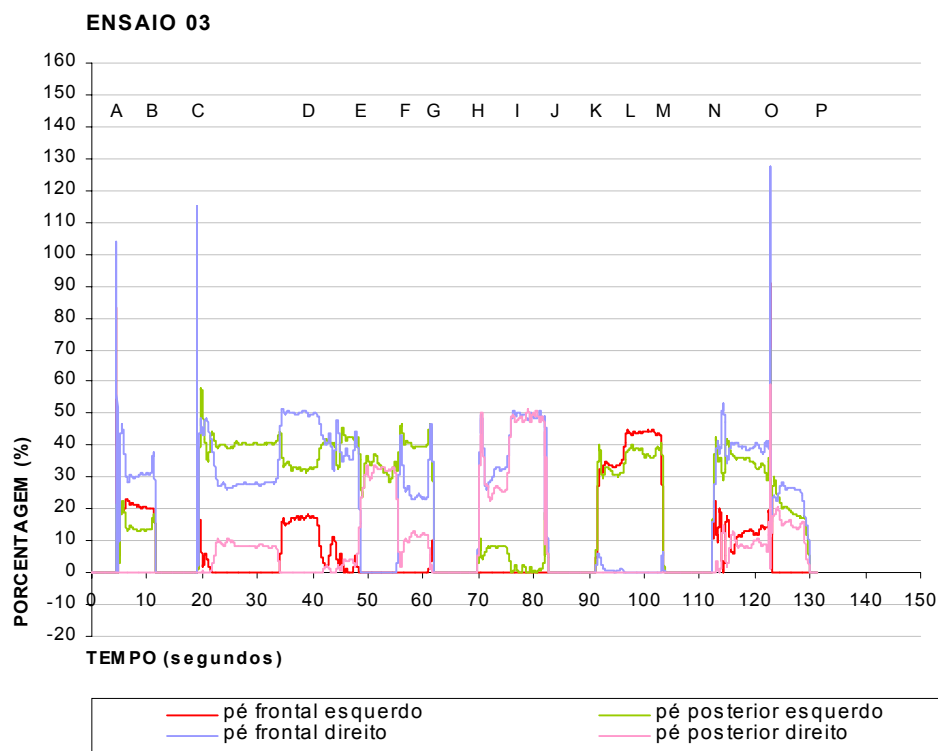


Gráfico 9.15 Distribuição nos pés da cadeira-tipo: ensaio 3

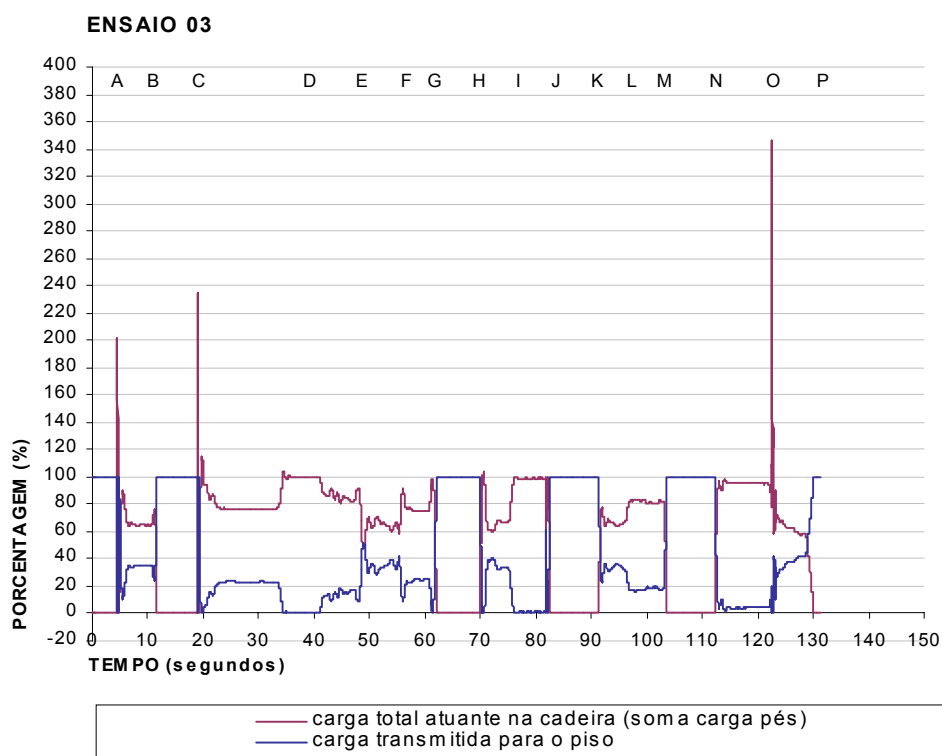


Gráfico 9.16 Total atuante na cadeira devido à soma das porcentagens dos pés: ensaio 3

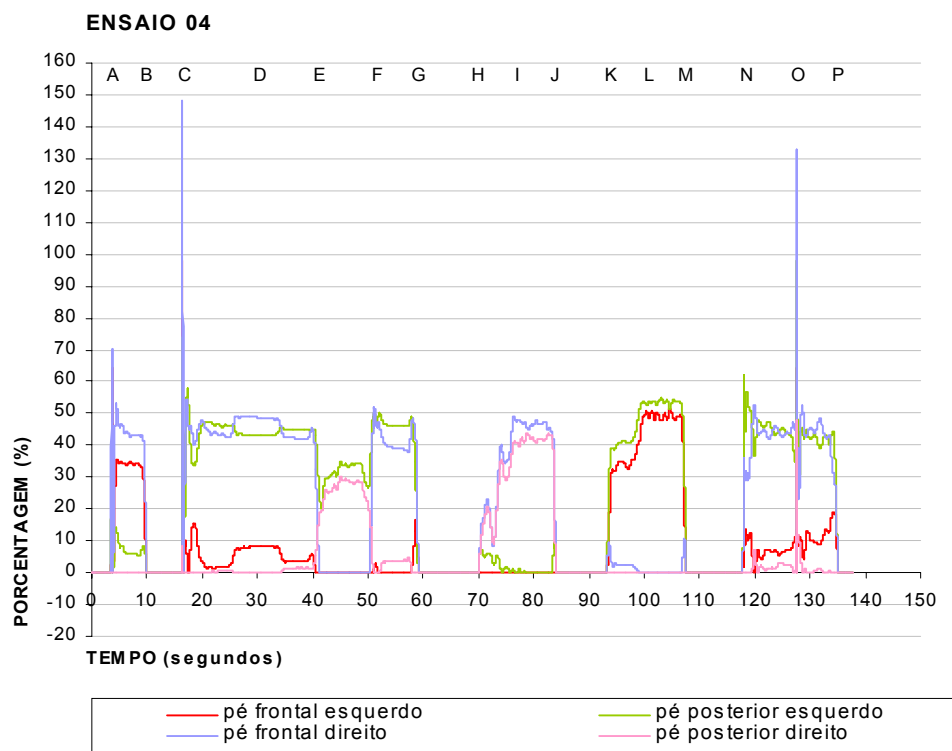


Gráfico 9.17 Distribuição nos pés da cadeira-tipo: ensaio 4

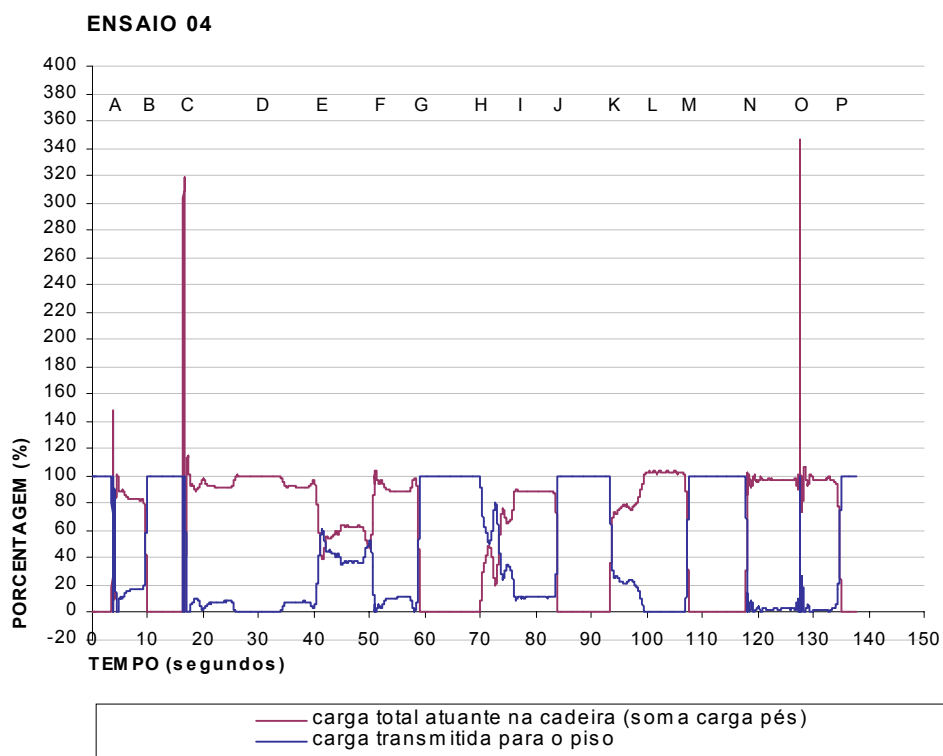


Gráfico 9.18 Total atuante na cadeira devido à soma das porcentagens dos pés: ensaio 4

A diferença maior entre a cadeira estar ou não desnivelada é a magnitude da carga transmitida para cada pé. É interessante verificar que para a cadeira se estabilizar são necessários três pontos de apoio, ou seja, três pés são utilizados: dois sofrem uma maior influência e o terceiro recebe uma carga menor por ter somente a função de estabilização. Geometricamente, este fato pode ser explicado através do fato de se precisar de três pontos para se construir um plano ou, neste caso, para a cadeira se estabilizar.

Por exemplo, ao analisar, no ensaio 3, a parte dos gráficos logo após a letra C (posição assentada com postura ereta e estável) verifica-se que o pé posterior esquerdo e o pé frontal direito estão recebendo 40% e 28% do peso da pessoa, respectivamente, enquanto o pé posterior direito recebe apenas 8,5% do valor total.

Ao avaliar a postura D (posição assentada com postura ereta e estável e pés levantados) neste mesmo ensaio, os dois pés ficam responsáveis por 50% e 32% do peso da pessoa e ao invés do pé posterior direito, neste caso, é o pé frontal esquerdo que receberá 18% do valor total. O que ilustra e ratifica a necessidade real de somente três pés para a cadeira se estabilizar.

Entretanto, na posição do ensaio 4, logo após o ponto C, verifica-se que o pé posterior esquerdo e o pé frontal direito estão recebendo em conjunto 91,5% do peso da pessoa (44,5% e 47%, respectivamente) e que quase nenhuma carga está sendo transmitida para os outros dois pés. Este fato somente é possível porque os pés da pessoa estão fazendo o papel do “terceiro ponto” e estabilizando a cadeira.

Um caso extremo de utilização de somente um pé de cadeira, é o banco de vaqueiro usado para se retirar leite da vaca. Estes bancos têm, em sua maioria, um único pé e a estabilização do assentar acontece porque o peso é também distribuído para as pernas e pés da pessoa que neste assenta.

Foi montada uma tabela com os valores máximos de porcentagem apresentados nos ensaios, preliminares e finais, para facilitar sua visualização e a correlação com as posições que provocam estas solicitações.

TABELA 9.1

Porcentagens máximas atuantes nos elementos estruturais da cadeira.

Elemento estrutural	Porcentagem	Ensaio	Postura
Pé frontal esquerdo	105 - 110	1	Pular no assento.
Pé frontal direito	125 - 130	3	Pular no assento.
Pé posterior esquerdo	100 - 105	1	Pular no assento.
Pé posterior direito	75 - 80	3	Pular no assento.
Apóia-braço direito	85 - 90	3	Assentar / levantar do apóia-braço.
Apóia-braço esquerdo	90 - 95	3	Assentar / levantar do apóia-braço.
Trava encosto	50 - 55	1	Reclinar a cadeira.
Trava assento frontal	200 - 205	1	Impacto assentar na frente do assento sem apoiar braços.
Trava assento esquerda	125 - 130	3	Pular no assento.
Trava assento direita	130 - 135	3	Pular no assento.
Trava assento posterior	30 - 35	3	Pular no assento.

Segundo Lida (1997), uma pessoa que pesa em torno de 1000 N representa percentís de 95 a 98% da população brasileira. Utilizando deste valor e das porcentagens máximas atuantes nos componentes isolados da cadeira-modelo que foram apresentadas na tabela 9.1, é fácil de perceber que a carga máxima atuante nos pés de uma cadeira é de 1300 N, que a atuante no apóia-braço é de 950 N, que a carga na trava do encosto é de 550 N e nas travas do assento, considerando sempre a pior situação em prol da segurança do usuário, atuará 2050 N.

O Professor Eckelman, da Universidade de Purdue, Indiana, em seu livro “Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture” de 1993, apresenta valores um pouco diferentes dos acima relacionados. Para estudar a carga estática máxima aplicada em cadeiras, este autor trabalha com pessoas que pesam entre 217 lb (95 percentís) e 241 lb (99 percentís) o que sugere um homem-tipo com aproximadamente 225 lb ou 1030 N, valor muito semelhante ao adotado neste estudo.

Para cargas de impacto como as provenientes do assentar bruscamente em uma cadeira, o Professor Eckelman adota o dobro do peso inicial, ou simplesmente 500 lb o que equivale a 2270 N. E para situações de impacto como a de uma sacola de 300 lb ou 1362 N que cai sobre uma cadeira da altura de 6 in ou 15,23 cm, este autor indica que a carga atuante no assento será 7 vezes o peso da sacola, ou seja, será de quase uma tonelada. Entretanto, este valor não é utilizado e é sugerido que a carga atuante em assentos de cadeiras - F_v - esteja entre 225 e 500 lb ou 1020 e 2770 N.

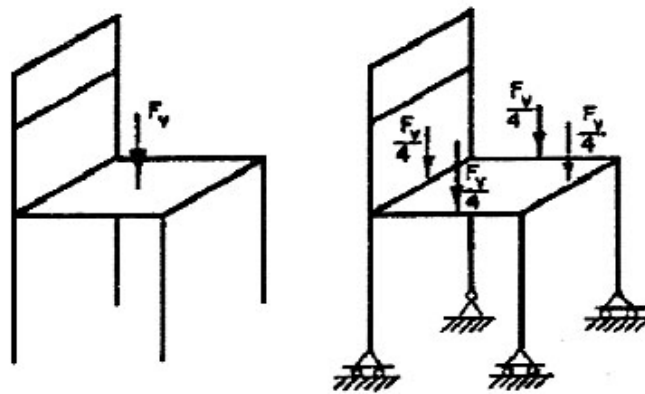


Figura 9.27 Carga máxima atuante no assento

FONTE: ECKELMAN, 1993. p. 3-11.

É interessante notar que, nas figuras apresentadas por Eckelman, a placa do assento redistribui igualmente o valor de carga atuante para cada trava e, conseqüentemente, para cada pé da cadeira. Entretanto, como mostrado nos ensaios aqui realizados e também levando em conta a anisotropia da madeira, o valor que cada trava receberia não seria o mesmo. No caso da cadeira-

modelo, este valor é bem maior para as travas laterais do que para a frontal e para a posterior.

Na seção sobre cargas atuantes no encosto de cadeiras, este autor determina que quando uma pessoa de 200 lb ou 908 N reclina uma cadeira, esta exerce sobre o encosto uma força horizontal de 98 lb ou 445 N. Neste caso, são verificadas também cargas devido ao assentar com postura ereta e a situação extrema de quando uma cadeira cai para trás acidentalmente. Após o estudo de todos estes casos, o Professor Eckelman estabelece que a carga de dimensionamento da trava de encosto - F_h - deve variar entre 140 e 225 lb ou 635 e 1021,5 N quando atuante a uma altura de 12 in. ou aproximadamente 30,50 cm acima do assento.

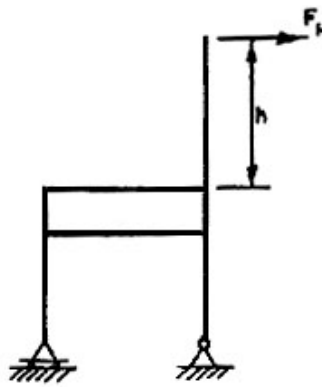


Figura 9.28 Carga máxima atuante no encosto

As cargas verticais que atuam nos apóia-braços - F_v - são provenientes do levantar da cadeira e, principalmente, do assentar sobre este elemento. Sendo assim, este autor adota valores entre 100 e 300 lb ou 455 e 1362 N para dimensionar apóia-braços.

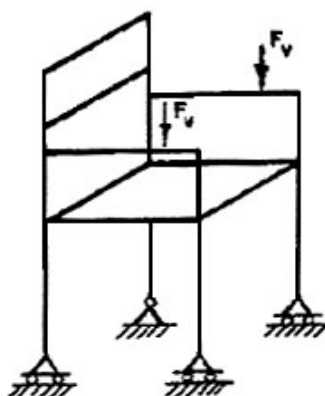


Figura 9.29 Carga máxima atuante nos apóia-braços

Neste mesmo livro, o Professor Eckelman sugere outros valores de carga para situações não exploradas nesta dissertação como carga horizontal nos pés devido ao arrastar a cadeira para frente ou para trás; cargas horizontais nos apóia-braços provenientes do ato de se mover ou puxar uma cadeira de um local para outro; cargas verticais em apóia-pés e cargas de torção em assentos.

Vale a pena salientar que estas situações não foram aqui estudadas por se acreditar que tais aplicações causariam leituras errôneas nas células de carga dos pés, instrumentos estes que não foram calibrados e fabricados para possibilitar este tipo de leitura.

Outro trabalho que deve ser também avaliado é o proposto pela norma brasileira NBR 14110/98: Móveis para escritório – Cadeiras – Ensaio de estabilidade, resistência e durabilidade. A explicação integral de seus métodos de ensaio está detalhada no anexo C, sendo apresentados agora somente os ensaios que possibilitam a comparação com os valores finais de carregamento aqui propostos.

A norma sugere, para determinação da resistência do assento da cadeira, ensaios estáticos e de impacto. No primeiro, deve-se aplicar uma força vertical que varia entre 1100 e 2000 N por 10 vezes e esta deve ser mantida, ao

menos, por 10 segundos em cada aplicação. No segundo ensaio, um saco cilíndrico especial pesando 250 N deve ter queda livre sobre o assento por 10 vezes variando a sua altura de 100 a 300 mm ou 1 a 3 cm.

Quando estas últimas variáveis são aplicadas na equação 9.1 que relaciona a raiz quadrada da altura com a porcentagem de carga aplicada, tem-se que para uma altura igual a 1 cm, a carga será de 636,51% o que representa uma carga de impacto de aproximadamente 1600 N e para uma altura igual a 3 cm, a porcentagem será de 1029,26% o que equivale a uma carga de impacto de aproximadamente 2573,2 N.

Para determinação da resistência do apóia-braço, a norma estabelece o ensaio de carga estática vertical no apóia-braço no qual uma força que varia entre 300 e 1000 N deva ser aplicada diretamente no ponto mais vulnerável do apóia-braço por 10 vezes. Durante cada aplicação, deve-se manter a carga por no mínimo 10 segundos.

A análise da estrutura do encosto é verificada através do ensaio de carga estática neste elemento que determina que a mínima força estática aplicada deva ser de 410 N e esta poderá variar até 760 N. Como nos ensaios anteriores a força deve ser aplicada por 10 vezes e deve ser mantida por 10 segundos em cada aplicação.

Para uma melhor visualização destes valores e para facilitar sua comparação, a tabela 9.2 foi criada.

TABELA 9.2

Tabela comparativa dos valores de carga sugeridos pela autora, pelo Professor Eckelman e pela norma brasileira para cada elemento estrutural de cadeiras (valores em N)

Variável analisada	Valor sugerido	Valor sugerido por Eckelman	Valor sugerido pela norma NBR 14110
Peso do usuário-tipo	1000	1030	-
Carga máxima atuante nos pés	1300	567,5 *	643,3
Carga máxima atuante no assento	5200 **	2270	2573,2
Carga máxima atuante nos apoia-braços	950	1362	1000
Carga máxima atuante no encosto	550	445 ***	760
Carga máxima atuante nas travas	2050	567,5 *	275

* Valor resultante da divisão do valor de carga máxima atuante no assento pelo número 4, como o próprio autor sugere.

** Este valor foi desenvolvido através da multiplicação da carga máxima atuante nos pés: 1300N pelo número 4 correspondente aos 4 pés da cadeira.

*** Neste item foi considerada apenas a carga devido ao reclinar a cadeira, deixando de lado a variação proveniente de quando esta cai no chão.

Pode-se perceber que a carga atuante no assento de cadeiras observada neste estudo é bem superior ao apresentado por Eckelman, resultado que apresenta certa coerência uma vez que o valor sugerido pelo último é devido ao assentar brusco e não ao pular em cima do assento.

Os valores de carga máxima atuante nos apoia-braços são, de uma maneira geral, bem similares, principalmente quando se compara o valor de norma com o aqui proposto. O valor proposto por Eckelman é o maior, uma vez que para este o valor recomendado é devido ao peso de uma pessoa-tipo assentada sobre esta peça. Entretanto, ele não levou em consideração o fato de que quando uma pessoa senta num apoia-braço, este não recebe todo o seu peso

e sim somente 80% deste é transmitido para esta peça, pois, como explicado anteriormente, o peso das pernas não é uma carga centrada provocando no apóia-braço uma torção.

Quando avaliado os valores de carga sugeridos para o encosto, percebe-se que todos os propostos estão bem próximos, sendo o maior o sugerido pela norma. Aliás, é interessante perceber que todos os valores sugeridos pela NBR 14110/98 são classificados de acordo com níveis de ensaio que são definidos como:

variável em função do número de aplicações ou da grandeza das cargas aplicadas. São estabelecidos cinco níveis de desempenho para cada ensaio, de acordo com o uso final pretendido para o produto.

Estes níveis de desempenho não são explicados durante o texto da norma o que torna esta classificação efusiva e pouco representativa.

Por fim, conseguiu-se definir os valores dos carregamentos para dimensionamento de cada elemento estrutural de uma cadeira, relacionados na tabela 9.3.

TABELA 9.3

Valores de carregamentos para dimensionamento dos elementos estruturais de cadeiras

Variável analisada	Valor sugerido (em N)
Carga máxima atuante nos pés	1300
Carga máxima atuante no assento	5200
Carga máxima atuante nos apóia-braços	1000
Carga máxima atuante no encosto	760
Carga máxima atuante nas travas	2050

10 CONCLUSÃO

Os objetivos desta dissertação eram definir uma metodologia de ensaios capaz de analisar os carregamentos em cadeiras, analisar a norma brasileira NBR 14110/98 e avaliar as grandezas das cargas aplicadas nos ensaios e justificar o uso do eucalipto no design de móveis de madeira.

Acredita-se que os contatos feitos com pesquisadores e fabricantes e a leitura da bibliografia específica sobre o mobiliário permitiram um bom conhecimento a respeito da técnica de fabricação, dos usos e da importância da atividade moveleira.

Ficou claro que o uso de madeiras provenientes de florestas renováveis é imprescindível e que as características apresentadas por este material como a leveza, a trabalhabilidade e a grande possibilidade estética garantem que este será uma das principais matérias-primas utilizada pela indústria moveleira.

Toda a pesquisa desenvolvida para a elaboração deste estudo demonstrou que a análise de móveis é viável tecnicamente, e que a partir desta, conseguir-se-á desenvolver uma primeira proposta de dimensionamento de móveis de madeira.

Vale a pena enfatizar os valores finais dos carregamentos para dimensionamento de cada elemento estrutural de uma cadeira:

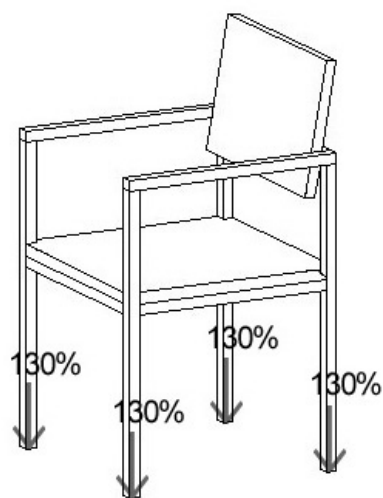


Figura 10.1 Valor de porcentagem de carga para dimensionamento dos pés

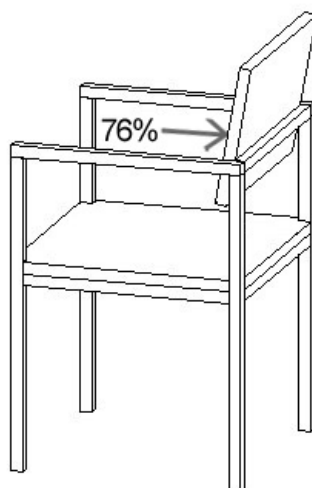


Figura 10.2 Valor de porcentagem de carga para dimensionamento do encosto

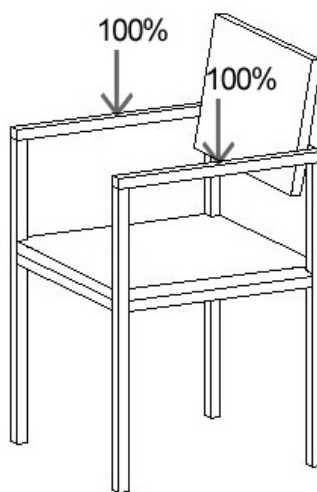


Figura 10.3 Valor de porcentagem de carga para dimensionamento dos apoia-braços

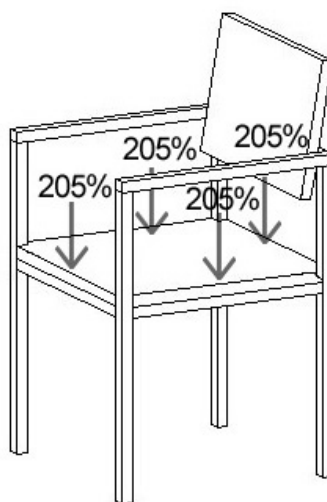


Figura 10.4 Valor de porcentagem de carga para dimensionamento das travas

Estes valores foram apresentados em porcentagem pois desta maneira, dependendo do uso da cadeira, valores compatíveis deverão ser utilizados no dimensionamento destas, ou seja, o valor de carga utilizado para o dimensionamento de cadeiras infantis será menor do que o usado em cadeiras de uso público. Esta postura ratifica mais uma vez que estes valores devem ser coerentes com o uso, considerando sempre as diferenças e particularidades de cada peça.

É importante enfatizar que as cargas relacionadas acima foram obtidas através da metodologia de ensaios aqui proposta que se baseou na análise de variadas posturas percebidas através da observação de diversos usos.

Entende-se que este estudo é só um pequeno mas importante passo para o total entendimento da estrutura dos móveis nacionais e acredita-se que o avanço da tecnologia acarretará no uso de estruturas leves com margens de segurança definidas o que resultará em objetos mais econômicos.

Pode-se dizer ainda que as três áreas existentes no design de móveis: a estética, a ergonomia ou a parte funcional do móvel e a estrutura são distintas mas devem trabalhar sempre paralelamente. É somente desta maneira que haverá um total entendimento do comportamento das cadeiras, possibilitando a definição de procedimentos que visem garantir a segurança e a durabilidade no uso destes móveis.

11 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Como dito anteriormente, este trabalho é apenas o passo inicial para o entendimento da estrutura de cadeiras. É importante perceber que outras análises poderão ser futuramente trabalhadas e este é o momento ideal para se colocar algumas sugestões:

- Analisar e dimensionar as ligações existentes em cadeiras,
- Realizar o modelamento numérico capaz de refletir o processo experimental aqui proposto,
- Ampliar este estudo para diversas cadeiras e comparar a influência de novos desenhos e elementos, como apóia-pés, na distribuição das cargas,
- Desenvolver uma metodologia de ensaio para outros tipos de móveis como mesas, estantes, camas, etc.,
- Implantar um laboratório para verificação da qualidade estrutural de móveis que possibilite a verificação destes através da realização de ensaios cíclicos propostos pelas normas internacionais.

Acredita-se que outras possibilidades também irão aparecer, uma vez que esta é uma área pouco estudada principalmente em termos estruturais e de definição de carregamentos.

É importante lembrar que este não conhecimento retarda significativamente a evolução e a consolidação do móvel brasileiro junto a questões referentes à qualidade e aos fatores econômicos e práticos, tornando de extrema importância a continuação deste estudo.

12 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ACAYABA, Marlene Milan. *Branco e Preto – Uma História de Design Brasileiro nos anos 50*. São Paulo: Instituto Lina Bo e P. M. Bardi e Pontos sobre o Brasil, 1994.

ASHBY, M.F. *Materials Selection in Mechanical Design*. Oxford: Pergamon Press Ltda, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *NBR 7190: Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira*. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *NBR 14110: Móveis para escritório – Cadeiras – Ensaio de estabilidade, resistência e durabilidade*. Rio de Janeiro, 1998. 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *NBR 13962: Móveis para escritório – Cadeiras – Classificação e características físicas e dimensionais*. Rio de Janeiro, 1997. 20p.

AUSTRALIAN FURNISHING RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE. *FNAE-80-214A: 1981: Upholstered Furniture Test Method*. Available from World Wide Web: <<http://www.furntech.org.au>>.

AZEVEDO, Wilton. *Os signos do design*. 2ed. São Paulo: Coleção Contato Imediato, Global editora, 1996.

- BLAKEMORE, Robbie G. *History of Interior Design and Furniture: from Ancient Egypt to Nineteenth Century Europe*. Canada: Wiley Publishers, 1997. 392p.
- BAYEUX, Glória. *O Móvel da Casa Brasileira*. São Paulo: Museu da Casa Brasileira, 1997. 163p.
- BARDI, Lina Bo. *Tempos de grossura: o design no impasse*. São Paulo: Instituto Lina Bo Bardi, 1994. 79p.
- CADEIRAS BRASILEIRAS. São Paulo: Museu da Casa Brasileira, 1994. 100p. (Catálogo de exposição, 13 dez. 1994 – 31 jan. 1995, Museu da Casa Brasileira).
- CARRASCO, E. V. M. *Ligações Estruturais de Madeira por Adesivos*. São Carlos: Universidade Federal de São Paulo, 1984. (Dissertação, Mestrado em Engenharia de Estruturas).
- CARRASCO, E. V. M. *Resistência, Elasticidade e Distribuição de Tensões nas Vigas Retas de Madeira Laminada Colada (MLC)*. São Carlos: Universidade Federal de São Paulo, 1989. (Tese, Doutorado em Engenharia de Estruturas).
- CARRASCO, E. V. M. *Estruturas de Madeira (Fascículo I); Propriedades Físicas e Mecânicas*. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 1999. 61p. (Notas de aula).
- CARRASCO, E. V. M. *Estruturas de Madeira (Fascículo III); Projeto em Estruturas de Madeira*. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 1999. 38p. (Notas de aula).

- CARRASCO, E. V. M. *Estruturas de Madeira (Apostila 1)*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1999. 150p. (Notas de aula).
- COSTA, Lúcio. Notas Sobre a Evolução do mobiliário Luso-Brasileiro. In: LAMEGO, Alberto. *Arquitetura Civil III: Mobiliário e Alfaias*. Textos escolhidos da Revista do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. p.133-146.
- CRANZ, Galen. *The Chair: rethinking culture, body and design*. New York: W. Norton & Company, 1998. 288p.
- DUARTE, Fábio. *Arquitetura e tecnologias de informação: da revolução industrial à revolução digital*. São Paulo: FAPESP: Editora da UNICAMP, 1999. 200p.
- DULL, J., WEERDMEESTER, B. *Ergonomia Prática*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2000. 147p.
- ECKELMAN, C.A. Performance testing of furniture, Part I, Underlying concepts. *Forest Products Journal*, West Lafayette, vol.38, n.3, p.44-48, mar. 1988.
- ECKELMAN, C.A. The Shrinking and Swelling of Wood and Its Effect on Furniture. *Forestry & Natural Resources*, West Lafayette, 1998. 26p.
- ECKELMAN, C.A. Performance testing of furniture, Part II, A multipurpose universal structural performance test method. *Forest Products Journal*, West Lafayette, vol.38, n.4, p.13-18, abr. 1988.
- ECKELMAN, C.A., ERDIL, Y.Z. *General Services Administration Upholstered Furniture Test Method – FNAE 80-214: A Description of the Method with Drawings*. 19--.

ECKELMAN, C.A. A Look at the Strength Design of Furniture. *Forest Products Journal*, West Lafayette, vol.16, n.3, 1966.

ECKELMAN, C.A. *Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture*. West Lafayette: Purdue University, 1993.

ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 5, 1995, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: 1995.

ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6, 1997, Florianópolis: *Anais...* Florianópolis: 1997.

FIELL, Charlotte, FIELL, Peter. *1000 chairs*. Itália: Taschen, 1997. 768p.

FIELL, Charlotte, FIELL, Peter. *Design do Século XX*. Alemanha: Taschen, 2000. 768p.

FRANÇA, Júnia Lessa. *Manual para normalização de publicações técnico-científicas*. 4ed. rev. aum. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1998. 213p.

GRANDJEAN, E. HUTING, W. Ergonomics of posture – review of various problems of standing and sitting posture. *Applied Ergonomics*, v.8, n.3, p.135-140, 1977 apud LIDA, Itiro. *Ergonomia, Projeto e Produção*. 4.ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1997. 462p.

GRIMSRUD, T.M. Humans were not created to sit – and why you have to refurnish your life. *Ergonomics*, v.33, n.3, p.291-295, 1990.

GUSTAFSSON, S.I. Optimising ash wood chairs. *Wood Science and Technology Journal of the International Academy*, vol.31, n.4, p.291-301, dez.1995.

GUSTAFSSON, S.I. Stability problems in optimized chairs? *Wood Science and Technology Journal of the International Academy*, vol.39, n.5, p.339-345, mar.1996.

HAEBISCHI, Horst. Fisiologia do Trabalho. In:FUNDACENTRO (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho). *Curso para Engenheiros de Segurança do Trabalho*. São Paulo: Ministério do Trabalho, v.3, 1981. (Apostila)

HAUTTMANN, Max. *Historia del Arte Labor VI – Arte de La Alta Edad Media*. 1ª Edição. Barcelona: Editorial Labor S.A., 1932.

HAVIAROVA, E., ECKELMAN, C. A., ERDIL, Y. *Design and Testing of Environmentally Friendly Wooden School Chairs for Developing Countries*. West Lafayette: 1999.

IIDA, Itiro. *Ergonomia, Projeto e Produção*. 4.ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1997. 462p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Tabelas de Resultados Obtidos para Madeiras Nacionais*. São Paulo: n.31, 2ª edição,1956.

JACKSON, Albert, DAY, David. *Manual Completo de la Madera, la Carpintería y la Ebanistería*. Trad. CYAN. Espanha: Ediciones del Prado, 1993. 320p. (Tradução de: *Trabajos em Madera*).

JOHNSON, Hugh. *La Madera*. Trad. Concepción Rigau. Barcelona: Blume, 1991. 296p. (Tradução de: *The International Book of Wood*).

KARLINGER, Haus. *Historia del Arte Labor VII – Arte Gótico*. 1ª Edição. Barcelona: Editorial Labor S.A., 1932.

- KASAL B., S. V. PUELLA S. *Development of analytical models for furniture*. Technical report 95-01, Universidade da Carolina do Norte: Furniture Manufacturing and Management Center, 1995.
- KAWAUCHI, Paulo. *Seminário: "A Madeira Aplicada no Mobiliário Escolar"*. São Carlos: Escola de Engenharia da USP, 1992. 28p. (Trabalho de aluno).
- LINTON, S.J. et al. The effects of ergonomically designed school furniture on pupils' attitudes, symptoms and behaviour. *Applied Ergonomics* v.25, n.5, p.299-304, 1994.
- MILLER, Herman. *If the Chair Fits*. 1989. Available from World Wide Web: <<http://www.bifurniture.com/ergonomics.htm>>.
- MORAES, Dijon de. *Limites do design...* 2 ed. São Paulo: Studio Nobel, 1999.
- MOURA, J.D.M. *Madeira e suas aplicações: Mobiliário*. São Carlos: Escola de Engenharia da USP, 1986. 12p. (Trabalho de aluno).
- PANERO, Julius, ZELNIK, Martin. *Human Dimension & Interior Space: a source book of design reference standards*. Nova Iorque: Watson-Guptill Publications, 1979. 320p.
- RICARDO, O.G.S. *Teoria das Estruturas*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil: Ed. da USP, 1978.
- RIGONI, Domingos Saulo. Fenavem, ponto culminante da indústria brasileira. *FENAVEM'2001*, Barueri: Guazzelli Feiras Messe Frankfurt, 2001. 20p.
- ROCHA, Carlos Eduardo da. *O Mobiliário Antigo na Bahia*. Cidade de Salvador: Publicações do Museu de Recôncavo Wanderley Pinho, 1973.

SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos. *Móvel Moderno no Brasil*. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Editora da Universidade de São Paulo, 1995. 198p.

SCHÄFER, Heinrich, ANDRAL, Walter. *Historia del Arte Labor II – Arte del Antiguo Oriente*. 1ª Edição. Barcelona: Editorial Labor S.A., 1933.

SCHUBRING, Paul. *Historia del Arte Labor IX – Arte de Renacimiento*. 1ª Edição. Barcelona: Editorial Labor S.A., 1936.

SEMBACH, Klaus-Jürgen. *Arte Nova*. Berlim: Taschen, 1993. 240p.

SMARDZEWSKI, J. Numerical Analysis of Furniture Constructions. *Wood Science and Technology Journal of the International Academy*, vol.32, n.4, p.273-286, abr.1998.

WEISBACH, Werner. *Historia del Arte Labor XI – Arte Barroco*. 1ª Edição. Barcelona: Editorial Labor S.A., 1934.

13 ANEXO A – LISTA DE NORMAS TÉCNICAS

Como explicado anteriormente, foi realizada através de uma procura bibliográfica via Internet das normas responsáveis pela metodologia de ensaios em estruturas de móveis. Apresenta-se a seguir estas entidades, seus endereços eletrônicos e uma lista com as normas técnicas de respaldo para este trabalho.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (www.nbr.com.br) é responsável pela análise e estabelecimento dos métodos de ensaio para cadeiras no Brasil e propõem algumas normas:

NBR 14110:1998: Móveis para escritório – Cadeiras – Ensaio de estabilidade, resistência e durabilidade.

NBR 13962:1997: Móveis para escritório – Cadeiras – Classificação e características físicas e dimensionais.

BIFMA - Business and Institutional Furniture Manufacture's Association (www.bifma.com) responsável pelas seguintes normas americanas:

ANSI/BIFMA X.5.1 – 1993 – General Purpose Office Chair.

ANSI/BIFMA X.5.4 – 1997 – Lounge Seating.

CMD – 1 – 1997 – BIFMA Chair Measuring Device (U.S. Patent No 5,564,195).

ASTM – American Society for Testing and Materials (www.astm.org) responsável, dentre outras, por:

F 404 – 99a: Standard Consumer Safety Specification for High Chairs.

F 1912 – 98: Standard Specification for Safety of Bean Bag Chairs.

F 851 – 87 (1996): Standard Test Method for Self-Rising Seat Mechanisms.

F 1988 – 99: Standard Performance Requirements for Plastic Chaise Lounges, with or without moving arms, with adjustable backs, for outdoor use.

ANSI – American National Standard Institute (www.nssn.org) que apresenta a:

ASSIST AA-C-300A(1): Chair, Wood, Executive Office.

SS-EN 1022: Domestic furniture - Seating - Determination of stability.

BPS 286: Furniture - Domestic and Contract, Seating - Performance Rating and Test Methods.

BSI – British Standard Institution (www.bsi.org.uk) que apresenta as seguintes normas para cadeiras fixas:

BS 4875: Part 1: 1985: Strength and Stability of Furniture. Methods for determination of strength of chairs and stools.

BS 4875: Part 2: 1985: Strength and Stability of Furniture. Methods for determination of stability of chairs and stools.

MS 1246: Part 1: 1993: Methods for determination of strength of chairs and stools.

MS 1246: Part 2: 1993: Methods for determination of stability of chairs and stools.

BS EN 1022: 1997: Domestic furniture. Seating. Determination of Stability.

ISO 7173: 1989: Furniture - Chairs and Stools - Determination of strength and durability.

ISO 7174-1: 1988: Furniture - Chair - Determination of stability.

Para cadeiras com regulagem de altura, tem-se:

BS 5459: Part 2: 1990: Performance requirements and tests for office.

MS 1276: Part 2: 1993: Specification for performance requirement and tests for office furniture - Adjustable chairs.

E para cadeiras educacionais utiliza-se:

BS 5873: Part 2: 1991: Specification for strength and stability of chairs for educational institutions.

FIRA – Furniture Industry research Association (www.fira.co.uk) que apresenta duas normas inglesas:

BS EN 1725BS EN 1725:1998: Domestic Furniture û Beds and mattresses û Safety Requirements and Tests Methods.

FIRA Standard 6250: Specifies performance requirements for surface finish and adhesion of surfacing and edging materials for domestic and contract cabinet furniture.

AFRDI – Australian Furnishing Research and Development Institute (www.furntech.org.au) que é responsável pelas normas australianas:

FNAE-80-214A: 1981: Upholstered Furniture Test Method.

CTBA – Technical Centre for Wood and Furniture (www.ctba.fr) que apresenta a BNBA – The Standardization Office for Wood and Furniture, a qual pode-se destacar:

NF D 61 – 001: 1985: Furniture – Seat and seat elements – General Methods for Inspecting and Testing.

NF EN 1022: 1997: Domestic furniture – Seating – Determination of Stability.

NF D 61 – 050: 1989: Furniture for Educational Institutions– Seats – General Characteristics – Tests - Requirements.

14 ANEXO B – A HISTÓRIA DE UM PROCESSO DE IDEALIZAÇÃO DE UMA CÉLULA DE CARGA

Como explicado no capítulo 8, para a correta medição dos valores de carga que acontecem nos pés das cadeiras, foi necessária a idealização de uma célula de carga de precisão. Inicialmente trabalhou-se com um cubo de aço trefilado com dimensões de 30x30x30 mm, com furo central de $\varnothing = 10$ mm e quatro furos para parafuso de $\varnothing = 5,0$ mm conforme ilustração a seguir (fig. 14.1).

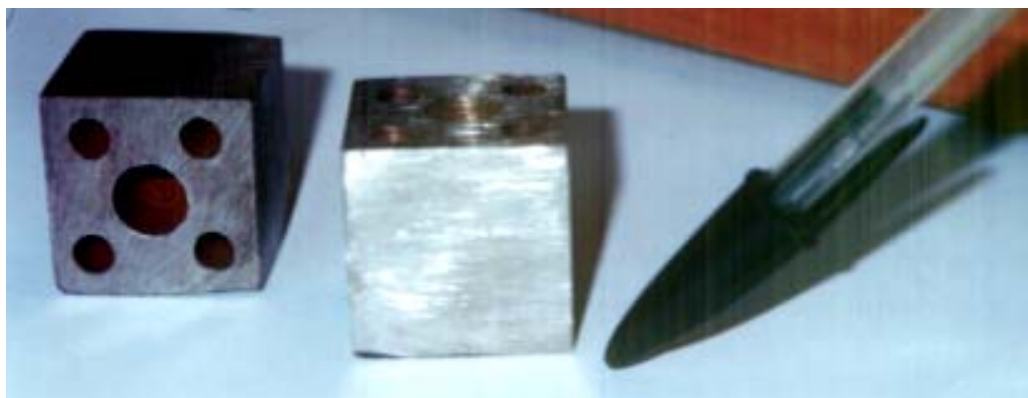


Figura 14.1 Célula de carga 1

Foi iniciado então o processo de colagem dos extensômetros neste cubo. Primeiramente foi realizada a limpeza da área de colagem e a retirada de qualquer vestígio de óxido e de rebarbas. Para a preparação desta superfície, lixas de número 100, 150, 180, 240 e 280 foram utilizadas, alternando a direção a cada nova lixa. A limpeza química foi feita com gaze embebida em acetona e a aplicação desta estendeu-se por toda a superfície.

Foi realizado o traçado das linhas de referência para a orientação da colocação dos extensômetros e foi efetuada sua colagem utilizando para tal o adesivo à base de cianoacrilato. Após a colagem dos extensômetros foi verificada que a resistência destes estava por volta de 120Ω , podendo ser utilizados. Depois foi

iniciado o procedimento de soldagem dos fios de ligação nos extensômetros utilizando, para tanto, um ferro de solda de potência constante.

Após esta etapa, os extensômetros foram ligados em ponte completa para eliminação do efeito de temperatura e das deformações provenientes da flexão, obtendo assim sensibilidade máxima para as deformações provenientes do esforço normal. Foi utilizada uma placa conversora A/D que converte um sinal analógico em dado digital, permitindo a leitura pelo computador durante o ensaio. O programa de aquisição de dados usado foi o AqDados versão 4 para MS-DOS.

A célula de carga foi parafusada em todos os pés da cadeira e foi realizado um ensaio preliminar de todos os equipamentos. Constatou-se que a célula de carga não apresentava um bom funcionamento, pois a carga aplicada estava sendo transmitida de maneira irregular por causa dos parafusos e, conseqüentemente, esta mascarava a deformação dos extensômetros.

Para eliminação deste problema, ao invés de parafusar a célula de carga, optou-se pela sua colagem no pé da cadeira. Foi verificado que a deformação real era imperceptível e, portanto, de impossível leitura.

A segunda célula de carga construída constituía-se de uma base de chapa metálica com espessura de 3,0 mm e de alma tubular vazada com 2,0 mm de espessura e $\varnothing = 20$ mm preenchido com massa plástica, conforme figura 14.2.



Figura 14.2 Célula de carga 2

O processo de colagem dos extensômetros foi o mesmo descrito anteriormente e após a verificação de todos os procedimentos, esta foi testada e sua leitura apresentou-se imprecisa e duvidosa.

Procurando a resolução do problema, optou-se pela utilização de um material que possuísse um baixo módulo de elasticidade e conseqüentemente com um coeficiente de deformação maior, mas que fosse tão resistente quanto os metais. Chegou-se a conclusão que seria interessante a fabricação de uma célula de carga de acrílico.

A terceira célula de carga construída constituía-se de um cubo de acrílico com dimensões de 30x30x30 mm, com furo central de $\varnothing=15$ mm conforme ilustração a seguir (fig.14.3).



Figura 14.3 Célula de carga 3

O processo de colagem dos extensômetros foi o mesmo descrito anteriormente e após a verificação de todos os procedimentos, esta foi testada e sua leitura apresentou-se, inicialmente muito satisfatória. Entretanto, após um segundo ensaio, os resultados apresentados estavam imprecisos e instáveis. Atribui-se ao ocorrido, o fato das características mecânicas deste material serem extremamente influenciáveis à mudanças de temperatura ¹.

Uma quarta alternativa para a confecção da célula de carga foi a que utilizou de uma borracha resistente e ao mesmo tempo maleável como matéria-prima. Não eram conhecidas as propriedades mecânicas deste material, mas apostava-se no seu desempenho e portanto esta foi cortada em um cubo de 30x30x30 mm de dimensão e sua superfície preparada para a colagem dos extensômetros.

Após a verificação de todos os procedimentos, ensaios preliminares foram realizados obtendo êxito nas primeiras leituras. Foram construídas então mais três células de carga e todas foram calibradas utilizando a máquina para ensaios de compressão simples Soiltest Chicago U-164 do Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia de Transporte e Geotecnia da Escola de Engenharia da UFMG.

Entretanto, com o passar do tempo e a realização de ensaios preliminares na cadeira, estas leituras foram se tornando instáveis, hora eram perfeitas e em outro momento não existia nenhum sinal, apesar da aplicação de carga. Acredita-se que este fato ocorreu em função de alguma reação do adesivo utilizado e o material borracha, o que impediu leituras corretas e reais.

Uma vez que a precisão das leituras era fator imprescindível para um bom resultado deste estudo optou-se pela idealização de uma célula de carga com o

¹ ASHBY, M. F. *Materials Selection in Mechanical Design*. Oxford: Pergamon Press Ltda, 1992.

apoio da CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da UFMG.

Um protótipo que utilizava aço 17-4PH ou E4340 tratado termicamente, com dureza de 45 Hc e dimensões de $\varnothing=68$ mm e 22,23 mm de altura, foi desenvolvido como mostra a figura abaixo.

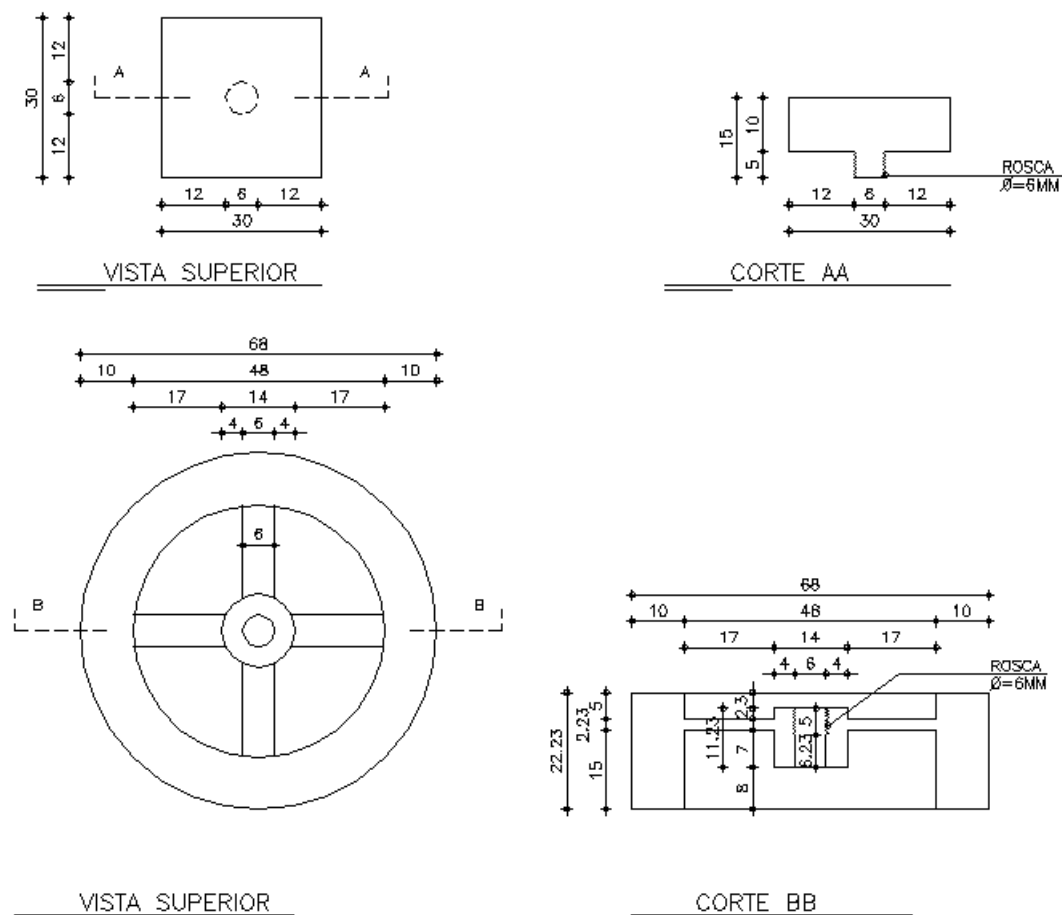


Figura 14.4 Célula de carga 5

Um orçamento inicial deste protótipo foi realizado e o valor era superior ao encontrado para a importação desta peça. Sendo assim, optou-se pela importação das células de carga, modelo LM-100KA da marca Kyowa com capacidade máxima de 1 kN e diâmetro de 20 mm.

15 ANEXO B – ENSAIOS PROPOSTOS PELA NBR 14110/98

Como explicado anteriormente, o propósito de se analisar experimentalmente os móveis é o de conseguir avaliar seus parâmetros de resistência, determinar se uma determinada peça está super ou subdimensionada visando o uso mais eficiente do material e obter a certeza de que ele exercerá sua função corretamente. Estas informações são importantes no que diz respeito ao design, segurança e qualidade do produto.

A NBR 14110/98, Móveis para escritório – Cadeiras – Ensaio de estabilidade, resistência e durabilidade, estabelece os métodos experimental e analítico para a determinação da estabilidade e os métodos para determinação de resistência e de durabilidade de cadeiras de escritório, de qualquer material e tipologia.

As forças propostas nos ensaios de resistência aqui apresentados devem ser aplicadas lentamente para assegurar que não sejam aplicadas cargas dinâmicas indesejadas.

Os ensaios propostos estão apresentados a seguir e foram divididos por elemento estrutural analisado.

15.1 CARGAS ATUANTES EM ASSENTOS

15.1.1 DESEQUILÍBRIO LATERAL DE CADEIRAS COM APÓIA-BRAÇOS

Tipo de ensaio: estático

Objetivo: Verificar a estabilidade lateral em cadeiras com apóia-braços.

Metodologia: A cadeira deve estar posicionada como mostra a figura 15.1, com os travamentos contra as pernas laterais e deve ser aplicada uma carga estática V1 de 250 N ao longo da linha situada a 100 mm do eixo central do assento. Tal carga deve ser distribuída ao longo desta linha entre 175 mm e

250 mm da linha de interseção entre assento e encosto. Ao mesmo tempo deve ser aplicada uma força vertical V_2 de 350 N sobre o apóia-braço, sendo que o ponto de aplicação deve encontrar-se sobre o eixo longitudinal desta peça na posição mais desfavorável ao longo de seu comprimento. Aplicar uma força inicial F de 20 N no mesmo ponto de aplicação da força vertical e com direção para o lado dos travamentos dos pés da cadeira. Esta força deve ser aumentada até provocar o desequilíbrio da cadeira e deve ser registrado o valor mínimo de F necessário para provocar este desequilíbrio.

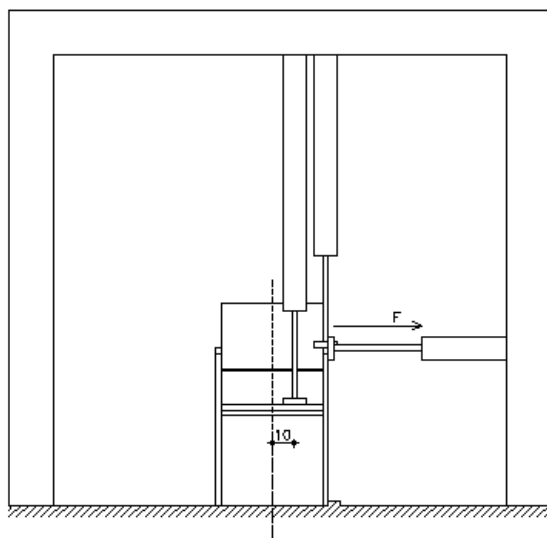


Figura 15.1 Desequilíbrio lateral de cadeiras com apóia-braços

O nível de solicitação do ensaio é variável em função do número de aplicações ou da grandeza das cargas aplicadas. São estabelecidos cinco níveis de desempenho de acordo com o uso final pretendido para o produto.

TABELA 15.1

Nível de solicitações para ensaio de desequilíbrio lateral de cadeiras com apóia-braços

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.1	Desequilíbrio lateral	Força (N)	-	1100	1300	1600	2000

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.

15.1.2 ENSAIO DE CARGA ESTÁTICA NO ASSENTO

Tipo de ensaio: Estático

Objetivo: Verificar a resistência em cadeiras, a fim de certificar a qualidade do móvel acabado.

Metodologia: A cadeira deve estar posicionada sobre a superfície do chão, perfeitamente horizontal e plana. Posicionar a superfície de carregamento (fig. 15.2) inicialmente determinada pelo gabarito e em seguida a 100 mm medidos do centro da borda frontal do assento. Aplicar a força vertical apropriada especificada na tabela abaixo por 10 vezes, mantendo a força, ao menos, por 10 s em cada aplicação.

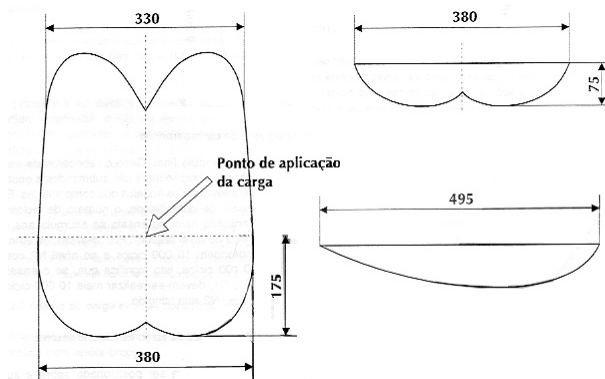


Figura 15.2 Superfície de carregamento do assento

O gabarito de posicionamento de carga consiste em duas superfícies curvas com 200 N de massa total, que devem se afundar no estofado do encosto e do assento (fig. 15.3).

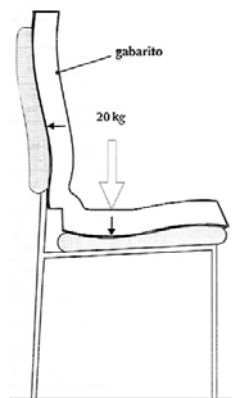


Figura 15.3 Posicionamento do gabarito sobre a cadeira

TABELA 15.2

Nível de solicitações para ensaio de carga estática no assento

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.1	Carga estática no assento	Força (N)	-	1100	1300	1600	2000

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.

15.1.3 ENSAIO DE IMPACTO NO ASSENTO

Tipo de ensaio: Impacto

Objetivo: Verificar a resistência e funcionamento de cadeiras sob efeito rápido de cargas que ocorrem ocasionalmente.

Metodologia: A cadeira deve estar posicionada sobre a superfície do chão, perfeitamente horizontal e plana, em sua posição normal de uso e esta deve ser fixada sem impedir as deformações conseqüentes do ensaio. O equipamento (fig. 15.4) deve ter queda livre sobre a posição de carregamento do assento da cadeira, definida pelo gabarito (fig. 15.3) por 10 vezes, de uma altura prefixada indicada na tabela a seguir.

TABELA 15.3

Nível de solicitações para ensaio de impacto no assento

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.11	Impacto no assento	Altura (mm)	100	140	180	240	300

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.

O equipamento de aplicação da força consiste em um saco cilíndrico de 200 mm de diâmetro, com areia e base de calota esférica em madeira de raio de 300 mm. Tal calota deve ser recoberta por uma chapa de borracha de dureza Shore D igual a 10 e espessura de 10 mm. A massa do conjunto saco de areia e calota deve ser de 250 N.

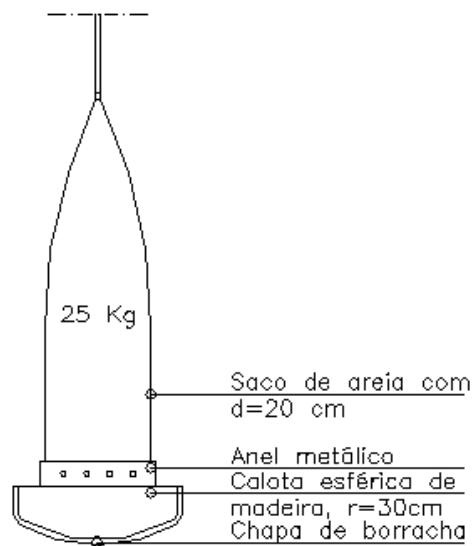


Figura 15.4 Aparelhagem para ensaio de impacto

15.2 CARGAS EM ENCOSTO

15.2.1 ENSAIO DE CARGA ESTÁTICA NO ENCOSTO

Tipo de ensaio: Estático

Objetivo: Verificar a resistência em cadeiras, a fim de certificar a qualidade do móvel acabado.

Metodologia: A cadeira deve ser locada em sua posição normal de uso. Localizar a superfície de carregamento do encosto na posição determinada pelo gabarito ou a 100 mm baixo do centro da borda superior do encosto, optando pelo que for mais baixo. Deve-se impedir que a cadeira se movimente para trás, posicionando os travamentos atrás dos pés posteriores e aplicar a força especificada na tabela abaixo perpendicularmente ao encosto.

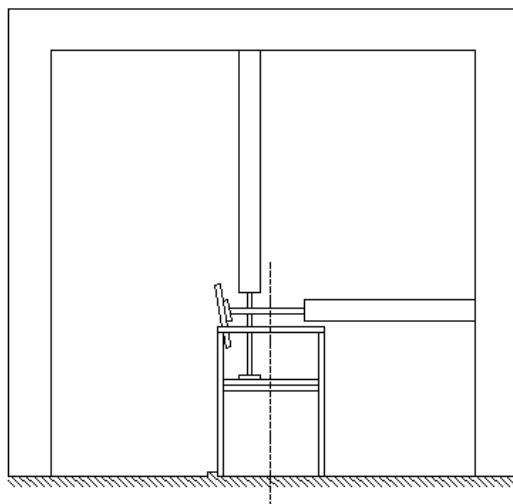


Figura 15.5 Ensaio de carga estática no encosto

A força especificada acima deverá ser aplicada sobre o assento por meio da superfície de carregamento, figura 15.2 que objetiva distribuir a carga sobre o assento e o gabarito de posicionamento de carga está representado na figura 15.3.

TABELA 15.4

Nível de solicitações para ensaio de carga estática no encosto

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.2	Carga estática no encosto	Força (N)	-	410	560	660	760
	Carga de equilíbrio	Força (N)	-	1100	1300	1600	2000

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.

Aplicar a carga indicada na tabela anterior por 10 vezes, simultaneamente à aplicação de carga de equilíbrio sobre o assento. Deve-se manter a força ao menos 10 s em cada aplicação e a força estática no encosto deve ser de ao menos 410 N. Se a cadeira tender-se a desequilibrar, a força aplicada sobre o assento deve ser aumentada até que seja obtido o equilíbrio.

15.2.2 ENSAIO DE FADIGA NO ENCOSTO

Tipo de ensaio: Estático

Objetivo: Simular o uso prático de longa duração de encostos de cadeiras.

Metodologia: A cadeira deve ser posicionada sobre a superfície do chão, perfeitamente horizontal e plana e com os pés posteriores encostados nos travamentos. Uma força horizontal de 330 N deve ser aplicada, através da superfície de carregamento do encosto (fig. 15.6) a 100 mm de sua borda superior ou a 400 mm acima da linha de interseção entre os planos do assento e do encosto, optando-se pelo que for mais baixo.

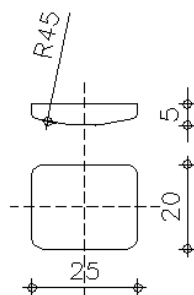


Figura 15.6 Superfície de carregamento do encosto

O número de ciclos a serem aplicados é indicado na tabela abaixo. Durante o ensaio a cadeira deve ser posicionada de modo a evitar movimentos para trás. O assento deve ser carregado com a carga de 950 N. A força no encosto não deve ser fazer elevar os pés anteriores do plano de apoio, caso contrário, essa deve ser reduzida. A frequência de aplicação da força não deve ser superior a 30 ciclos por minuto.

TABELA 15.5

Nível de solicitações para ensaio de fadiga no encosto

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.6	Fadiga no encosto	Ciclos	10000	20000	40000	50000	10000

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.

15.2.3 ENSAIO DE IMPACTO NO ENCOSTO

Tipo de ensaio: Impacto

Objetivo: Verificar a resistência e funcionamento de cadeiras sob efeito rápido de cargas e ocorrem ocasionalmente.

Metodologia: A cadeira deve ser posicionada sobre a superfície do chão, perfeitamente horizontal e plana, com os pés frontais encostados nos travamentos. O pêndulo deve ser posicionado de modo que, na posição de repouso, o encabeçamento de borracha toque o centro da borda superior do encosto, conforme a figura 15.7. Rodar o braço do pêndulo para trás, no ângulo α ou na altura h , indicados na tabela abaixo e deixar cair o pêndulo, sem impedir eventuais movimentos de elevação da cadeira. Repetir o ensaio 10 vezes.

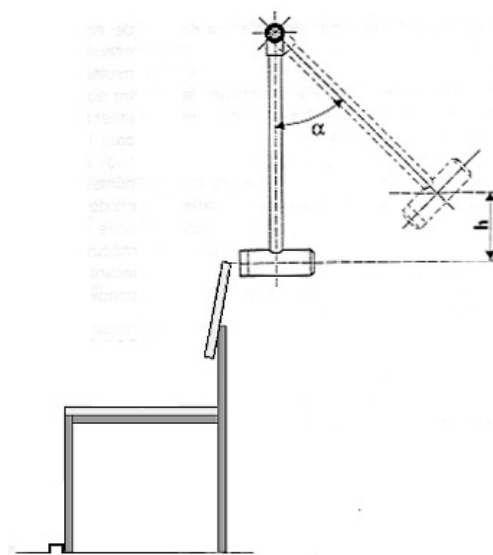


Figura 15.7 Ensaio de impacto no encosto

O pêndulo consiste de um corpo formado por um cilindro de aço com diâmetro de 76 mm com encabeçamento em calota de esfera de raio 55 mm, recoberto de camada de borracha com 12 mm de espessura, dureza Shore a 45 e massa total de 65 N. O braço deve ter 1000 mm de comprimento (entre o eixo de rotação e o eixo do cilindro) formado por um tubo de aço rígido e de massa não maior que 15 N.

TABELA 15.6

Nível de solicitações para ensaio de impacto no encosto

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.12	Impacto no encosto	Altura (mm)	61	94	134	293	500
		Ângulo (graus)	20	25	30	45	60

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.

15.3 CARGAS EM APÓIA-BRAÇOS

15.3.1 ENSAIO DE ESTÁTICA HORIZONTAL NO APÓIA-BRAÇO

Tipo de ensaio: Estático

Objetivo: Verificar a resistência dos apóia-braços.

Metodologia: A cadeira deve ser posicionada sobre a superfície do chão, perfeitamente horizontal e plana. Duas forças horizontais paralelas à frente da cadeira devem ser aplicadas no ponto mais vulnerável dos dois apóia-braços simultaneamente e de dentro para fora. O valor das forças é indicado na tabela a seguir. Esta força deve ser aplicada por 10 vezes, utilizando a superfície de carregamento local e durante cada aplicação, deve-se manter a carga ao menos por 10 s.

A superfície de carregamento local consiste de um objeto cilíndrico rígido com 100 mm de diâmetro, com uma face plana e bordas arredondadas com raio de 12mm (fig. 15.8).

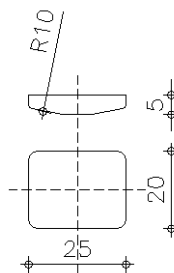


Figura 15.8 Superfície de carregamento local

TABELA 15.7

Nível de solicitações para ensaio de carga estática horizontal no apóia-braço

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.3	Carga estática horizontal no apóia-braço	Força (N)	100	200	300	400	600

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.

15.3.1 ENSAIO DE ESTÁTICA VERTICAL NO APÓIA-BRAÇO

Tipo de ensaio: Estático

Objetivo: Verificar a resistência dos apóia-braços.

Metodologia: A cadeira deve ser posicionada sobre a superfície do chão, perfeitamente horizontal e plana. A força vertical indicada na tabela abaixo deve ser aplicada diretamente no apóia-braço, no seu ponto mais vulnerável, utilizando-se a superfície de carregamento local (fig. 15.8). Deve-se aplicar a força 10 vezes e durante a aplicação, manter a carga pelo menos por 10 s. Se a cadeira desequilibrar, deve-se apoiar sobre o assento, do lado oposto ao apóia-braço em ensaio, uma carga tal que evite o desequilíbrio.

TABELA 15.8

Nível de solicitações para ensaio de carga estática vertical no apóia-braço

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.4	Carga estática vertical no apóia-braço	Força (N)	300	500	600	700	1000

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.

15.3.2 ENSAIO DE IMPACTO NO APÓIA-BRAÇO

Tipo de ensaio: Impacto

Objetivo: Verificar a resistência e funcionamento de cadeiras sob efeito rápido de cargas que ocorrem ocasionalmente.

Metodologia: A cadeira deve ser posicionada sobre a superfície do chão, perfeitamente horizontal e plana e com os travamentos dispostos contra as pernas laterais. O pêndulo deve ser posicionado de modo que, na posição de repouso, o encabeçamento de borracha toque o lado externo do apóia-braço do lado oposto, no ponto mais vulnerável, conforme a figura 15.9. Rodar o braço do pêndulo para trás, no ângulo α ou na altura h , indicados na tabela abaixo e deixar cair o pêndulo, sem impedir eventuais movimentos de elevação da cadeira. Repetir o ensaio 10 vezes.

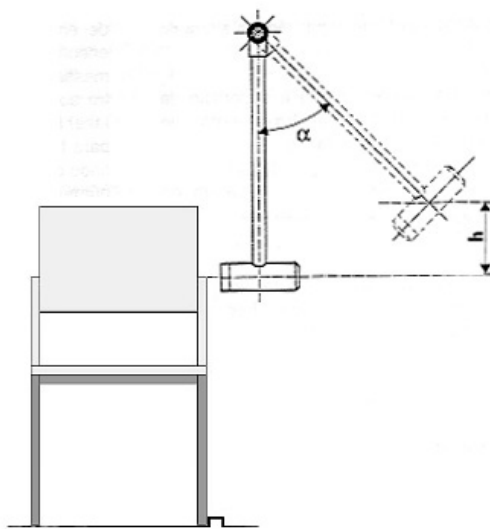


Figura 15.9 Ensaio de impacto no apóia-braço

TABELA 15.9

Nível de solicitações para ensaio de impacto no apóia-braço

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.13	Impacto no apóia-braço	Altura (mm)	61	94	134	293	500
		Ângulo (graus)	20	25	30	45	60

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.

15.4 CARGAS NOS PÉS

15.4.1 ENSAIO DE CARGA ESTÁTICA PARA FRENTE NOS PÉS

Tipo de ensaio: Estático

Objetivo: Verificar a resistência dos pés das cadeiras.

Metodologia: A cadeira deve ser posicionada sobre a superfície do chão, perfeitamente horizontal e plana, com os pés frontais encostados nos travamentos. Deve-se aplicar uma força horizontal no centro da parte posterior do assento, para frente, utilizando-se a superfície de carregamento local (fig. 15.8). Aplicar a força vertical especificada na tabela abaixo na posição de carregamento do assento definida pelo gabarito (fig. 15.3). Se a cadeira tender a desequilibrar, deve-se reduzir tal força à grandeza mais próxima que não cause o desequilíbrio, registrando a força utilizada. A força horizontal deve ser aplicada por 10 vezes, mantendo-se por ao menos 10s.

TABELA 15.10

Nível de solicitações para ensaio de carga estática para frente nos pés

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.2	Carga estática para frente nos pés	Força (N)	250	300	390	490	760
	Carga de equilíbrio	Força (N)	780	780	1000	1250	1800

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.

15.4.2 ENSAIO DE CARGA ESTÁTICA LATERAL NOS PÉS

Tipo de ensaio: Estático

Objetivo: Verificar a resistência dos pés das cadeiras

Metodologia: A cadeira deve estar posicionada sobre a superfície do chão, perfeitamente horizontal e plana, com os pés laterais opostos ao plano de aplicação da força horizontal encostados nos travamentos. A força horizontal deve ser aplicada centralmente na lateral do assento em direção ao lado travado, usando-se o equipamento de carregamento local (fig. 15.8) e deve ser

aplicada 10 vezes. A força vertical indicada na tabela abaixo deve ser aplicada no assento, usando-se o equipamento para superfície pequena de carregamento (fig. 15.10), a uma distância não maior que 150 mm da borda não carregada do mesmo assento. Se o móvel tender a tombar com a força vertical aplicada sobre o assento, a força horizontal deve ser reduzida a um valor que impeça o desequilíbrio lateral devendo ser este valor registrado.

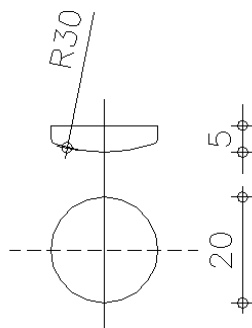


Figura 15.10 Superfície pequena de carregamento

TABELA 15.11

Nível de solicitações para ensaio de carga estática lateral nos pés

Item	Ensaio para determinação da estabilidade	Unidades	N1	N2	N3	N4	N5
5.2.2.2	Carga estática lateral nos pés	Força (N)	250	300	390	490	760
	Carga de equilíbrio	Força (N)	780	780	1000	1250	1800

Fonte: Anexo A – Tipos e níveis de ensaios – NBR 14110:1998.