

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO | INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ARQUITETURA, URBANISMO E TECNOLOGIA

DOUTORADO | 2024

**PROMISSORAS PERSPECTIVAS NA CONSTRUÇÃO DE ÂNGULOS E
MATERIAIS EM PROJETO E PRODUÇÃO DE MOBILIÁRIO ESCOLAR
INFANTIL**

Gustavo Ribeiro Palma do Nascimento

Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos | orientador

SÃO CARLOS | 2024

Gustavo Ribeiro Palma do Nascimento

**PROMISSORAS PERSPECTIVAS NA CONSTRUÇÃO DE ÂNGULOS E
MATERIAIS EM PROJETO E PRODUÇÃO DE MOBILIÁRIO ESCOLAR
INFANTIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do
Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos
da Universidade de São Paulo, como requisito para
obtenção do Título de Doutor em Arquitetura e
Urbanismo

Área de concentração | Arquitetura, Urbanismo e
Tecnologia

Orientador | Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos

SÃO CARLOS | 2024

AUTORIZO A REPRODUCAO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRONICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Arquitetura e Urbanismo
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

NN244p Nascimento, Gustavo Ribeiro Palma do
PROMISSORAS PERSPECTIVAS NA CONSTRUÇÃO DE ÂNGULOS
E MATERIAIS EM PROJETO E PRODUÇÃO DE MOBILIÁRIO
ESCOLAR INFANTIL / Gustavo Ribeiro Palma do
Nascimento; orientador Javier Mazariegos Pablos. --
São Carlos, 2024.
237 p.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo, Teoria e História da
Arquitetura e do Urbanismo -- Instituto de
Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo,
2024.

1. mobiliário infantil. 2. design de produtos. 3.
desenvolvimento de produtos. 4. resíduos industriais.
I. Pablos, Javier Mazariegos, orient. II. Título.

Bibliotecária responsável pela estrutura de catalogação da publicação de acordo com a AACR2:
Brianda de Oliveira Ordonho - CRB - 8/8229

*“Amigo é coisa pra se guardar
Debaixo de sete chaves
Dentro do coração
Assim falava a canção que na América ouvi
Mas quem cantava chorou
Ao ver o seu amigo partir*

*Mas quem ficou, no pensamento voou
Com seu canto que o outro lembrou
E quem voou, no pensamento ficou
Com a lembrança que o outro cantou*

*Amigo é coisa para se guardar
No lado esquerdo do peito
Mesmo que o tempo e a distância digam "não"
Mesmo esquecendo a canção
O que importa é ouvir
A voz que vem do coração*

*Pois seja o que vier
Venha o que vier
Qualquer dia, amigo, eu volto
A te encontrar
Qualquer dia, amigo, a gente vai se encontrar*

*Seja o que vier
Venha o que vier
Qualquer dia, amigo, eu volto
A te encontrar
Qualquer dia, amigo, a gente vai se encontrar”*

Canção da América | Fernando Rocha Brant | Milton Nascimento - 1979

Ao seu Heitor (*in memoriam*), amigo, companheiro, meu pai. Até breve!

Ao Bruno, seus olhos, seu sorriso. Meu aluno.

A Ane, companheira de uma vida.

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos**, pela orientação, apoio e por, principalmente, acreditar em uma ideia.

A **Prof.^a Dr.^a. Anelise Ventura Nascimento** pelas contribuições nos momentos finais desta pesquisa.

Aos amigos **Victor** e **Everton**, por partilharem desta ideia e pelas discussões e contribuições precisas relacionadas a esta pesquisa, desde o princípio.

Aos amigos e vizinhos, **Camila** e **Sérgio** e **Thais** e **Diogo** por “emprestarem” suas filhas, **Luiza** e **Antônia**, respectivamente, para as provas de conceito.

Aos técnicos do LCC e da maquetaria.

A **Inpol**, empresa parceira nesta pesquisa, fornecedora dos resíduos utilizados nas confecções das placas.

A todos que, de alguma forma, contribuíram com esta pesquisa ao longo destes 6 anos.

Por fim, ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – **CAPES DS** pelos anos iniciais da pesquisa (88882.379076/2019) e pela extensão da Bolsa por conta da Pandemia Covid-19, **CAPES PROEX** (88887.817159/2023-00) por proporcionar a minha dedicação exclusiva e esta pesquisa.

RESUMO

NASCIMENTO, G.R.P. **Promissoras perspectivas na construção de ângulos e materiais em projeto e produção de mobiliário escolar infantil.** 2024. TESE [DOUTORADO]. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024.

A enorme quantidade de resíduos oriundos da pós-produção do setor calçadista brasileiro do Vale do Rio Sinos, no Rio Grande do Sul, sede da empresa parceira nesta pesquisa, demanda grandes áreas para sua destinação final, ocasionando passivos ambientais. Pesquisas apontam que uma das alternativas para minimizar esses passivos é reciclar estes resíduos em forma de placas termofixas flexíveis. Ao mesmo tempo, materiais como MDF e MDP, e peças metálicas usadas para sua fixação e comumente utilizados na produção de mesas e cadeiras escolares, também encontram dificuldades, tanto no descarte, quanto na sua reciclagem, segundo estudos. Ademais, a literatura aponta que o ângulo de flexão tronco-coxa em 90° para os assentos e a sugestão, e não a obrigatoriedade, de ângulo de inclinação de até 16° para os tampos das mesas escolares, indicados pela Norma **ABNT NBR 14006:2022 - Móveis escolares – cadeiras e mesas para conjunto aluno individual – requisitos e métodos de ensaio**, são os responsáveis pelos problemas musculoesqueléticos dos alunos desde o início da vida escolar. Os objetivos deste trabalho são, portanto, criar resistência às placas termofixas com a incorporação de fibras naturais à sua composição, com aplicabilidade em mobiliário escolar infantil (mesa e cadeira), de modo a proporcionar o reaproveitamento das peças quando ao final de sua vida útil além de propor uma releitura dos ângulos posturais, com execução de *mock up* e testes, como prova de conceito. Para o desenvolvimento das placas termofixas utilizou-se do método de moldagem a compressão térmica e, para o

desenvolvimento do projeto do mobiliário, utilizou-se dos conceitos da Postura Corpórea Neutra como meio de levantamento, interpretação e aplicabilidade de dados com intuito de minimizar os entraves ergonômicos atuais. Testes quantitativos de caracterização mecânica e de propriedades físicas sugerem a fibra do bagaço da cana, incorporada a poliuretana termofixa, como uma possível aplicação em mobiliários escolares, em relação à resistência do material exigido pela Norma **ABNT NBR 15316-2:2019 - Painéis de fibras de média densidade.**

Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. O *mock up*, produzido em material compensado, resultou em parâmetros coerentes e indicados pela literatura quanto ao ângulo de inclinação do pescoço associado à inclinação do tampo da mesa, assim como o ângulo tronco-coxa. As placas termofixas com fibras do bagaço da cana e os ângulos da Postura Corpórea Neutra demonstraram ser perspectivas ainda não exploradas e promissoras para a produção com logística reversa e minimização dos problemas ergonômicos no desenvolvimento de mobiliários escolares.

Palavras chave: carteiras escolares, placas poliméricas, resíduo industrial de poliuretana termofixa reciclado, design, logística reversa.

ABSTRACT

NASCIMENTO, G.R.P. **Promising perspectives in the construction of angles and materials in the design and production of children's school furniture.** 2024. PHD Thesis. Postgraduate Program of the São Carlos Institute of Architecture and Urbanism, University of São Paulo, São Carlos, 2024.

The huge amount of post-production waste from the Brazilian footwear sector in the Rio Sinos Valley, in Rio Grande do Sul, where the partner company in this research is based, requires large areas for its final disposal, causing environmental liabilities. Research shows that one of the alternatives for minimizing these liabilities is to recycle this waste in the form of flexible thermosetting boards. At the same time, materials such as MDF and MDP and the metal parts used to fix them, which are commonly used in the production of school desks and chairs, also encounter difficulties in both disposal and recycling, according to studies. In addition, the literature shows that the 90° trunk-thigh flexion angle for seats and the suggestion, rather than compulsory, of an inclination angle of up to 16° for school desk tops, indicated by ABNT Standard NBR 14006:2022 - School furniture - chairs and tables for individual pupil sets - requirements and test methods, are responsible for the musculoskeletal problems of pupils from the beginning of their school life. The objectives of this work are therefore to create resistance to thermosetting boards with the incorporation of natural fibers into their composition, with applicability in children's school furniture (table and chair), in order to allow the reuse of the pieces at the end of their useful life and to propose a re-reading of the postural angles, with the execution of mock ups and tests, as a proof of concept. The thermal compression molding method was used to develop the thermoset plates and, for the furniture project, the concepts of Neutral Body Posture were used as

a means of gathering, interpreting and applying data in order to minimize current ergonomic obstacles. Quantitative tests of mechanical characterization and physical properties of the material suggest that sugarcane bagasse fibre, incorporated into thermosetting polyurethane material, is a possible application in school furniture, in relation to the strength of the material required by ABNT Standard NBR 15316-2:2019 - Medium-density fibreboard. Part 2: Requirements and test methods. The mock up, produced in plywood material, resulted in parameters that are consistent with those indicated in the literature for the angle of inclination of the neck associated with the inclination of the table top, as well as the torso-thigh angle. The thermoset plates with sugarcane bagasse fibres and the Neutral Body Posture angles proved to be unexplored and promising prospects for production with reverse logistics and minimization of ergonomic problems in the development of school furniture.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1.1 - MOBILIÁRIO ESCOLAR. VISTA DA SALA DE AULA NA FRANÇA, 1889.....	24
FIGURA 2.1.1.2 - MOBILIÁRIO ESCOLAR. CADEIRA MODELO DA CIDADE DE PARIS EM MADEIRA, 1882	25
FIGURA 3.1.1.3 - MOBILIÁRIO ESCOLAR. CADEIRA MAUCHAIN, 1914. USO DE FERRO FUNDIDO E MADEIRA.....	25
FIGURA 4.1.1.4 - MOBILIÁRIO ESCOLAR MARCEL BREUER, 1930. MESA E CADEIRA PRODUZIDAS EM TUBO METÁLICO	26
FIGURA 5.1.1.5 - MOBILIÁRIO ESCOLAR CEBRACE TAMANHOS 1, 2 E 3	27
FIGURA 6.1.1.6 - MODELO DE USO CJA 01, SEGUNDO PADRÃO FNDE	33
FIGURA 7.1.1.7 - MODELO DE USO CJA 03, SEGUNDO PADRÃO FNDE	33
FIGURA 8.1.1.8 - MODELO DE USO CJA 04, SEGUNDO PADRÃO FNDE	34
FIGURA 9.1.1.9 - MODELO DE USO CJA 05, SEGUNDO PADRÃO FNDE	34
FIGURA 10.1.1.10 - TOPO DA CADEIRA SEM PARTE DO REVESTIMENTO E CONSEQUENTE EXPOSIÇÃO AO PERIGO PELO ALUNO	36
FIGURA 11.1.3.1 - CARTEIRAS ESCOLARES CADEIRA E MESA	42
FIGURA 12.1.3.2 - CONJUNTO CADEIRA COM BRAÇO ACOPLADO.....	43
FIGURA 13.1.3.3 - CADEIRA ESCOLAR COM BRAÇO E APOIO DE LIVROS	44
FIGURA 14.1.3.4 - CONJUNTO ESCOLAR CONFORT	44
FIGURA 15.1.3.5 - CADEIRA FRONTAL PLUS E CADEIRA FRONTAL VERDE FÓRMICA	45
FIGURA 16.1.3.1.1 - CONJUNTO E EMPILHAMENTO DAS CADEIRAS E FUNCIONAMENTO.....	47
FIGURA 17.1.3.1.2 - DETALHE SUPORTE DA MOCHILA E ELEMENTOS DE APOIO PARA MATERIAIS DE DESENHO.....	50
FIGURA 18.1.3.1.3 - SISTEMA DE AJUSTE DE ALTURA DA CADEIRA. DETALHE AO DESENHO FORMAL E AO USO DOS MATERIAIS E CORES APLICADOS	51
FIGURA 19.1.3.1.4 - ELEMENTOS DE APOIO DE MOCHILA E GUARDA LIVROS.....	52
FIGURA 20.1.3.1.5 - REGULAGEM DE ALTURA POR FUSO. CONJUNTO 2 ALUNOS.....	53
FIGURA 21.1.3.2.1 - CADEIRA COM AJUSTES DE ALTURA SE ADAPTA AO CRESCIMENTO DAS PESSOAS.....	54
FIGURA 22.1.3.2.2 - EXEMPLOS NA FORMA DE USO AO LONGO DA VIDA	54
FIGURA 23.1.3.2.3 - CORES	55
FIGURA 24.1.3.2.4 - ELEMENTOS DE REGULAGEM DE ALTURA	55
FIGURA 25.1.3.2.5 - ELEMENTOS DE REGULAGEM DE ALTURA	56
FIGURA 26.1.3.2.6 - ELEMENTOS DE REGULAGEM DE ALTURA	57
FIGURA 27.1.3.2.7 - ELEMENTOS DE REGULAGEM DE ALTURA	57
FIGURA 28.1.3.2.8 - FORMAS DE USO E SISTEMA DE REGULAGEM DE ALTURA.....	58
FIGURA 29.2.2.1.1 - MEDIDAS CORPORAIS	74
FIGURA 30.2.2.1.2 - PROBLEMAS POSTURAIIS CAUSADOS PELA MÁ POSTURA NAS REGIÕES DA LOMBAR E CERVICAL.....	77
FIGURA 31.2.2.1.3 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS CONCEITOS ANTROPOMÉTRICOS	81
FIGURA 32.2.3.1 – A ESQUERDA, POSTURA EM PÉ. A DIREITA, POSTURA SENTADA	85

FIGURA 33.2.3.2- REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS CONCEITOS ANTROPOMÉTRICOS	87
FIGURA 34.2.3.3 - REPRESENTAÇÃO NÚCLEO PULPOSO DO DISCO INTRAVERTEBRAL	88
FIGURA 35.2.3.4 - REPRESENTAÇÃO DAS POSIÇÕES ADOTADAS PELOS ALUNOS	89
FIGURA 36.2.3.5 – POSTURAS ADOTADAS COMO FORMA DE ALIVIAR AS DORES LOMBARES	92
FIGURA 37.2.3.6 – APONTAMENTO DAS DORES NO CORPO.....	93
FIGURA 38.2.3.7 – APONTAMENTO DE DORES NO CORPO PELOS ESCOLARES	94
FIGURA 39.2.4.1.1 - COMPARAÇÃO CADEIRA KNEELING CHAIR E UMA CADEIRA COMUM	101
FIGURA 40.2.4.1.2 – CADEIRA KNEELING CHAIR COM ENCOSTO	101
FIGURE 41.2.4.1.3 - POSTURAS ASSUMIDAS NA CARTEIRA ESCOLAR EM COMPARAÇÃO A KNEELING CHAIR.....	102
FIGURA 42.2.4.1.4 - COMPARAÇÃO POSTURAL NO USO DAS CADEIRAS E O IMPACTO NA REGIÃO LOMBAR.....	102
FIGURA 43.2.4.2.1- POSTURA NEUTRA.....	104
FIGURA 44.2.4.2.2 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS CONCEITOS ANTROPOMÉTRICOS	105
FIGURA 45.2.4.2.3 – POSTURAS E ÂNGULOS NAS POSIÇÕES EXTREMAS E <i>PERCHING</i>	106
FIGURA 46.2.4.2.4 – ESTUDO DE NOGUCHI AT AL. 2019. WATERLOO, CA	107
FIGURA 47.3.2.1.1 - PLACA POLIURETANA TERMOFIXA E SUA RESISTÊNCIA.....	113
FIGURA 48.3.2.1.2 - EQUIPAMENTO DE MOAGEM E A RELAÇÃO DO MATERIAL IN NATURA E APÓS A MOAGEM	114
FIGURA 49.3.2.1.3 – PESAGEM DO MATERIAL EM BALANÇA DE PRECISÃO	115
FIGURA 50.3.2.1.4 – PESAGEM DA RESINA E MISTURA COM MATERIAL.....	115
FIGURA 51.3.2.1.5 – MATERIAL NO MOLDE E PESAGEM NA PRENSA TÉRMICA	116
FIGURA 52.3.2.1.6 – RESULTADO DAS PLACAS 1 E 2 COM 70% BAGAÇO DE LARANJA	118
FIGURA 53.3.2.1.7 – RESULTADO DAS PLACAS 1 E 2 UTILIZANDO FIBRA DO CAFÉ.....	119
FIGURA 54.3.2.1.8 – RESULTADO DAS PLACAS 1 E 2 UTILIZANDO FIBRA DE BAGAÇO DE CANA	120
FIGURA 55.3.3.1.7.1 – TABELA DE ESTATURA 5° A 95° PERCENTIL.....	129
FIGURA 56.3.3.1.7.2 – TABELA DE ESTATURA 5° A 95° PERCENTIL (2011 2014).....	130
FIGURA 57.3.3.1.7.3 – TABELA DE ESTATURA 5° A 95° PERCENTIL BRASIL.....	131
FIGURA 58.3.3.1.7.4 – ALTURA DO JOELHO	133
FIGURA 59.3.3.1.7.5 – COMPRIMENTO NÁDEGA-SULCO POPLÍTEO	133
FIGURA 60.3.3.1.7.6 – COMPRIMENTO LARGURA DO QUADRIL	134
FIGURA 61.3.3.1.7.7 – CROQUIS COM ESTUDO DE ALTURAS E ÂNGULOS APÓS USO DO BONECO	134
FIGURA 62.3.3.2.1.1 – CROQUI DA CADEIRA QUE POSSIBILITOU O ENCONTRO DO DESENHO DA MESA	136
FIGURA 63.3.3.2.1.2 – CROQUIS – ESTUDOS DE ÂNGULOS, FORMAS E EXIGUIDADE	137
FIGURA 64.3.3.2.1.3 – CROQUIS – ESTUDOS DE TRAVAMENTOS.....	137
FIGURA 65.3.3.2.2.1 – VERIFICAÇÃO DE ÂNGULOS E PROPORÇÕES.....	138
FIGURA 66.3.3.2.2.2 – DESENHO DO TAMPO DA MESA.....	139
FIGURA 67.3.3.2.2.3 – BUSCA POR DESENHO DO TAMPO DA MESA.....	139
FIGURA 68.3.3.2.3.1 – REFORMA E VERIFICAÇÃO NO PROCESSO DE REGULAGEM DE ALTURA.....	140
FIGURA 69.3.3.2.3.2 – MONTAGEM DA MESA E VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE REGULAGEM DE ALTURA	141
FIGURA 70.3.3.3.1.1 – SISTEMA DE REGULAGEM DE ALTURA.....	142

FIGURA 71.3.3.3.1.2 – CROQUI COM INTERVENÇÃO NA REGULAGEM DE ALTURA	142
FIGURA 72.3.3.3.1.3 – CROQUIS DA CADEIRA	143
FIGURA 73.3.3.3.1.4 – CROQUI COM INTERVENÇÃO NA REGULAGEM DE ALTURA	143
FIGURA 74.3.3.3.1.5 – CROQUI COM INTERVENÇÃO NA REGULAGEM DE ALTURA	144
FIGURA 75.3.3.3.1.6 – DESENVOLVIMENTO DE CROQUIS DA CADEIRA	145
FIGURA 76.3.3.3.1.7 – SEQUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DE CROQUIS DA CADEIRA	145
FIGURA 77.3.3.3.2.1 – CROQUI DA CADEIRA E <i>MOCK UP</i>	146
FIGURA 78.3.3.3.2.2 – PROCESSO DE CONFECÇÃO DO <i>MOCK UP</i> NAS INSTALAÇÕES DO LCC/IAUUSP	147
FIGURA 79.3.4.1.1 – CONJUNTO MESA CADEIRA	148
FIGURA 80.3.4.1.2 – CONJUNTO MESA CADEIRA UTILIZADO POR CRIANÇA EXTREMO INFERIOR	149
FIGURA 81.3.4.1.3 – CONJUNTO MESA CADEIRA UTILIZADO POR CRIANÇA EXTREMO SUPERIOR	150
FIGURA 82.3.4.2.1 – <i>MOCK UP</i> COM AJUSTES DIMENSIONAIS APÓS PROVA DE CONCEITO	152
FIGURA 83.3.4.2.2 – DETALHE SISTEMA DE REGULAGEM DE ALTURA	153
FIGURA 84.3.4.2.3 – DETALHE SISTEMA DE REGULAGEM DE ALTURA	154
FIGURA 85.4.1.1.1.1 – IDENTIFICAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DAS AMOSTRAS POR FIBRAS SENDO (A) E (B) BAGAÇO DE CANA; (C) E (D) CAFÉ E (E) E (F) LARANJA	158
FIGURA 86.4.3.1.1 – IDENTIFICAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE MDF PARA ENSAIOS	179
FIGURA 87.4.6.1.1 – LÁPIS GRAFITE 2B COM PAPEL BRANCO SULFITE 75G SOBRE PLACA	196
FIGURA 88.4.6.2.1 – PLACA REVESTIDA DE LAMINADO COM USO DE COLA BRANCA	197
FIGURA 89.4.6.2.2 – PLACA REVESTIDA DE LAMINADO COM USO DE RESINA DE MAMONA	197
FIGURA 90.4.6.2.3 – ACABAMENTO DA PLACA APÓS 24 HORAS COM UTILIZAÇÃO DE RESINA DE MAMONA	197
FIGURA 91.4.6.2.4 – PLACA REVESTIDA DE LAMINADO COM USO DE COLA DE CONTATO	198
FIGURA 92.4.6.3.1 – FITA DE BORDA UTILIZADA NO PROCESSO DE COLAGEM	199
FIGURA 93.4.6.3.2 – PLACA REVESTIDA DE LAMINADO COM USO DE COLA DE CONTATO	200
FIGURA 94.4.3.4.1 – PROCESSO DE CORTE A LASER	201
FIGURA 95.4.6.4.2 – RESULTADO DO CORTE A LASER	201
FIGURA 96.4.6.4.3 – DETALHE DO CORTE A LASER NA PLACA	202
FIGURA 97.4.7.1 – DESENHO PERFIL DA MESA REALIZADO A MÃO	204
FIGURA 98.4.7.2 – ESTUDOS DIMENSIONAIS DO DESENHO DO PERFIL DA CADEIRA EM AUTOCAD	205
FIGURA 99.4.7.3 – ESTUDOS ÂNGULOS DO DESENHO DO PERFIL DA CADEIRA E MESA EM AUTOCAD	206
FIGURA 100.4.7.4 – DESENHO EXECUTIVO DO PERFIL DA CADEIRA EM AUTOCAD	206
FIGURA 101.4.7.5 – DESENHO EXECUTIVO DO SISTEMA DE ASSENTO EM AUTOCAD	207
FIGURA 102.4.7.6 – DESENHO EXECUTIVO DO PERFIL DA MESA EM AUTOCAD	207
FIGURA 103.4.7.7 – DESENHO EXECUTIVO DO TAMPO DA MESA EM AUTOCAD	208
FIGURA 104.4.7.8 – REALIZAÇÃO CORTE DA CHAPA EM MÁQUINA CNC	209
FIGURA 105.4.7.9 – COLAGEM DOS PERFIS E PROCESSO DE MONTAGEM	210
FIGURA 106.4.7.10 – DETALHE TRAVA DO SISTEMA DE REGULAGEM DE ALTURA DA CADEIRA	210
FIGURA 107.4.7.11 – CONJUNTO MONTADO	211

FIGURA 108.4.8.1 – ÂNGULOS DO TAMPO DA MESA E DA CADEIRA	212
FIGURA 109.4.8.2 – COMPARAÇÃO DOS ÂNGULOS DE ASSENTO DOS MOCK UPS: (A) 28° E (B) 13°	213
FIGURA 110.4.8.3 – VERIFICAÇÃO DOS ÂNGULOS ENTRE MOBILIÁRIO E A ESCOLAR	214
FIGURA 111.4.8.4 – REQUISITOS DE ALCANCE E LEITURA: (A) ALCANCE GARRAFA D`ÁGUA E (B) APOIO DO LIVRO	214
FIGURA 112.4.8.5 – <i>MOCK UP</i> COMPLETO APRESENTANDO VARIAÇÃO DE ALTURA: (A) MEDIDA MÍNIMA; (B) MEDIDA MÁXIMA; (C) VARIAÇÃO ÂNGULO NA MEDIDA MÁXIMA E (D) SEGUNDA VARIAÇÃO DE ÂNGULO DA FOTO	215

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.4.1.1.1.1-CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO EM FLEXÃO AMOSTRA AFK 222006 – BAGAÇO CANA TRAÇO 2:1 .	159
GRÁFICO 2.4.1.1.1.2-CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO EM FLEXÃO AMOSTRA AFK 222007- BAGAÇO CANA	160
GRÁFICO 3.4.1.1.1.3-CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO EM FLEXÃO AMOSTRA AFK 222008 – FIBRA CAFÉ	161
GRÁFICO 4.4.1.1.1.4-CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO EM FLEXÃO AMOSTRA AFK 222009 – FIBRA CAFÉ	162
GRÁFICO 5.4.1.1.1.5-CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO EM FLEXÃO AMOSTRA AFK 222010 – FIBRA LARANJA	163
GRÁFICO 6.4.1.1.1.6 -CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO EM FLEXÃO AMOSTRA AFK 222011- FIBRA LARANJA	164
GRÁFICO 7.4.1.1.2.1-RESULTADOS DO ENSAIO DE TRAÇÃO	167
GRÁFICO 8.4.1.1.3.1 - RESULTADOS DO ENSAIO DE PUNÇÃO BAGAÇO DE CANA TRAÇO 1:1	169
GRÁFICO 9.4.3.1.1.1 - CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO EM FLEXÃO AMOSTRA AFK 222048	180
GRÁFICO 10.4.3.1.2.1 - CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO EM FLEXÃO AMOSTRA AFK 222048	183
GRÁFICO 11.4.3.1.3.1 - CARGA X DESLOCAMENTO NA AMOSTRA AFK 226048	185
GRÁFICO 12.4.5.1.1 - COMPARAÇÃO DE DADOS PARA INCHAMENTO DE 2 HR E 24 HR	189
GRÁFICO 13.4.5.1.2 - COMPARAÇÃO DE DADOS PARA MÓDULO ELASTICIDADE	190
GRÁFICO 14.4.5.1.3 - COMPARAÇÃO DE DADOS DE DENSIDADE	191
GRÁFICO 15.4.5.2.1 - COMPARAÇÃO DE DADOS DE FLEXÃO	192
GRÁFICO 16.4.5.2.2 - COMPARAÇÃO DE DADOS PARA TRAÇÃO	193
GRÁFICO 17.4.5.2.3 - COMPARAÇÃO DE DADOS PARA PUNÇÃO E DESLOCAMENTO	194

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.3.2.1.1 – TESTES DE PROPORÇÃO ENTRE MATERIAL E REAGENTE.....	117
TABELA 2.3.2.1.2 – COMPOSIÇÃO DAS PLACAS UTILIZANDO A FIBRA DA LARANJA	118
TABELA 3.3.2.1.3 – COMPOSIÇÃO DAS PLACAS UTILIZANDO A FIBRA DO CAFÉ	119
TABELA 4.3.2.1.4 – COMPOSIÇÃO DAS PLACAS UTILIZANDO A FIBRA DO BAGAÇO DA CANA.....	120
TABELA 5.4.1.1.1.1 – IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	158
TABELA 6.4.1.1.1.2 – CONDIÇÕES DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS.....	159
TABELA 7.4.1.1.1.3 – RESULTADO DA AMOSTRA AFK222006 COM BAGAÇO DE CANA	160
TABELA 8.4.1.1.1.4 - RESULTADO DA AMOSTRA AFK222007 COM BAGAÇO DE CANA TRAÇO 1:1	161
TABELA 9.4.1.1.1.5 - CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO EM FLEXÃO AMOSTRA AFK 222008 – FIBRA CAFÉ	162
TABELA 10.4.1.1.1.6 - CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO EM FLEXÃO AMOSTRA AFK 222009 – FIBRA CAFÉ	162
TABELA 11.4.1.1.1.7 - RESULTADOS DA AMOSTRA AFK222010 COM FIBRA DA LARANJA	163
TABELA 12.4.1.1.1.8 - RESULTADOS DA AMOSTRA AFK222011 COM FIBRA DA LARANJA	164
TABELA 13.4.1.1.1.9 - RESUMO DOS RESULTADOS DOS TESTES	165
TABELA 14.4.1.1.2.1– CONDIÇÕES ENSAIO DE TRAÇÃO	166
TABELA 15.4.1.1.2.2– CONDIÇÕES ENSAIO DE TRAÇÃO – BAGAÇO DE CANA TRAÇO 1:1	167
TABELA 16.4.1.1.3.1 – CONDIÇÕES DE ENSAIO DE PUNÇÃO.....	168
TABELA 17.4.1.1.3.2 – RESUMO DOS RESULTADOS DE ENSAIOS DE TRAÇÃO E PUNÇÃO.....	169
TABELA 18.4.1.1.4.1 – RESUMO DOS RESULTADOS DE ENSAIOS DE TRAÇÃO E PUNÇÃO BAGAÇO DE CANA TRAÇO 1:1.....	170
TABELA 19.4.2.1.1– TABELA DE ESPESSURAS DOS CORPOS DE PROVA	172
TABELA 20.4.2.1.2 – RESUMO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE ABSORÇÃO, VOLUME E DENSIDADE	173
TABELA 21.4.2.1.3 – DADOS EM PORCENTAGEM DOS TESTES DE ABSORÇÃO, VOLUME E DENSIDADE	173
TABELA 22.4.2.3.1 – RESULTADO DA RESISTÊNCIA À ABRASÃO SUPERFICIAL	175
TABELA 23.4.2.3.2 – TABELA DE ÍNDICE DE ABRASÃO E USOS	175
TABELA 24.4.2.4.1 – RESULTADOS DO ENSAIO DE ATAQUE QUÍMICO	176
TABELA 25.4.3.1.1.1 – CONDIÇÕES DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS.....	180
TABELA 26.4.3.1.1.2 – RESULTADOS EM FLEXÃO NA AMOSTRA AFK 222048	181
TABELA 27.4.3.1.2.1 – CONDIÇÕES DE ENSAIO DE TRAÇÃO	182
TABELA 28.4.3.1.2.2 – RESULTADOS DA AMOSTRA AFK 222048	183
TABELA 29.4.3.1.3.1 – CONDIÇÕES DE ENSAIO DE PUNÇÃO.....	184
TABELA 30.4.3.1.3.2 – RESULTADOS DO ENSAIO DE PUNÇÃO.....	185
TABELA 31.4.3.1.4.1 – RESUMO DOS RESULTADOS DE ENSAIOS DE TRAÇÃO, PUNÇÃO E FLEXÃO DA PLACA MDF	186
TABELA 32.4.4.1.1– TABELA DE ESPESSURAS DOS CORPOS DE PROVA	187
TABELA 33.4.4.1.2 – TABELA, EM PORCENTAGEM, DAS VARIAÇÕES DE ESPESSURA DOS CORPOS DE PROVA.....	188
TABELA 34.4.4.1.3 – RESUMO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE ABSORÇÃO, VOLUME E DENSIDADE	188

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	21
1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	23
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	23
1.2. OBJETIVOS.....	39
1.2.1. OBJETIVOS GERAIS	39
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	40
1.3. MOBILIÁRIO ESCOLAR NO BRASIL	41
1.3.1. ALGUNS EXEMPLOS DE MOBILIÁRIO ESCOLAR NO EXTERIOR	47
1.3.2. EXEMPLOS DE SISTEMAS DE REGULAGEM DE ALTURA	53
2. REVISÃO DA LITERATURA	61
2.2. ERGONOMIA	66
2.2.1. ERGONOMIA NO MOBILIÁRIO ESCOLAR (OU A FALTA DELE)	69
2.3. A FLEXÃO EM 90° - O PROBLEMA DA CADEIRA ESCOLAR.....	83
2.4. PESQUISA DE MODELOS EXPERIMENTAIS	100
2.4.1. <i>KNELLING CHAIR</i>	100
2.4.2. POSTURA CORPÓREA NEUTRA.....	103
3. MÉTODO DE PESQUISA	110
3.1. MATERIAIS E ESTRUTURA METODOLÓGICA.....	110
3.2. DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL	110
3.2.1. TESTES DE COMPOSIÇÃO	113
3.3.1. DESENVOLVIMENTO DO MOBILIÁRIO.....	121
3.3.1.2. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES	122
3.3.1.3. ESTUDOS PRELIMINARES	123
3.3.1.4. O PARTIDO	125
3.3.1.5. CONCEITUAÇÃO DO PROJETO	127
3.3.1.6. O UNIVERSO DOS CROQUIS, DESENHOS E PENSAMENTOS	127
3.3.1.7. CONSTRUÇÃO DAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS	128
3.3.2. CONSTRUÇÃO DOS <i>MOCK UPS</i>	135

3.3.2.1. DESENVOLVIMENTO DA MESA.....	136
3.3.2.2. MESA – PRIMEIRO <i>MOCK UP</i>	137
3.3.2.3. MESA – SEGUNDO <i>MOCK UP</i>	140
3.3.3. DESENVOLVIMENTO DA CADEIRA.....	141
3.3.3.1. CADEIRA – PRIMEIRO <i>MOCK UP</i>	141
3.3.3.2. CADEIRA – SEGUNDO <i>MOCK UP</i>	146
3.4. CONJUNTO ESCOLAR.....	147
3.4.1. PROVA DE CONCEITO	148
3.4.2. AJUSTES NECESSÁRIOS.....	151

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 156

4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS CHAPAS DE BAGAÇO DE CANA, FIBRA DO CAFÉ E FIBRA DA LARANJA	156
4.1.1. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA.....	156
4.1.1.1. ENSAIOS DE FLEXÃO	157
4.1.1.2. ENSAIOS DE TRAÇÃO – BAGAÇO DE CANA	165
4.1.1.3. ENSAIOS DE PUNÇÃO – BAGAÇO DE CANA.....	167
4.1.1.4. RESUMO DOS RESULTADOS	170
4.2. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS	170
4.2.1. TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA, INCHAMENTO E DENSIDADE	170
4.2.2. CARACTERIZAÇÃO QUANTO A DURABILIDADE.....	174
4.2.3. RESISTÊNCIA A ABRASÃO SUPERFICIAL	174
4.2.4. RESISTÊNCIA AO ATAQUE QUÍMICO.....	176
4.3. CARACTERIZAÇÃO DA CHAPA DE MDF 9 MILÍMETROS.....	178
4.3.1. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA.....	178
4.3.1.1. ENSAIOS DE FLEXÃO	179
4.3.1.2. ENSAIOS DE TRAÇÃO	181
4.3.1.3. ENSAIOS DE PUNÇÃO	183
4.3.1.4. RESUMO DOS RESULTADOS	186
4.4. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS	186
4.4.1. TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA, INCHAMENTO E DENSIDADE	187
4.5. COMPARAÇÃO DOS MATERIAIS	188
4.5.1. COMPARAÇÃO QUANTO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS	189
4.5.2. COMPARAÇÃO QUANTO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	191
4.6. CARACTERIZAÇÃO APÓCRIFA.....	195
4.6.1. QUANTO AO RISCO	195
4.6.2. USO DE LAMINADO MELAMÍNICO	196
4.6.3. FITA DE BORDA TERMOPLÁSTICA EM PVC.....	198

4.6.4. CORTE NA IMPRESSORA A LASER	200
4.7. RESULTADO DO <i>MOCK UP</i>	203
4.8. JUSTIFICATIVAS DE PROJETO – RESULTADOS DOS AJUSTES	211
5. CONCLUSÕES (OU QUASE ISSO).....	218
6. PROSSEGUIMENTO DA PESQUISA.....	222
7. REFERÊNCIAS.....	224
7.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	224
7.2. REFERÊNCIAS DE SITES	229
7.3. REFERÊNCIAS DE BLOGS	232
CAPÍTULO 8.....	233
8.1. ANEXOS	234

(Página intencionalmente deixada em branco)

INTRODUÇÃO

Por um lado, enormes quantidades de resíduos oriundos da pós-produção do setor calçadista brasileiro demandam grandes áreas para descarte, ocasionando passivos ambientais. Por outro, materiais utilizados na confecção de mobiliários escolares como MDF, MDP e, principalmente peças metálicas utilizadas na estruturação e fixação destes objetos, além de encontrarem dificuldades quanto do descarte ao final de sua vida útil, criam perigos físicos diários expondo, os escolares, a pontas de laminados e peças metálicas, rebites e metalons enferrujados, entre outros.

Portanto, este trabalho apresenta o mobiliário escolar infantil como objeto central e organizador pavimentando, esta pesquisa, em duas frentes distintas e, ao mesmo tempo, correlatas.

A primeira, como desdobramento das pesquisas de BALDAN, 2015 no que tange ajustes e processos na confecção de placas com potencial de migração da área originalmente desenvolvida – construção civil – para uso em mobiliários escolares infantis, como substituição aos atuais materiais utilizados como tampo de mesa e assentos e encostos de cadeiras.

A segunda área abarcada neste estudo refere-se as problemáticas identificadas quanto as questões ergonômicas (ou a falta dele) nos conjuntos escolares onde, o tampo da mesa encontra-se paralela ao plano e o ângulo de assento entre tronco-coxa encontra-se em 90°, apontando para claras consequências e sérias situações acerca dos constrangimentos físicos.

Assim e, como resposta às problemáticas identificadas de projeto, esta Tese apresenta uma intervenção projetual dos atuais desenhos de mesas e cadeiras por meio da inserção e exploração dos conceitos de uma postura experimental, conhecida como Postura Corpórea Neutra. Tal conceito é aplicado na confecção de um *mock up* como prova de conceito onde, escolares, próximas aos extremos percentis, serão analisadas em situações de uso.

CAPÍTULO 1

1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este capítulo possui, no cerne da sua organização, localizar e contextualizar os temas propostos nesta Tese, apresentando os graves problemas dos atuais materiais e seus objetos de fixação nos mobiliários escolares infantis, assim como a importância de haver sistemas de regulagem de altura, tão necessário para ajuste aos diferentes percentis. Não obstante, busca incluir, também, breve pesquisa e análise acerca de alguns mobiliários escolares ofertados no Brasil, bem como apresentar alguns objetos produzidos mundo afora – não necessariamente dentro do tema de estudo – que apoiarão no desenvolvimento dos desenhos e, conseqüentemente, a construção do *mock up*. Importante afirmar, também, que esta pesquisa não irá discorrer, desenvolver e analisar elementos das funções práticas, estéticas e simbólicas dos objetos, (...) *as quais se tornam perceptíveis no processo de uso e possibilitam a satisfação de certas necessidades*. (LOBACH, 2001, P. 54). Esta compreensão e análise acerca do mobiliário poderia ser objeto de estudo em um futuro próximo, seja por este autor, ou por outros pesquisadores.

Além do exposto, este trabalho também não se aprofundará nos aspectos históricos acerca da evolução, tanto da escola, como do artefato, visto que outros autores como REIS (2003), PINHO (2004), PARAIZO (2009) e PASCHOARELLI; MENEZES (2009), entre outros, já o fizeram.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A prática de aprendizagem com uso de mobiliário específico inicia-se na escola medieval cristã (PINHO, 2004). Segundo a autora,

(...) esse mobiliário era composto de uma bancada com assento para ocupação coletiva. O modelo surgiu a partir do mobiliário utilizado pelos monges copistas no século XIII, que seguiu sendo utilizado durante o período medieval, nas escolas cristãs e, mais tarde, pelas escolas tradicionais públicas e particulares, até o princípio do século XX. P. 149

Pode-se dizer que esse tipo de composição do mobiliário escolar, caracterizada pela ocupação coletiva – mesa e banco – estiveram presentes nas salas de aula até meados da primeira metade do século XX (figuras 1.1.1, 2.1.1.2 e 3.1.1.3). Ainda segundo a autora,

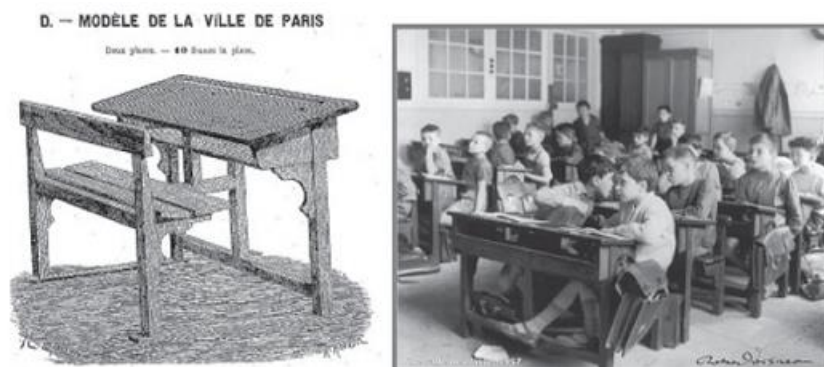
A classe, formada pelo conjunto mesa e cadeira, aparece na história somente na idade média (...). Mais tarde, sem precisar data, surgem as classes escolares fixas, onde a mesa e a cadeira são conjugadas, não permitindo flexibilização no uso deste mobiliário. P.23

Figura 1.1.1 - Mobiliário escolar. Vista da sala de aula na França, 1889



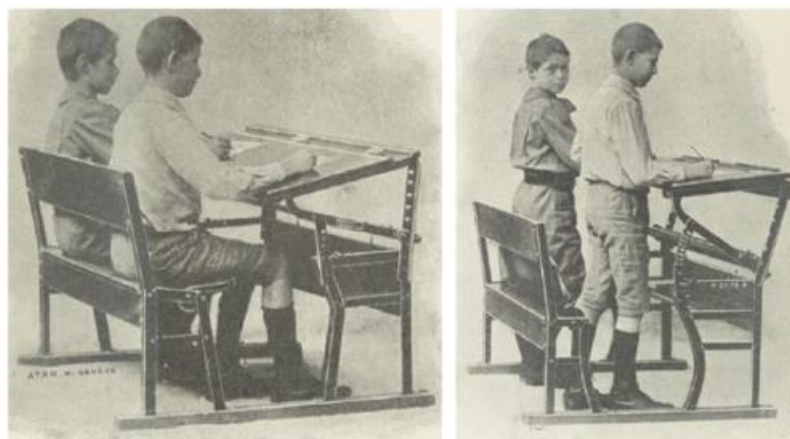
Fonte: Bencostta, 2013

Figura 2.1.1.2 - Mobiliário escolar. Cadeira modelo da cidade de Paris em madeira, 1882



Fonte: Bencostta, 2013

Figura 3.1.1.3 - Mobiliário escolar. Cadeira Mauchain, 1914. Uso de ferro fundido e madeira



Fonte: Bencostta, 2013

Somente com o surgimento da Bauhaus, em 1919 é que se lançam os olhares para a importância de um desenho limpo e funcional centrado, pela primeira vez, no usuário (figura 4.1.1.4). Segundo PASCHOARELLI (1997 *apud* PASCHOARELLI, MENEZES, 2009, P.150), (...) *o surgimento da Bauhaus (1919) desperta novos conceitos sobre a concepção de desenhos. Inovações como a proposta por Breuer (1930) apresentam um desenho estrutural contemporâneo inédito até então em carteiras escolares (...).*

Figura 4.1.1.4 - Mobiliário escolar Marcel Breuer, 1930. Mesa e cadeira produzidas em tubo metálico



Fonte: Bencostta, 2013

Nas décadas seguintes, segundo os autores,

(...) ocorreu um processo de desenvolvimento e amadurecimento de conceitos para o mobiliário escolar. Esse processo se deu no âmbito do design, com atenção voltada não só a ergonomia, mas também para a utilização de materiais, funcionalidade, cor e viabilidade de produção. P.150

No Brasil, segundo AZEVEDO (2002 *apud* PARAIZO, 2009, P.43),

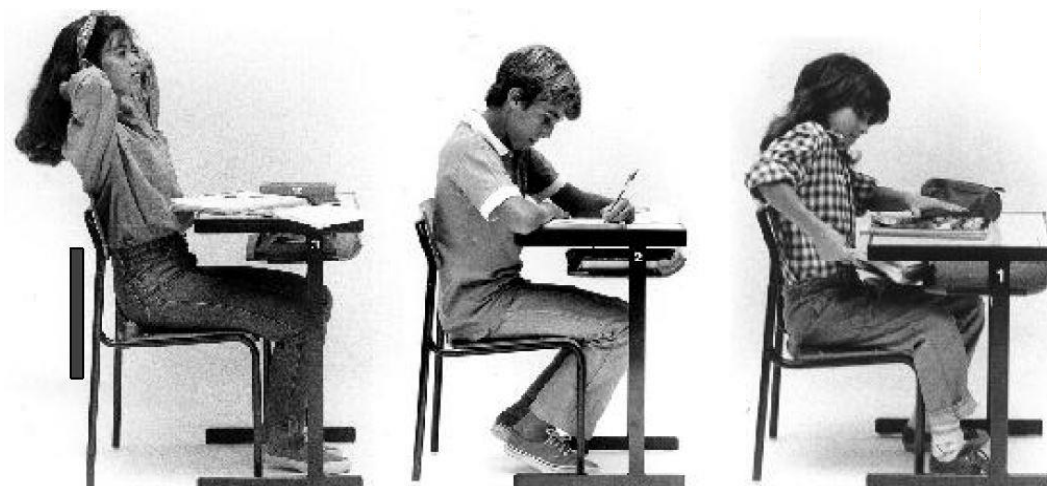
(...) ao longo do século XIX, não havia uma política educacional pública consistente, devido este quadro o ensino era realizado em edificações adaptadas para tal função. Como consequência do desenvolvimento industrial e urbano, com a chegada da República, no final do séc. XIX surge a sistematização do projeto escolar.

O país não possuía normas específicas que regulamentassem o uso do mobiliário escolar utilizando, para isso, normas americanas e europeias. Segundo

o Ministério da Educação por meio da série de cadernos técnicos Fundescola, 1999, (...) foram elaborados a partir de normas internacionais, especialmente a BS 3030 e (...) são essenciais para que se atinja um grau de conforto adequado do aluno em sua relação com o conjunto mesa e cadeira escolar. P.16. Foi a partir da criação do CEBRACE¹, no início dos anos 1970 que, segundo MELLO FILHO; SOUZA (1997 apud REIS, 2009, P.37) (...) o qual ficou responsável pelo planejamento do mobiliário escolar, destinado ao ensino fundamental e médio, é que surgiu o primeiro estudo sobre mobiliário escolar.

O Cebrace, baseado, além da Norma BS 3030, também na DIN 68970 referente ao mobiliário escolar que previam cinco padrões antropométricos diferentes, desenvolveu apenas três (figura 5.1.1.5) que, por questões de racionalização e, (...) através do bom senso (...), decidiu-se por um tamanho pequeno, médio e grande, (...) considerados suficientes para acomodar de forma mais adequada os alunos (...). (Caderno Técnico da Fundescola, 1999, p.16)

Figura 5.1.1.5 - Mobiliário escolar Cebrace tamanhos 1, 2 e 3



¹ Centro Brasileiro de Construções e Equipamentos Escolares criado a partir do decreto nº 72.532, de 26 de julho de 1973



Fonte: Cadernos Técnicos I nº3, Fundescola, 1999

Os tamanhos desenvolvidos correspondem, segundo o Cebrace, as fases de crescimento do aluno sendo, o número 1 para grupo de alunos de 1180 a 1400 milímetros; o número 2 para alunos entre 1401 a 1600 milímetros enquanto o número 3 para grupos de alunos acima de 1600 milímetros. (Figura 5.1.2.4)

O estudo desenvolvido (...) referenciou-se nas normas internacionais citadas: DIN 68970 e BS 3030. Os dados contidos nessas normas foram racionalizados a partir de comparações com dados antropométricos existentes no Estudo Nacional da Despesa Familiar - consumo alimentar; antropometria, editado pelo IBGE em 1977. A partir dessas referências estabeleceram-se padrões experimentais que foram testados em aparatos para medição especialmente desenvolvidos.

Dessa forma chegou-se a um tipo de padrão mais preciso. Por questões de racionalização preferiu-se a recomendação de três padrões dimensionais, ao invés de cinco ou sete, como era previsto nas normas alemãs e inglesas. Os três padrões estabeleciam,

através do bom senso, a possibilidade de um tamanho pequeno, um médio e um grande, considerados suficientes para acomodar de forma mais adequada os alunos em seus postos de trabalho. (Fundescola, 1999, p.16)

Quase trinta anos após a primeira tentativa de regulamentação do uso do mobiliário escolar, em 1997, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, editou duas Normas referentes ao mobiliário escolar: NBR 14006 e NBR 14007. A primeira versa sobre assentos e mesas em instituições educacionais, classes e dimensões, enquanto, a segunda, trata de recomendações ergonômicas (postura) e antropométricas (dimensões). Segundo PARAIZO, 2009, (...) *estas normas passaram por uma revisão em 2003, e a norma 14007 foi incorporada na norma 14006, formando uma única referência.* Em 2008 a Norma passa por uma segunda revisão recomendando a utilização de quatro diferentes tamanhos para acomodar, de forma mais adequada, os alunos, mesmo com sombreamento entre as medidas antropométricas. No ano de 2022, uma terceira revisão é lançada adicionando, à Norma, questões de requisitos e métodos de ensaio – **ABNT NBR 14006:2022 – MÓVEIS ESCOLARES – CADEIRAS E MESAS PARA CONJUNTO ALUNO INDIVIDUAL – REQUISITOS E MÉTODOS DE ENSAIO.**

Além de versar sobre dimensões e postura apontando ângulos de inclinação de encosto entre **95°** a **110°** e inclinação de assento entre **-2°** e **-5°** para todos os tamanhos, a Norma indica os materiais a serem usados na confecção do mobiliário. Assim, recomenda a utilização de madeiras maciça ou de compensado para a confecção, além de painéis de aglomerado que, entre as suas vantagens, segundo Oliveira (2010), (...) *estão a sua estrutura homogênea, eliminação de*

efeitos da anisotropia² da madeira, eliminação de fatores redutores de resistência e possibilidade de matéria prima com menores restrições quanto a forma e as dimensões. P.04. A autora ainda aponta certas desvantagens acerca do material,

Dentre as principais desvantagens dos painéis aglomerados estão: superfície e bordas grosseiras, baixa qualidade de usinagem, inadequação à fixação de pregos, esfarelamento com uso inadequado de dobradiças e parafusos e baixa resistência à umidade. P.05

De acordo com o Caderno de Informações Técnicas, 1999 acerca das especificações construtivas do mobiliário escolar,

1 (uma) mesa com tampo em MDP ou MDF, revestido na face superior de laminado melamínico de alta pressão e na face inferior com chapa de balanceamento, montado sobre estrutura tubular de aço, contendo porta-livros em plástico injetado. 1 (uma) cadeira empilhável, com assento e encosto em polipropileno injetado ou em compensado anatômico moldado, montados sobre estrutura tubular de aço. P.03

Dentre outras especificações encontram-se algumas com relação aos tampos. Como apresentado, devem ser em MDP ou MDF com espessura de 18 milímetros com aplicação de porcas garra com rosca métrica M6, estruturas metálicas em tubo de aço carbono, porta livros em polipropileno copolímero,

² **Anisotropia** é a característica que uma substância possui em que uma certa propriedade física varia com a direção. Costuma-se designar qual a propriedade em que existe a anisotropia, por exemplo, anisotropia eléctrica, óptica, magnética. Fonte: dicionárioportuguês.org

entre outras. Encontra-se especificações, também, para as cadeiras, detalhando materiais, encaixes e estruturas, bem como de cores para ambos.

Com relação a confecção destes equipamentos, acredita-se que o processo seja complexo por conta da quantidade de materiais empregados bem como a variação de medidas das estruturas para adequarem-se aos padrões estabelecidos e, entenda-se, neste caso, as diferentes estaturas e medidas corporais dos alunos.

Segundo a Fundescola (1999), em seu Caderno Técnico I nº 3, é necessário estabelecer requisitos de qualidade do produto para a fabricação dos móveis escolares perpassando por critérios (...) *de três naturezas, a saber: - referentes ao usuário - ergonomia; - referentes ao uso - pedagogia; - referentes a aspectos construtivos – tecnologia.* Com relação a fase escolar, (...) *a idade escolar é a fase inicial de um processo de socialização do indivíduo. O ambiente à sua volta deve favorecer o agrupamento, contribuindo para o processo de aprendizado. O móvel escolar adequado é o que permite tanto o trabalho individual como em grupo.* (P.12|13)

Ainda, de acordo com o Caderno Técnico, (...) *verifica-se em sua definição uma correspondência muito próxima entre as quatro classes previstas para o ensino básico e os três padrões recomendados pelo CEBRACE e adotados pela FDE.* Com relação aos produtos (mesas e cadeiras), os critérios técnicos (...) *devem apresentar total estabilidade durante o uso.* P.21. Prosseguem, discorrendo a respeito das características físicas:

(...) os materiais empregados deverão ser bem avaliados em relação a seu dimensionamento, visando o melhor aproveitamento possível e uma racionalização da produção. Elementos estruturais, ferragens e quaisquer outros componentes construtivos das mesas e cadeiras

deverão ser utilizados de modo a evitar que haja contato direto com o corpo do usuário, evitando-se traumatismos.

Os elementos estruturais e ferragens não deverão ser previstos em materiais que sofram desgaste excessivo pelo uso ou pela ação do tempo. Arestas e vértices dos elementos estruturais não devem ter quinias e ângulos vivos. Ferragens construtivas e de apoio, como ganchos ou cabides para pendurar mochilas, malas ou porta-livros e cadernos, incluem-se nessa observação.

Os materiais empregados em geral, principalmente aqueles que entram em contato com o corpo do usuário, deverão ser maus condutores de calor. Elementos estruturais, construtivos e de acabamento, que produzam ruído no uso, não deverão entrar em contato com o piso. P.21

Importante destacar que, apesar do discurso apresentado pela Fundescola, nota-se uma ação oposta quanto ao uso do conjunto escolar com algum tipo de avaria aproximando, sim, os escolares, ao contato direto com elementos cortantes oriundos do próprio mobiliário indicando alta probabilidade de traumas físicos. Estes exemplos serão melhor ilustrados na figura 10.1.1.10.

Paralelamente a Norma instituída, o Caderno de Informações Técnicas, desenvolvido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE – autarquia federal vinculada ao Ministério da Educação, define os seguintes parâmetros com relação as classificações dos equipamentos dos atuais modelos de mobiliário escolar para os ensinos fundamental e médio, apresentados nas figuras 6.1.1.6, 7.1.1.7, 8.1.1.8 e 9.1.1.9.

*CJA - 01 – Conjunto para aluno tamanho 1, sendo a altura do aluno compreendida entre **93 e 116 centímetros**;*

Figura 6.1.1.6 - Modelo de uso CJA | 01, segundo padrão FNDE



Fonte: Martiflex catálogo escolares FNDE - 2022

*CJA – 03 – Conjunto para aluno tamanho 3, sendo a altura do aluno compreendida entre **119 e 142 centímetros**;*

Figura 7.1.1.7 - Modelo de uso CJA | 03, segundo padrão FNDE



Fonte: Martiflex catálogo escolares FNDE - 2022

*CJA-04 – Conjunto para aluno tamanho 4, sendo a altura do aluno compreendida entre **133 e 159 centímetros**;*

Figura 8.1.1.8 - Modelo de uso CJA | 04, segundo padrão FNDE



Fonte: Martiflex catálogo escolares FNDE - 2022

*CJA-05 – Conjunto para aluno tamanho 5, sendo a altura do aluno compreendida entre **146 e 176 centímetros.***

Figura 9.1.1.9 - Modelo de uso CJA | 05, segundo padrão FNDE



Fonte: Martiflex catálogo escolares FNDE – 2022

A abrangência desses padrões ou classes inclui faixas de estatura que compreendem desde crianças na idade pré-escolar até indivíduos adultos. As duas primeiras dirigem-se às crianças menores, as quatro seguintes aos alunos do

ensino fundamental e, a última, a indivíduos adultos. Segundo MORO, 2016, a respeito dos modelos utilizados pelo FNDE,

(...) a Norma Brasileira (NBR 14006) não atende as necessidades da escola, principalmente pela falta de adequação dos sete diferentes tamanhos previstos, aos variados padrões antropométricos dos alunos (...). P.13

Assim, as cores diferenciam os tamanhos dos conjuntos (figuras 6.1.1.6, 7.1.1.7, 8.1.1.8 e 9.1.1.9) que correspondem as diferentes faixas de estatura. O problema é que, em uma sala de aula onde existam alunos de estaturas diversas e de diferentes percentis, o mesmo mobiliário poderá e deverá comprometer a saúde postural dos alunos por conta, também, das diferenças antropométricas. Ainda, segundo o autor,

O estudo realizado por Reis, Moro (2010) demonstrou o quão prejudicial à saúde postural das crianças estudarem em um mobiliário com as mesmas dimensões, pois os padrões antropométricos destes escolares não são compatíveis com as dimensões do mobiliário utilizado, proporcionando regulações constantes e adoção de posturas incorretas e geração de desconfortos corporais importantes os quais poderão, além de interferir no processo educativo, contribuir também para o surgimento de futuras desordens musculo esqueléticas. (2016, P.12 | 13)

Paralelamente aos padrões instituídos por faixa de estatura nos atuais conjuntos é possível, também, apontar os graves problemas referente aos materiais utilizados na sua confecção, principalmente aqueles utilizados em

instituições públicas, sendo eles, causados, muitas vezes, por vandalismo (figura 10.1.1.10), do uso inadequado ou mesmo pelo próprio desgaste dos materiais, assim como pela falta de um desenho ergonomicamente adequado e centrado no usuário.

Figura 10.1.1.10 - Topo da cadeira sem parte do revestimento e consequente exposição ao perigo pelo aluno



Imagem 1. Fonte: <http://ecoeducar.com.br>.

Imagem 2. Fonte: <http://adilson santos fotografo.blogspot.com.br>.

Imagem 3. Fonte: Diário de Classe da Escola Tenente Rêgo Barros, Belém, PA em <https://educacao.uol.com.br>

Nota-se, portanto, de forma clara, o perigo a que os alunos são expostos. Pontas de laminado, rebites a mostra e metalons enferrujados são alguns dos

problemas mais comuns encontrados nesses produtos, como exemplificado na figura 10.1.1.10. Nestes casos, geralmente opta-se pela troca completa do equipamento gerando altos custos ao governo ou as instituições particulares. Como colocado por LOBACH, 2001, (...) *os objetos de uso são um retrato das condições de uma sociedade*. P.36

Outro fator preponderante acerca dos equipamentos atuais refere-se ao próprio desenho do objeto no que tange o processo de projeto, desde sua concepção, respondendo as problemáticas inerentes ao objeto e seu uso, bem como a utilização de materiais capazes de responder e resolver as questões expostas. Ainda, segundo o autor, (...) *em cada projeto devemos questionar em primeiro lugar a importância que ele terá para a sociedade, se o resultado do processo de planejamento e de configuração é sensato, se há aspectos negativos a considerar*. P.22

Além disso, FERREIRA (2001 *apud* OLIVEIRA, 2010), expõe,

(...) é muito difícil, no entanto, prever a real utilização das carteiras escolares pelas crianças. Elas podem ficar em pé sobre uma cadeira ou mesa e até pular sobre ela. Mesmo sabendo que essa não é a função do mobiliário, é importante prever esse tipo de situação, até por uma questão de segurança. P.88

Com relação ao comportamento dos alunos, NUNES (1985 *apud* OLIVEIRA, 2010, P.104), assim coloca,

(...) o design do mobiliário escolar pode induzir e manter vários repertórios comportamentais dos alunos. OLIVEIRA (2010) também constatou, pela análise comportamental de estudantes, que o mobiliário escolar influencia diretamente o comportamento dos alunos em sala de aula.

O autor enfatiza que o desconforto postural estimula a dispersão e a falta de atenção o que pressupõe que o objeto seja um entre tantos motivos que justifiquem a baixa capacidade de entendimento, retenção e assimilação dos conteúdos gerados e promovidos em sala de aula, principalmente nas escolas públicas. LOBACH, 2001, indica que,

As necessidades têm origem em alguma carência e ditam o comportamento humano visando à eliminação dos estados não desejados. Isto objetiva também o restabelecimento de um estado de tranquilidade, de distensão e equilíbrio que sofreu uma interrupção momentânea. Tensões insatisfeitas causam sentimento de frustração. Quando as necessidades são satisfeitas, o homem sente prazer, bem-estar, relaxamento. A satisfação de necessidade pode, portanto, ser considerada como a motivação primária da atuação do homem. P.26

Estes desconfortos posturais exibidos pelos alunos são apresentados em movimentos como levantar-se do assento, balançar-se ou virar-se para o lado a partir da posição sentada que, segundo MORO, 2016, o (...) “sentar-se incorretamente”, por exemplo, constitui-se em resposta compensatória associada a ausência de conforto e conseqüentemente tentativa de melhorar a distribuição de pressão pelas áreas corporais sobrecarregadas. P.10

Segundo PINHO, 2004, (...) os fatores utilidade e conforto devem ou deveriam ser considerados no projeto do mobiliário, principalmente da cadeira e da mesa escolares, uma vez que esse é o local e, porque não dizer, o posto de trabalho do aluno. P.25

Com relação as questões ergonômicas, segundo Caderno Técnico nº3 da Fundescola, 1999,

(...) o aluno não se desenvolve de modo constante ao longo da infância e adolescência. O crescimento do corpo é desproporcional. Cabeça, tronco e membros desenvolvem-se gradualmente, variando suas proporções em relação às estaturas. Assim, o móvel também não pode manter as mesmas proporções nos diversos tamanhos.

P.12

Os estudos acerca do tema não são novos. Vitruvius buscava relacionar o corpo humano com o sistema de medidas empregados pelos gregos no projeto de Templos (PANERO; ZELNIK, 2002). Os autores ainda afirmam que *(...) nas últimas décadas, entretanto, houve um aumento da preocupação com as dimensões humanas e corporais, como fatores decisivos no processo do projetar.*

P.26

Com relação aos critérios de ergonomia, são apresentados os requisitos mínimos para uma boa postura do indivíduo sentado, em posição de trabalho, diante de uma superfície horizontal. Segundo MORAES, 2005, *(...) antes de utilizar os dados antropométricos num projeto, é necessário definir a população usuária, ou seja, quais serão as pessoas que irão usar o produto (...).* P.113

Detalhes acerca dos conceitos e estudos ergonômicos para o desenvolvimento das carteiras escolares serão apresentadas no **Capítulo 2 - REVISÃO DA LITERATURA**, subcapítulo **2.2 – ERGONOMIA**.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVOS GERAIS

Esta pesquisa tem, por objetivo, explorar a inserção de fibras naturais ao processo de confecção de placas de poliuretana termofixas com o propósito de

aumentar sua resistência para aplicação em mobiliários escolares infantis, assim como revisar os atuais ângulos posturais destes objetos com intuito de minimizar os impactos musculoesqueléticos, responsáveis, entre outros, pelas dores em partes do corpo.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Confeccionar e caracterizar as placas poliméricas a partir da incorporação de fibras vegetais naturais de bagaço de cana, casca da laranja e casca de café, ao resíduo industrial de poliuretana termofixa reciclada com resina vegetal de mamona;
2. Caracterizar, por meio das propriedades físicas e mecânicas, placas de MDF de 9 milímetros;
3. Analisar os resultados das propriedades físicas e mecânicas da placa que apresentou melhor desempenho quanto a resistência e compara-los com os dados obtidos pelo MDF, assim como pelos números sugeridos pela Norma;
4. Desenvolver projeto de cadeira escolar infantil para os primeiros anos do ensino fundamental que se adapte aos diferentes percentis de crianças, entre 6 e 10 anos, a partir dos ângulos tronco-coxa indicados pela Postura Corpórea Neutra (entre 120° e 135°);
5. Desenvolver projeto de mesa escolar para os primeiros anos do ensino fundamental que se adapte aos diferentes percentis de crianças, entre 6 e 10 anos, a partir de ângulos de tampo de mesa sugeridos, e não obrigatórios, pela **ABNT NBR 14.006:2022 - Móveis escolares – cadeiras e mesas para conjunto aluno individual – requisitos e métodos de ensaio** de, no máximo, 16° de inclinação,

- associado aos ângulos de flexão de pescoço para frete, entre 15° e 30°, apontados como ideais por diferentes autores;
6. Desenvolver *mock up* de cadeira escolar para os primeiros anos do ensino fundamental que se adapte aos diferentes percentis de crianças, entre 6 e 10 anos, por meio de ajustes de altura, para verificação do ângulo tronco-coxa a partir dos dados apresentados pela Postura Corpórea Neutra (entre 120° e 135°);
 7. Desenvolver *mock up* de mesa escolar para os primeiros anos do ensino fundamental que se adapte aos diferentes percentis de crianças, entre 6 e 10 anos, por meio de ajustes de altura, para verificação do ângulo de flexão de pescoço para frente (entre 15° e 30°), associado a inclinação do tampo da mesa sugerido, e não obrigatório, pela **ABNT NBR 14.006:2022 - Móveis escolares – cadeiras e mesas para conjunto aluno individual – requisitos e métodos de ensaio** de, no máximo, 16°;
 8. Realizar prova de conceito com o conjunto escolar desenvolvido para os primeiros anos do ensino fundamental (crianças entre 6 e 10 anos), utilizando de escolares próximas as medidas extremas, entre 5° e 95° percentil, balizados por esta pesquisa.

1.3. MOBILIÁRIO ESCOLAR NO BRASIL

Não é objeto deste subcapítulo levantar uma lista de todos ou, ao menos, da maioria dos tipos e modelos de mobiliários escolares produzidos no Brasil e, sim, apontar, por meio do levantamento de alguns equipamentos que representem parte dos móveis confeccionados no país como e, tampouco,

realizar qualquer tipo de análise mais profunda e detalhada do objeto tendo como intuito, apenas, localizar e compreender os problemas comuns referente à alguns elementos construtivos considerados, por este pesquisador, equivocados.

Assim, esta pesquisa deverá, em um primeiro momento, apresentar informações pertinentes apontando para os problemas musculoesqueléticos nas crianças causados pelos atuais mobiliários, quando do início de sua vida escolar, com o objetivo de sugerir nova proposta postural e, conseqüentemente, de desenho dos objetos, a partir da compreensão dos problemas que acometem grande parte dos adultos como uma herança maldita, resultado deste longo e penoso processo lesivo.

Portanto, dentro deste pequeno levantamento, apresenta-se as carteiras escolares fabricadas pela empresa Minas Brasil, localizada na cidade de Contagem no Estado de Minas Gerais, classificada na categoria móveis escolares, subcategoria ensino médio e superior que apresentam a ausência de qualquer elemento de adaptação referente ao controle de altura, tanto da cadeira quanto do tampo da mesa (figura 11.1.3.1). Nota-se a falta de adaptação do mobiliário com relação aos ajustes de altura bem como a falta de inclinação do tampo.

Figura 11.1.3.1 - Carteiras escolares cadeira e mesa



Fonte: Minas Brasil, 2020

Figura 12.1.3.2 - Conjunto cadeira com braço acoplado



Fonte: Minas Brasil, 2020

A figura 12.1.3.2 apresenta conjunto único de assento e mesa. Novamente, não há possibilidade de regulação de medidas para adaptação aos diferentes percentis. Rebites ficam a mostra, potencializando problemas de segurança em caso de quebra do mobiliário, como apresentado na figura 10.1.1.10.

A empresa Grupo Cequipel estudada, de acordo com sua página institucional, é a maior fabricante de mobiliário escolar da América Latina e possui plantas fabris nos estados de Santa Catarina, Paraná e Sergipe que prima pela inovação em design moderno e criteriosa escolha dos materiais. O que pode ser notado ao verificar o mobiliário da figura 13.1.3.3 é apenas um “embelezamento” no desenho no que tange estrutura, assento em forma de concha, encosto e prancheta frontal em polipropileno com estrutura em aço com diâmetros de 7/8” ou 22,23mm. Não há, neste caso, possibilidade na regulação das alturas para adequação dos alunos de diferentes percentis.

Figura 13.1.3.3 - Cadeira escolar com braço e apoio de livros



Fonte: Grupo Cequipel, 2020

Figura 14.1.3.4 - Conjunto escolar Confort



Fonte: Grupo Cequipel, 2020

Diferentemente da imagem anterior, o conjunto escolar Confort (figura 14.1.3.4), segundo o site da empresa, (...) *é dotado de mecanismo que permite o ajuste de alturas – na mesa e cadeira - e destina-se a alunos do ensino fundamental e médio. É construído em tubo aço industrial com encosto e assento em concha polipropileno, pintura epóxi e possui porta livros tipo gradil em aço trefilado. Nota-se, na mesa, dois rebaixos referente a posição de se apoiar, de forma segura, materiais escolares como lápis, caneta e borracha além de um espaço cilíndrico, provavelmente um recipiente para apoio de garrafas d'água. O sistema de regulagem oferece fácil acesso não deixando margem para dúvidas na forma de uso. Apesar destes elementos estarem presentes no objeto, nota-se a*

falta de um desenho formal mais elegante, seja nos acabamentos ou na sua construção. Não foi possível aferir se há inclinação no tampo da mesa.

A terceira empresa, JBM Soluções Escolares, está sediada na cidade de São Gonçalo, Estado do Rio de Janeiro e expõe a cadeira Plus (15.1.3.5) como sendo (...) *feita em resina com pintura mig e solda eletrostática*. A descrição da Cadeira Frontal Verde é ainda mais sucinta, apresentando, apenas, como sendo constituída de fórmica e MDF.



Figura 15.1.3.5 - Cadeira frontal Plus e Cadeira frontal Verde Fórmica

Fonte: JBM Soluções escolares, 2020

Outras empresas foram estudadas ao longo deste processo de pesquisa, mas, nota-se, em todos os casos, um mesmo pensamento a respeito do objeto, alterando-se, apenas, o desenho de assento e encosto e, portanto, nada significativo com exceção do conjunto escolar Confort, da empresa Cequipel, que propõe ajustes de altura, tanto na mesa quanto na cadeira.

Ao longo de todo processo de pesquisa e de desenvolvimento desta Tese buscou-se, sempre, respostas para as questões ambientais quanto a produção e, principalmente, quanto ao descarte destes mobiliários ao final do ciclo de vida. Observou-se que não existe uma política de reaproveitamento ou mesmo de

retorno destes equipamentos as empresas produtoras sendo, de responsabilidade das escolas, os descartes das peças.

Necessário indicar que, a princípio, neste trabalho, a preocupação com a sustentabilidade se fez presente quando da proposta da substituição dos atuais materiais de assentos e encosto para as cadeiras e o tampo para a mesa, geralmente em MDF ou MDP, pelo material desenvolvido nesta pesquisa. Verificou-se, entretanto, que este é apenas um pequeno esboço dentro do universo do mobiliário escolar e que o maior problema, talvez seja, na visão deste pesquisador, nas estruturas metálicas dos objetos.

O estreitamento quanto a resolução deste impasse encontra-se, tanto na Norma **NBR 14.006-2022**, quando nos processos licitatórios do FNDE. Com relação ao primeiro, o capítulo **4 Requisitos**, no item **4.1.5 outros materiais**, apresenta a seguinte indicação, afirmando que *(...) outros materiais podem ser utilizados na fabricação do conjunto aluno, desde que o móvel atenda aos requisitos de desempenho desta norma*. P.06. Não obstante, adiante no subcapítulo **4.3 acabamento e segurança** em **4.3.5**, informa que *(...) a estrutura metálica não pode apresentar respingos provenientes de solda*, enquanto o **4.3.6** designa que *(...) os móveis cuja estrutura for feita de tubos devem apresentar fechamento em todas as terminações*. Fundamental destacar que não há qualquer menção, na referida Norma, a respeito de outros materiais estruturantes, além dos apresentados.

Paralelamente ao que a Norma declara como sendo necessário, o FNDE, por meio de seus processos licitatórios, explicita exigindo, dos concorrentes, mobiliários com estruturas metálica, não abrindo espaço para outras possibilidades de material. Estas questões serão melhor discutidas no **CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES (OU QUASE ISSO)**.

O próximo subcapítulo apresentará diferentes exemplos de mobiliários, não necessariamente escolares, investigados no exterior e analisados,

novamente, de forma a encontrar elementos que subsidiem o processo de construção desta ideia.

1.3.1. ALGUNS EXEMPLOS DE MOBILIÁRIO ESCOLAR NO EXTERIOR

Assim, inicia-se a pesquisa para elementos e objetos constituídos no exterior. A empresa Q Learn, com sede na Inglaterra, (figuras 16.1.3.1.1), aponta para conjunto de mobiliário escolar concebido para respeitar as normas da União Europeia nos quesitos forma, força e estabilidade. Possui botão de pressão de ajuste de altura de uso intuitivo e, com desenho que permite uma vida longa ao mobiliário. Outro ponto importante é a possibilidade de empilhamento das cadeiras que permite ganho de espaço e estocagem em sala de aula.

Figura 16.1.3.1.1 - Conjunto e empilhamento das cadeiras e funcionamento



Fonte: Qlearn

Segundo o site da empresa,

O Q Learn é um conjunto de móveis escolares, projetado para cumprir os futuros padrões da UE em termos de forma, resistência e estabilidade. Pesquisas mostram que um bom controle de postura nos anos de formação de uma criança pode reduzir o risco de complicações osteopatas mais tarde na vida. As cadeiras foram projetadas para oferecer uma postura ergonômica nas costas para os trabalhos de mesa e incorporar uma posição relaxada para as palestras. O ajuste do botão de pressão e os materiais de alta qualidade garantem a facilidade de uso e uma longa vida útil. Os desenhos das novas cadeiras permitem o empilhamento ou propõem um volume mínimo de armazenamento e estão disponíveis em duas faixas de tamanho, totalmente ajustáveis em altura e alcance. Com maior conforto, os alunos experimentam maior atenção e atenção durante as aulas.³

Outro conjunto interessante de desenho de mobiliário escolar e não concebida por empresas, foi o projeto *Tools at Schools*, entre o escritório de design Bernhardt Designers, com sede no estado da Carolina do Norte, Estados Unidos, com estudantes da *The School at Columbia University* em um processo de pesquisa que incluía a tradução dos desejos e anseios dos estudantes,

³ Tradução do autor. Do original: *Q Learn is a suite of school furniture, which is designed to comply with the forthcoming EU standards for shape, strength and stability. Research shows that good posture control in a child's formative years can reduce the risk of osteopathic complications in later life. The chairs are designed to give an ergonomic upright back posture for deskwork and incorporate a relaxed position for lectures. Push button adjustment and high quality materials ensure ease of use and a long service life. The new designs stack or shunt for minimum storage volume and are available in two size ranges, fully adjustable for height and reach. With improved comfort, pupils experience greater alertness and attentiveness during lessons.*

resultando em um conjunto elegante e funcional (figura 17.1.3.1.2). Segundo o site do programa www.tools-at-schools.com,

*Tools at Schools é um programa projetado para ensinar aos alunos o valor do design como ferramenta de resolução de problemas. Durante este programa, os alunos são convidados a usar o projeto para pensar em maneiras novas e criativas para desafiar o status quo de objetos cotidianos, experiências, serviços ou sistemas.*⁴

Apesar de não se verificar, nesse projeto, elementos que permitam a adequação do mobiliário para os diferentes percentis, nota-se uma evolução de desenho e um cuidado com os detalhes. Diferentemente do que foi apresentado nos mobiliários escolares no Brasil, o apoio aos materiais didáticos encontra-se na parte posterior da cadeira, liberando a parte de baixo da mesa para o movimento das pernas bem como não atrapalhando a relação de altura entre as coxas e mesa caso o acessório estivesse acoplado na parte inferior. Bolsas e mochilas podem ser acomodadas em ganchos, seja no detalhe do encosto da cadeira ou na lateral da mesa (figura 17.1.3.1.2). A curva, para cima da mesa, também propicia elemento interessante de uso quanto ao apoio de livro.

Novamente e, diferentemente dos exemplos apresentados como mobiliário escolar no Brasil, esta referência prima pelo equilíbrio entre forma e função, materiais e cores, proporção e escala trazendo, para o usuário, conforto, segurança, identidade e prazer no uso.

⁴ Tradução do autor. Do original: *Tools at Schools is a program designed to teach students the value of design as a problem solving tool. During this program, the students are asked to use design to think in new and creative ways to challenge the status quo of everyday objects, experiences, services or systems.*

Figura 17.1.3.1.2 - Detalhe suporte da mochila e elementos de apoio para materiais de desenho



Fonte: tools-at-schools

A figura 18.1.3.1.3 apresenta a coleção *Little Big* criada para a empresa *Magis* pelo escritório *Big-Game* sediado em Lausanne, na Suíça e composto por Augustin Scott de Martinville, Grégoire Jeanmonod e Enric Petit. Em madeira e polipropileno, a cadeira é ajustável para crianças de dois a seis anos e possui elemento de regulação em três alturas sendo, 270|320 e 360 milímetros. A mesa, para atividades, criada alguns anos depois, em 2018, segue a mesma linha possuindo, também, três alturas pré-determinadas em 460|530 e 590 milímetros.

Figura 18.1.3.1.3 - Sistema de ajuste de altura da cadeira. Detalhe ao desenho formal e ao uso dos materiais e cores aplicados



Fonte: Archiproducts

Criado por Roberto Gil, o mobiliário *Doodle Drawer Desk* (figura 19.1.3.1.4) é construída em MDF melamínico e recomendado para crianças a partir de três anos. Possui gaveta na parte inferior, de fácil acesso para livros e ou materiais de desenho.

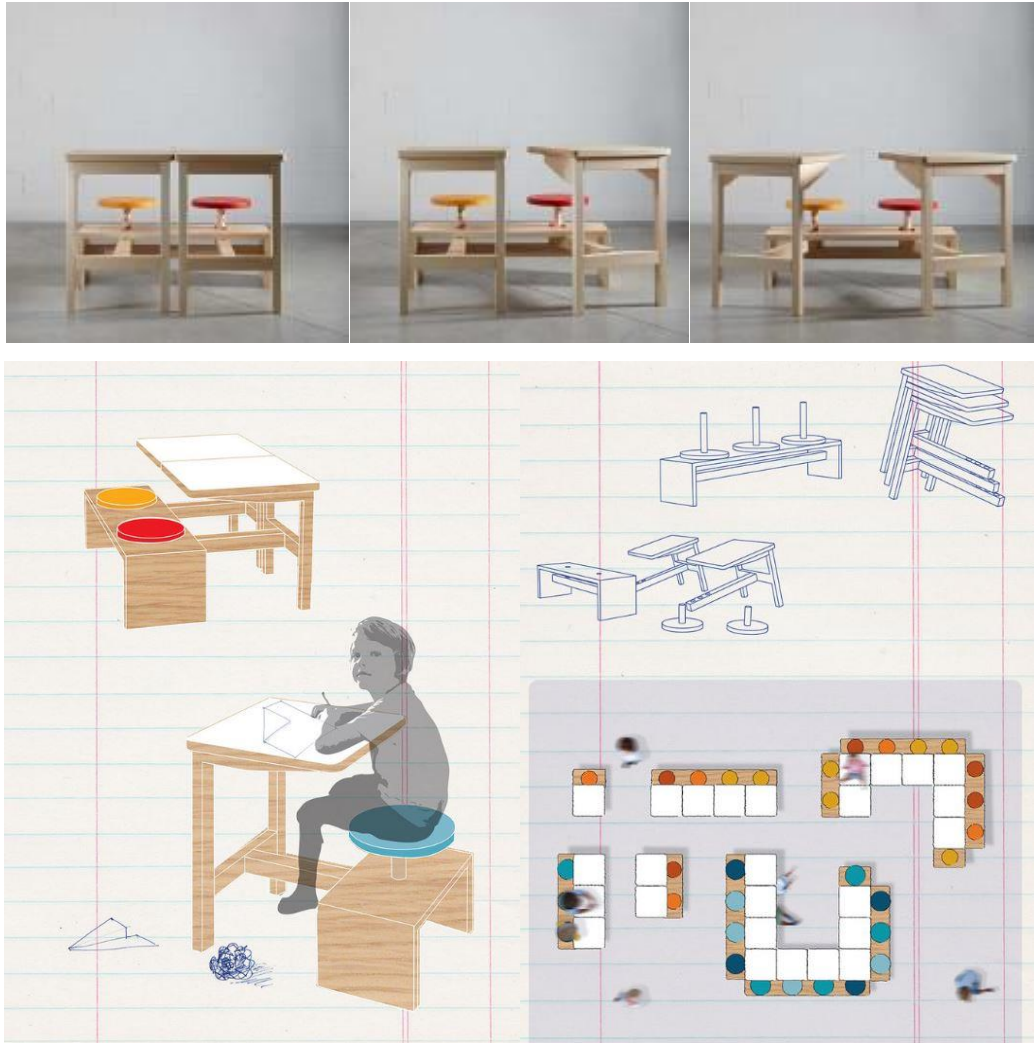
Figura 19.1.3.1.4 - Elementos de apoio de mochila e guarda livros



Fonte: Robertogil

A figura 20.1.3.1.5, apresenta uma releitura dos primeiros mobiliários escolares caracterizados pela ocupação coletiva. Proposta interessante quanto do ajuste do banco, sem encosto, por meio de fuso. As mesas são independentes quanto a sua movimentação. Criado pelos designers alemães Catharina Lorenz e Steffen Kaz do escritório Lorenz + Kaz com sede em Milão e fotos de Max Rommel, o mobiliário *ABC for Hispaniola* foi projetado para ser uma carteira escolar para o Haiti com objetivo de poderem ser construídas no local e montado pelas próprias crianças. Simples, flexível e divertido, os assentos são ajustáveis em altura e em distância entre a mesa, segundo seus autores.

Figura 20.1.3.1.5 - Regulagem de altura por fuso. Conjunto 2 alunos



Fonte: Lorenz-kaz

1.3.2. EXEMPLOS DE SISTEMAS DE REGULAGEM DE ALTURA

Este subcapítulo apresentará alguns exemplos de mobiliários, não necessariamente escolares, que indiquem algum sistema de regulagem de altura como forma de subsidiar o desenvolvimento dos desenhos e, conseqüentemente, do processo de confecção dos *mock ups*.

Diferentemente das empresas apresentadas como desenvolvedoras de mobiliário escolar, a finlandesa Stokke, fabricante de mobiliários, como cadeiras

e outros acessórios, apresenta conceito extremamente inteligente e que poderia, dentro das pesquisas a serem realizadas, guiar a maneira de utilização do objeto, adaptando-se, como ilustram as figuras 21.1.3.2.1, 22.1.3.2.2 e 23.1.3.2.3, ao crescimento dos usuários apenas por ajustes na regulagem das peças por meio de parafuso sextavado.

Figura 21.1.3.2.1 - Cadeira com ajustes de altura se adapta ao crescimento das pessoas



Fonte: Stokke

Figura 22.1.3.2.2 - Exemplos na forma de uso ao longo da vida



Fonte: Stokke

Figura 23.1.3.2.3 - Cores



Fonte: Stokke

O conjunto escolar Q-Momo produzido pela TCT Nanotec (figura 24.1.3.2.4) é adequado para crianças entre um e sete anos com estatura entre 85 e 120 centímetros. Segundo disponibilizado no site da empresa, as alturas de mesas e cadeiras são ajustáveis em cinco posições tendo, a primeira, uma variação entre 30 e 49 centímetros com inclinação de tampo de até 15°.

Figura 24.1.3.2.4 - Elementos de regulagem de altura



Fonte: Ergotronica

Figura 25.1.3.2.5 - Elementos de regulação de altura



Fonte: Dezeen

O mobiliário *Pinocchio*, de David Dolcini for Riva, de 1920, (figura 25.1.3.2.5) foi construído em cedro maciço e seu assento cônico pode ser regulado em três posições podendo ser travado por um pino.

Uma coleção de móveis criada por Carlo Conti em 2015 para a exposição “*Vivitamenti*” (figuras 26.1.4.3.6 e 27.1.3.2.7) na galeria subalterno 1 em Milão, Itália. Todos os objetos são construídos com parafusos de madeira torneada com estrutura metálica.

Figura 26.1.3.2.6 - Elementos de regulagem de altura



Fonte: Carlo Conti

Figura 27.1.3.2.7 - Elementos de regulagem de altura



Fonte: Carlo Conti

A figura 28.1.3.2.8 apresenta mobiliário lúdico propondo diferentes formas de uso do objeto. Os elementos circulares possuem regulagem por fuso e não se diferenciam podendo ser ora apoio para desenho|escrita, ora assento. Criados pela arquiteta e designer sueca Mia Cullin e fotos de Mathias Nero, a coleção ORKESTER conta com bancos para duas ou três pessoas, além de banquetas individuais. Seu desenho, segundo a autora, foi inspirado em um tipo de banco para piano e são montados sem parafusos ou peças de metal.

Figura 28.1.3.2.8 - Formas de uso e sistema de regulagem de altura



Fonte: Dezeen

O capítulo a seguir apresentará uma revisão da literatura abarcando temas como design e sua importância neste processo de trabalho, assim como conceitos

acerca do campo da ergonomia direcionando, este último, ao apresentar que, na sua ausência, em atenção especial aos problemas causados pela flexão tronco-coxa em 90°, ou menos, das cadeiras e a falta de angulação do tampo da mesa nos atuais mobiliários escolares, são responsáveis pelos impactos físicos sofridos no corpo dos escolares.

Por último, será introduzida pesquisa sobre a possibilidade de utilização de posturas experimentais em diferentes modelos de sentar estudados ao longo deste trabalho, assim como as preferências de escolha para sequência desta Tese.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO DA LITERATURA

Pelas informações apresentadas acerca dos conjuntos escolares e a partir dos levantamentos a respeito das problemáticas atuais do objeto, objetiva-se apresentar uma ideia de mobiliário escolar infantil baseado em uma postura experimental introduzido no subcapítulo **2.4 – PESQUISA DE MODELOS EXPERIMENTAIS** e apresentado em forma de *mock up* após perpassar pelo processo de entendimento e estudos dos campos da ergonomia e do design abarcando, inclusive, o desenvolvimento de material – objeto principal deste trabalho - em substituição aos atuais MDF e MDP, como elemento primordial para o desenho como forma de atração e estimulação dos alunos no universo da aprendizagem.

2.1. DESIGN

A justificativa deste trabalho para a inserção do objeto de estudo na área de produto repousa nos primórdios dos conceitos sobre o campo do design e, permeá-lo se faz necessário para compreensão de, se não de todas, ao menos grande parte das variáveis relacionadas ao objeto.

De acordo com a descrição elaborada pelo Internacional Design Center de Berlim, em 1979, o bom design (...) *precisa expressar as particularidades de cada produto por meio de uma configuração própria. (...) deve tornar visível a função do produto, seu manejo, para ensejar uma clara leitura do usuário.* (apud BURDEK, 2006, P. 15)

De acordo com CARDOSO, 2004 a respeito do significado de design:

A origem mais remota da palavra está no latim designare, verbo que abrange ambos os sentidos, o de designar e o de desenhar. (...)

do ponto de vista etimológico, o termo já contém nas suas origens uma ambiguidade, uma tensão dinâmica entre um aspecto abstrato de conceber/projetar/atribuir e outro concreto de registrar/configurar/formar. P. 14

Corroborando com este entendimento a respeito do significado da palavra, HSUAN-AN, 2017 que, além de registrar os verbos citados utiliza, também, palavras como (...) *plano, intento, esquema, desenho, construção e configuração*. P.43

FLUSSER, 2010, apresenta outro ponto de vista acerca da origem da palavra inglesa que pode ser tanto um substantivo quanto um verbo afirmando que (...) *enquanto substantivo significa, entre outras coisas, “intenção”, “propósito”, “conspiração”(…), entre outros e estão (...) em estreita relação com os de “astúcia” e de “insídia”. Como verbo (to design) significa “arquitetar algo”, “simular”, “esboçar”, “organizar”. P.09*

O autor segue discorrendo acerca da palavra que,

(...) encontra-se em vários contextos, associada as ideias de astúcia e de insídia. Um designer é um conspirador dissimulado que estende as suas armadilhas. Nos mesmos contextos aparecem outros termos muito significativo, nomeadamente “mecânica” e “máquina”. O grego mechos indica um dispositivo inventado para induzir um engano, qual armadilha, qual o cavalo de Tróia. (...) Uma máquina é, portanto, um dispositivo projectado para induzir em engano; uma alavanca, por exemplo, engana a força da gravidade e a “mecânica” representa a estratégia para “ludibriar” os corpos pesados. (P.09|10)

HSUAN-AN, 2017 discorre dizendo que design é (...) *simplesmente a atividade profissional que envolve todo o processo de criação e desenvolvimento de produtos com o fim de atender as necessidades da população em favor de uma vida melhor e mais prazerosa*. P.26. Como conclusão, assim expõe,

*(...) podemos deduzir que **design** poderia ser “uma ideia, um projeto ou um plano para a solução de um determinado problema. Isto é, uma racionalização, um processo intelectual que não é visualmente perceptível, nem sequer traduzível, na maioria dos casos, verbalmente”. Mas somente isso não seria um processo completo, pois ele envolve também a **construção** e a **configuração** de um resultado concreto. O **design**, então, consiste na transformação dessa ideia, por meio de uma metodologia, com o processo e os respectivos recursos auxiliares, para fazer visualmente perceptivo a solução de um problema. Esses recursos abrangem desenhos, modelos e protótipos*. P.43

Para que não existam dúvidas sobre se o objeto desta Tese é um produto de design, objeto de artesanato ou apenas um suporte para a arte, a definição de MICHAEL ERLHOFF (*apud* BURDEK, 2006), deixa claro o conceito desta diferenciação dizendo (...) *design que - diferentemente da arte – precisa de fundamentação prática, acha-se principalmente em quatro afirmações: como ser social, funcional, significativo e objetivo*. P. 16

Para CARDOSO, 2004, a diferença entre design e artesanato (...) *reside justamente no fato de que o designer se limita a projetar o objeto para ser fabricado por outras mãos ou, de preferência, por meios mecânicos*. P.14

Compreendendo, pois, desta forma, o design como uma linguagem do dia-a-dia⁵ e entendendo o sentido da palavra como um meio de interpretação da realidade, (...) *podemos falar de sua linguagem do produto na medida em que objetos de design não são apenas portadores de funções, mas são sempre portadores de informações.* (ELLINGER, 1966, *apud* SELLE, 1973 *apud* BURDEK, 2006, P. 286). Informações que trazem uma interpretação como atividade de compreensão (...) *do que se apresenta a mente não só como um sentido escondido a ser descoberto, mas sobretudo como sentido possível a ser construído.* (MORAES, 2016, P.15). Uma leitura não verbal da coisa que (...) *firma-se também como linguagem (...) de uma experiência cotidiana (...) sendo essa leitura (...) uma interferência sobre essa experiência.* (FERRARA, 2007, P.13)

Lançando luz a respeito dos aspectos semióticos acerca da linguagem no campo do design,

(...) ao aceitar o design como fenômeno de linguagem, devemos admitir uma noção ampliada do vocábulo “linguagem”, a qual não o equipare a “língua”, mas sim “como fenômeno semiótico lato, o qual engloba as línguas (linguagens verbais), mas é a manifestação de algo mais feral, abarcando, inclusive, os signos não verbais”.
(BRAIDA, NOJIMA, 2014, P.33)

Os autores seguem apresentando relações entre design e linguagem dizendo que (...) *se considerarmos que o design concebe produtos e serviços a partir de sistemas de ordenamento e codificação, de processos de comunicação e transmissão de informação, é legítima a afirmação de que design é linguagem.*

P.58

⁵ Gert Selle, 1973 *apud* Burdek, 2006 p. 286

Passagem semelhante encontrada em CARDOSO, 2012 a respeito, não apenas sobre o conceito de informação, como, também, sobre comunicação acerca do objeto.

Sendo as aparências dos objetos carregadas de significados, isso quer dizer que todo artefato material é também comunicação, informação, signo. Nenhuma cadeira pode ser apenas uma cadeira. Ela é uma cadeira específica, dentro de uma gama de possibilidades, e carrega informações (...). Ou seja, todo artefato material possui também uma dimensão imaterial, de informação. P.111

Desta forma, apresenta-se o objeto deste estudo como um produto criado para atender não apenas uma necessidade específica como, também, propor o desenvolvimento de uma ideia, um desenho de conjunto escolar baseado em estudos ergonômicos de novas posturas entendendo, portanto, sua inserção no campo do design, adequando-se, inclusive, as alterações impostas pela sociedade atual uma vez que MORAES, 2016, assim expõe, (...) *o design (...) nunca considera o presente, porque o projetar é um modo para preparar o futuro. P.26.* Atesta, para tal passagem, a afirmação de FERRARA, 2002, acerca do projeto, também como informação de um tempo, um comportamento moldado no presente para um futuro. *Ao projeto cabe a tarefa de fazer o produto utilitário, uma informação nova e, do designer, um agente cultural onde se mostra mais desempenho do que competência para que o desenho do produto seja obrigado a antecipar-se ao tempo para marcar o tempo. P.56*

Assim, o próximo subcapítulo apresentará alguns conceitos importantes do campo da Ergonomia e a sua importância neste processo de desenvolvimento de interpretação e aplicabilidade no objeto de estudo.

2.2. ERGONOMIA

Tão importante quanto a busca por soluções formais, o estudo ergonômico de um objeto deve fazer parte do levantamento de dados ou, no item de detalhamento do problema identificado.

Segundo a ABERGO, Associação Brasileira de Ergonomia alinhada a Associação Internacional de Ergonomia (IEA) – *The International Ergonomics Association*, adota a seguinte definição sobre Ergonomia,

A Ergonomia (ou fatores humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas. É a aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema. Os ergonomistas contribuem para o planejamento, projeto e avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas. (MORAES, MONT ' ALVÃO, 2009, P.18)

IIDA, 2005 apresenta o campo da Ergonomia como (...) *sendo o estudo da adaptação do trabalho ao homem. O trabalho aqui tem uma acepção ampla abrangendo não apenas aqueles executados com máquinas e equipamentos (...), mas também toda a situação em que ocorre o relacionamento entre o homem e uma atividade produtiva. P.02*

Corroborando com esta passagem sobre o entendimento a partir do levantamento etimológico da palavra Ergonomia, MORAES; MONT'ALVÃO, 2009, assim apresentam (...) *deriva do grego eron (trabalho) e nomos (normas, regras, leis). Trata-se de uma disciplina orientada para uma abordagem sistêmica de todos os aspectos da atividade humana. P.18*

Segundo SURREADOR, 2010, a respeito da importância do campo da ergonomia,

A Ergonomia centra-se na análise das interações, utilizando metodologias próprias e saber acumulado ao longo dos tempos. O Homem é o centro do seu sistema. A Ergonomia não é um atributo de um produto, tal como é frequente ouvir-se dizer: “aquela cadeira é ergonómica”, mas sendo antes, uma característica da interação que se desenvolve com o produto, tendo em conta todos os aspectos que aqui já foram referidos. P.38

Neste estudo, deve-se aceitar e compreender que o mobiliário escolar, seja em qualquer fase da vida académica do aluno, é uma atividade produtiva e, portanto, deve ser encarada com a devida preocupação quando da sua concepção e, (...) *numa situação ideal, a ergonomia deve ser aplicada desde as etapas iniciais do projeto de uma máquina, sistema, ambiente ou local de trabalho. (IIDA, 2005 P.19)*

Assim, o conjunto escolar deveria ser pensado e projetado segundo o entendimento a respeito dos conceitos de um posto de trabalho, visto que os alunos passam, em média, quatro horas por dia ou, vinte horas semanais na posição sentada e, (...) *para se garantir o conforto nessa situação, é necessário fazer estudo de postura e das dimensões antropométricas para se projetar adequadamente o “posto” de trabalho escolar (IIDA, 2005 P.571).*

O longo período nesta posição, segundo MARQUES; HALLAL; GONÇALVES, 2010, iniciando, neste momento, as discussões acerca dos problemas causados pelos atuais objetos,

(...) leva a prolongada sustentação da flexão lombar, redução da lordose nessa região e sobrecarga estática nos tecidos osteomioarticulares da coluna, fatores esses que estão diretamente relacionados ao desenvolvimento da dor lombar. P.271

Segundo PASCHOARELLI; MENEZES, 2009,

(...) dos aspectos que efetivam a configuração do mobiliário escolar como posto de trabalho, a sua relevância como conjunto de sistemas – ferramentas, máquinas e mobiliário – que auxilia especificamente no desenvolvimento da atividade humana oferece a sustentação necessária para tratar do mobiliário escolar como tal. P.147

Assim, compreende-se, então, o mobiliário escolar como posto de trabalho, que (...) deve permitir a flexibilidade e se adequar as exigências pedagógicas, não devendo ser um empecilho no processo de aprendizagem nas atividades dinâmicas de grupo (PINHO, 2004, P.22). O equipamento poderia e deveria permitir regulagens que o adequassem aos diferentes percentis evitando, assim, compensações posturais decorrentes da ausência de conforto. IIDA, 2005, completa afirmando que (...) essas frequentes mudanças de postura contribuem para a nutrição da coluna e aliviam a tensão dos músculos dorsais. P.152

Sobre os atuais modelos de mobiliário escolar, VILLA E SILVA, (2000 apud PINHO, 2004, P.25), assim expõe, (...) o posto de trabalho é inapropriado para os estudantes, tanto para as crianças de nível primário, onde a cadeira e a mesa são altas demais, quanto para os jovens adultos de nível universitário, onde a situação se inverte, a mesa e a cadeira tornam-se pequenos e inadequados.

Segundo REIS, 2003, P.20, (...) nas atividades cotidianas escolares, a manutenção de uma postura corporal desconfortável pode ser o principal fator

da hiperatividade, falta de interesse e queda no rendimento escolar. Portanto, se faz necessário uma revisão acerca das características do mobiliário escolar visando a compreensão da importância do estudo ergonômico e as consequências quando não vislumbradas no projeto entendendo-se, assim, a necessidade de propor objetos escolares que se adequem aos diferentes percentis dos usuários por meio de ajustes e regulagens de seus componentes de forma simples, segura e intuitiva, quanto pela discussão acerca do sentar, fomentando uma visão contrária a alguns autores que abordam a necessidade de correção e adoção de elementos capazes de responder as problemáticas associadas as cadeiras atuais como forma de prevenção aos constrangimentos posturais.

2.2.1. ERGONOMIA NO MOBILIÁRIO ESCOLAR (OU A FALTA DELE)

Em circunstâncias específicas, as incompatibilidades na interação mobília-usuário ficam tão intensas a ponto de induzir posturas corporais inusitadas (...). (MORO, 2016, P.03)

Como exposto, o estudo ergonômico se faz necessário não apenas como elemento isolado e adiante no processo de projeto. Deve ser, sim, considerado essencial nas etapas preliminares de estudo, ajudando e moldando, não apenas as configurações de desenho como, e mais importante, do pensamento capaz de alterar todas as tomadas de decisão do projetista. Corroborar afirmação de MORAES, 2005,

Um problema que se deve levar em consideração, que é um dos principais erros cometidos por designers durante a projeção, é na hora em que se inicia a utilização da ergonomia com a análise de

tarefa. O designer normalmente começa o seu estudo ergonômico na fase de desenvolvimento e não na fase de levantamento de dados, sendo assim, ao gerar suas alternativas de desenho do projeto não trará com ele os requisitos, os parâmetros e os objetivos da tarefa, para então, aplicar os dados antropométricos. P.108 | 109

Para o mobiliário escolar ser considerado adequado ao uso, ele (...) *deve proporcionar uma facilidade de movimentação do corpo, com mínimo de esforço e que possibilite a adequação ergonômica. (MORO; ÁVILA E MELO, 1997, P.21).* Para tanto, deve-se considerar as dimensões mínimas e máximas dentro da definição da população usuária que, neste estudo, engloba alunos de escolas públicas, dos primeiros anos do ensino fundamental – 1ª a 5ª série - entre 6 e 10 anos.

Segundo MORAES, 2005, as dimensões mínimas são (...) *medidas que usam como parâmetro os maiores percentis – 95°, 97,5° ou 99°. As dimensões desses percentis, normalmente, determinam os espaços mínimos necessários (...).* Com relação as medidas máximas, são (...) *medidas que usam como parâmetros os menores percentis – 1°, 2,5° ou 5°. As dimensões desses percentis, normalmente, determinam os alcances necessários, (...)* P.114

Estes parâmetros citados ou limites antropométricos apresentados em termos de percentis são a indicação, simplesmente,

(...) da porcentagem de indivíduos da população que possuem uma medida antropométrica de um certo tamanho ou menor que este tamanho. Assim, em relação a qualquer uma das medidas antropométricas levantadas, a população é dividida em 100 categorias percentuais que são posteriormente ordenadas da menor

para a maior. (BRASIL, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, s.d., P.21)

Deve-se compreender que, quando se trabalha com percentis, dois fatores são importantes nesse entendimento. Primeiro, que (...) *não existe o indivíduo cujas medidas corporais pertençam a um único percentil (...)* e, segundo, que os (...) *percentis antropométricos, relacionados a uma medida, referem-se somente a ela.* (IDEM, s.d., P.23)

Importante, neste processo, compreender, inclusive e, diferentemente do que alguns projetistas sugerem, que projetar “na média” ou, em outras palavras, a partir de valores do percentil 50, (...) *pode conduzir a vários erros. Ao usar o valor médio, na verdade, o que ocorre é sempre o prejuízo de uma metade da população (...).* (MORAES, 2015, P.111) Assim, é importante ressaltar que (...) *o “homem médio” é uma falácia que induz a uma série de equívocos.* (IDEM, P.112). Segundo PANERO; ZELNIK, 2002, (...) *um indivíduo com percentil 50 na dimensão estatura poderia ter um percentil 40 de altura até o joelho ou 60 no comprimento da mão (...).* P.34

Em um projeto de produto o ideal seria dimensioná-lo de forma a atender 100% da população usuária. Sabe-se, entretanto, que isso representaria não apenas um aumento significativo nos custos de produção para atender aos poucos usuários situados nos extremos da curva como, também, ocorrer a perda da escala e proporção do objeto, tornando-o muito grande ou muito pequeno. De acordo com MORAES, 2005, (...) *o projetar para acomodar 100% da população é uma medida quase inviável, pois pode tornar o produto muito grande ou muito pequeno em certos detalhes, normalmente, projeta-se para acomodar 90% ou 95% da população.* P.121

Entendendo, desta forma, os preceitos acerca da população a ser estudada e atendida, utilizar-se-á uma faixa de valores para estabelecer os parâmetros

mínimos e máximos do ajuste, abarcando, assim os percentis entre 5° e 95°. De acordo com PANERO; ZELNIK, 2002,

Estatisticamente, demonstrou-se que, em qualquer grupo populacional dado, as medidas do corpo humano são distribuídas numa faixa média, enquanto que um número menor de medidas extremas situa-se nas duas pontas do espectro. Uma vez que não se projeta para toda a população, é necessário selecionar um segmento da porção central. Portanto, hoje em dia costuma-se esquecer os extremos das duas pontas e trabalhar com 90% do grupo populacional em questão. P.34

Com relação a população usuária, estima-se que os valores a serem estudados englobam as faixas entre o menor percentil feminino com o maior percentil masculino nos dois extremos do intervalo. Um dos problemas acerca destes dados é que (...) *ainda não existem medidas abrangentes e confiáveis da população brasileira.* (IIDA, 2005, P.120)

Com relação a população estudada e delimitada neste estudo, entende-se que estão, neste período, ainda, em fase de desenvolvimento e, assim, importante ressaltar o conceito de crescimento que, segundo o Caderno Saúde da Criança, do Ministério da Saúde, afirma ser,

(...) um processo biológico, de multiplicação e aumento do tamanho celular, expresso pelo tamanho corporal. (...) com relação ao crescimento linear (estatura), pode-se dizer que a altura final do indivíduo é o resultado da interação entre sua carga genética e os fatores do meio ambiente (...). P.11|12

Por não haver fontes nacionais confiáveis acerca das medidas da população brasileira, o mais indicado é utilizar dados antropométricos já disponíveis na bibliografia internacional. De acordo com IIDA, 2005, P.122, (...) *comparando-se as medidas estrangeiras com aquelas brasileiras, constata-se que aquelas brasileiras são ligeiramente menores. Percentualmente, essas diferenças situam-se em torno de 4% no máximo.* Com relação as diferenças, o autor considera que,

Uma vez que as dimensões corporais dos indivíduos variam em grande escala dentro de qualquer grupo populacional, não é prático projetar para todo o grupo. Portanto, a distribuição estatísticas das dimensões corporais é de extrema importância (...) no sentido de estabelecer padrões e na tomada de decisões durante o processo de projetar. P.31

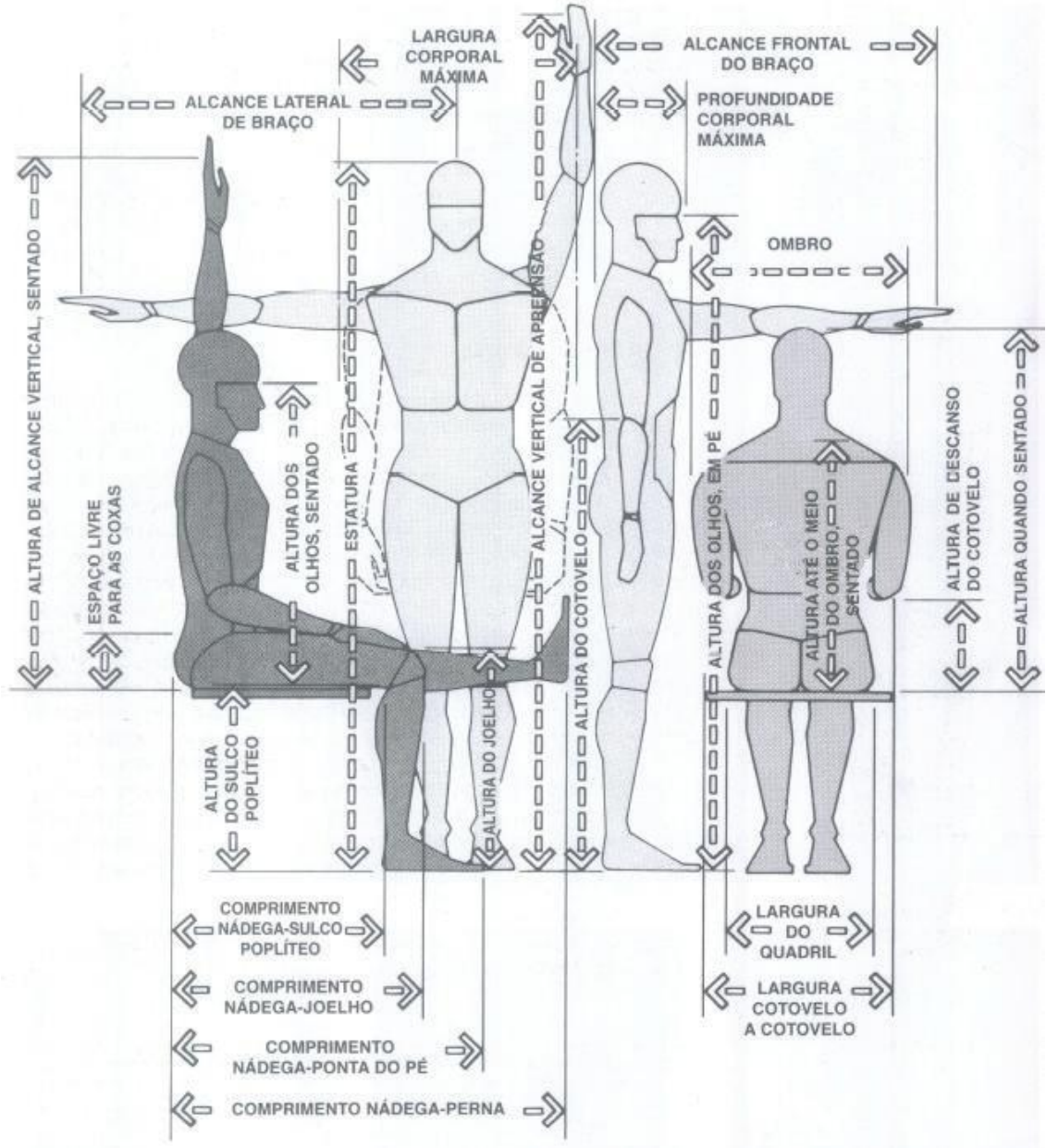
Para o desenvolvimento deste trabalho, serão utilizados dados da antropometria estática, que (...) *é aquela em que as medidas se referem ao corpo parado ou com poucos movimentos e as medições realizam-se entre pontos anatômicos claramente identificados* (IDEM, 2005, P.110)

No início desta pesquisa, acreditou-se que, para a realização dos estudos acerca das medidas em uma confecção futura do *mock up*, cinco posturas e suas respectivas dimensões bastariam para compreender e balizar os dados necessários para traçar uma perspectiva de construção do objeto, onde, a figura 29.2.2.1.1 apresenta a posição sobre cada uma delas, a seguir:

- a) *Altura poplítea (altura do assento);*
- b) *Altura do cotovelo (altura da mesa);*
- c) *Altura da coxa (espaço entre assento e mesa);*

- d) Comprimento nádega-sulco poplíteo;
- e) Comprimento nádega Joelho

Figura 29.2.2.1.1 - Medidas corporais



Fonte: Panero, Zelnik, 2010

Segundo PANERO, ZELNIK, 2002, essas são as definições acerca dos termos:

Altura Poplítea:

Distância vertical do chão até o lado inferior da parte da coxa logo atrás do joelho, com o indivíduo sentado e ereto. (...) São dados fundamentais para estabelecer a altura de cadeiras ou similares e, (...) ao estabelecer a altura do assento, o percentil 5 deveria ser usado. A pressão na parte inferior das coxas é uma das causas de desconforto do usuário, (...). P.79

Altura do cotovelo ou descanso do cotovelo:

Altura de descanso do cotovelo é a altura medida a partir da superfície da cadeira até a parte inferior da ponta do cotovelo. (...) e pode ser útil na determinação de alturas de apoios para braços. P.78

Altura da coxa ou espaço livre para as coxas:

(...) é a distância tomada verticalmente da superfície da cadeira até a parte superior das coxas. Deve ser utilizado o percentil 95, já que o espaço livre é o fator operacional de projeto. P.78

Altura dos olhos sentado:

(...) é a distância vertical do canto interno dos olhos até a superfície da cadeira. (...). A previsão de uma regulagem adequada pode permitir um alto grau de atendimento ao usuário, que vai do percentil 5 até o 95, ou maior P.76

Comprimento nádega-sulco poplíteo:

(...) é a distância horizontal da parte de trás da nádega até a parte de trás da parte inferior da perna. Estes dados são úteis no projeto de cadeiras, particularmente posicionamento das pernas, superfícies verticais da parte anterior de bancos, (...) bem como para determinar o comprimento de cadeiras e outros tipos de assentos. P.79

Comprimento nádega Joelho:

(...) é a distância horizontal entre a parte posterior das nádegas até a parte da frente das rótulas. (...) Estes dados podem ser úteis na determinação da distância adequada da parte de trás do assento até qualquer obstrução física ou objetos localizados em frente aos joelhos (...). Desde que o espaço livre é o fator operacional do projeto, o percentil 95 deve ser utilizado. P.80

Importante destacar que, em teoria e, como revisão da literatura, acreditava-se que estes conceitos e medidas seriam suficientes como aplicação na confecção do desenvolvimento dos *mock ups* como tradução aos conceitos propostos pela Postura Corpórea Neutra. Esta percepção, durante o desenvolvimento desta etapa, mostrou-se equivocada quando na tentativa de se aplicar as medidas corporais, como apresentado na figura 29.2.2.1.1. As justificativas serão apresentadas no **Capítulo 3 – MÉTODO DE PESQUISA** no subcapítulo **3.3.1.7 – CONSTRUÇÃO DAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS**.

Como mencionado, a falta de entendimento e estudos relativos ao campo da ergonomia abarcando a construção de mobiliários escolares são responsáveis por situações onde a postura inadequada ocasiona sobrecarga as estruturas do sistema musculoesquelético, como na região lombar e cervical, podendo causar dor e lesão. A figura 30.2.2.1.2 ilustra alguns arranjos físicos e acomodações do

corpo para compensar a falta de conforto em um mobiliário escolar. De acordo com MORO, 2016,

(...) um mobiliário que impõe ao indivíduo um padrão postural que emprega contínuos esforços e constrangimentos músculo-esquelético, apresenta um caráter de penosidade ao indivíduo no desenrolar de suas atividades. O design “pobre” das cadeiras e carteiras escolares, por exemplo, impõe constantes arranjos físicos, improvisações e acomodações por parte dos alunos, para compensar deficiências de projeto ou de concepção industrial. P.03

Figura 30.2.2.1.2 - Problemas posturais causados pela má postura nas regiões da lombar e cervical



Fonte: okamura

Para dimensionar e projetar um mobiliário escolar ergonomicamente adequando e ajustado aos diferentes percentis é necessário compreender que este deva ser entendido a partir da análise da posição sentada pois (...) *geralmente permanecem sentados durante longos períodos* (IIDA, 2005, P.571) e que, a partir dela, se desenvolvam atividades escolares como leitura e escrita.

Segundo MARQUES; HALLAL E GONÇALVES, 2010, a respeito da posição sentada, ela (...) *é definida como a situação na qual o peso corpóreo é transferido*

para o assento da cadeira por meio da tuberosidade isquiática dos tecidos moles da região glútea e da coxa, bem como para o solo por meio dos pés. P.271

Entretanto, esta posição, quando mantida por longos períodos, o que ocorre entre os estudantes, (...) *leva a uma prolongada sustentação da flexão lombar, redução da lordose nessa região e sobrecarga estática nos tecidos osteomioarticulares da coluna. (IDEM, 2010, P.271) De acordo com IIDA, 2005,*

As frequentes variações de postura servem para aliviar as pressões sobre os discos vertebrais e as tensões dos músculos dorsais de sustentação, reduzindo-se a fadiga. (...) em apenas 33% dos casos, as pessoas mantêm a postura ereta, ocupando toda a área do assento. No resto de tempo, as pessoas sentam na borda do assento, inclinando-se para frente e para trás, com contínuas mudanças de postura. P.152

Para PANERO; ZELNIK, 2002,

O estar sentado, geralmente, é visto como uma tarefa essencialmente estática na natureza. Puro engano. Na verdade, o ato de sentar-se envolve um quase contínuo reposicionamento de modo a responder exigências de várias atividades distintas a serem realizadas naquela posição. (...). Os movimentos envolvidos no sentar-se e no levantar-se também devem ser estudados. P.42

MORO, 2016, questiona a respeito dos mecanismos de movimentos dos estudantes a partir da posição sentada, como, por exemplo, levantar, balançar ou mesmo virar-se para os lados,

*(...) parte do repertório comportamental exibido por esses usuários, na posição sentada, sugere mecanismos pessoais compensatórios de ajustamento ao ambiente (...)*P.10

Para solucionar tais constrangimentos posturais, alguns elementos devem ser verificados a partir do ato da projeção. Um destes refere-se ao tampo da carteira, objeto, este, responsável pelo apoio, tanto para a escrita, como para a leitura. Segundo CHAFFIN; ANDERSON E MARTIN (2001 *apud* REIS, 2003, P.22), *(...) quando a atividade for escrever, o ângulo de abdução deverá estar entre 15° a 20° graus, com uma flexão de 25° graus, para que o conforto seja preservado por mais tempo.*

Segundo MORO, 2016, a respeito deste elemento,

Dados suportam que a ausência de inclinação no tampo da carteira escolar constitui-se em fator de distorção em pelo menos 5% do tamanho dos caracteres (...) o que pode contribuir para problemas de desempenho do aluno na atividade de leitura. (...) mesas de superfície plana, desprovidas de qualquer angulação, então associadas a queixa de dores lombares e cefaleias ao final da jornada de trabalho. P.09

Corroborando para tal passagem, CHAFFIN; WALL; JEANS E VENTURA (1984, 1991, 1995, 1994 *apud* REIS, 2003, P.26|27), dizendo que,

(...) as atividades escolares que envolvam leitura e escrita, utilizando mesas planas, obrigam os alunos a adotar uma postura com inclinação exagerada da cabeça e para amenizar este constrangimento, Dull (1994) e Grandjean (1998) sugerem que uma

inclinação de 15° graus da mesa de trabalho é o suficiente para a obtenção de um ângulo melhor de visão e, conseqüentemente, contribuir para uma postura da cabeça e tronco mais equilibrados.

Sobre a importância da visão no ambiente de trabalho, LELONG; DREVET; CHEVALLER E PHELIP (1988 *apud* REIS, 2003, P.24|25),

(...) mostram que a área de abrangência de visão é muito importante para termos um ambiente econômico, principalmente na interface olho-mesa de trabalho, concluindo que a distância ideal do olho a mesa, é de 40 cm, sem flexão do tronco, para que se obtenha uma redução de 50% na pressão dos discos intervertebrais da coluna lombar. (...) nesse sentido, Coury (1995) recomendam que o ângulo adequado para o pescoço é de 20° a 30° graus no máximo, e que para trabalhos mais prolongados, acima de 120 minutos, o ângulo ideal é de 15° graus.

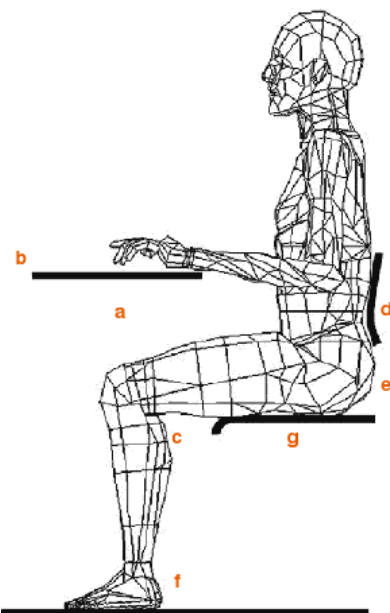
Assim, além da inclinação do tampo da mesa, existe outra variável importante quanto ao seu dimensionamento, que é sua altura. Segundo IIDA, 2005, a (...) *altura deve ser regulada pela posição do cotovelo e deve ser determinada após o ajuste da altura da cadeira. Em geral, recomenda-se que esteja 3 a 4 cm acima do nível do cotovelo, na posição sentada.* P.145. Adiante, afirma o autor,

Em geral, a altura da mesa pode oscilar entre 54 cm (altura mínima, para 5% das mulheres) a 74 cm (altura máxima, para 95% dos homens). Uma mesa muito baixa causa inclinação do tronco e cifose lombar, aumentando a carga sobre o dorso e o pescoço, provocando

dores. Uma mesa muito alta causa abdução e elevação dos ombros, além de uma postura forçada do pescoço, provocando fadiga dos músculos dos ombros e pescoço. P.145

A seguir, a lista de referência da figura 31.2.2.1.3 que discorre a respeito dos conceitos ergonômicos que o conjunto mesa|cadeira escolar deve ter segundo a Fundescola, 1999:

Figura 31.2.2.1.3 - Representação esquemática dos conceitos antropométricos



Fonte: Fundescola, 1999

a. A existência de espaço livre entre a parte inferior da mesa, incluindo-se os porta-livros, e a parte superior das coxas dos alunos deve ser suficiente para permitir liberdade de postura e de movimentação dos alunos.

b. A altura da superfície de trabalho das mesas deve ser tal que os cotovelos se apoiem sobre a mesa ou estejam numa altura ligeiramente inferior, em relação à sua superfície.

c. Com o objetivo de evitar pressões sobre a musculatura das pernas, deve-se prever espaço livre entre a parte posterior da perna e a borda frontal da superfície do assento, que deve ser arredondada (raio mínimo = 40mm).

d. O encosto deve permitir apoio adequado da região lombar entre a terceira e a quinta vértebras lombares. Além do apoio lombar, deve haver apoio dorsal.

e. Deve haver espaço livre entre o apoio lombar e a superfície do assento, para acomodação da região glútea.

f. A altura do assento deve permitir que as plantas dos pés apoiem-se integralmente no chão, não havendo assim nenhuma pressão do assento contra os músculos inferiores das coxas.

g. A profundidade do assento deve ser determinada a partir do menor comprimento de coxa do usuário, considerando como limite deste comprimento a região sacra, ou seja, a extremidade do corpo do usuário definida por suas costas quando sentado.

Assim, compreende-se a importância acerca da realização de estudos capazes de suportar e corroborar com as informações apresentadas por diferentes autores. Entende-se, inclusive, a necessidade de confrontação de ideias e parâmetros no decorrer desta pesquisa no que tange a compreensão dos conceitos da posição sentada nos conjuntos escolares atuais em contraponto a sugestão desta Tese à proposta de modelos experimentais quanto ao ato de sentar para alunos dos anos iniciais do ensino fundamental em escolas públicas, induzindo a supressão do encosto da cadeira, justificado no subcapítulo **2.4.2 – POSTURA CORPÓREA NEUTRA**, a possibilidade de regulagens de altura, inclusive para a mesa, bem como a inclinação de seu tampo para melhor ajuste do objeto aos usuários de diferentes percentis.

CRANZ, 1998, afirma ter desenvolvido uma visão oposta sobre o sentar, enfatizando que (...) *a cadeira, não o corpo é o problema*. E complementa,

justificando que os corpos estavam aqui primeiro e, por uma relação lógica, (...) *as cadeiras deveriam responder aos corpos e não vice-versa*. P.95

Conceito muito parecido invocado por HSUAN-NA, 2017, em que afirma, dizendo,

(...) entre o homem e o objeto, este último deve se adaptar as necessidades e exigências do primeiro. Mesmo assim, o homem usa o objeto e tenta adapta-lo à sua maneira, criando consequências as vezes prejudiciais à sua saúde. O usuário, muitas vezes, não assume posturas e movimentos de modo ergonomicamente adequando.
P.79

Desta forma, o próximo subcapítulo apresentará um resumo dos problemas quanto a flexão tronco-coxa em 90° e suas consequências no corpo dos usuários por conta desta postura. Na sequência, o subcapítulo **2.4 – PESQUISA DE MODELOS EXPERIMENTAIS**, versará sobre os estudos e pesquisas em modelos experimentais adotado, como exemplo, no desenvolvimento deste trabalho.

2.3. A FLEXÃO EM 90° - O PROBLEMA DA CADEIRA ESCOLAR

Este subcapítulo pretende apresentar os problemas causados nas estruturas musculoesqueléticas, introduzido anteriormente, decorrentes do desenho prejudicial e danoso dos conjuntos escolares onde o ângulo entre o tronco e a coxa encontra-se em, aproximadamente, 90° e, a luz de outras áreas de estudo como Medicina, Fisioterapia, Biomecânica, entre outros, apoiar, conceitualmente, esta pesquisa no que tange o desafio de compreender as problemáticas causadas pelo mobiliário escolar e suas reais consequências no

corpo humano com o intuito de sugerir uma nova abordagem projetual, apresentada, na sequência, no subcapítulo **2.4 – PESQUISA DE MODELOS EXPERIMENTAIS**, quanto as soluções para estes problemas.

Não é, inclusive, intenção deste trabalho, discorrer e se aprofundar nas discussões acerca das interações do corpo e de suas partes e sua consequente ação problemática junto ao mobiliário escolar que efetivam, no indivíduo, sérias situações de constrangimentos físicos, uma vez que foram tão bem apresentados e discutido por autores como CONSENTINI, 2003; HUET; MORAES 2003; MARQUES; HALLAL E GONÇALVES, 2010, entre outros e, tão pouco, realizar estudos ergonômicos e antropométricos com objetivo de apontar os problemas decorrentes das atuais carteiras escolares mas, sim, apresentar falhas nos atuais projetos que evidenciam os impactos e as consequências no corpo humano decorrente do mal uso do objeto, justificando e pontuando as decisões e sugestões na ingerência dos desenhos no mobiliário escolar.

Segundo a Academia Americana de Ortopedia, (*apud* MARQUES; HALLAL E GONÇALVES, 2010, P.271) o conceito de postura é (...) *o estado de equilíbrio entre músculos e ossos com capacidade para proteger as demais estruturas do corpo humano de traumatismos, seja na posição em pé, sentado ou deitado.*

Para CONSENTINI, 2003, a postura pode ser definida como (...) *o alinhamento de todos os seguimentos corporais num determinado momento.* P. 32. Em complemento, MAGEE (2002 *apud* MADALENA, 2005, P.27), indica que o conceito de postura correta está no qual (...) *o mínimo estresse é aplicado em cada articulação. Qualquer posição que aumente o estresse sobre as articulações pode ser denominada como postura defeituosa.*

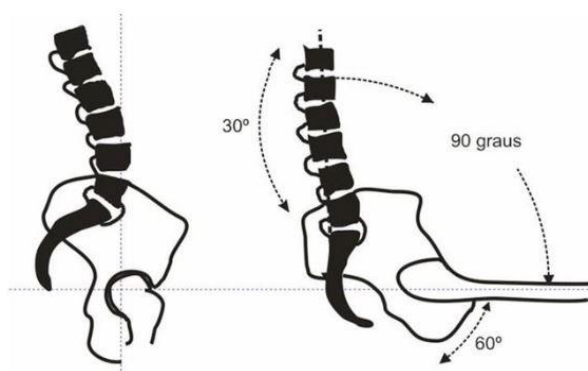
O grande problema da postura sentada encontra-se na coluna. Como colocado por FERREIRA (2009 *apud* SURRADOR, 2010, P.41), (...) *quando o usuário está sentado inclina a sua bacia para trás, a coluna curva-se e os discos intra-*

vertebrais são comprimidos pelas vértebras lombares, provocando tensões desagradáveis e temerárias.

MARQUES, HALLAL E GONÇALVES, 2010 descrevem que a curvatura da coluna (...) *está relacionada com a distribuição das cargas a postura sentada reta, no qual os ângulos dos quadris, tronco, joelhos e tornozelos são mantidos em 90°, cria tensão nos ísquios tibiais e nos glúteos, o que causa retroversão da pelve, horizontaliza o ângulo sacral e retifica a lordose lombar.* P.272

Segundo KEEGAN (1953 *apud* MORO, 1994 *apud* MORO, REIS, 2011, P.14), o limite extremo de flexão na articulação do quadril é de 60° e não 90° como preconizado. (Ver fig. 32.2.3.1)

Figura 32.2.3.1 – A esquerda, postura em pé. A direita, postura sentada



Fonte: KEEGAN *apud* MORO, 1994 *apud* MORO, REIS, 2011

Diferentes autores pontuam para os problemas nas estruturas musculoesqueléticas causados pela posição sentada e, diferentemente do que se possa assumir, este quadro clínico não se restringe somente a população adulta. Segundo CONTENSINI, 2011, somente (...) *a mudança da posição de bipedestação⁶ para sedestação⁷ aumenta em 35% a pressão no núcleo do disco intervertebral (...)* P.09.

⁶ Posição ereta apoiado em ambos os pés. Postura em pé.

⁷ Posição sentada ou capacidade de estar sentado

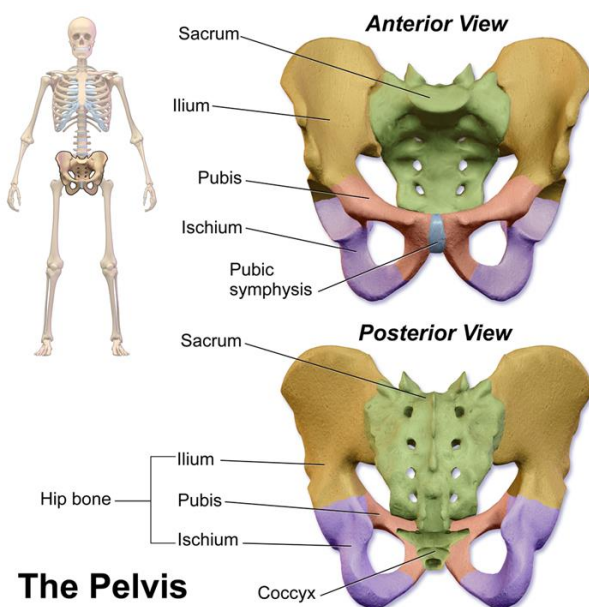
Complementando a passagem dos autores supra citados, CARNIDE, 2006 e HUET, 2008, afirmam que o ser humano apoia cerca de 75% de todo o peso de seu tronco (...) *sobre as protuberâncias ósseas chamadas tuberosidade isquiática, cuja área não passa de 26 cm². (CARNIDE, 2006, P.55|56). Isto aponta, segundo MORAES, 2000, para uma altíssima compressão entre 6 a 7 KG|cm² sobre a área caudal da nádega. Estas tuberosidades isquiáticas são, segundo CONTENSINI, 2011, (...) cobertas por uma camada fina de tecido muscular. P.10. De acordo com HUET, MORAES, 2003, (...) os tecidos do corpo começam a reagir a pressão da gravidade. A gordura e o tecido muscular diretamente sob as tuberosidades isquiáticas se deslocam lentamente, fugindo da área de pressão óssea, deixando os ossos pressionarem a pele. P.439*

Segundo CARNIDE, 2006,

Estruturalmente, as tuberosidades isquiáticas formam um sistema de suporte apoiado em dois pontos, que é inerentemente instável, uma vez que o centro de gravidade do indivíduo na postura de sentado, não é projectado diretamente sobre o ponto médio das tuberosidades. P.06

Assim, a gordura e o tecido muscular sob as tuberosidades isquiáticas (figura 33.2.3.2) se deslocam vagarosamente em reação a pressão da gravidade e, segundo HUET, MORAES, 2003, (...) *fugindo da área de pressão óssea, deixando os ossos pressionarem a pele. P.439*

Figura 33.2.3.2- Representação esquemática dos conceitos antropométricos



Fonte: espanol.libretexts.org

Paralelamente a pressão exercida nas tuberosidades isquiáticas quando da posição sentada, as estruturas da parte posterior da coluna vertebral também são afetadas quando tensionadas, gerando aumento (...) *da pressão intradiscal que pode chegar a mais de 70% caso o indivíduo sentado realize posturas incorretas por longos períodos (...)* (CONTENSINI, 2011 P.10). Esta pressão nos discos intervertebrais, segundo HUET, MORAES, 2003, é maior quando se está sentado – 140% - do que quando se está em pé – 100%, (...) *enquanto em pé, o ângulo entre a 5ª vértebra lombar e o platô do sacro é de cerca de 30°, na posição sentada ereta este ângulo passa para 24°*. P.439. Nestas condições, segundo as autoras, os discos intervertebrais sofrem uma pressão de 8 PSI⁸ enquanto entre

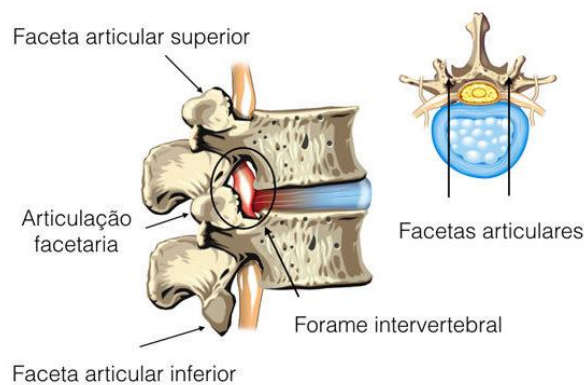
⁸ Psi ou *pound force per square inch*. É a pressão resultante da força de uma libra-força x polegada quadrada. A Norma internacional ISSO 80.000-4 por meio da sua correspondente nacional ABNT NBR ISSO 80.000-4:2007, não recomendam sua utilização bem como qualquer outra unidade baseada em libras, jarda ou polegada sendo, para esta finalidade, aceita a unidade Pa (PASCAL) que é a relação entre a Força em N (NEWTON) x área em M². (metro quadrado).

as facetas das vértebras lombares é de aproximadamente 6 PSI ou 0,56 kgf|cm² e 0,42 kgf|cm², respectivamente. (ver figura 34.2.3.3)

De acordo com RITTER, 2009 a respeito destas pressões internas sofridas pelos discos intervertebrais em diferentes posições apresentando o trabalho de NACHEMSON E MORRIS (1994),

(...) mediram a pressão do núcleo pulposo do disco intravertebral entre L4 e L5 e verificaram que dentre as posições estudadas (sentado, em pé e em decúbito lateral), a posição sentada é a que provoca mais pressão sobre o núcleo pulposo. As outras posições apresentaram, respectivamente, diminuição de 30% e 50% de pressão, quando comparadas a posição sentada. A pressão sobre o núcleo do disco intervertebral é danosa uma vez que pode provocar, de forma progressiva, o rompimento dos anéis fibrosos, podendo gerar, com o passar do tempo, um processo de herniação no sentido posterior. P.24|25

Figura 34.2.3.3 - Representação núcleo pulposo do disco intravertebral



Fonte: drbrunofontes.com.br

As crianças, ao entrarem sadias na escola, saem, anos depois, com a estrutura musculoesquelética comprometida (ver figura 35.2.3.4) de alguma forma e, a causa destes problemas, entre outros, segundo MORO, 2005, (...) *são as cadeiras inclinadas para trás, com a superfície da mesa na horizontal onde, na tentativa de se acomodar, as crianças inclinam-se sobre a superfície da mesa, comprimindo as suas vértebras lombares.* O autor completa afirmando que, por conta desta pressão constante por diversas horas ao longo dos anos escolares, (...) *irão ocasionar transformações posturais permanentes (...) para o resto de suas vidas.* P.02

De acordo com CARNIDE, 2006 a respeito do impacto destas cargas no sistema musculoesquelético do aluno em um esforço para manter a estabilidade e o conforto, pode tornar o aluno agitado em um momento que não condiz com o ambiente de estudo e aprendizado.

Figura 35.2.3.4 - Representação das posições adotadas pelos alunos



Fonte: Instituto biomecânico de Valência, 1992 *apud* SURRADOR, 2010

Há um falso entendimento e aceitação de que um bom assento deva possibilitar mudanças de posições ao longo do período na posição sentada bem como adquirir um desenho anatômico, o que se mostra, pelos estudos, um grande equívoco pois, quando mantida por longos períodos (...) *leva a prolongada sustentação da flexão lombar, redução da lordose nesta região e sobrecarga estática nos tecidos osteomioarticulares da coluna.* (MARQUES; HALLAL E GONÇALVES, 2010, P.271)

LE; MARRAS, 2015, citam autores como MADELEINE *at al.*1998 e GREGORY; CALLAGHAN, 2008 onde, os estudos do primeiro autor (...) *mostraram que as transições posturais eram tipicamente desencadeadas pelo sistema de controle postural para aliviar o desconforto*, P.176, enquanto que, o segundo trabalho, (...) *encontrou tendências (...) ligando o aumento do movimento com o aumento do desconforto durante a permanência prolongada.* P.174

Outros estudos apontam que a dor lombar e o desconforto postural, quando mantidas por um período prolongado de tempo apresenta-se, tanto na posição em pé quanto na posição sentada e que, ajustes posturais podem aliviar os problemas por um curto período de tempo, alternando, as duas posições.

Assim, compreende-se que todas as variações de postura usadas pelos alunos ao longo do período escolar servem, em suma, (...) *para aliviar as pressões sobre os discos vertebrais e as tensões dos músculos dorsais de sustentação, reduzindo-se a fadiga (...).* (IIDA, 2005, P.152)

RAZZA, 2016, sugere que o objeto deva permitir variações de postura e que o assento induza essas mudanças com o intuito de (...) *aliviar a pressão da coluna e nos músculos que sustentam a nossa postura. Devem ser evitados desenhos anatômicos nos assentos que permitem menos variação postural.* P.30

Grande parte destas variações posturais apresentadas pelos usuários, como levantar-se do assento, virar-se para os lados, inclinar-se para frente, balançar-se, sentar-se ereto na ponta do assento, entre outros, na posição

sentada, (...) *sugere mecanismos pessoais compensatórios de ajustamento ao ambiente.* (MORO, 2019, P.10)

PENHA, 2007, P.20, destaca a importância das variações de postura nas crianças associando, isto, aos estágios de crescimento, mas enfatiza que elas surgem como (...) *resposta aos problemas de equilíbrio devido as mudanças nas proporções do corpo e que (...) muitos dos quadros dolorosos observados (...) são resultado da manutenção de um padrão postural alterado (...), provavelmente resultado dos problemas ergonômicos do conjunto mesa-cadeira.*

Corroborando a respeito do desenho dos assentos, LUEDER (1994 *apud* ROEBUCK; BENDIX, 1995 *apud* HUET, 2003) afirma que (...) *qualquer perfil de assento, porém, mesmo muito confortável no início, torna-se progressivamente incômodo após um longo e ininterrupto tempo sentado (...)* e conclui dizendo que o desconforto na região lombar exige (...) *mudanças de posição para aliviar a pressão sobre as tuberosidades isquiáticas e coxas, facilitando a circulação sanguínea.* P.55

Fundamental ressaltar que os autores estudados apontam para uma mesma direção: que os movimentos posturais nas cadeiras atuais são mecanismos compensatórios para aliviar as pressões dos discos vertebrais, responsáveis pelas dores na região lombar e na região cervical decorrentes, entre outros e, muito provavelmente, pela falta de um bom projeto ergonômico de mesas e cadeiras. Segundo MANDAL (1982 *apud* REIS; REIS E MORO, 2005), (...) *as autoridades educacionais parecem mais interessadas em carteiras vendidas a baixo custo e fáceis de serem empilhadas do que mobílias adequadamente projetadas.* P.08

Importante estudo realizado por GRANDJEAN; BURANDT (1962, *apud* KNOPLICH, 2003 *apud* MADALENA, 2005, P.27), realizado com 378 escriturários com a utilização de (...) *fotografias multimomentos como forma de coleta de dados (...), balizados pela (...) a quantidade média de tempo em cada postura adotada (...).* P.26, apresentou, em porcentagem, as posturas adotadas como

forma de aliviar as dores causadas pelo tempo prolongado na cadeira. De acordo com o teste, (ver figura 36.2.3.5) (...) *as duas últimas posturas foram observadas simultaneamente e em conjunto com as três primeiras, por este motivo, a soma das 5 posições ultrapassa a 100%.*

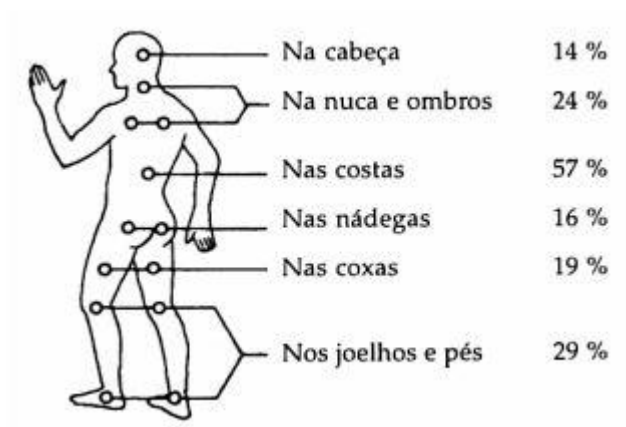
Figura 36.2.3.5 – Posturas adotadas como forma de aliviar as dores lombares



Fonte: GRANDJEAN; BURANDT, 1962, *apud* KNOPLICH, 2003 *apud* MADALENA, 2005

Paralelamente as observações quanto as posições, levantamento sobre dores no corpo foi elaborada, causadas pelas posturas do sentar. Os resultados obtidos encontram-se na figura 37.2.3.6, onde, 57% dos entrevistados reclamaram de dores na região das costas|lombar e 38% nas regiões da cabeça|nuca e ombros.

Figura 37.2.3.6 – Apontamento das dores no corpo

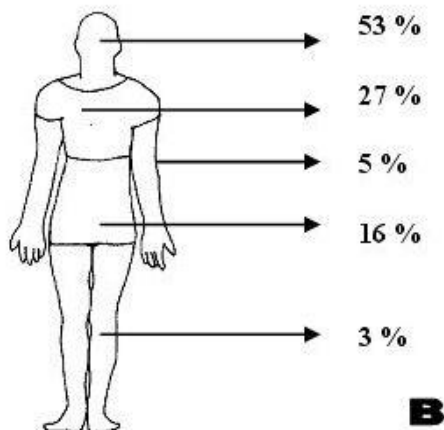


Fonte: GRANDJEAN; BURANDT, 1962, *apud* KNOPLICH, 2003 *apud* MADALENA, 2005

Outro estudo, conduzido por MORO, 2005, com 93 alunos de uma escola pública estadual, em forma de questionário, objetivava compreender a relação dos usuários com a carteira escolar sendo que, uma das questões continha um diagrama do corpo humano com a finalidade de assinalarem as regiões onde sentiam dores e desconfortos durante o período escolar (ver figura 38.2.3.7). Verificou-se que, 78% das respostas apontavam para problemas na cadeira escolar.

Com relação aos resultados obtidos, as regiões mais afetadas por dores e desconfortos, encontravam-se nas regiões da nuca e pescoço (53%), região das costas|lombar (27%) e região glútea (16%).

Figura 38.2.3.7 – Apontamento de dores no corpo pelos escolares



Fonte: MORO, 2005

Como cruzamento dos dados, pode-se afirmar, pelos estudos apresentados, que as crianças em ambiente escolar apresentam quase uma vez e meia (1,5x) mais queixas de dores nas regiões da cabeça|nuca do que os adultos enquanto as reclamações nas regiões das costas|lombar se invertem, quase que proporcionalmente, com valores de **43%** frente aos **73%** do estudo de GRANDJEAN, 1962.

Pode-se, portanto, concluir, a princípio e a luz dos fatos, que as dores nas regiões das costas|lombar iniciam-se nos primeiros anos da vida escolar e se intensificam ao longo da vida adulta, causando sérios e graves problemas posturais, corroborando com os trabalhos MORO, 2005 e MANDAL, (1982 *apud* REIS; REIS E MORO,2005), expostos anteriormente e que, as dores mais intensas na cabeça|nuca na idade escolar, pela falta de inclinação do tampo da mesa e o tempo gasto, pelos escolares, em atividades como leitura e escrita.

Por último, estudo realizado por OLIVEIRA *at al*, 2011 a respeito do estresse físico que as carteiras escolares apresentam em alunos do ensino fundamental em uma amostragem de 40 crianças, sendo 50% do sexo feminino e 50% do sexo masculino, divididos em cinco por série, entre 1º e 8º ano, evidencia, em suas conclusões que, alguns movimentos posturais compensatórios estão

relacionados com alívio da sobrecarga nos discos intervertebrais da coluna cervical, sendo eles, *espreguiçar-se e inclinar-se (...) para trás no encosto da cadeira a fim de alongar a musculatura das costas para aliviar a dor causada pela compressão discal*. P.10

Com relação aos membros inferiores, o desconforto é (...) *possivelmente causado pela diminuição da circulação nas pernas, devido ao tamanho inadequado das cadeiras*. P.07. Como resposta, os autores observaram alguns movimentos compensatórios como (...) *colocar pé em apoio, cruzar as pernas e sentar em cima das pernas*. P.08. Verificou-se, inclusive, que alunos da primeira série são os que mais movimentam as pernas, (...) *porque a altura da cadeira é excessivamente grande para estes alunos, fazendo com que os mesmos procurem um apoio para os pés*. P.08

Por fim, detectou-se o desconforto em pescoço e ombros, identificando uma maior incidência em crianças maiores, o que pode ser atribuído (...) *à altura da mesa que não é adequada para alunos de maior estatura, forçando-os a se inclinar sobre a mesa para escrever (...) em um movimento repetitivo de (...) debruçar e levantar pode causar dores musculares nos ombros, pescoço e coluna*. P.09. Essas dores no pescoço aparecem quando (...) *a inclinação da cabeça, em relação a vertical, for maior que 30% (...)*, enquanto que, MADALENA, 2005, expõe dizendo que se deve (...) *reestabelecer a postura vertical da cabeça, de preferência com até 20° de inclinação, ajustando a altura da cadeira e da mesa*. P.36.

Observa-se, neste subcapítulo, que a sedentarização e a permanência prolongada do indivíduo em qualquer atividade por longos períodos do dia e durante muito tempo, em uma mesma posição, torna-se um problema e que a prevenção de posturas incorretas e consequente evolução para deformidades na fase adulta podem ser evitadas ou minimizadas no início da vida escolar da criança, por meio de mobiliários ergonomicamente adequados e, que respondam

aos diferentes percentis dos escolares. Segundo MORO, 2019, o (...) *design “pobre” das cadeiras e carteiras escolares, por exemplo, impõe constantes arranjos físicos, improvisações e acomodações por parte dos alunos, para compensar deficiências de projeto ou de concepção industrial.* P.03

Assim, embora o Ministério da Educação, por meio da Norma **ABNT NBR 14.006:2022 - Móveis escolares – cadeiras e mesas para conjunto aluno individual – requisitos e métodos de ensaio**, organize os anos por idade e versem sobre a concepção do mobiliário escolar apenas baseada nas medidas lineares de altura de assento e altura de mesa a partir (...) *de uma posição em que o tronco, coxas, joelhos e cotovelos se encontram fletidos a 90° (...)*, CARNIDE, 2006, aponta que a estatura orienta a correta postura do aluno com objetivo de diminuir ou eliminar os desconfortos posturais tão prejudiciais ao corpo, evitando ou minimizando movimentos compensatórios e, assim, conseqüentemente, problemas posturais crônicos que as crianças possam desenvolver ao atingir a vida adulta.

Por toda revisão bibliográfica realizada, nota-se um consenso entre os autores pesquisados, de que não há, atualmente, um mobiliário escolar ideal, no Brasil, que atenda e que se conforme as diferenças corporais dos alunos nas diversas séries escolares do primeiro ciclo do ensino fundamental, objeto deste estudo.

Esta compreensão sugere um entendimento de que a solução ideal, talvez, não seja melhorar ou criar componentes na cadeira em um movimento responsivo aos problemas quando estes aparecem e, sim, buscar (...) *uma reconfiguração da própria cadeira para permitir uma mudança fundamental na postura.* (CRANZ, 1998, P.133). FAIRBURN; DOMINONI, 2015, questionam os elementos associados as atuais cadeiras como forma de resolver os problemas que estes mesmos objetos causam, durante seu uso, no corpo humano. CHARIS 2010, (*apud* ZHAO; VOGEL; MICHAUD E DOEHLER, 2013, P.06), afirma, em seus

ensaios, que as (...) *cadeiras ergonômicas foram desenvolvidas pela indústria de cadeiras para atender a queixas generalizadas de dor nas costas (...) e que, (...) o suporte lombar está profundamente enraizado na mente das pessoas como uma solução principal.*

Compreende-se que, neste universo escolar, importante ponto a se destacar no conjunto mesa-cadeira, encontra-se, também, em relação à mesa. Apresentou-se, assim, ao longo deste subcapítulo, estudos de autores no que tange a dores e desconfortos em partes específicas do corpo e, entre elas, as regiões de pescoço e ombros, resultado de esforços de trabalho como leitura e escrita que submetem os escolares a posturas inadequadas decorrentes, entre outros, de uma única altura de mesa para diferentes percentis, associada a falta de inclinação do tampo.

Com relação à mesa, MORO, 2005, afirma que (...) *a falta de inclinação da superfície do tampo da mesa está associada com a sobrecarga no sistema musculoesquelético, notadamente na região cervical (...).* P.01. Segundo MARQUES; HALLAL E GONÇALVES, 2010, a respeito dos atuais mobiliários escolares, (...) *existe uma incompatibilidade entre medidas antropométricas e o mobiliário encontrado nas escolas (...).* Nesse sentido são recomendadas a utilização de mesas e cadeiras equipadas com mecanismos ajustáveis de altura (...). P.273. Para RITTER, 2009, uma mesa com inclinação e altura adequada (...) *poderia auxiliar na diminuição do ângulo de flexão da coluna cervical, assim como da coluna lombar.* P.27.

Segundo MORO (2000 *apud* RITTER, 2009, P.27),

Um tampo de mesa com altura e inclinação adequadas poderia auxiliar na diminuição do ângulo de flexão da coluna cervical, assim como na coluna lombar. Com isso, poderia haver diminuição da

atividade muscular nessas regiões, evitando os efeitos dolorosos de uma contração isométrica de longa duração.

Desta forma, compreende-se que, pequenos ajustes nos projetos de mesas escolares poderiam ser realizados para minimizar, ou mesmo solucionar, os problemas decorrentes das dores nos pescoço e ombros, como regulagem na altura do tampo com o intuito de adequar o mobiliário a um maior espectro de alunos, bem como instaurar inclinação no tampo para que a flexão do pescoço esteja entre **10°** e **15°**. COURY (1995 *apud* REIS, 2003 *apud* CONTESINI, 2011).

Importante destacar que a **ABNT NBR 14.006:2022 - Móveis escolares – cadeiras e mesas para conjunto aluno individual – requisitos e métodos de ensaio**, recomenda, e não obriga, a uma inclinação do tampo da carteira em um valor máximo de **16°** onde, a flexão do pescoço deva ser de, no máximo, **30°**.

A luz dos fatos, talvez, a discussão a respeito do mobiliário escolar não esteja mais no âmbito dos componentes, ajustes, entre outros e, sim, na iminência por (...) *estudar modelos experimentais, com características significativamente diferente dos convencionais.* (CONTESINI, 2011, P.12)

A autora, inclusive, sugere sobre esta possibilidade, dizendo que, (...) *torna-se indispensável a concepção de uma cadeira que respeite as necessidades do corpo humano, reduza os efeitos deletérios dessa posição e auxilie o indivíduo na realização de suas atividades.* P.07. E complementa discorrendo sobre a mesa que, (...) *deva permitir regulagem de altura, ter espaço livre em sua parte inferior que possibilite ao indivíduo posicionar suas coxas e estender os membros inferiores, além de ter uma altura adequada em relação à cadeira.* P.08

Estudos indicam que uma maior verticalidade do tronco e, conseqüentemente, uma maior abertura dos ângulos articulares, permitem uma melhor distribuição do peso corporal como, também, uma melhor distribuição

dos esforços reduzindo a (...) *compressão intradiscal, além da preservação das curvaturas vertebrais dentro de valores normais.* (CONTESINI, 2011, P.10|11)

Autores como CRANZ, 1998; MARQUES; HALLAL E GONÇALVES, 2010; CONTESINI, 2011 e MORO,2016, sugerem que este ângulo deva ser entre **120°** e **135°**, também conhecida como **Postura Corpórea Neutra** e foi encontrada (...) *durante estudos realizados com sujeitos em condições de gravidade zero.* (CONTESINI, 2011, P.10|11)

Sobre os ângulos, estudos de MANDAI (1982 *apud* CONGLETON; AYOUB E SMITH, 1985, P.02), concluiu que,

(...) uma postura mais ereta permite uma melhor respiração, reduz o inchaço dos tornozelos, melhora a capacidade de mover as pernas com mais liberdade e permite mais facilidade de levantar-se do assento porque a postura é um compromisso entre ficar em pé e sentado.

De acordo com REIS; REIS E MORO, 2005, (...) *a adoção de um único modelo de mobiliário para escolares de 7 a 11 anos não atende as especificações ergonômicas, pois os padrões antropométricos destes indivíduos não são compatíveis com as dimensões do mobiliário utilizado, (...).* P.01

Assim, o próximo subcapítulo **2.4 – PESQUISA DE MODELOS EXPERIMENTAIS**, apresentará estudos acerca de pesquisas de modelos experimentais do mobiliário onde há maior abertura entre o tronco e as coxas, justificando o uso de seus conceitos no universo do mobiliário escolar.

Segundo Cardoso, 2012,

Nas raras ocasiões em que deparamos com uma aparência inovadora – algo imprevisto, sem maiores referencias na memória –

o mais comum é rejeita-la. O novo é quase sempre aterrorizante, precisamente porque ele carece das camadas de familiaridade com que a memória acolchoa nossa relação com o mundo externo. P.111

2.4. PESQUISA DE MODELOS EXPERIMENTAIS

Após alguns autores apresentarem, por meio de conceitos e estudos, sugestões para diferentes abordagens quanto aos parâmetros para um novo desenho de conjunto escolar em virtude da precariedade dos atuais e aos problemas e estresses físicos a que os escolares estão sujeitos ao longo de sua jornada, este projeto abarcou duas linhas de pesquisa quanto estudos para uma nova concepção de mobiliários, com ênfase no desenho da cadeira, responsável pelas maiores queixas de dores no corpo. A primeira, refere-se aos conceitos da *knelling chair* apresentado na sequência. A segunda, estudada e desenvolvida neste trabalho, apresenta não uma cadeira, mas uma postura, conhecida como Postura Corpórea Neutra e apresentada no subcapítulo **2.4.2 – POSTURA CORPÓREA NEUTRA**.

2.4.1. KNELLING CHAIR

Uma das abordagens refere-se ao desenho de cadeira conhecida como *kneeling chair*. Criada na Noruega por Hans Christian Menghoel e desenvolvida por Svein Gusrud e Peter Opsvik em 1979, o projeto possibilita um ato de sentar de forma diferente, utilizando-se dos joelhos como apoios permitindo que o corpo encontre uma posição mais natural de acomodação da lombar, em “S”. Assim, o peso do corpo é distribuído pelos joelhos, nádegas e região lombar e a coluna fica alinhada. Para ser considerada uma *kneeling chair*, as coxas devem estar posicionadas em um ângulo entre 110° a 120° quando sentada,

diferentemente do que ocorre nos tradicionais 90° em uma cadeira comum (figura 39.2.4.1.1).

Figura 39.2.4.1.1 - Comparação cadeira Kneeling Chair e uma cadeira comum



Fonte: ergonomictrends.com

Seu assento é ligeiramente inclinado para frente para abrir ainda mais o quadril. Essa posição reduz a compressão da coluna vertebral e retira pressão dos pulmões e estômago. Isso justifica quando algumas pessoas se inclinam, para frente, em uma cadeira, onde o ângulo tronco-coxa encontra-se próximo de 90°, para aliviar as dores e incômodos.

Figura 40.2.4.1.2 – Cadeira Kneeling chair com encosto



Fonte: backinaction.co.uk

Figure 41.2.4.1.3 - Posturas assumidas na carteira escolar em comparação a Kneeling Chair



Fonte: kickstarter.com

Figura 42.2.4.1.4 - Comparação postural no uso das cadeiras e o impacto na região lombar



Fonte: <https://ergochill.com>

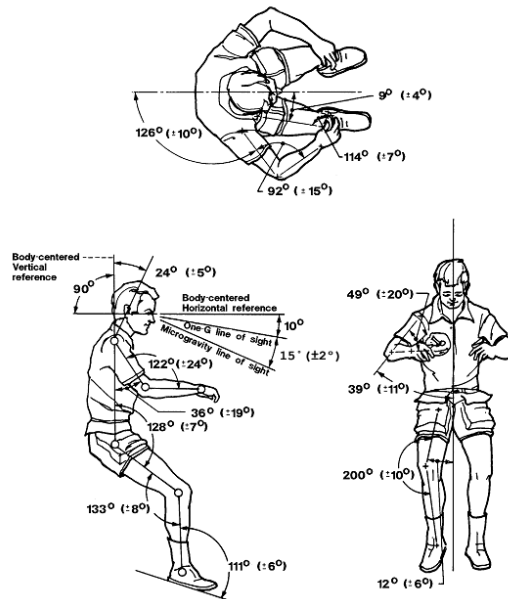
Entretanto, esta linha de pesquisa na qual o projeto poderia se encaminhar foi descartada, inclusive, por sugestão da banca de qualificação, por fatores ligados a falta de estudos científicos quanto ao impacto do peso dos usuários nos joelhos, ao longo do tempo, sobre um material rígido, uma vez que, para o contexto escolar, o acolchoamento não seria uma opção viável.

Buscou-se, assim, dentro do âmbito da pesquisa, referências outras acerca do ato de sentar, em estudos acadêmicos, que suportassem a tese de uma melhor postura, deslocando nossa perspectiva, dentro do campo da ergonomia, uma vez que as atuais cadeiras escolares, tão presentes no imaginário das pessoas, força a coluna em forma de “S” a assumir a forma de “C”, exercendo, assim, maior pressão sobre a pelve e a coluna vertebral como apresentado por CLARK, 2002 (*apud* ZHAO; VOGEL; MICHAUD E DOEHLER, 2013, P.04), e, também, ao longo dos subcapítulos **2.2 – ERGONOMIA**, **2.2.1 – ERGONOMIA NO MOBILIÁRIO ESCOLAR (OU A FALTA DELE)** e **2.3 – A FLEXÃO EM 90° - O PROBLEMA DA CADEIRA ESCOLAR**.

2.4.2. POSTURA CORPÓREA NEUTRA

Observações realizadas pela NASA - *National Aeronautics and Space Administration*, agência federal dos Estados Unidos, apontam para um padrão de postura específico quando na posição relaxada e sem forças externas aplicadas observadas em tripulantes de voos espaciais em gravidade zero – 0G, sendo, esta, caracterizada (...) *por uma postura semi agachada com o achatamento da lordose lombar e cifose torácica (...)* (ANDREONI at al, 2000 *apud* KIM at al.2019, P.992), chamada de *Neutral Body Posture* (NBP) ou Postura Corpórea Neutra, (...) *que é a expressão do relaxamento muscular e articular consciente máximo na ausência de peso.* (ANDREONI at al. 2000, P.235) e onde, segundo FAIRBURN, DOMINONI, 2015, P.03 (...) *o corpo estático assume uma posição curvada com o ângulo dos cotovelos e joelhos em cerca de 130 graus (...)*. Este ângulo, ou algo próximo dele, segundo autores como ROHLMANN at al. 2011 (*apud* NOGUCHI at al. 2019 P.05), demonstrou uma redução de aproximadamente 60% na carga lombar. (ver figura 43.2.4.2.1)

Figura 43.2.4.2.1- Postura neutra



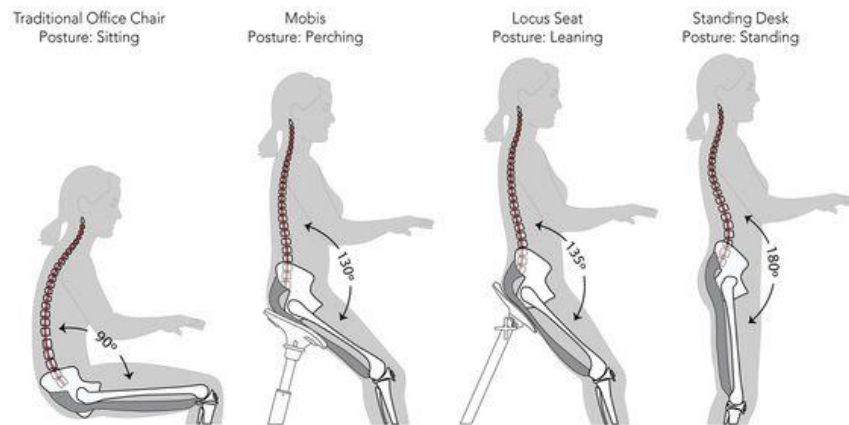
Fonte: <https://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03>

Assim, observar a experiência da gravidade zero no corpo humano no espaço cria, segundo FAIRBURN, DOMINONI, 2015, P.04 (...) *um paradoxo, já que a micro gravidade não existe na Terra (...) mas, (...) traduzir os resultados obtidos pode proporcionar e produzir novos efeitos sobre o ser humano e, por sua vez, novas condições para o projeto onde, o design, torna-se um “mediador da ciência” (...)* (IDEM, 2015, P.04) e questionando, de forma provocativa, o ato de sentar, dizendo: e se?, convidando-nos a (...) *mudar nossas perspectivas e ampliar ainda mais a imaginação, explorando uma nova compreensão quanto a interação objeto/ambiente e o movimento do corpo nesta interface.* (IDEM, 2015, P.05)

Observa-se, a partir destes estudos e dos questionamentos apresentados, que, entre a posição sentada e em pé, duas posturas frequentemente assumidas no ambiente escolar e no trabalho, surge uma opção que se beneficia de ambas, em uma postura híbrida (NOGUCHI at al.2019), chamada de *Perching*, (figura 44.2.4.2.2) um estado a meio caminho onde a (...) *pessoa se inclina (...)* para

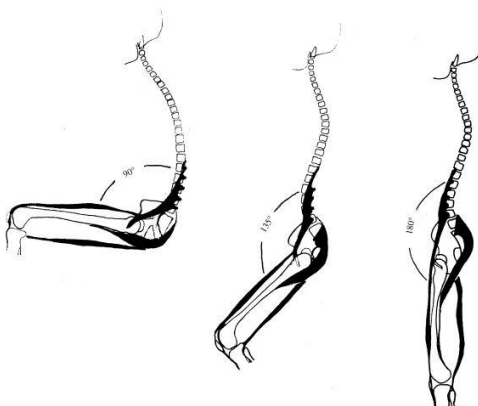
distribuir a carga entre as pernas e a região das nádegas, permitindo uma facilidade de transição (...) para a postura em pé. (LE, MARRAS, 2015, P.170)

Figura 44.2.4.2.2 - Representação esquemática dos conceitos antropométricos



Fonte: caruna.in

Importante ressaltar que as posturas em pé e sentada encontram-se em extremidades opostas, onde a primeira (...) *pode posicionar a coluna lombar perto da faixa final de extensão (...)* (ALEXANDER at al. 2007, *apud* GALLAGHER; CAMPBELL E CALLAGHAN, 2014 *apud* GALLANGHER; SEHL E CALLAGHAN, 2016 *apud* NOGUCHI at al. 2019, P.02), enquanto a **posição sentada** (...) *pode colocar as articulações da coluna lombar perto da faixa final de flexão.* (ALEXANDER at al. 2007 *apud* DUNK; CALLA E GHAN, 2011 *apud* O'SULLIVAN et al. 2012 *apud* NOGUCHI at al. 2019, P.02) (figura 45.2.4.2.3)

Figura 45.2.4.2.3 – Posturas e ângulos nas posições extremas e *perching*

Fonte: ergoimpact.com

Assim, segundo estudos da Universidade de Waterloo, no Canadá, liderado por NOGUCHI *at al.*2019 (figura 46.2.4.2.4), a postura, no meio termo entre sentar-se e ficar em pé pode melhorar a dor lombar (...) *sugerindo caminhos potenciais para a melhoria do design das cadeiras*. P.01. Sua equipe descobriu que as posturas da coluna vertebral em pessoas que estavam na postura de *perching* eram melhores do que aquelas que estavam em pé ou sentadas. O autor afirma que a posição aproximou as pessoas da chamada “coluna neutra” – termo para quando as costas das pessoas estão sujeitas a menos tensão desnecessária e estresse mas ressalta que (...) *as demandas musculares nas pernas e as forças que você sofre nos pés são bastante exigentes (...)*, P.12 e concluem afirmando que, mais pesquisas são necessárias para compreender os efeitos aplicados.

Figura 46.2.4.2.4 – Estudo de NOGUCHI at al. 2019. Waterloo, CA



Fonte: NOGUCHI at al.2019

Como conclusão, os autores afirmam que não há uma posição ideal com todos os pontos positivos das três posturas, mas que, projetos de futuras cadeiras devem se concentrar em ângulos tronco-coxa entre **115°** e **170°** tendo, como foco, dois pontos importantes: o primeiro, (...) *a interface com o assento deve se concentrar no alinhamento da pelve para melhorar os ângulos lombares e aliviar algumas demandas dos membros inferiores (...)* e, em seguida complementa dizendo que,

(...) o projeto de apoio para os pés, se houver, deve se concentrar em redirecionar a força de cisalhamento para compressão em relação às articulações dos membros inferiores, reduzindo a sobrecarga do usuário e da estação de trabalho. P.13

Corroborando com esta passagem, estudos de LE; MARRAS, 2015, onde afirmam que a postura em *perching* apresentou o menor cisalhamento anterior|posterior entre as três posições – sentar, em pé e *perching* – e que (...) *a inclinação dianteira do assento em relação ao canote permitiu um ângulo aberto do quadril (ângulo sagital da coxa ao tronco) de aproximadamente 135° (...)* sendo, esta inclinação do assento (...) *associada com o aumento da lordose*

na coluna, diminuindo assim as cargas sobre os discos intervertebrais. (ADAMS; HUTTON, 1985 apud IDEM, 2015, P.177)

O próximo capítulo apresentará os métodos da pesquisa separados em duas etapas. A primeira, no que tange o desenvolvimento do material em todo seu processo de pesquisa e, a segunda, explicitará a respeito dos desenvolvimentos de diferentes *mock ups* para se estudar os melhores ângulos e as melhores formas de construção do objeto final.

CAPÍTULO 3

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1. MATERIAIS E ESTRUTURA METODOLÓGICA

A estrutura metodológica desenvolveu-se, nesta pesquisa, basicamente de duas formas distintas: a primeira, de forma experimental, para o desenvolvimento do material a ser introduzido no mobiliário escolar a partir do trabalho elaborado por BALDAN, 2015, iniciado em 2019 e retomado no Laboratório de Construção Civil – LCC|USP em fevereiro de 2022 após dois anos fechado em decorrência da Pandemia de Covid 19, com o objetivo de responder as questões expostas no cerne desta Tese quanto a substituição dos atuais materiais que compõem os mobiliários escolares instalados nas salas de aula.

A segunda parte deste processo objetivou a pesquisa de objetos de design, sobretudo mobiliários escolares, com o intuito de responder as questões acerca de soluções de projeto que pudessem justificar os desenhos desenvolvidos – em um segundo momento deste processo – focando na elaboração de um pensamento que permitisse e, principalmente, respondesse, aos problemas pontuados no decorrer deste trabalho.

Assim, o próximo subcapítulo apresentará o processo de desenvolvimento do material com adição de fibras diversas a placa desenvolvida anteriormente por BALDAN, 2015, enquanto o subcapítulo **3.3.1 – DESENVOLVIMENTO DO MOBILIÁRIO**, versará sobre o processo, por meio de desenhos e *mock ups*, do desenvolvimento do mobiliário escolar.

3.2. DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL

Algumas empresas do Vale do Rio Sinos, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, são grandes produtores coureiro-calçadista nacional e geram, em média, um milhão de toneladas de resíduo industrial de poliuretana termofixa, oriundo

de seus processos de pós-produção e que tem, como destino final, o aterro de resíduos sólidos (BALDAN, 2015) sendo que, apenas a empresa parceira nesta pesquisa gera cerca de 24m³ de rejeito ou, dez toneladas.

Segundo ANDRADE (2007 *apud* BALDAN, 2015), os polímeros são materiais que apresentam, como características principais, boa resistência à corrosão, tenacidade, fácil produção em massa de componentes por meio de moldagem ou extrusão, além de serem, em sua maioria, recicláveis. São formados a partir da união de outros materiais de naturezas distintas, geram propriedades complementares e podem ser obtidos a partir da incorporação de resíduos em sua composição, tornando-se uma alternativa viável tendo em vista suas possibilidades de aplicação, que abrangem desde os setores aeronáutico até a construção civil.

Ainda, de acordo com o autor, estes polímeros termofixos ou termorrígidos,

(...) são materiais que amolecem e fluem quando submetidos a uma dada temperatura e pressão, adquirindo a forma do molde com a formação de ligações cruzadas entre as cadeias e com subsequente solidificação. Novas aplicações de temperatura e pressão não exercem influência no material, tornando os materiais infusíveis, insolúveis e não recicláveis⁹. P.1287

Dentre os polímeros termofixos, o poliuretano merece destaque por apresentar várias características técnicas como leveza, resistência à abrasão e flexão e facilidade de tingimento, podendo ser amplamente utilizado na confecção de solados para calçados, carpetes, utensílios domésticos, preservativos, pneus, espumas para colchões, mobiliários, assentos para

⁹ Atualmente, neste caso, o termo correto para *não reciclável* seria *não reutilizável*, pois podem ser moídos e empregados na produção de compósitos e, portanto, são recicláveis.

automóveis, resinas, próteses médicas, brinquedos, entre outros, o que possibilita a sua aplicação em alta escala industrial, fazendo com que, o padrão de consumo estipulado seja cada vez mais difundido, causando, assim, a enorme geração de resíduos sólidos. (SILVA, 2003 *apud* BALDAN, 2015)

Desta forma, os compósitos podem ser obtidos a partir da incorporação de resíduos em sua composição, solucionando problemas atuais de meio ambiente, entre eles, o descarte irregular, justificando a sua utilização, após ajustes, testes e caracterização do material, dentro do cenário escolar, substituindo, portanto, o uso tanto do MDF quanto do MDP.

Estes compósitos são trabalhados em forma de placas poliméricas a partir da inserção do agregado reciclado de poliuretana termofixa reciclado à resina vegetal de mamona e às mantas de fibra de vidro ou fibras de coco. Neste trabalho, serão pesquisadas as possibilidades de se agregar, à poliuretana, fibras de bagaço de cana, da laranja e do café.

Assim, BALDAN, 2015, estabelece uma metodologia em que, o resíduo industrial de poliuretana termofixa é transformado em agregado reciclado a partir de processos de corte e moagem, caracterizado e classificado segundo as Normas NBR 10.004 e 10.007 (ABNT, 2004).

Como processo e com o auxílio de uma prensa térmica, BALDAN, 2015 confeccionou e caracterizou as placas poliméricas quanto às suas propriedades mecânicas (tração, flexão, punção), físicas (absorção em água, inchamento e densidade), térmicas (condutividade térmica) e quanto ao seu potencial de durabilidade (à abrasão superficial, ao ataque químico, à exposição ao ultravioleta e às intempéries, resistividade elétrica e flamabilidade).

Este projeto compreende a importância deste trabalho e vislumbra, a partir dos resultados obtidos pelo autor, a possibilidade de aplicação dentro do campo do design, mais especificamente, no uso do material, como possibilidade

na confecção de mobiliários escolares em substituição, ou mesmo como mais uma alternativa, ao uso do MDF e MDP. Assim, o próximo subcapítulo apresentará os resultados desta investigação e os processos envolvidos na exploração das possibilidades de criação deste novo material.

3.2.1. TESTES DE COMPOSIÇÃO

A pesquisa previa utilizar dos processos de BALDAN, 2015, quanto a elaboração das placas poliméricas termofixas, o que se mostrou não adequado, não apenas pelo resultado final – a placa – como pelo processo de confecção no uso dos agentes que compõe este produto, em especial, o entendimento quanto a sua estabilidade | resistência (figura 47.3.2.1.1). Como solução a este problema, optou-se em agregar fibras naturais como bagaço de cana, casca de café e casca de laranja, materiais disponíveis no Laboratório de Construção Civil do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP campus São Carlos, em decorrência de outras pesquisas.

Importante destacar que, assim como o agregado reciclado, todas as fibras utilizadas nos testes de composição passaram pelo processo de moagem no próprio laboratório utilizando-se de uma máquina granular da marca Marconi em peneira de 10 Mach (figura 48.3.2.1.2).

Figura 47.3.2.1.1 - Placa poliuretana termofixa e sua resistência



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 48.3.2.1.2 - Equipamento de moagem e a relação do material in natura e após a moagem



Fonte: Arquivo pessoal

Assim, o desenvolvimento das placas ocorreu, inicialmente, a partir do processo de confecção elaborado por BALDAN, 2015, que previa a utilização de 510 gramas de resíduo de P.U., 70 gramas de resina de mamona e 35 gramas de catalizador em um total de 615 gramas de material. Percentualmente, o material corresponde a 83% da placa, enquanto a resina e o catalizador, em traço de 2:1 aos 17% restantes (ver tabela 1.3.2.1.1).

Em oito de fevereiro de 2022 foi confeccionada a primeira placa em uma proporção de 1:1, ou seja, utilizou-se de 255 gramas de bagaço de cana e 255 gramas de P.U., totalizando 510 gramas de material com a mesma quantidade proposta por Baldan em seus ensaios com 105 gramas de resina e catalizador (70g de resina + 35g de catalizador em traço 2:1). O processo de preparo dos materiais para futura confecção das placas pode ser observado nas figuras 49.3.2.1.3 e 50.3.2.1.4.

Figura 49.3.2.1.3 – pesagem do material em balança de precisão



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 50.3.2.1.4 – pesagem da resina e mistura com material



Fonte: Arquivo pessoal

Verificou-se que, diferentemente das placas de poliuretana desenvolvidas, que este material, com acréscimo das fibras do bagaço da cana, com novo volume, não caberia no molde. Reduziu-se, então, para esta primeira confecção, a quantidade de material total, passando de 510 gramas para 325 gramas em trinta minutos na prensa térmica a 5.000 Kgf constante. Como resultado destas alterações, uma placa frágil, seca e quebradiça, provavelmente pela falta de reagente. (figura 51.3.2.1.5)

Figura 51.3.2.1.5 – material no molde e pesagem na prensa térmica



Fonte: Arquivo pessoal

Assim, após alguns testes com diferentes arranjos entre seus atores, chegou-se aos resultados considerados satisfatório do ponto de vista da resistência dos materiais no intuito de encontrar a proporção considerada ideal entre as fibras, que possuem características diferentes, com a quantidade de poliuretano. Após utilizar, sem sucesso, a proporção de 1:1 (entre a proporção de fibras com P.U.) como sugerido por BALDAN, 2015, explorou-se duas possibilidades. A primeira, utilizando-se de 70% de fibra na sua composição para 30% de P.U. e, outra, com 80% e 20%, respectivamente, na confecção da placa.

Verificou-se que a primeira opção respondia, naquele momento, por, aparentemente não haver nenhuma diferença entre ambas, as necessidades de projeto.

Após definição desta proporção, buscou-se encontrar respostas para as novas porcentagens entre o material com a resina e catalizador e, após testes que perduraram dois meses, foi-se estabelecendo novos parâmetros acerca destas quantidades que respondessem, minimamente, as questões de projeto. Após vários ensaios, com a confecção de 17 placas, verificou-se que a proporção, considerada satisfatória, entre a quantidade total de material e a quantidade total de reagente, deveria ser de **64%** e **36%**, respectivamente, como apresentado na tabela 1.3.2.1.1.

Tabela 1.3.2.1.1 – testes de proporção entre material e reagente

	material	resina + catalizador
Baldan (2015)	83%	17%
1º teste	79,20%	20,80%
2º teste	72,72%	27,28%
3º teste	64%	36%

Fonte: Arquivo pessoal

Com os novos arranjos, realizou-se testes com as três fibras – bagaço de cana, fibra de café e casca da laranja - utilizando-se, como parâmetros, as proporções de 70|30 para a composição do material (70% fibra e 30% resíduo industrial poliuretana termofixa) e 64|36 entre material e reagente (64% de material total e 36% de reagente).

Para a confecção de todas as primeiras placas das diferentes fibras foi utilizado a mesma quantidade de material apresentando, como referência, o teste com bagaço de cana e, observando a capacidade máxima suportada pelo molde. Após verificações, direcionou-se, por meio de ajustes, as quantidades

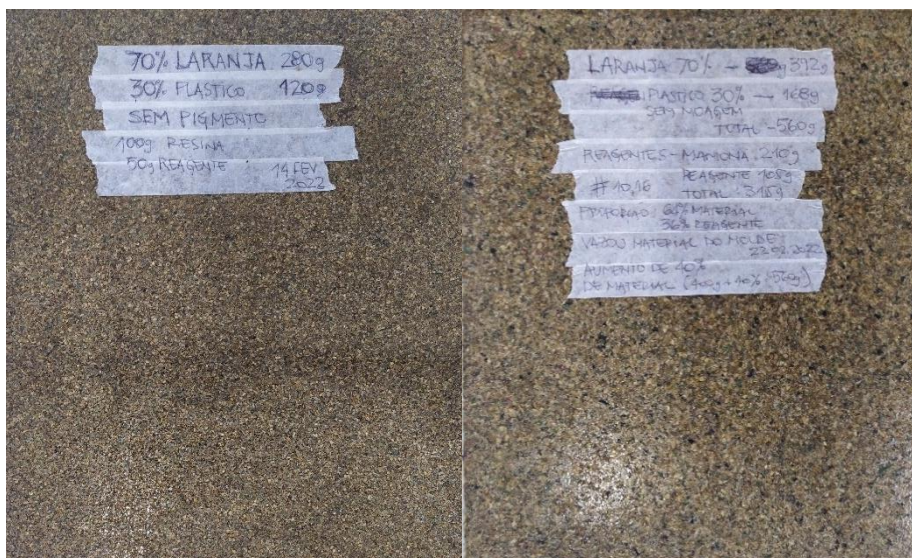
necessárias para a confecção das placas subsequentes com a utilização de outras fibras vegetais. Assim, a tabela 2.3.2.1.2 apresenta a confecção de duas placas (figura 52.3.2.1.6) utilizando-se da fibra da laranja alterando, na segunda, o parâmetro de quantidade o que, conseqüentemente, modificou todos os outros resultados ligados a ela.

Tabela 2.3.2.1.2 – composição das placas utilizando a fibra da laranja

	laranja 70%	P.U.30%	Material Total	# mm	Resina	Catalizador	Reagente total	Peso final
1	280 g	120 g	400 g	8,88	100 g	50 g	150 g	550 g
2	392 g	168 g	560 g	10,16	210 g	105 g	315 g	875 g

Fonte: Arquivo pessoal

Figura 52.3.2.1.6 – resultado das placas 1 e 2 com 70% bagaço de laranja



Fonte: Arquivo pessoal

Verificou-se, assim, que na composição entre as placas 1 e 2 utilizando-se da casca de laranja, uma alteração no valor nominal de fibra e P.U. bem como nos valores utilizados de resina e catalizador, tendo como parâmetro, sempre, a mesma proporção pré-definida entre seus atores - 70|30 para a composição do

material e 64|36 entre material e reagente, sendo o traço 2:1 entre resina e catalizador - como apresentado anteriormente na tabela 2.3.2.1.2.

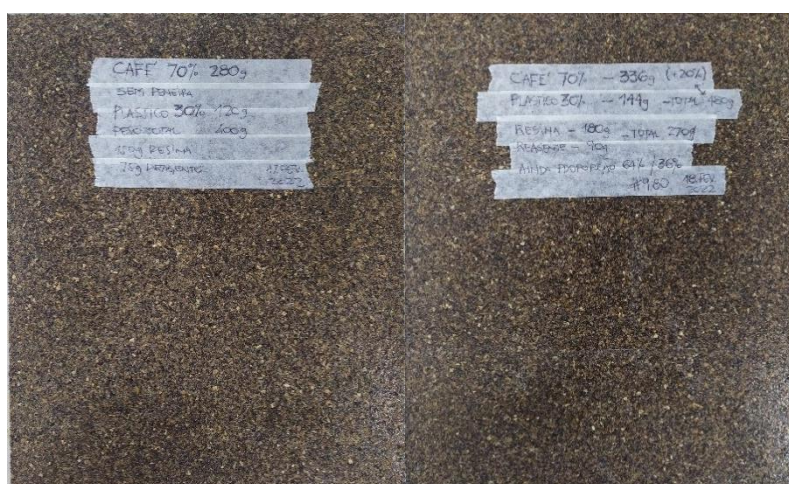
Esta estrutura metodológica se manteve ao longo do desenvolvimento das placas em que foram utilizadas a fibra do café como apresentado na tabela 3.3.2.1.3. Entre as pacas 1 e 2 houve um aumento de 20% na quantidade de fibra utilizada (figura 53.3.2.1.7) e, conseqüentemente, em proporção, a quantidade de P.U., resina e catalizador obtendo-se, ao final, uma placa de maior espessura e aparente resistência.

Tabela 3.3.2.1.3 – composição das placas utilizando a fibra do café

	café 70%	P.U.30%	Material Total	# mm	Resina	Catalizador	Reagente total	Peso final
1	280 g	120 g	400 g	7,98	150 g	75 g	225 g	625 g
2	336 g	144 g	480 g	9,80	180 g	90 g	270 g	750 g

Fonte: Arquivo pessoal

Figura 53.3.2.1.7 – resultado das placas 1 e 2 utilizando fibra do café



Fonte: Arquivo pessoal

A princípio, durante a realização dos testes, a placa de bagaço de cana (figura 54.3.2.1.8) mostrava-se mais promissora em termos de resistência. Uma vez identificado que o parâmetro de quantidade não poderia ser alterado por

conta do molde, optou-se pela alteração do traço entre resina e catalizador, de 2:1, como sugerido por Baldan (2015), para 1:1, sugerido pelo fabricante com intuito de aumentar a resistência respeitando, ainda, a proporção de 64|36. (tabela 4.3.2.1.4 – linha 2). Esta alteração foi significativa no aumento da resistência e será apresentado e discutido no **Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**, subcapítulo **4.1 – CARACTERIZAÇÃO DAS CHAPAS DE FIBRA DE CANA, FIBRA DO CAFÉ E FIBRA DA LARANJA**.

Tabela 4.3.2.1.4 – composição das placas utilizando a fibra do bagaço da cana

	Cana 70%	P.U.30%	Material Total	# mm	Resina	Catalizador	Reagente total	Peso final
1	280 g	120 g	400 g	9,92	150 g	75 g	225 g	625 g
2	280 g	120 g	400 g	9,90	113 g	113 g	226 g	626 g

Fonte: Arquivo pessoal

Figura 54.3.2.1.8 – resultado das placas 1 e 2 utilizando fibra de bagaço de cana



Fonte: Arquivo pessoal

As placas, após o término dos testes de composição, foram encaminhadas para a empresa Afinko Soluções em Polímeros LTDA, na cidade de São Carlos para caracterização mecânica, com a realização de testes de flexão, tração e punção e, os resultados, apresentados no **Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**, subcapítulo **4.1 – CARACTERIZAÇÃO DAS CHAPAS DE BAGAÇO DE CANA, FIBRA DE CAFÉ E FIBRA DA LARANJA**. Na sequência, o subcapítulo **3.3.1 -**

DESENVOLVIMENTO DO MOBILIÁRIO, introduzirá as pesquisas que justificam e suportam o processo de criação dentro do campo de estudo do design.

3.3.1. DESENVOLVIMENTO DO MOBILIÁRIO

Esta etapa foi dividida em três fases – **Análise das Informações, Estudos Preliminares e Conceituação do Projeto**, exigindo pesquisa exaustiva de referências como suporte para o processo de caracterização das ideias, previamente levantadas e discutidas em forma de desenho. Diferentemente da metodologia proposta por LOBACH (2001) acerca do processo, este autor inseriu, entre estudos preliminares e anteprojeto, um terceiro subtema intitulado **partido** com o caráter de suportar e justificar as escolhas no decorrer do processo de construção das ideias quanto a aplicação dos conceitos da Postura Corpórea Neutra como meio de eliminar, ou ao menos reduzir, as dores e problemas identificados nos escolares, apresentados no **Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA**.

A tradução das informações levantadas ocorreu, em um primeiro momento, por meio de desenhos|croquis com a intenção de buscar elementos que respondessem, minimamente, as questões levantadas nesta pesquisa. Na sequência, após o desenvolvimento desta etapa e, como percurso diferente ao proposto pelo processo de design, seguiu-se o desenvolvimento do *mock up*. Importante salientar que optou-se por não confeccionar maquetes do mobiliário em escalas intermediárias como 1|10, 1|5 ou mesmo em 1|2, comumente utilizadas durante o processo de desenvolvimento dos produtos para verificação de escala, forma, proporção, entre outros, entendendo que tal processo não responderia, de maneira objetiva, as questões abarcadas neste trabalho, uma vez que não se encontrou relações ergonômicas na bibliografia entre os ângulos da Postura Corpórea Neutra com os usuários e, conseqüentemente, com os objetos.

Validou-se, pois, como forma de estudo, a confecção de um boneco articulado, em escala 1|5, exposto em mais detalhes no subcapítulo **3.3.1.7 – CONSTRUÇÃO DAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS**, para verificação de alturas, ângulos e ajustes como forma de se obter as relações necessárias de medidas para posterior confecção dos *mock ups* e consequente verificação para intervenções.

3.3.1.2. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

Segundo o processo de design de LOBACH (2001), a etapa de organização de informações sugere que, com os dados em mãos, as possibilidades para uma análise mais precisas acerca dos produtos concorrentes, possibilitam uma conceituação mais exata, eliminando margens para dúvidas ou erros.

Indiscutivelmente, a pesquisa realizada e apresentada no **Capítulo 1 – CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**, subcapítulos **1.4 – MOBILIÁRIO ESCOLAR NO BRASIL** e **1.4.1 – ALGUNS EXEMPLOS DE MOBILIÁRIO ESCOLAR NO EXTERIOR**, apontou para alguns caminhos e soluções acerca de elementos que pudessem caracterizar a construção do processo de desenho e desenvolvimento. Segundo FERRARA, 2007,

(...) a partir de interferências associativas, chegou a estabelecer dois tipos de associações: a contiguidade (...) e a similaridade, (...). A associação por similaridade sugere claramente que (...) a comunicação humana utiliza outros recursos expressivos que se agrupam ou se compõe com o próprio verbal (...). P.09|10

3.3.1.3. ESTUDOS PRELIMINARES

O projeto requer a tormenta da incerteza e a busca de uma solução satisfatória (Zingale, 2016, p.23)

A etapa de estudo preliminar, segundo LOBACH, 2001, sugere uma materialização das ideias por meio de textos, desenhos esquemáticos ou croquis, bem como a relação das características conceituais formais, cromáticas, funcionais, que deverão ser incorporados ao projeto para atender aos problemas detectados nas fases anteriores. É o momento no qual diretrizes conceituais e visuais enfrentam a realidade do problema em seus principais aspectos para que, deste enfrentamento, surjam às soluções concretas. É, também, chamada fase da proposição.

Após o processo de levantamento de informações e desenhos e a busca por intenções e resultados a partir de observações que, como colocado por MORAES, MONT'ALVÃO, 2009, P.62, (...) *recorrer à observação não resolve por si só todos os problemas de comprovação e não elimina todas as dúvidas (...)* e associações por similaridade como sendo, segundo apontado por FERRARA, 2007, P.09 (...) *uma operação mais complexa que, atuando por comparação, flagra semelhanças e aproximações entre objetos e situações originalmente distintas (...)*, o pesquisador, em um trabalho de confrontação de desenhos, ideias e pensamentos estipulou, como requisitos, elementos necessários ao desenvolvimento do projeto, como segurança, forma e ergonomia como parte daquilo entendido como essencial para a ideia final. Segundo MORAES, MONT'ALVÃO, 2009, ainda a respeito da importância da observação,

(...) a observação é um dos meios que o ser humano utiliza com mais frequência para conhecer e compreender pessoas, coisas,

acontecimentos e situações. No sentido mais simples da palavra, observar significa aplicar os sentidos a fim de obter uma determinada informação sobre algum aspecto da realidade. (P.62)

Importante destacar o valor dado não apenas a observação postural do aluno, mas, no resgate afetivo na memória quando recordar-se das posturas assumidas em sala de aula no seu período escolar quando, para compensar certos constrangimentos posturais decorrentes da falta de um mobiliário ergonômico adequado e adaptável, jogava-se os pés para trás, cruzando-os para compensar a fadiga lombar.

A respeito da criação e forma do desenvolvimento de mobiliário escolar, ZINGALE, 2016, assim expõem, (...) *o que damos aos artefatos e à experiência é a mesma interpretação de um desejo assim como de uma necessidade ou de um ideal social. P.15*

Segundo REIS, 2003,

Pode parecer muito simples construir um mobiliário escolar, mas o importante não são os estofamentos e sim a altura, profundidade e ângulos dos assentos e apoios lombares. Deve-se oferecer mobiliários que se adaptem ao ser humano e ao seu trabalho para que, assim, possamos evitar danos à saúde, principalmente na idade escolar, que é a fase de crescimento (...). P.03

3.3.1.4. O PARTIDO

Projetar implica uma escolha contínua entre várias soluções.

(Moraes, 2005, p.98)

Paralelamente ao entendimento da Norma **ABNT NBR 14006 – 2022 – Móveis escolares: cadeiras e mesas para conjunto aluno individual – requisitos e métodos de ensaio**, buscou-se, como relatado anteriormente, referências que possibilitassem, durante o processo de projeto, um panorama mais abrangente acerca de pensamentos projetuais que justificassem as escolhas ou, ao menos, relações entre desenho, forma e uso e, sabendo que (...) *os produtos têm que ser projetados de modo a poderem se adequar à dinâmica da relação de uso.* (NIEMEYER, 2006, p.101)

A Postura Corpórea Neutra, apresentada no **Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA**, subcapítulo **2.4.2 – POSTURA CORPÓREA NEUTRA**, define certas características pesquisadas em torno de algumas soluções pré-estabelecidas como condicionantes na elaboração deste projeto. Entende-se que o desafio do projetista, neste contexto, seja reforçar certas dúvidas em relação a alguns conceitos anteriormente adotados em torno dos atuais mobiliários escolares, seja no que tange sua produção e, conseqüentemente, a linha de montagem, seja no simples ato de sentar, questionando e sugerindo outras possibilidades de uso. De acordo com BAXTER, 2011, a (...) *criatividade é o coração do design, em todos os estágios do projeto. O projeto mais excitante e desafiador é aquele que exige inovações de fato – a criação de algo radicalmente novo, nada parecido com tudo que se encontra no mercado.* P.85. Mais adiante, expõe sobre o processo criativo,

A criatividade geralmente resulta em associações, combinações, expansões ou visões, sob um novo ângulo, de ideias existentes. A preparação é o processo pelo qual a mente fica mergulhada nessas

ideias existentes. Mesmo quando não se trabalha no nível consciente, a mente continua a processar essas ideias. Uma grande ideia criativa não surge no vácuo, mas quando houve um esforço consciente na busca da solução. P.87

Fundamental ressaltar a intensão de se criar um objeto centrado no usuário baseado em toda fundamentação teórica apresentada neste trabalho, como, (...) *uma filosofia baseada nas suas necessidades e nos seus interesses, que dê atenção especial a questão de fazer produtos compreensíveis e facilmente utilizáveis. (NORMAN, 2006, P.222)*

Assim, além dos conceitos e partidos, além do entendimento acerca dos problemas posturais causados pelos atuais mobiliários escolares, bem como a falta de uma política sustentável de reaproveitamento dos materiais dos objetos quando de seus descartes, a compreensão quanto usabilidade e suas ações sobre o produto deve surgir como resposta, inclusive, as questões ergonômicas em um universo onde o (...) *bom design explora as coerções de maneira que o usuário tenha a sensação de que existe apenas uma coisa possível a fazer: a coisa certa, é claro. (IDEM, 2006 P.253)*

Entende-se, como processo de pesquisa, que esta sensação mencionada pelo autor perpasse, também, e sobretudo, como fonte de avaliação e validação dos primeiros modelos criados, por meio da (...) *construção de uma representação tridimensional do produto (...)* SOARES, 2021, P.211, como forma de obtenção de respostas quanto ao desempenho em uma fase caracterizada por **Testes**, onde os (...) *procedimentos ocorrem em um laboratório ou ambiente controlado (...)*, diferente da **Verificação**, onde os testes (...) *são realizados em um ambiente de campo e não em um laboratório. (IDEM, 2021, P.211).*

3.3.1.5. CONCEITUAÇÃO DO PROJETO

A etapa subsequente corresponde a conceituação do projeto e prevê o desenvolvimento do conceito do trabalho manifestado por meio da definição do posicionamento da personalidade e das características gerais do estudo. Este conceito deve ser expresso em palavras, imagens e desenhos que representem e, determinem, as ideias mestras do projeto. É o espaço da síntese, dos princípios norteadores de todo o projeto que serão apresentados a seguir.

3.3.1.6. O UNIVERSO DOS CROQUIS, DESENHOS E PENSAMENTOS

Importante, diante do enfoque desta pesquisa, neste momento, balizar alguns conceitos quanto as diferenças entre desenho, esboço e croqui. Segundo MARTINO, 2007,

*(...) o **desenho**, aparece com uma abrangência maior quanto ao significado, possuindo como característica a representação. Enquanto o **esboço** é considerado apenas como as linhas iniciais e gerais de uma obra intelectual, um pequeno ensaio. O mais interessante é que a definição para **croqui** surge a partir daquelas outras, ou seja, “esboço de desenho”, o que nos faz pensar em uma representação inicial em linhas gerais e que vai além do representar apenas. Gerando um processo intelectual no desenvolvimento de um projeto ou ensaio. P.31*

Como exposto, o processo de design por meio de croquis, neste trabalho, apresenta um processo intelectual, um percurso do raciocínio, (...) onde são exploradas as vivências de cada indivíduo no ato do processo criativo, (...) sendo,

assim, (...) *um elemento de linguagem em processo, permissivo de possibilidades e transformações, como em um diálogo.* (IDEM, P.32)

Este processo intelectual, ou mental, segundo FABRIZIO, MELHADO, 2011,

(...) se processa por meio de aprimoramentos sucessivos das ideias e da compreensão do problema inicial. Num processo em que as questões projetuais estão postas desde o início do projeto, o que evolui é o aprofundamento que se constrói ao longo do caminho, inclusive com relação ao entendimento da questão precípua.
P.58/59

3.3.1.7. CONSTRUÇÃO DAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Como introduzido no **Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA**, subcapítulo **2.2.1 – ERGONOMIA NO MOBILIÁRIO ESCOLAR (OU A FALTA DELE)**, as métricas propostas por PANERO, ZELNIK, 2002, nas suas definições acerca dos termos para as medidas corporais mencionado na figura 29.2.2.1.1 e descritas na sequência, não surtiram o efeito esperado, compreendido, somente após a confecção do *mock up* da primeira cadeira, introduzido no subcapítulo **3.3.3 – DESENVOLVIMENTO DA CADEIRA**, nas figuras 73.3.3.3.1.4 e 74.3.3.3.1.5: as medidas são baseadas no sentar com flexão 90°.

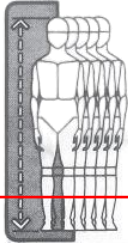
Compreendendo as limitações impostas pela falta de uma bibliografia específica para a necessidade deste trabalho, uma vez que os dados antropométricos para o desenvolvimento de um modelo experimental baseado na Postura Corpórea Neutra não foram encontrados para balizar este estudo, optou-se em trabalhar com algumas medidas outras que não haviam entrado no escopo ao longo do desenvolvimento em parâmetros de projeto, subcapítulo

2.2.1 - ERGONOMIA NO MOBILIÁRIO ESCOLAR (OU A FALTA DELE), como, *altura do joelho e largura de quadril.*

Assim sendo e, como forma de identificar e limitar os usuários quanto suas medidas antropométricas optou-se, primeiramente, em traçar a estatura como primeiro parâmetro de medida, entre 5° e 95° percentil, a partir de três tabelas distintas.

A primeira, refere-se aos valores apresentados por PANERO, ZELNIK, 2002, onde os dados encontram-se em **108,2** centímetros para meninas de seis anos e **153,4** centímetros, também, para meninas, com idade de dez anos. (Ver figura 55.3.3.1.7.1). Fundamental destacar que os dados obtidos pelos autores foram convertidos a partir do estudo de MALINA, HAMILL, LEMESHOW (1963 *apud* PANERO, ZELNIK, 2002) para o *National Health Examination Survey: Selected Body Measurements of Children 6-11 years, 1963 – 1965.*

Figura 55.3.3.1.7.1 – tabela de estatura 5° a 95° percentil



7B
ESTATURA

		Estatura de crianças em centímetros (cm) por idade, sexo e percentis selecionados					
		6 anos cm	7 anos cm	8 anos cm	9 anos cm	10 anos cm	11 anos cm
95	MENINOS	128,0	134,4	139,3	145,4	151,3	157,0
	MENINAS	126,7	132,7	139,3	147,4	153,4	159,7
90	MENINOS	125,7	131,8	137,3	143,5	148,5	154,3
	MENINAS	125,0	130,7	137,2	144,8	150,2	158,0
75	MENINOS	122,0	128,0	133,7	140,1	144,6	150,4
	MENINAS	121,6	127,4	133,4	140,1	145,7	152,8
50	MENINOS	118,5	124,4	130,0	135,6	140,6	145,8
	MENINAS	117,7	123,6	129,6	135,4	141,0	147,4
25	MENINOS	115,1	120,8	126,3	131,4	136,2	141,2
	MENINAS	114,4	119,7	125,5	130,8	135,9	143,0
10	MENINOS	111,8	117,8	123,3	127,0	131,4	137,2
	MENINAS	110,6	116,3	121,4	127,1	132,0	138,9
5	MENINOS	110,7	115,6	120,3	124,6	129,3	134,6
	MENINAS	108,3	113,7	119,1	124,4	129,5	135,4

Fonte: PANERO, ZELNIK, 2002

A figura 56.3.3.1.7.2, abaixo, apresenta tabela com dados da mesma fonte primária, mas com diferença, entre os resultados, de aproximadamente cinquenta anos (2011|2014). Nota-se um ligeiro aumento nas estaturas para este trabalho, onde meninas em 5° percentil, passam de **108,2** centímetros para **110,0** centímetros enquanto que, para o percentil 95°, não houve a disponibilidade dos dados. Assim, optou-se em trabalhar com valores de meninas em 90° percentil ou, **155,8** centímetros e não com meninos em 95° percentil uma vez que o valor nominal do primeiro ainda é maior que o segundo.

Figura 56.3.3.1.7.2 – tabela de estatura 5° a 95° percentil (2011|2014)

Sex and age ¹	Number of examined persons	Mean	Standard error of the mean	Percentile								
				5th	10th	15th	25th	50th	75th	85th	90th	95th
Male				Centimeters								
2 years	220	92.2	0.46	85.1	86.7	87.6	88.7	92.4	95.4	96.6	97.5	†
3 years	225	99.0	0.35	91.4	92.7	94.8	95.6	99.1	101.9	103.9	104.7	107.6
4 years	229	106.7	0.38	99.3	100.9	102.2	102.8	106.5	110.3	111.5	112.4	114.1
5 years	195	113.8	0.54	105.8	107.1	108.5	110.7	113.0	117.6	119.7	120.8	121.9
6 years	246	120.0	0.49	112.0	113.3	114.5	115.9	120.1	123.4	125.7	126.6	129.3
7 years	231	126.4	0.49	116.0	118.7	119.9	121.9	126.7	130.7	133.0	134.0	136.5
8 years	227	131.7	0.62	119.9	123.8	124.9	127.5	131.4	135.8	139.3	140.7	142.5
9 years	218	136.5	0.58	127.1	127.8	130.6	132.2	135.6	140.4	143.3	145.0	†
10 years	207	143.0	0.67	130.5	133.4	135.3	137.9	143.0	147.4	149.1	150.4	153.1
11 years	186	150.3	0.79	138.3	140.0	141.9	144.3	149.0	155.4	159.9	162.3	†
12 years	181	155.8	0.78	143.3	145.9	147.7	150.5	155.6	161.2	163.5	164.9	168.5
13 years	175	163.4	0.81	146.7	151.5	153.5	157.8	163.9	168.7	172.3	173.6	175.6
14 years	184	169.4	0.78	153.6	159.4	162.2	165.4	169.0	173.9	178.2	179.5	†
15 years	156	173.4	0.71	163.2	164.0	165.4	168.4	173.8	178.8	179.9	181.6	187.0
16 years	178	173.9	0.60	162.6	166.0	167.6	169.8	174.5	177.6	179.5	182.3	185.4
17 years	147	174.9	1.02	161.5	164.1	165.7	168.6	174.8	180.3	184.5	187.8	190.4
18 years	160	175.6	0.85	162.7	164.7	166.8	169.8	175.3	181.1	183.3	185.5	187.0
19 years	144	176.3	1.12	†	166.1	168.6	170.8	175.9	181.2	183.5	185.4	†
Female												
2 years	264	90.0	0.27	83.6	84.4	85.7	87.0	89.5	92.6	94.8	95.9	97.2
3 years	199	98.1	0.32	91.0	92.8	94.5	95.6	97.8	100.7	102.4	103.3	104.8
4 years	206	105.8	0.40	97.0	99.6	100.4	102.5	106.0	109.0	110.4	111.9	113.1
5 years	178	112.3	0.54	103.2	104.5	106.2	107.9	111.9	115.9	118.8	120.5	122.3
6 years				110.0	112.0	113.2	114.5	118.6	122.6	124.4	125.4	127.7
7 years	211	124.5	0.46	114.8	117.2	118.5	121.1	123.7	128.1	131.2	132.6	134.7
8 years	197	131.7	0.47	121.1	123.4	124.5	127.1	131.4	136.1	138.7	140.7	142.8
9 years	206	137.7	0.61	127.4	130.0	131.1	133.4	137.5	142.0	143.7	145.5	149.3
10 years											155.8	†
11 years	230	150.7	0.63	135.9	141.4	143.1	146.4	151.2	155.2	157.3	160.0	162.1
12 years	166	156.2	0.69	143.4	145.6	149.2	151.4	156.2	160.9	164.1	165.1	167.0
13 years	160	158.5	0.59	148.4	151.2	152.3	155.2	158.5	161.9	164.8	166.3	169.2
14 years	169	160.3	0.54	149.9	152.2	153.2	156.4	161.1	164.2	166.0	167.8	168.5
15 years	150	161.1	0.76	149.1	150.2	153.8	156.5	161.7	166.0	167.7	169.5	170.8
16 years	187	162.3	0.70	152.6	154.5	155.6	157.3	161.7	166.7	169.9	172.1	173.1
17 years	140	162.5	0.51	153.6	154.6	156.3	159.3	162.9	165.4	168.3	170.8	172.7
18 years	154	161.7	0.57	151.3	152.8	155.1	156.7	162.4	166.1	167.7	168.9	170.6
19 years	152	163.0	0.40	152.8	153.7	155.8	159.3	163.5	167.8	169.5	170.1	171.9

Fonte: National Health Examination Survey

A última tabela (figura 57.3.3.1.7.3) apresenta resultados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – para o ano de 2002, inserida na Pesquisa de Orçamentos Familiares. Para efeito de pesquisa, utilizar-se-á,

apenas, dados da população urbana. Neste contexto, as medidas para 5° percentil apresentam-se para meninas de seis anos com **101,8** centímetros enquanto que, no extremo oposto, encontram-se, novamente, valores para o sexo feminino, com dez anos de idade e **154,8** centímetros.

Figura 57.3.3.1.7.3 – tabela de estatura 5° a 95° percentil Brasil

Tabela 2399 - Estimativas dos percentis das medidas antropométricas de crianças e adolescentes com até 19 anos de idade, por situação do domicílio e sexo - Brasil															
Variável - Altura (Centímetros)															
Brasil															
Ano - 2002															
Sexo	Idade	Situação do domicílio x Percentis das medidas antropométricas de crianças e adolescentes com até 19 anos de idade													
		Urbana							Rural						
		5 %	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %	5 %	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %
Masculino	6 anos	104,2	108,3	112,4	117,6	122,3	126,9	130,0	102,5	105,0	109,8	114,7	120,1	124,6	127,6
	7 anos	109,5	113,4	119,0	123,9	129,7	136,0	139,6	105,8	111,0	116,3	121,0	125,8	131,1	134,6
	8 anos	114,7	118,8	123,9	129,5	135,3	139,9	144,1	112,5	116,8	121,3	126,9	131,3	136,7	139,0
	9 anos	118,5	121,3	128,9	134,8	140,1	146,5	149,9	119,1	120,9	125,5	130,3	136,6	142,1	147,6
	10 anos	122,7	127,4	132,5	139,2	145,8	151,1	154,1	122,6	125,4	130,5	135,5	141,1	146,5	150,5
Feminino	6 anos	101,8	106,3	111,0	116,6	120,6	127,4	131,7	103,1	105,2	109,7	114,3	119,8	123,7	127,3
	7 anos	106,3	110,1	117,4	122,3	129,0	135,0	141,1	106,8	110,2	115,8	121,4	126,0	129,7	133,9
	8 anos	112,5	116,6	122,2	127,8	132,8	139,4	144,2	113,6	115,8	120,6	126,1	131,3	136,7	139,7
	9 anos	117,9	121,5	128,1	133,0	140,0	146,7	150,3	116,5	119,6	125,3	131,4	136,9	143,4	146,3
	10 anos	124,3	126,5	131,4	137,0	142,5	149,5	154,8	124,3	126,5	131,4	137,0	142,5	149,5	152,2

Fonte: IBGE - Pesquisa de Orçamentos Familiares

Fonte: IBGE, 2002

Nota-se, entre os valores das tabelas, uma aproximação entre os dados de percentil 95°, fato que não ocorre quando se comparado aos valores para percentil 5° onde a diferença de estatura entre as medidas brasileiras encontra-se entre **6,4** centímetros e **8,2** centímetros se confrontadas com as tabelas 55.3.3.1.7.1 e 56.3.3.1.7.2, respectivamente.

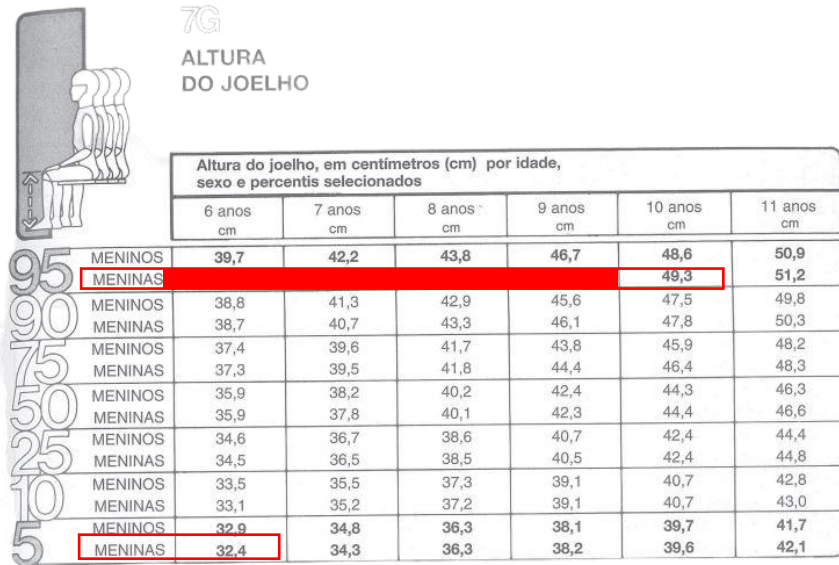
Como parâmetro para o projeto, optou-se em trabalhar com a média ponderada entre os valores apresentados nas três tabelas com o objetivo de balizar as medidas para a construção dos *mock ups*. Assim, nos dados estudados, a média encontra-se entre **106,6** centímetros para percentil 5° e **154,5**

centímetros para percentil 95°, medidas, estas, que servirão de base para o desenvolvimento do trabalho.

Assim, após delimitar as medidas quanto a estatura, estudou-se outras dimensões posturais e não contemplados no **Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA**, subcapítulo **2.2.1 – ERGONOMIA NO MOBILIÁRIO ESCOLAR (OU A FALTA DELE)** que atendessem as necessidades visando a construção do boneco articulado, elemento essencial durante o processo de criação, com objetivo de encontrar os ângulos e as métricas necessárias para o desenho do conjunto escolar e, conseqüentemente, a construção dos *mock ups*.

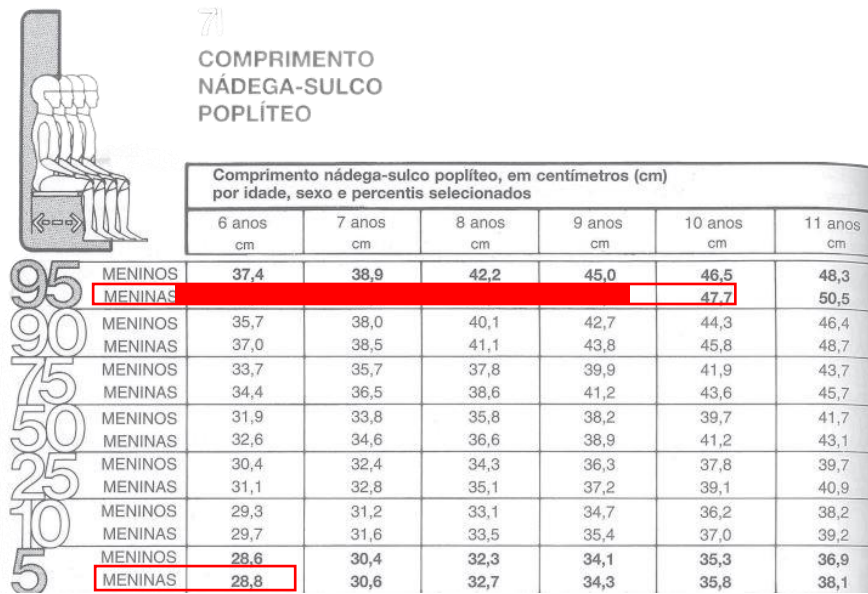
Desta forma, medidas como **altura do joelho** (figura 58.3.3.1.7.4) e **largura de quadril** (figura 60.3.3.1.7.6) foram inseridas no processo com intuito de subsidiarem a construção de dois bonecos articulados, cada qual com suas medidas, representando o universo de percentil 5° a 95° dos escolares entre seis e dez anos, que serviram de parâmetros para a busca de ângulos e alturas para o desenvolvimento dos desenhos e, posteriormente, para a confecção dos *mock ups*, enquanto as medidas do comprimento nádega sulco poplíteo (figura 59.3.3.1.7.5) foi de extrema importância, dentre os parâmetros previamente levantados e apresentados no **Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA**.

Figura 58.3.3.1.7.4 – altura do Joelho



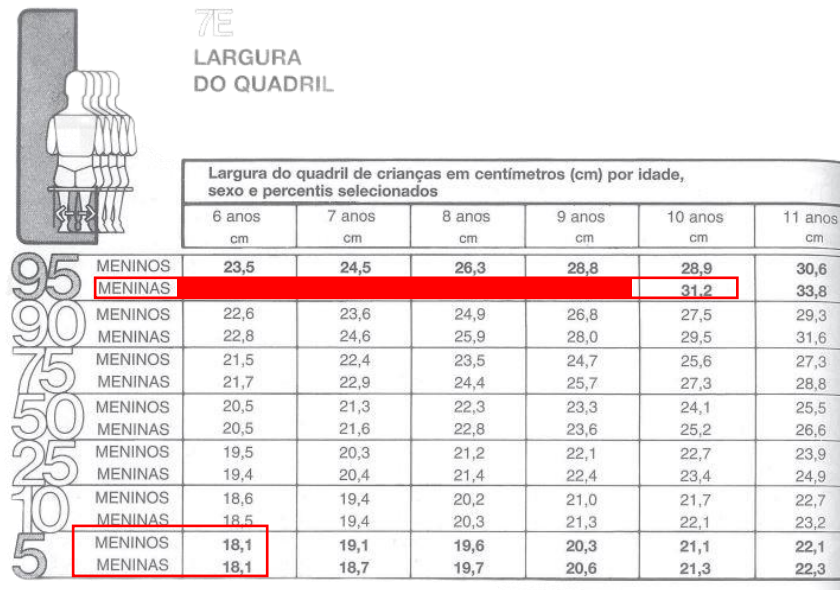
Fonte: PANERO, ZELNIK, 2002

Figura 59.3.3.1.7.5 – comprimento nádega-sulco poplíteo



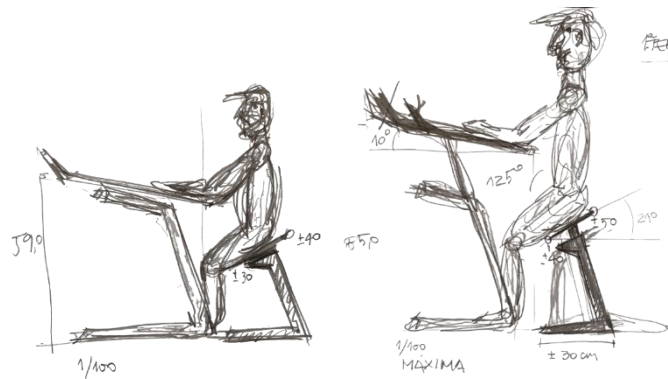
Fonte: PANERO, ZELNIK, 2002

Figura 60.3.3.1.7.6 – comprimento largura do quadril



Fonte: PANERO, ZELNIK, 2002

Figura 61.3.3.1.7.7 – croquis com estudo de alturas e ângulos após uso do boneco



Fonte: Arquivo do autor

Com relação aos bonecos articulados, o estudo consistia em posiciona-los, de forma em que o ângulo troco – coxa ficasse entre **115°** e **135°**, medidos por um transferidor, em uma folha de papel branca e traçar, com um lápis, a posição e inclinação do assento, em relação ao boneco, bem como sua altura. Os resultados podem ser observados na figura 61.3.3.1.7.7 onde nota-se uma altura

mínima e máxima da parte mais alta do assento, entre 400 milímetros e 500 milímetros, respectivamente, em um ângulo aproximado de **29°** para se obter um ângulo tronco-coxa de **125°**. Está inclinação se apresentará, no subcapítulo 3.3.3.2, em **28°**, quando da confecção do segundo *mock up* da cadeira. Assiste-se, por meio dos estudos realizados, que as alturas mínimas e máximas do tampo da mesa, a partir da parte mais alta, são, respectivamente, de **590** milímetros e **850** milímetros em uma inclinação de **10°**. Os resultados deste processo serão apresentados na sequência, com a construção dos *mock ups*.

3.3.2. CONSTRUÇÃO DOS *MOCK UPS*

Importante destacar que, diferentemente do que se apresenta no processo de design para o desenvolvimento de produtos, este pesquisador optou, como apontado anteriormente, por não perpassar por modelos de estudos em escalas intermediárias como 1|20, 1|10, 1|5 ou mesmo na escala de 1|2, entendendo que as medidas, ângulos e proporções dos objetos não apresentariam elementos elucidatório no que tange respostas a esta nova postura e que, apenas a construção de *mock ups*, pontuaria indícios para tais conclusões.

Segundo SELAU *at al.* 2022,

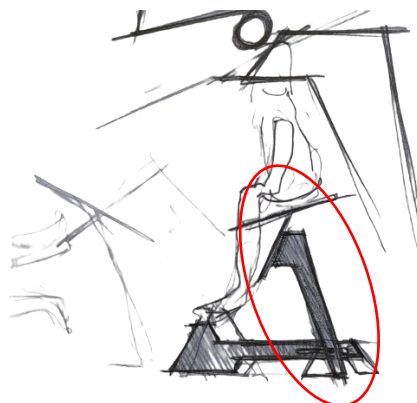
(...) é evidente o uso de modelos volumétricos nas etapas subsequentes ao processo de criação como recurso para análises de uso, ergonomia, avaliação formal, entre outras. O emprego de modelos físicos como recurso para a etapa de concepção no design permite a materialização da ideia e transformação de modo ágil e iterativa. P. 89

Como forma de aproximar os resultados obtidos com o material desenvolvido mediante a construção do *mock up*, deliberou-se pelo uso de MDF de 9 milímetros de espessura, mais próxima à obtida pela placa desenvolvida com fibra de bagaço de cana – 9,90 milímetros, submetida a ensaios de caracterização mecânica e de propriedades físicas, apresentadas no **Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**.

3.3.2.1. DESENVOLVIMENTO DA MESA

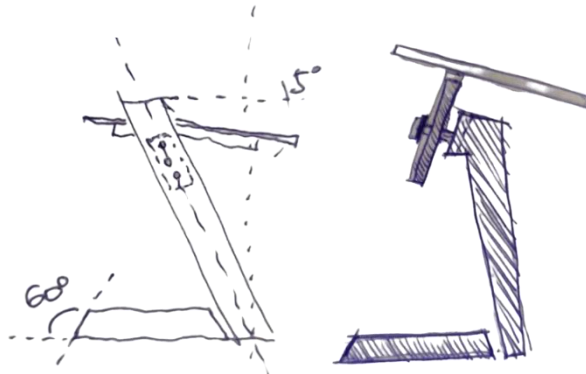
Paralelamente a busca por respostas acerca do desenho da cadeira, o processo de desenvolvimento da mesa mostrou-se mais fluido e, conseqüentemente, mais rápido no que tange a exploração projetual. Talvez, a base para tal processo, encontra-se na série desenhos de cadeiras apresentados na seqüência deste subcapítulo. Seu desenvolvimento culminou em um perfil, apresentado na figura 62.3.3.2.1.1, compreendido e trazido para os croquis da mesa, apresentado do lado direito da figura 63.3.3.2.1.2 e nos croquis da figura 64.3.3.2.1.3. Os resultados encontram-se a seguir.

Figura 62.3.3.2.1.1 – croqui da cadeira que possibilitou o encontro do desenho da mesa



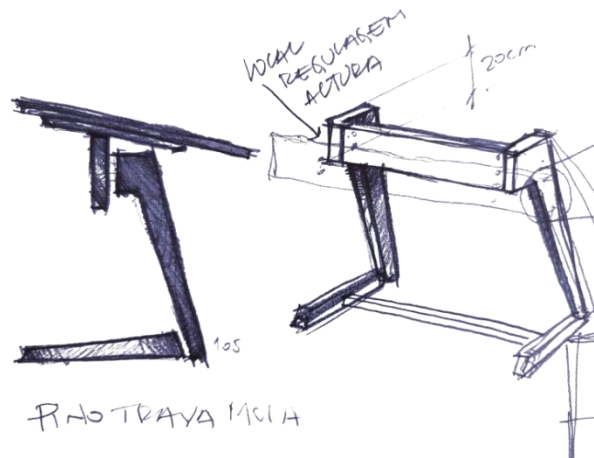
Fonte: Arquivo do autor

Figura 63.3.3.2.1.2 – croquis – estudos de ângulos, formas e exiguidade



Fonte: Croquis do autor

Figura 64.3.3.2.1.3 – croquis – estudos de travamentos



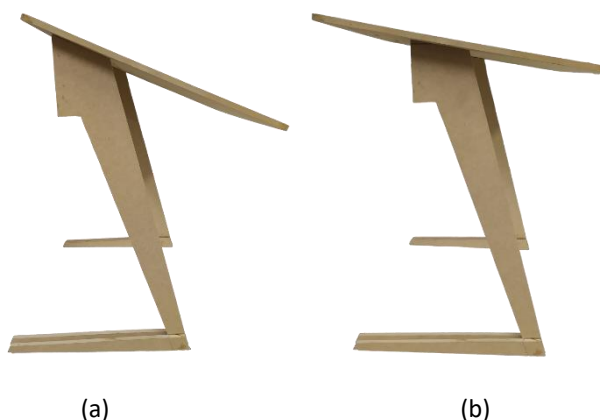
Fonte: Croquis do autor

3.3.2.2. MESA – PRIMEIRO *MOCK UP*

O primeiro *mock up* foi confeccionado com o propósito único de verificação de ângulos, estabilidade e proporção eximindo qualquer intenção, de momento, em solucionar ou propor um sistema de regulagem de altura. O perfil a esquerda (figura 65.3.3.2.2.1-a) apresenta a primeira construção com ângulo de inclinação do tampo em aproximadamente **25°**, provavelmente resultado do erro

no corte do ângulo do topo do perfil lateral da mesa. Após verificação, executou-se a reforma do objeto e acerto do ângulo para 10° (figura 65.3.3.2.2.1-b) mais adequado aos estudos elaborados.

Figura 65.3.3.2.2.1 – verificação de ângulos e proporções



Fonte: Arquivo do autor

Observou-se, nesta construção, uma fragilidade e propensão a torção quando da utilização da espessura do material como estrutura bem como a constatação da falta de travamento em alguns pontos do mobiliário, o que foi prontamente corrigido na elaboração do *mock up* da cadeira e na confecção do mobiliário final, apresentado no **Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**.

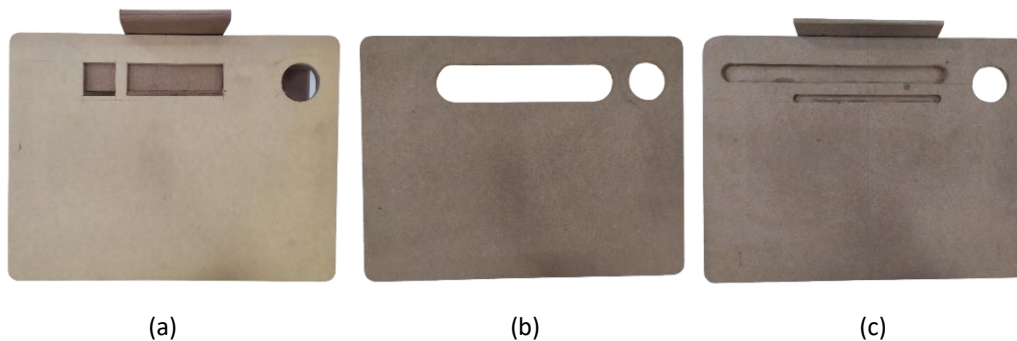
Paralelamente a este estudo, desenvolveu-se três desenhos de tampo da mesa com intuito de servir, não apenas como apoio a escrita, mas, também, que objetivasse outras funções como suporte de garrafa de água, apoio para materiais de uso do dia a dia, como lápis, borracha, entre outros e apoio para livros e revistas possuindo, como referência, levantamentos apresentados nos subcapítulos **1.4 – MOBILIÁRIO ESCOLAR NO BRASIL** e **1.4.1 – ALGUNS EXEMPLOS DO MOBILIÁRIO ESCOLAR NO EXTERIOR**.

Figura 66.3.3.2.2.2 – desenho do tampo da mesa



Fonte: Arquivo do autor

Figura 67.3.3.2.2.3 – busca por desenho do tampo da mesa



Fonte: Arquivo do autor

A figura 67.3.3.2.2.3 apresenta o estudo acerca do desenho do tampo da mesa. A imagem (a) sugere, ainda, uma intenção, uma locação de funções sem a preocupação de um resultado formal adequado. A imagem (b) oferece a oportunidade de rever estas questões em um desenho mais suave por conta das bordas arredondadas, mas aparentando, ainda, um desenho “sem elegância”. A imagem (c), como evolução natural a busca do traço adequado, suaviza e equilibra o objeto criando e separando as funções em dois elementos horizontais. Enquanto o elemento maior possui a função de apoio para lápis, caneta, borracha, entre outros, o traço menor funciona em conjunto com o objeto “fora” do tampo como apoio para livros, cadernos e revistas, o que poderá ser melhor observado no **Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**, subcapítulo **4.9 –**

JUSTIFICATIVAS DE PROJETO – RESULTADOS DOS AJUSTES. O furo, a direita, possui a função de suporte de garrafa d'água que, dependendo do processo de confecção do tampo, poderá ficar à esquerda para servir as crianças canhotas enquanto, os rebaixos, serão produzidos do lado oposto.

3.3.2.3. MESA – SEGUNDO *MOCK UP*

Por questões de custo, optou-se por reformar o *mock up* da mesa mesmo com os problemas anteriormente identificados. Assim, a intervenção, figura 68.3.3.2.3.1, ocorreu com a confecção de um rasgo único nos suportes laterais de sustentação, observando-se as medidas mínimas e máximas pré-concebidas nos estudos para a utilização de um elemento – barra roscada – que percorreria o vazado com o apoio de uma peça interna capaz de fazer subir e descer o tampo da mesa.

Figura 68.3.3.2.3.1 – reforma e verificação no processo de regulagem de altura



Fonte: Arquivo do autor

Figura 69.3.3.2.3.2 – montagem da mesa e verificação do sistema de regulagem de altura



Fonte: Arquivo do autor

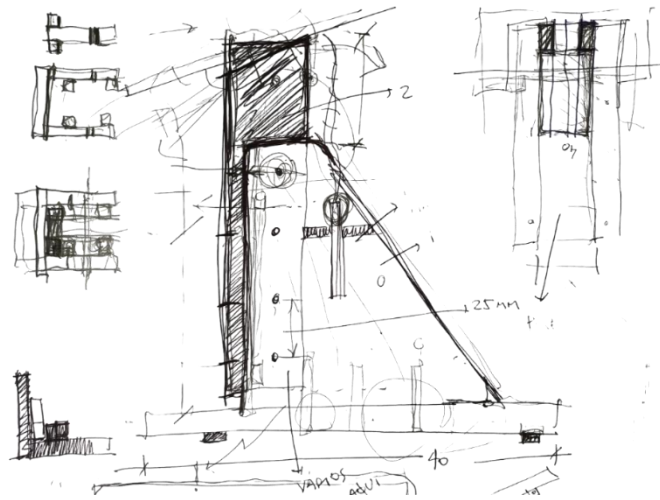
Esta passagem na inserção da regulagem de altura apresentou alguns outros pontos não observados anteriormente, entre eles, a fragilidade no braço interno de sustentação e regulagem do tampo da mesa, bem como reforçando outros levantados anteriormente.

3.3.3. DESENVOLVIMENTO DA CADEIRA

3.3.3.1. CADEIRA – PRIMEIRO *MOCK UP*

O processo de confecção do *mock up* eliminando as etapas anteriores de construção em escalas reduzidas, mostrou-se assertivo após a confecção do primeiro *mock up* (figura 73.3.3.1.4) pois, utilizando-se ainda de informações baseadas nos estudos de PANERO, ZELNIK, 2002 para assentos em 90°, apresentou falhas ergonômicas e de proporções que, possivelmente não seriam identificadas em escalas intermediárias de estudo. Com relação aos pensamentos por trás do desenho, a figura 70.3.3.1.1 apresenta um dos primeiros croquis a respeito do assento que tinha, por objetivo, traçar paralelo entre desenho e funcionamento de regulagem de altura.

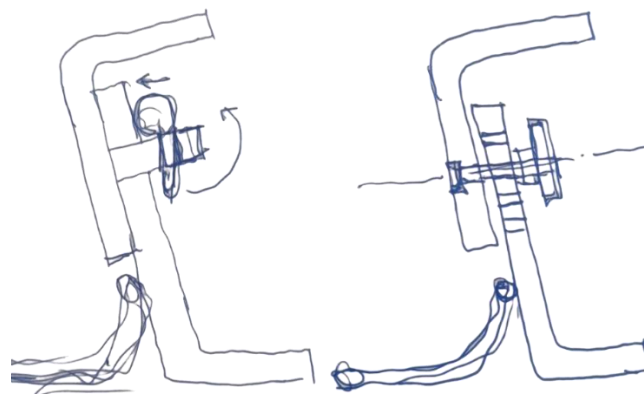
Figura 70.3.3.3.1.1 – sistema de regulagem de altura



Fonte: croqui do autor

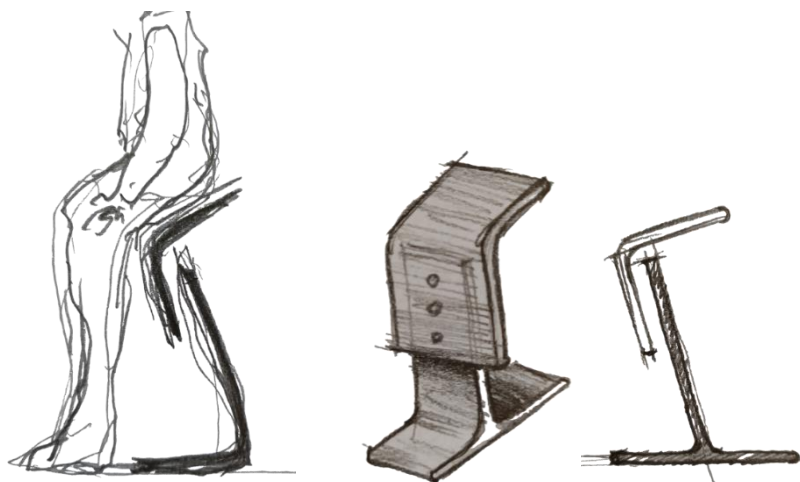
Os croquis das imagens 71.3.3.3.1.2 e 72.3.3.3.1.3 apresentam o desenvolvimento da ideia inicial que se buscava como desenho e funcionamento da cadeira.

Figura 71.3.3.3.1.2 – croqui com intervenção na regulagem de altura



Fonte: croqui do autor

Figura 72.3.3.3.1.3 – croquis da cadeira



Fonte: croqui do autor

Após alguns ajustes nos desenhos, criou-se o primeiro *mock up* da cadeira em placa de compensado naval de 18 milímetros de espessura. Destaca-se, nesta construção, a importância de compreensão deste novo campo de estudo que abarca ângulos, novas formas de sentar, a relação do usuário com o objeto e sistemas de regulagem de altura, eliminando, neste momento, conceitos como segurança (nota-se, nas imagens, os parafusos a mostra bem como os ângulos retos das quinas)

Figura 73.3.3.3.1.4 – croqui com intervenção na regulagem de altura



Fonte: Arquivo do autor

De fato, esta confecção apresentou informações pertinentes quanto ao seu funcionamento bem como sua escala quando do uso por uma criança dentro dos padrões pré-estabelecidos de alturas. Identificou-se, de imediato que, apenas um ponto de fixação para controle de altura impactou na estabilidade do assento, principalmente quando regulada em alturas mais altas. Em um segundo momento identificou-se que, o desenho, em si, não aparentava possuir escala adequada quando apresentado com uma criança (figura 74.3.3.3.1.5), estabelecendo, visualmente, uma certa fragilidade. Como último ponto analisado, a altura máxima proposta não comportou a estatura de uma criança com **142** centímetros, ainda abaixo do limite máximo estabelecido de **154,5** centímetros.

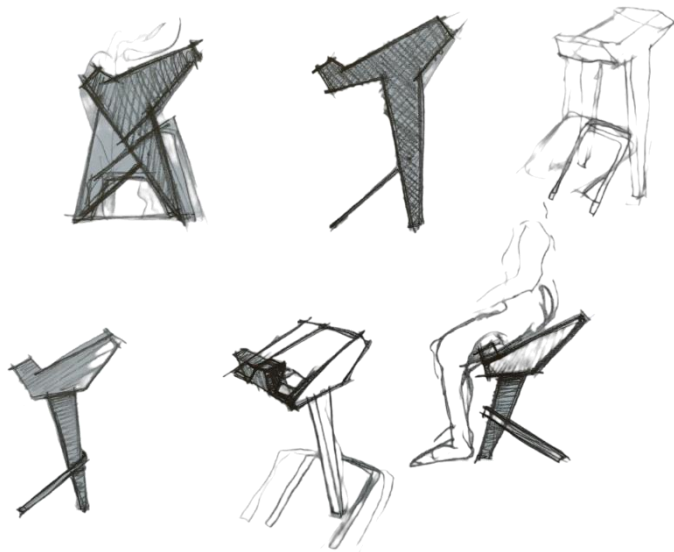
Figura 74.3.3.3.1.5 – croqui com intervenção na regulagem de altura



Fonte: Arquivo do autor

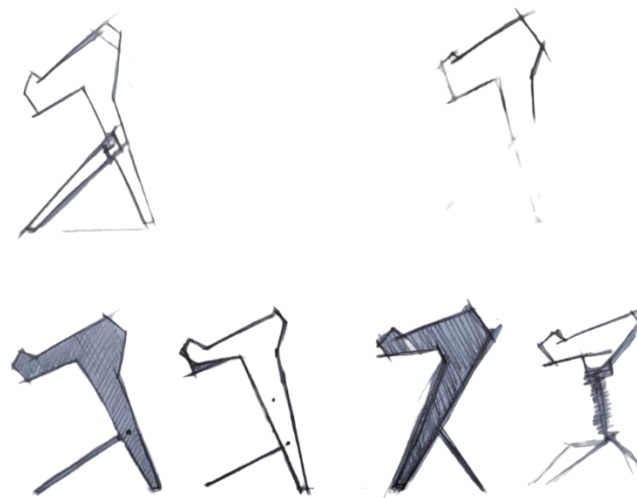
As figuras 75.3.3.3.1.6 e 76.3.3.3.1.7 apresentam alguns croquis dos muitos criados durante o processo de enfrentamento. Fundamental compreender que, nestes desenhos ainda se encontram o perfil que seria utilizado mais adiante na mesa e na própria cadeira.

Figura 75.3.3.3.1.6 – desenvolvimento de croquis da cadeira



Fonte: Arquivo do autor

Figura 76.3.3.3.1.7 – sequência no desenvolvimento de croquis da cadeira



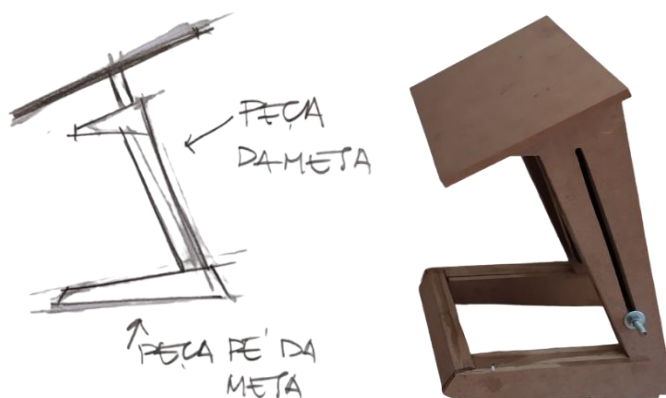
Fonte: Arquivo do autor

3.3.3.2. CADEIRA – SEGUNDO *MOCK UP*

Após a confecção da mesa que apresentou problemas de estabilidade e resistência por conta da espessura utilizada em sua estrutura, optou-se por utilizar quatro chapas de MDF de 9 milímetros para composição das laterais da cadeira, totalizando uma parede de 36 milímetros. Inseriu-se, inclusive, um elemento com função de trava entre as laterais da cadeira e que acompanha o desenho, com intuito de aumentar a resistência do objeto quanto à possibilidade de torção.

Necessário apontar que, para esta segunda confecção (figura 77.3.3.3.2.1), as relações entre ângulos e alturas, assim como os conceitos da Postura Corpórea Neutra foram aplicadas com a ajuda dos bonecos articulados.

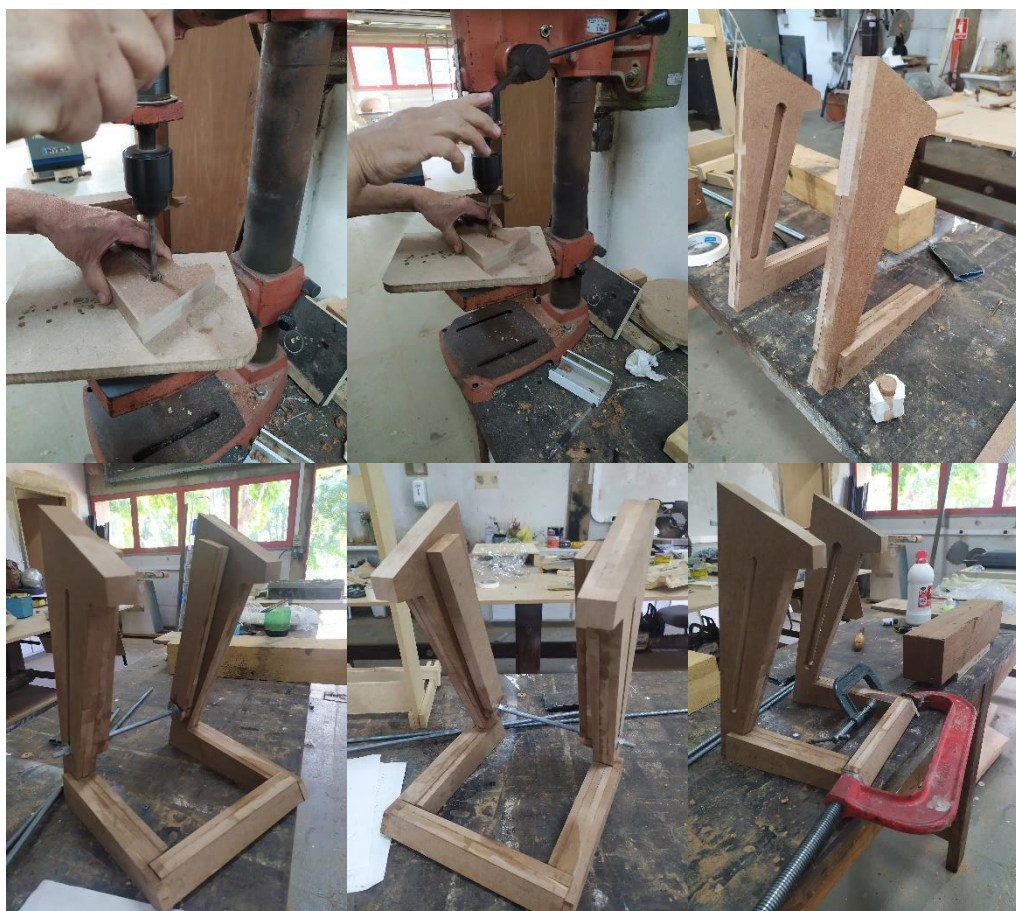
Figura 77.3.3.3.2.1 – croqui da cadeira e *mock up*



Fonte: arquivo do autor

A figura 78.3.3.3.2.2 apresenta o processo de confecção do *mock up* nas instalações do Laboratório de Construção Civil.

Figura 78.3.3.3.2.2 – processo de confecção do mock up nas instalações do LCC/IAUUSP



Fonte: Arquivo do autor

3.4. CONJUNTO ESCOLAR

Após a confecção dos *mock ups* da mesa e cadeira, iniciou-se o processo de testes por meio de uma prova de conceito, ou seja, desta ideia de conjunto de mobiliário escolar infantil e, assim, iniciou-se o enfrentamento entre teoria e prática utilizando-se de duas escolares próximas aos limites extremos de medidas pré-estabelecidos neste trabalho.

3.4.1. PROVA DE CONCEITO

A prova de conceito, diferentemente da confecção do protótipo, não objetiva a entrega de uma versão final do produto e sim testar a possibilidade de validação de uma ideia sugerida por este estudo. Segundo SURRADOR, 2010, a respeito do processo de desenvolvimento de seu projeto de cadeiras e mesas escolares, (...) *não se pode entendê-lo como algo definitivo que não possa ser modificado, caso se encontrem outros valores objetivos que melhorem o processo.*

P.21

Figura 79.3.4.1.1 – conjunto mesa | cadeira

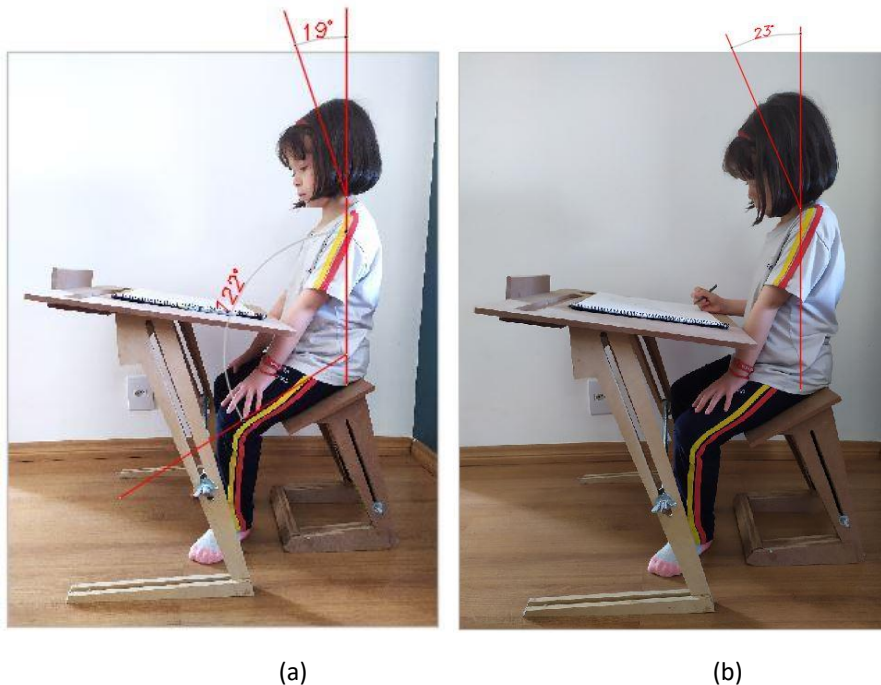


Fonte: Arquivo do autor

A figura 79.3.4.1.1 apresenta o conjunto completo, enquanto a figura 80.3.4.1.2 apresenta o conjunto sendo usado por uma escolar de seis anos e quatro meses com **112** centímetros de altura, valor muito próximo ao mínimo estipulado neste estudo para 5° percentil, de **106,6** centímetros. Nota-se que as medidas mínimas de mesa e cadeira responderam as necessidades da criança. Com relação ao conjunto, a única reclamação encontra-se no ponto de equilíbrio

na cadeira e a dificuldade em manter-se nesta posição, provavelmente em função do ângulo do assento, construído em 28° . Com relação ao ângulo de inclinação da cabeça para frente, utilizou-se destas imagens no software Autodesk AutoCad 2024 para traçar as linhas e realizar a medição dos ângulos. Na imagem (a) em repouso, obteve-se o valor aproximado de 19° enquanto que, na imagem (b), a direita, no ato da ação da escrita, obteve-se um valor próximo de 23° . O ângulo de abertura coxa-tronco encontrado na escolar foi de aproximadamente 122° , dentro do que foi levantado ao longo deste trabalho e apresentado pelos autores estudados no **Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA**, subcapítulos **2.3 – FLEXÃO EM 90° - O PROBLEMA DA CADEIRA ESCOLAR**, e **2.4 – PESQUISA DE MODELOS EXPERIMENTAIS**, subcapítulo **2.4.2 – POSTURA CORPÓREA NEUTRA**.

Figura 80.3.4.1.2 – conjunto mesa | cadeira utilizado por criança extremo inferior

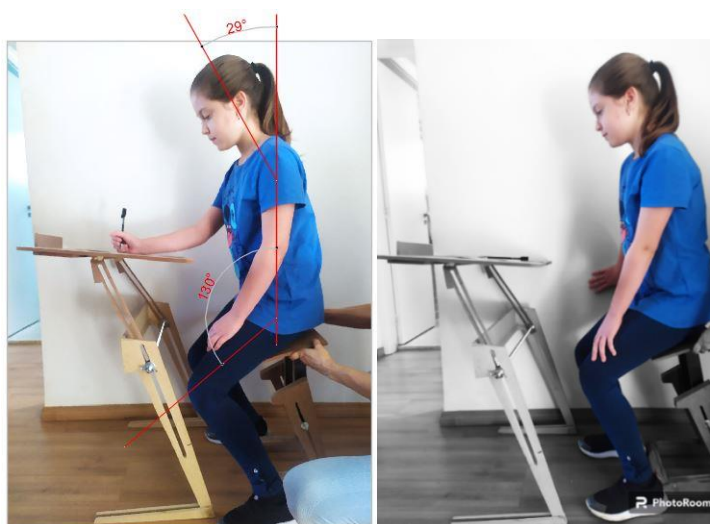


Fonte: Arquivo do autor

Importante destacar que os valores referentes ao ângulo de inclinação da cabeça para frente, estão dentro do que foi preconizado por outros autores, como GRANDJEAN, 1981, CHAFFIN, 1984 e PHEASANT, 1986. O primeiro indica valores entre **17° a 29°** enquanto o segundo apresenta números entre **20° a 30°**, afirmando que, a partir de 30° há aumento no desconforto e, o terceiro, indica valores entre **15° a 25°** (*apud* Manual de Aplicação dos Dados Antropométricos, P.40, sd)

A figura 81.3.4.1.3 apresenta uma escolar, de dez anos e três meses com 149 centímetros de altura, valor, também, muito próximo ao extremo de 95° percentil que aponta para 154,5 centímetros. Novamente, os problemas relatados encontram-se na cadeira e identificado pelo ângulo do assento e, neste caso, a falta de resistência do elemento de regulagem de altura para manter a escolar, em segurança, no ponto indicado. Observa-se, na mesma imagem, que o ângulo de inclinação da cabeça para frente, usando de todo o processo (figura 80.3.4.1.2), ficou em aproximadamente **29°**. Com relação ao ângulo de abertura tronco-coxa, o valor encontrado foi de aproximadamente **130°**.

Figura 81.3.4.1.3 – conjunto mesa|cadeira utilizado por criança extremo superior



Fonte: Arquivo do autor

A princípio, os valores levantados com relação aos ângulos de inclinação da cabeça para frente, encontram-se dentro do espectro apontado pelos autores estudados. Novos estudos poderão ser realizados por outros pesquisadores interessados e em condições mais adequadas para obtenção de resultados mais precisos.

Com relação a adequação dos problemas levantados quanto desta prova de conceito, o próximo subcapítulo apresentará a leitura e entendimento das informações e indicará os ajustes necessários para a confecção do *mock up* final, objeto de apresentação deste estudo.

3.4.2. AJUSTES NECESSÁRIOS

Após a verificação de uso dos *mock ups* por meio da prova de conceito utilizando-se de duas escolares com alturas próximas as medidas dos extremos de percentis 5° e 95°, observou-se algumas condições necessárias de melhorias no conjunto escolar. Com relação a cadeira, alguns pontos foram assistidos e analisados, suportando e justificando intervenções que, em tese, deveriam aprimorar tanto a usabilidade e o desenho, quanto seu funcionamento.

A figura 82.3.4.2.1 apresenta marcações, a caneta, no próprio objeto. Nele, estão contidos indicações de distância entre os pontos mínimo e máximo, adequados as populações de percentil 5° e 95°, respectivamente. Observa-se que a diferença da regulagem de altura apresentou valor nominal de **180** milímetros, resultando em um recorte passante um pouco menor.

Figura 82.3.4.2.1 – mock up com ajustes dimensionais após prova de conceito



Fonte: Arquivo do autor

Outro fator importante a ser mencionado, refere-se ao ângulo de inclinação do assento, motivo de reclamação das escolares que encontrava-se, neste *mock up*, em 28° . Redesenhado para 20° o que, em teoria acomodaria, sem prejuízos, um sentar mais cômodo, esta alteração, em 8° , possivelmente acarretaria um novo valor de ângulo tronco-coxa que, como exposto, anteriormente, encontrava-se entre 120° e 130° . A verificação, com o novo dado, será apresentada no **Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**, no subcapítulo **4.8 – RESULTADOS DO MOCK UP**.

Por último, acreditava-se que a pressão da porca na barra roscada contra a parede do perfil lateral seria suficiente para manter os elementos verticais, responsáveis por suspender e abaixar o assento, mostrou-se um erro. Como apresentado na figura 83.3.4.2.2, os elementos, quando do uso do equipamento pela escolar mais velha, maior e, portanto, neste caso, mais pesada, não suportou a carga e cedeu para frente.

Assim, para o *mock up* final, providenciou-se um canal nas peças laterais para criar uma parede, um gabarito para estes elementos com a intenção de evitar o tombo.

Figura 83.3.4.2.2 – detalhe sistema de regulagem de altura



Fonte: Arquivo do autor

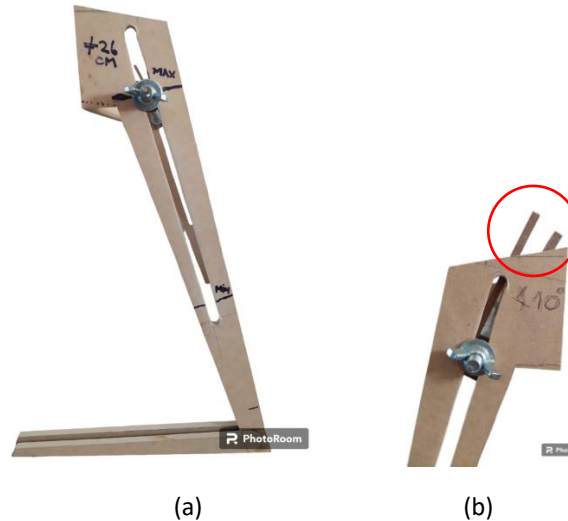
Com relação à mesa, como observa-se na figura 84.3.4.2.3, obteve-se algumas respostas quanto a sua construção e uso. O primeiro, refere-se à necessidade de uma melhor estruturação indicando um aumento da espessura da parede das peças laterais evitando, assim, o efeito torção, mencionado anteriormente nesta pesquisa, bem como a necessidade de introdução de travas como apoio e reforço a estabilidade pretendida.

Imprescindível mencionar que, na confecção do *mock up* final, as peças do perfil lateral, por onde corre o fuso, e a base (entenda-se os pés da mesa), foram transformados em uma única peça aumentando, desta forma e, significativamente, a resistência do conjunto, apresentado no capítulo a seguir.

O segundo ponto observado, apresenta a fragilidade do braço de suporte do tampo, responsável, também, por movimenta-lo (figura 84.3.4.2.3 – b). Este

problema se deu pela parede fina, resultado da necessidade de desenvolver espaço para o sistema de subida e descida da mesa.

Figura 84.3.4.2.3 – detalhe sistema de regulagem de altura



Fonte: Arquivo do autor

Assim como ocorreu no levantamento de dados quando da confecção do *mock up* da cadeira, foi criado um canal nas peças laterais para que, estes braços, não sofressem a força do tombo.

Na sequência, a medição com relação aos números mínimos e máximos de altura, apresentou valor nominal de **260** milímetros, possibilitando ajuste capaz de diminuir o rasgo nas peças laterais.

O capítulo seguinte apresentará os resultados obtidos ao longo deste trabalho no que tange, tanto o desenvolvimento do material criado com objetivo de substituir o MDF e MDP, quanto expor o *mock up* final do conjunto escolar

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo, organizado em duas partes, apresentará, primeiramente, os resultados obtidos por meio das caracterizações mecânicas e físicas das placas desenvolvidas nesta pesquisa comparando-os, em um segundo momento, com os resultados adquiridos a partir da caracterização da placa de MDF de 9 milímetros em testes entendidos como necessários para a sequência desta pesquisa e realizados, inclusive, no mesmo laboratório e sob as mesmas condições das placas desenvolvidas.

A segunda parte é dedicada a apresentar o *mock up* final do conjunto escolar como resultado aos desafios impostos quanto o processo de tradução e confecção de medidas e ângulos impostas pela Postura Corpórea Neutra, necessários para a obtenção do desenho do mobiliário e, conseqüentemente, adequado as necessidades pré-estabelecidas por esta pesquisa.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS CHAPAS DE BAGAÇO DE CANA, FIBRA DO CAFÉ E FIBRA DA LARANJA

4.1.1. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

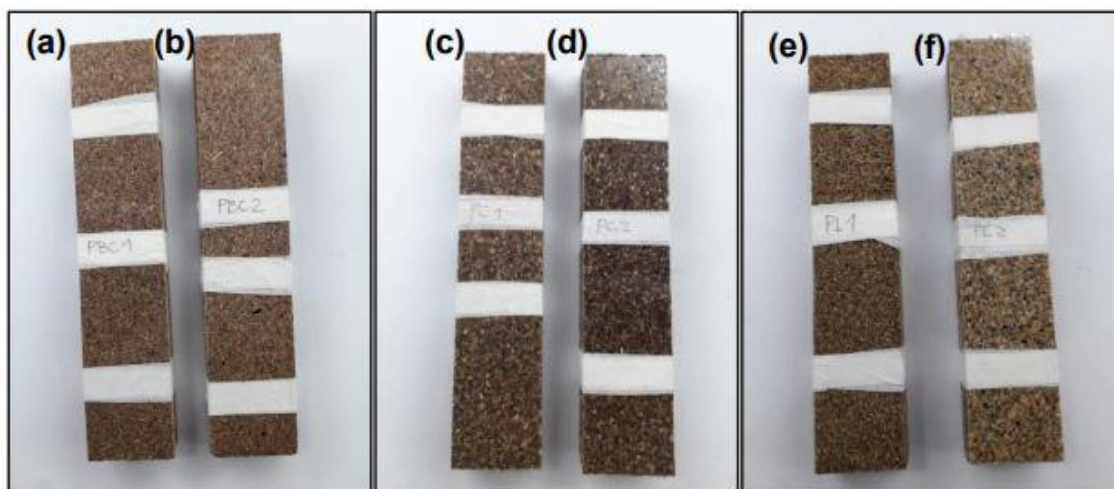
São ensaios de caracterização mecânica os testes de flexão, tração e punção que tem, por objetivo, verificar se o material em desenvolvimento responderá, adequadamente, as funções e aos fins propostos. Os ensaios de tração e punção foram realizados *a posteriori* apenas na placa que apresentou a melhor resistência nos testes de flexão, sendo ela, a de bagaço de cana. Para estes dois ensaios foram confeccionadas mais cinco placas.

Importante ressaltar que, como opção deste pesquisador, as tabelas e figuras foram inseridas no corpo do Capítulo, diferentemente do que comumente ocorre em trabalhos acadêmicos onde suas inserções ocorrem em ANEXOS, entendendo e justificando que, desta forma, a leitura dos resultados e consequentes comparações, dar-se-iam, para os leitores, uma agilidade maior de entendimento e tornariam, a leitura, um processo mais dinâmico.

4.1.1.1. ENSAIOS DE FLEXÃO

Os testes foram realizados entre os dias 11 e 27 de abril de 2022 na sede da empresa Afinko, sob a identificação AFK 0828/22. As placas, no total de seis, foram divididas em pares, segundo a fibra a ser utilizada e identificadas, tanto pelo pesquisador, quanto pelo laboratório. Estas amostras derivam das placas desenvolvidas e cortadas em três partes sequenciais com dimensões de 250 x 25 x 9 milímetros totalizando, assim, 18 amostras (Figura 85.4.1.1.1.1). Utilizou-se, para os testes, a norma de referência *American Society for Testing and Materials ASTM D790:2017 – Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*.

Figura 85.4.1.1.1.1 – identificação e organização das amostras por fibras sendo (a) e (b) bagaço de cana; (c) e (d) café e (e) e (f) laranja



Fonte: AFINKO

Tabela 5.4.1.1.1.1 – identificação das amostras

	placa	ID. pesquisador	ID. AFINKO
bagaço cana	1	PBC 1	AFK 222006
bagaço cana	2	PBC 2	AFK 222007
café	1	PC 1	AFK 222008
café	2	PC 2	AFK 222009
laranja	1	PL 1	AFK 222010
laranja	2	PL 2	AFK 222011

Fonte: o autor

Segundo o relatório da empresa, o ensaio de flexão, (...) *é usado para aquisição de dados de propriedades sob flexão para controle e especificação de materiais, assim como para caracterização qualitativa e para pesquisa e desenvolvimento. (Relatório de ensaio AFK0828/22)*

As condições em que os ensaios foram realizados podem ser observados na Tabela 6.4.1.1.1.2.

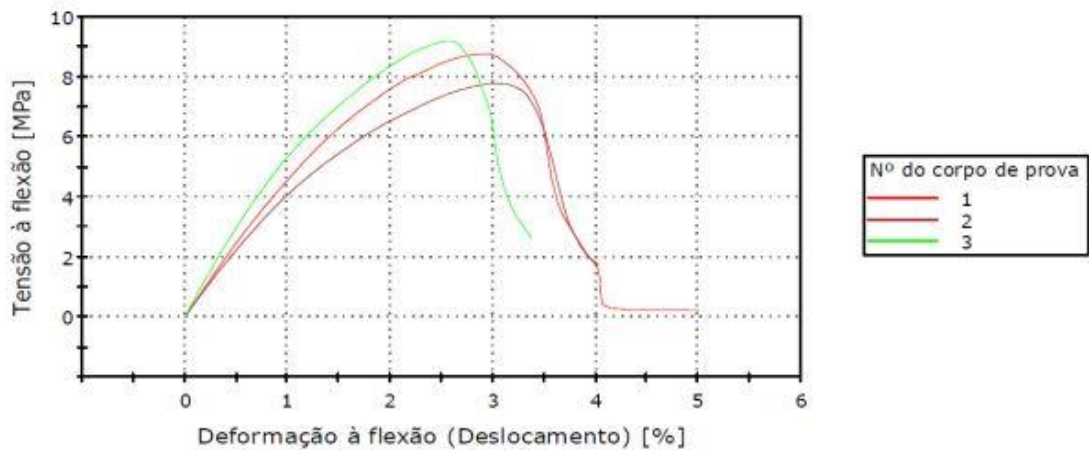
Tabela 6.4.1.1.1.2 – condições de realização dos ensaios

Norma de Referência:	ASTM D790:2017 - "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials"	
Temperatura do Laboratório: 24,1°C	Umidade do Laboratório: 46%	
Célula de Carga: 5 kN	Número de Corpos de Prova: 03	
Velocidade do Ensaio (mm/min):	Span (mm):	
AFK222006: 3,82	AFK222006: 144	
AFK222007: 3,70	AFK222007: 140	
AFK222008: 3,30	AFK222008: 124	
AFK222009: 3,63	AFK222009: 137	
AFK222010: 3,25	AFK222010: 122	
AFK222011: 4,35	AFK222011: 164	
Dimensões do Corpo de Prova:	Largura: (8,69 ± 0,97) mm	
	Espessura: (50,92 ± 0,13) mm	
Preparação dos Corpos de Prova:	<input type="checkbox"/> Injeção	
	<input type="checkbox"/> Usinagem	
	<input type="checkbox"/> Prensagem	
	<input type="checkbox"/> Estampagem	
	<input checked="" type="checkbox"/> Enviados pelo Cliente	
Data de Realização: 26/04/2022		
Equipamento: Instron EMIC, modelo 23-30		

Fonte: AFINKO

Os gráficos e tabelas a seguir apresentam as curvas de tensão em função da deformação em flexão e resultados de propriedades mecânicas. O gráfico 1.4.1.1.1.1 apresenta a curva de tensão quanto a deformação em flexão, enquanto a tabela 7.4.1.1.1.3 apresenta os resultados das amostras de bagaço de cana com traço 2:1.

Gráfico 1.4.1.1.1.1-curva tensão x deformação em flexão amostra AFK 222006 – bagaço cana traço 2:1



Fonte: AFINKO

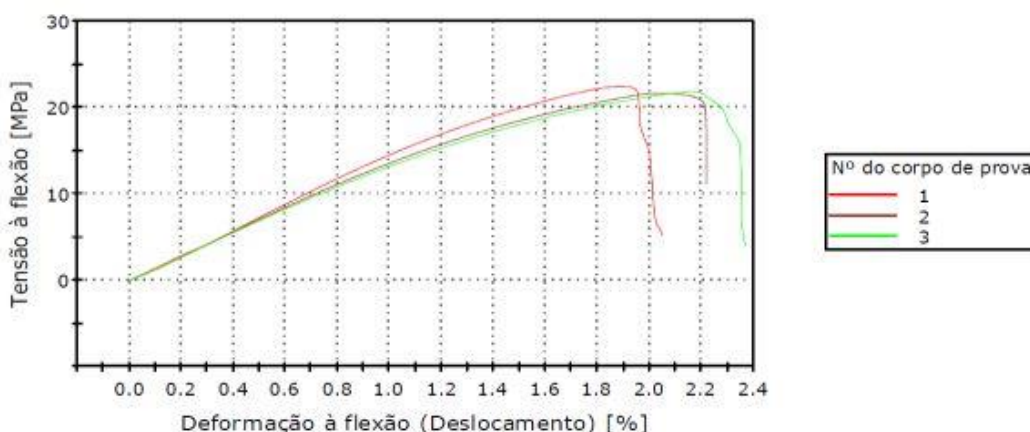
Tabela 7.4.1.1.1.3 – resultado da amostra AFK222006 com bagaço de cana

Amostra	C.P	Módulo de Elasticidade (GPa)	Módulo Secante 1% (GPa)	Resistência à Flexão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
AFK222006	1	0,49	0,46	8,65	3,05
	2	0,44	0,41	7,71	3,19
	3	0,60	0,53	9,18	2,60
Média		0,51	0,47	8,51	2,95
Desvio Padrão		0,08	0,06	0,75	0,31

Fonte: AFINKO

O gráfico 2.4.1.1.1.2 apresenta as curvas de tensão em função da deformação em flexão para a placa de bagaço de cana com traço 1:1, ou seja, utilizando-se da mesma quantidade de resina e catalizador em sua composição, como apresentado na tabela 4.3.2.1.4 – *composição das placas utilizando a fibra do bagaço da cana*, no **Capítulo 3 – MÉTODO DE PESQUISA**, subcapítulo **3.2.1 – TESTES DE COMPOSIÇÃO**.

Gráfico 2.4.1.1.1.2-curva tensão x deformação em flexão amostra AFK 222007- bagaço cana



Fonte: AFINKO

A tabela 8.4.1.1.1.4 apresenta o resultado das três amostras de bagaço de cana com traço 1:1.

Tabela 8.4.1.1.1.4 - resultado da amostra AFK222007 com bagaço de cana traço 1:1

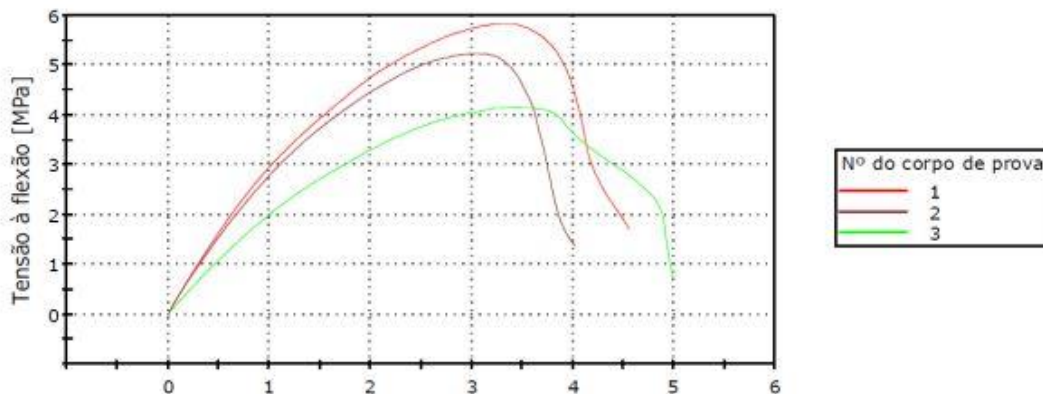
Amostra	C.P	Módulo de Elasticidade (GPa)	Módulo Secante 1% (GPa)	Resistência à Flexão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
AFK222007	1	1,54	1,45	22,37	1,92
	2	1,44	1,36	21,59	2,06
	3	1,41	1,32	21,77	2,19
Média		1,47	1,37	21,91	2,06
Desvio Padrão		0,07	0,07	0,40	0,13

Fonte: AFINKO

A diferença entre os resultados das tabelas 7.4.1.1.1.3 e 8.4.1.1.1.4 que utilizaram o bagaço da cana como fibra, foi a alteração apenas do parâmetro do traço entre resina e catalizador. Na primeira amostra (AFK222006), foi utilizado traço 2:1 como sugerido pelo processo desenvolvido por Baldan (2015). Para a segunda amostra (AFK222007), buscou-se o traço 1:1, indicado pelo fabricante. O resultado apresenta um salto da variação média, de 8,51 Mpa para 21,91 Mpa, ou seja, uma resistência duas vezes e meia (2,5x) superior, atingindo valor nominal máximo de 22,37 MPa.

A seguir, os gráficos 3.4.1.1.1.3 e 4.4.1.1.1.4 e as tabela 9.4.1.1.1.5 e 10.4.1.1.1.6, apresentarão os resultados dos ensaios nas placas em que foram utilizadas fibras de café.

Gráfico 3.4.1.1.1.3-curva tensão x deformação em flexão amostra AFK 222008 – fibra café



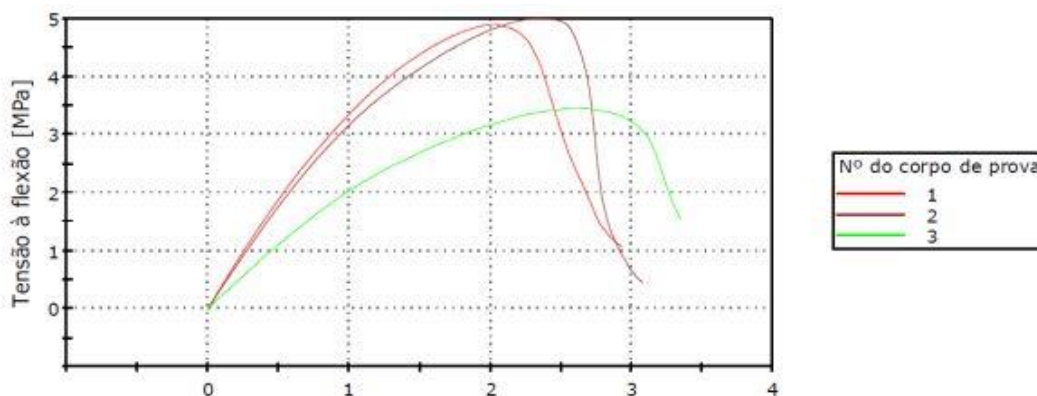
Fonte: AFINKO

Tabela 9.4.1.1.1.5 - curva tensão x deformação em flexão amostra AFK 222008 – fibra café

Amostra	C.P	Módulo de Elasticidade (GPa)	Módulo Secante 1% (GPa)	Resistência à Flexão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
AFK222008	1	0,32	0,30	5,82	3,43
	2	0,30	0,28	5,20	3,19
	3	0,21	0,20	4,11	3,70
Média		0,28	0,26	5,05	3,44
Desvio Padrão		0,06	0,05	0,87	0,26

Fonte: AFINKO

Gráfico 4.4.1.1.1.4-curva tensão x deformação em flexão amostra AFK 222009 – fibra café



Fonte: AFINKO

Tabela 10.4.1.1.1.6 - curva tensão x deformação em flexão amostra AFK 222009 – fibra café

Amostra	C.P	Módulo de Elasticidade (GPa)	Módulo Secante 1% (GPa)	Resistência à Flexão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
AFK222009	1	0,38	0,34	4,86	2,11
	2	0,36	0,32	4,99	2,42
	3	0,22	0,2	3,45	2,68
Média		0,32	0,29	4,43	2,4
Desvio Padrão		0,09	0,07	0,85	0,29

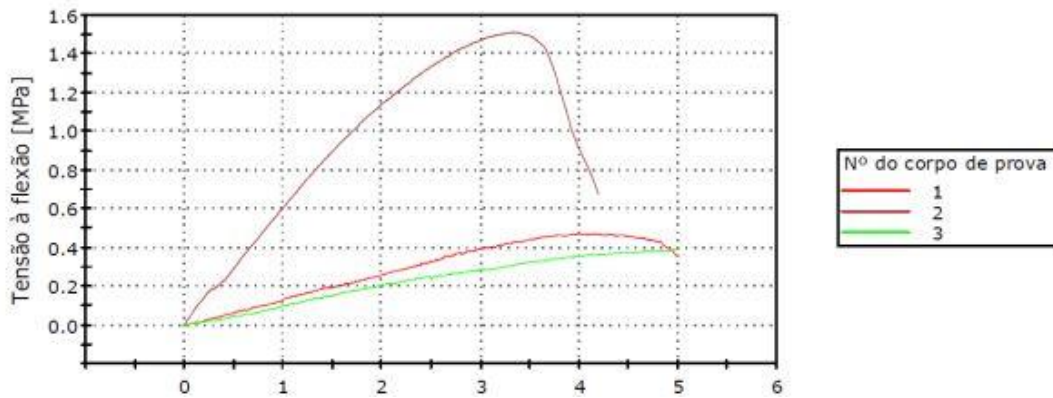
Fonte: AFINKO

A resistência do material utilizando-se da fibra do café apresentou-se, em média, metade da resistência apresentada pela fibra do bagaço da cana no traço

2:1, **4,74 Mpa** (na média ponderada entre as amostras AFK222008 – 5,05Mpa e AFK222009 – 4,43Mpa) contra **8,51 Mpa** da amostra AFK222006 com traço 2:1, respectivamente, confirmando as primeiras impressões sobre os materiais, ainda na fase de confecção.

Os próximos gráficos e tabelas apresentarão os ensaios realizados com a fibra da laranja. Necessário destacar que, dentre as fibras utilizadas nos experimentos, esta foi a que apresentou os mais baixos resultados de resistência com traço 2:1.

Gráfico 5.4.1.1.1.5-curva tensão x deformação em flexão amostra AFK 222010 – fibra laranja



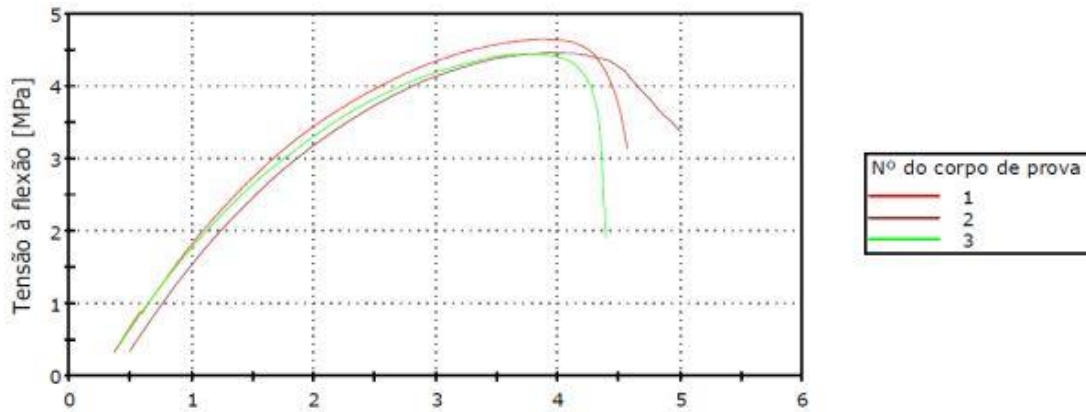
Fonte: AFINKO

Tabela 11.4.1.1.1.7 - resultados da amostra AFK222010 com fibra da laranja

Amostra	C.P	Módulo de Elasticidade (GPa)	Módulo Secante 1% (GPa)	Resistência à Flexão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
AFK222010	1	0,01	0,01	0,47	4,39
	2	0,06	0,06	1,51	3,35
	3	0,01	0,01	0,39	5,00
Média		0,03	0,03	0,79	4,25
Desvio Padrão		0,03	0,03	0,62	0,83

Fonte: AFINKO

Gráfico 6.4.1.1.1.6 -curva tensão x deformação em flexão amostra AFK 222011- fibra laranja



Fonte: AFINKO

Tabela 12.4.1.1.1.8 - resultados da amostra AFK222011 com fibra da laranja

Amostra	C.P	Módulo de Elasticidade (GPa)	Módulo Secante 1% (GPa)	Resistência à Flexão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
AFK222011	1	0,23	0,18	4,63	4,05
	2	0,23	0,15	4,46	4,12
	3	0,23	0,18	4,43	3,93
Média		0,23	0,17	4,50	4,03
Desvio Padrão		0	0,02	0,11	0,09

Fonte: AFINKO

Cabe apontar, após análise dos resultados que as amostras das chapas com a utilização da fibra da laranja apresentaram os menores número de resistência a flexão (tabelas 10.4.1.1.1.6 e 11.4.1.1.1.7), com valor médio de 2,65Mpa na média ponderada entre as amostras AFK222010 e AFK222011.

A tabela 13.4.1.1.1.9 apresenta o resumo dos resultados dos testes realizados pela empresa AFINKO. Importante observar como a amostra AFK 222007, de bagaço de cana, utilizando-se do traço 1:1 entre resina e catalizador superou, em resultados, todas as outras tendo, inclusive, valor médio muito próximo a resistência à flexão para painéis de média densidade, como sugerido pela Norma **NBR 15316-2:2019 - Painéis de fibras de média densidade. Parte 2:**

Requisitos e Métodos de Ensaio, em substituição a Norma anterior NBR 14810-2.

Importante ressaltar, inclusive, neste momento que, os resultados a que este material está sendo submetido nos diferentes testes serão comparados com os resultados dos ensaios realizados com as amostras de MDF nas mesmas condições e apresentados no subcapítulo **4.4 – CARACTERIZAÇÃO DA CHAPA MDF 9 MILÍMETROS**.

Analisando-se os dados dos testes nas amostras enviadas com os três tipos de fibras utilizadas, optou-se por escolher e seguir com a amostra AFK 222007 (bagaço de cana com traço 1:1) para a realização dos ensaios de tração e punção, bem como caracteriza-la segundo suas propriedades físicas.

Tabela 13.4.1.1.1.9 - resumo dos resultados dos testes

Amostra	Módulo de Elasticidade (GPa)	Módulo Secante 1% (GPa)	Resistência à Flexão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
AFK222006	0,51	0,47	8,51	2,95
AFK222007	1,47	1,37	21,91	2,06
AFK222008	0,28	0,26	5,05	3,44
AFK222009	0,32	0,29	4,43	2,4
AFK222010	0,03	0,03	0,79	4,25
AFK222011	0,23	0,17	4,50	4,03

Fonte: AFINKO

4.1.1.2. ENSAIOS DE TRAÇÃO – BAGAÇO DE CANA

Os testes foram realizados entre os dias 23 de agosto e 05 de setembro de 2022 sob identificação de relatório de ensaio nº AFK 2029/22 e as amostras sob nº AFK 224712. Para os ensaios foram confeccionados cinco corpos de prova com dimensões 250 x 25 x 9 milímetros. Utilizou-se, como parâmetro, a Norma NBR

ISO 527-4:2021 – “*Plastics – Determination of tensile properties – Part 4: Test conditions for isotropic fibre-reinforced plastic composites*”.

Este ensaio tem, por objetivo, deformar o material até sua fratura ou rompimento, apresentando características de verificação com o intuito de prever o ponto de falha.

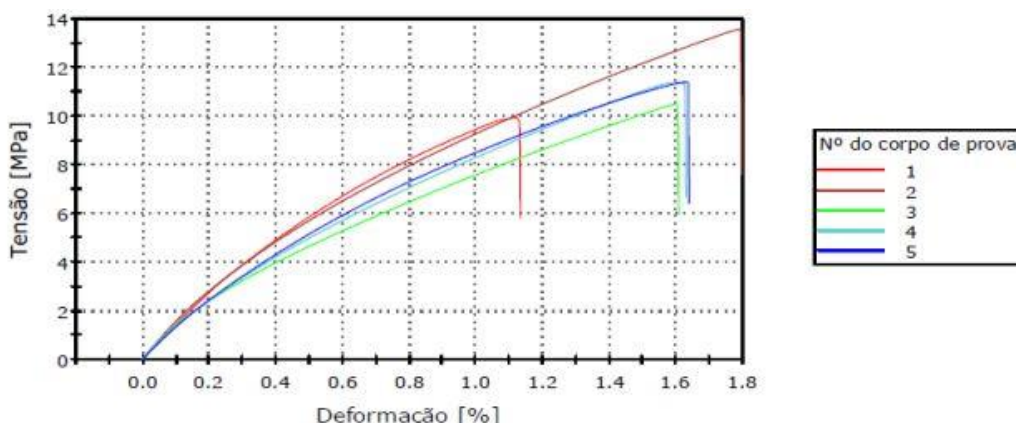
A tabela 14.4.1.1.2.1 apresenta as condições em que os testes foram realizados, enquanto o gráfico 7.4.1.1.2.1, os resultados.

Tabela 14.4.1.1.2.1– condições ensaio de tração

Norma de Referência:	Baseado em ISO 527-4:2021 – “ <i>Plastics — Determination of tensile properties — Part 4: Test conditions for isotropic and orthotropic fibre-reinforced plastic composites</i> ”
Temperatura do Laboratório: (23 ± 2)°C	Umidade do Laboratório: (50 ± 10)%
Célula de Carga: 5 kN	Número de Corpos de Prova: 05
Velocidade do Ensaio: 10mm/min.	
Distância entre Garras: 100mm	
Dimensões do Corpo de Prova:	Largura: (22,87 ± 0,63) mm
	Espessura: (8,79 ± 0,38) mm
Preparação dos Corpos de Prova:	<input type="checkbox"/> Injeção
	<input type="checkbox"/> Usinagem
	<input type="checkbox"/> Prensagem
	<input type="checkbox"/> Estampagem
	<input checked="" type="checkbox"/> Enviados pelo Cliente
Data de Realização: 05/09/2022	
Equipamento: Instron EMIC, modelo 23-30	

Fonte: AFINKO

Gráfico 7.4.1.1.2.1-resultados do ensaio de tração



Fonte: AFINKO

Tabela 15.4.1.1.2.2– condições ensaio de tração – bagaço de cana traço 1:1

Amostra	C.P	Módulo Elástico (GPa)	Tensão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
AFK224712	1	1,31	9,94	1,12
	2	1,26	13,58	1,79
	3	1,02	10,51	1,60
	4	1,08	11,35	1,62
	5	1,12	11,40	1,63
Média		1,16	11,36	1,55
Desvio Padrão		0,12	1,38	0,25

Fonte: AFINKO

O teste (tabela 15.4.1.1.2.2), apresenta números de tensão de ruptura do material com valor mínimo de 9,94 Mpa e máximo de 13,58 Mpa com valor médio de 11,36 Mpa. Estes dados serão melhor analisados quando comparados aos resultados obtidos e apresentados no subcapítulo **4.3 – CARACTERIZAÇÃO DA CHAPA DE MDF DE 9 MILÍMETROS**, subcapítulo **4.3.1.2 – ENSAIOS DE TRAÇÃO**.

4.1.1.3. ENSAIOS DE PUNÇÃO – BAGAÇO DE CANA

Assim como os ensaios de tração, os testes de punção foram realizados entre os dias 23 de agosto e 05 de setembro de 2022 sob a mesma identificação

de relatório de ensaio e amostras. Para tanto, foram confeccionados cinco corpos de prova com dimensões 90 x 90 x 9 milímetros baseados na Norma *American Society for Testing and Materials, ASTM F 1306-21 – “Standard test method for slow rate penetration resistance of flexible barrier films and laminates”*.

Este ensaio tem, por objetivo, verificar a capacidade de deformação do material, assim como sua qualidade e segurança com intuito de determinar sua ductilidade, necessária para suportar as demandas no ambiente em que será utilizada.

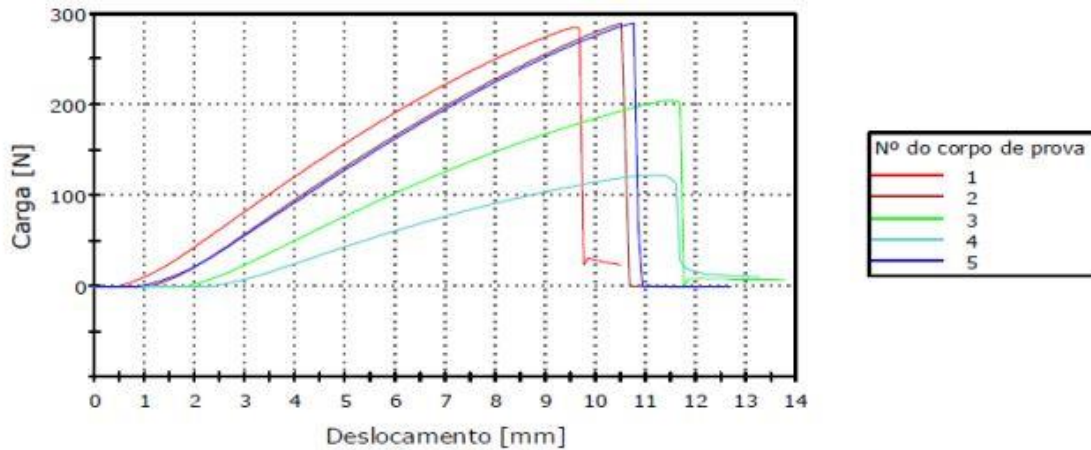
A tabela 16.4.1.1.3.1 apresenta as condições em que os testes foram realizados, enquanto o gráfico 8.4.1.1.3.1, os resultados.

Tabela 16.4.1.1.3.1 – condições de ensaio de punção

Norma de Referência:	Baseado em ASTM F1306-21 – “ <i>Standard Test Method for Slow Rate Penetration Resistance of Flexible Barrier Films and Laminates</i> ”	
Temperatura do Laboratório: (23 ± 2)°C	Umidade do Laboratório: (50 ± 10)%	
Célula de Carga: 5 kN	Número de Corpos de Prova: 05	
Velocidade do Ensaio: 50mm/min.		
Preparação dos Corpos de Prova:	<input type="checkbox"/> Injeção	
	<input type="checkbox"/> Usinagem	
	<input type="checkbox"/> Prensagem	
	<input type="checkbox"/> Estampagem	
	<input checked="" type="checkbox"/> Enviados pelo Cliente	
Data de Realização: 05/09/2022		
Equipamento: Instron EMIC, modelo 23-30		

Fonte: AFINKO

Gráfico 8.4.1.1.3.1 - resultados do ensaio de punção bagaço de cana traço 1:1



Fonte: AFINKO

Tabela 17.4.1.1.3.2 – resumo dos resultados de ensaios de tração e punção

Amostra	C.P	Carga (N)	Deslocamento (mm)
AFK224712	1	285,50	9,58
	2	289,99	10,50
	3	205,02	11,50
	4	122,38	11,17
	5	289,65	10,75
Média		238,51	10,70
Desvio Padrão		74,30	0,73

Fonte: AFINKO

O teste na amostra AFK224712 (tabela 17.4.1.1.3.2), apresentou valores de carga entre 122,38 N e 289,99 N, com valor médio de 238,51 N. Assim como os resultados obtidos no teste de tração, os números resultantes do ensaio de punção serão comparados aos resultados obtidos quando da caracterização da chapa de MDF de 9 milímetros, subcapítulo 4.3.1.3 – ENSAIOS DE PUNÇÃO.

4.1.1.4. RESUMO DOS RESULTADOS

Tabela 18.4.1.1.4.1 – resumo dos resultados de ensaios de tração e punção bagaço de cana traço 1:1

Propriedade		AFK224712
Tração	Módulo Elástico (GPa)	1,16
	Tensão na Ruptura (MPa)	11,36
	Deformação na Ruptura (%)	1,55
Punção	Carga (N)	238,51
	Deslocamento (mm)	10,70

Fonte: AFINKO

4.2. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS

Os testes têm, por objetivo, determinar o teor de absorção de água na placa desenvolvida, inchamento e determinação de densidade. Como não há normatização para este ensaio, foi utilizado a metodologia proposta por NASCIMENTO. (2003 *apud* BALDAN, 2015)

4.2.1. TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA, INCHAMENTO E DENSIDADE

Os testes foram realizados no Laboratório de Construção Civil do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (LCC – IAU/USP) entre os dias 12 e 13 de abril de 2022 e consistia na preparação de três corpos de prova nas dimensões 25 x 25 x 9 milímetros. Estas amostras ficaram imersas em 500 mililitros de água destilada durante 24 horas a temperatura ambiente. Após duas horas, os corpos de prova foram retirados para que suas massas pudessem ser aferidas e, novamente, imersos. Este processo se repetiu vinte e duas horas após para que fossem aferidas suas massas finais.

Após estes procedimentos descritos foi possível determinar o valor da absorção de água utilizando a equação:

$$A = \frac{(M2-M1)}{M1} * 100$$

Onde,

A: absorção de água da massa do agregado;

M³: massa do agregado após o período de imersão, 22 horas, em gramas;

M²: massa do agregado após o período de imersão, 2 horas, em gramas;

M¹: massa do agregado antes do período de imersão, em gramas.

Para os resultados de inchamento dos corpos de prova, foi utilizada a norma NBR 14.810 (*apud* BALDAN, 2015) para determinar, em espessura, por meio da equação:

$$I = \frac{(E2-E1)}{E1} * 100$$

Onde,

I: absorção de água do corpo de prova (%);

E³: espessura do corpo de prova após o período de imersão, 22 horas, em mm;

E²: espessura do corpo de prova após o período de imersão, 2 horas, em mm;

E¹: espessura do corpo de prova antes do período de imersão, em mm.

Utilizou-se, como parâmetro, a Norma **ABNT NBR 15316-2:2019 - Painéis de fibras de média densidade. Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio**, que versa a respeito das tolerâncias máximas dimensionais para as chapas de madeira aglomerada, uma vez que não há uma normatização específica para este tipo de ensaio em um material de base polimérica encontrando-se, apenas, na referida

Norma, menção quanto ao inchamento em 2 horas com valor de **8%**. Nos testes realizados (ver tabela 19.4.2.1.1), não houve qualquer tipo de alteração na espessura dos corpos de prova após 2 horas ocorrendo, apenas, uma pequena variação, média, de **3,1%** após 24 horas.

Tabela 19.4.2.1.1– tabela de espessuras dos corpos de prova

	Espessura inicial (mm)	Espessura 2 horas (mm)	Espessura 24 horas (mm)
CP1	0,95	0,95	0,98
CP2	1,0	1,0	1,03
CP3	0,94	0,94	0,96
média	0,96	0,96	0,99

Fonte: o autor

Para os resultados de densidade, com o objetivo de classifica-la de acordo com a normatização em baixa, média e alta densidade por meio da ABNT NBR 14.810 (*apud* BALDAN, 2015), foi utilizada a equação:

$$D = \frac{M}{V} * 1000000$$

Onde,

D: densidade em Kg/m;

M: massa em gramas;

V: volume em mm³

Assim, a tabela 20.4.2.1.2 apresenta os resultados compilados dos testes de absorção, inchamento e densidade para os três corpos de prova (CP1, CP2,

CP3) enquanto a tabela 21.4.2.1.3 apresenta as diferenças de dados em percentagens.

Tabela 20.4.2.1.2 – resumo dos resultados dos testes de absorção, volume e densidade

	CP1 inicial	CP1 2hr	CP1 22hr	CP2 inicial	CP2 2hr	CP2 22hr	CP3 inicial	CP3 2hr	CP3 22hr
Massa	23,9	24,3	24,9	23,1	23,5	24,2	23,8	24,1	24,6
Vol.	25,19	25,19	25,98	26,1	26,1	26,79	24,44	24,44	24,96
Dens.	0,94	0,96	0,96	0,88	0,90	0,90	0,97	0,98	0,98

Fonte: o autor

Tabela 21.4.2.1.3 – dados em percentagem dos testes de absorção, volume e densidade

	CP1 inicial	CP1 2 hr.	CP1 22 hr.	CP2 inicial	CP2 2 hr.	CP2 22 hr.	CP3 inicial	CP3 2 hr.	CP3 22 hr.	MÉDIA
massa	23,9	+ 1,6%	+ 4,1%	23,1	+ 1,7%	+ 4,7%	23,8	+ 1,2%	+ 3,3%	+ 2,7%
vol.	25,19	0,0%	+ 3,1%	26,1	0,0%	+ 2,6%	24,44	0,0%	+ 2,1%	+ 1,3%
dens.	0,94	+ 1,6%	+ 1,6%	0,88	+ 2,2%	+ 2,2%	0,97	+ 1,0%	+ 1,0%	+ 1,6%

Fonte: o autor

Analisando-se os dados entre as tabelas 20.4.2.1.2 e 21.4.2.1.3, nota-se alguns detalhes interessantes quanto as informações extraídas nos testes se comparadas as chapas de madeira aglomerada.

Com relação a sua massa, o CP1 apresenta uma variação de **1,6%** após 2 horas e, **4,1%** após 22 horas. O CP2 apresenta, para o mesmo período **1,7%** e **4,7%** enquanto o CP3 **1,2%** e **3,3%**, respectivamente. Como valor médio, o material desenvolvido apresenta uma variação de **1,5%** para 2 horas e **4,03%** para 22 horas. Com relação ao volume, não houve alteração nas primeiras 2 horas e, após 22 horas de teste, uma diferença de **3,1%** para o CP1, **2,6%** para o CP2 e **2,1%** para o CP3 obtendo-se valor médio de **2,6%**. Os dados referentes a densidade apresentam uma estabilização entre os tempos de testes. Para o CP1 o valor se

apresenta constante em **1,6%**, para o CP2 **2,2%** e para o CP3 em **1,0%** encontrando-se valor médio, entre os corpos de prova, de **1,6%**.

4.2.2. CARACTERIZAÇÃO QUANTO A DURABILIDADE

Os testes foram realizados pelo Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais (CCDM) da Universidade Federal de São Carlos entre os dias 25 de julho e 09 de agosto na amostra identificada como CPC 220708 fornecida por este pesquisador. Estas amostras foram preparadas para os testes de abrasão, em 12 corpos de prova com dimensões de 100 x 100 milímetros enquanto, para os ensaios de ataque químico, foi necessário a confecção de cinco novas placas para a retirada de 8 corpos de prova com dimensões de 60 x 60 milímetros, totalizando 40 amostras, seguindo as exigências da Norma **ABNT NBR 13818:2020 – Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio - anexo D**.

4.2.3. RESISTÊNCIA A ABRASÃO SUPERFICIAL

Segundo o Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais da Universidade Federal de São Carlos, o ensaio à abrasão (...) *foi realizado de acordo com os procedimentos descritos na norma ABNT NBR 13818 – Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio*. O documento sobre os ensaios ainda sinaliza que, no processo, foram utilizadas esferas de aço sobre a superfície da placa para sua classificação.

Assim, a tabela 22.4.2.3.1 apresenta o resultado a resistência à abrasão superficial.

Tabela 22.4.2.3.1 – resultado da resistência à abrasão superficial

CPC220708	Classe de abrasão	PEI 1
	Estágio de abrasão	150 ciclos

Fonte: CCDM

A mesma Norma, em seu anexo D, classifica o material em classes de abrasão que infere o índice de resistência ao desgaste superficial (ver tabela 23.4.2.3.2), conhecido como PEI – *Porcelain Enamel Institute*, nome do laboratório criador do método de ensaio.

Tabela 23.4.2.3.2 – tabela de índice de abrasão e usos

- **PEI 1 - Baixa:** estas cerâmicas podem ser utilizadas em pisos de quartos e banheiros residenciais como lavabos, onde anda-se com chinelos ou pés descalços (não são recomendadas para ambientes que exigem limpeza pesada e constante);
- **PEI 2 - Média:** podem ser utilizadas em ambientes residenciais onde geralmente caminha-se com sapatos, com excessão de cozinhas e entradas;
- **PEI 3 - Média/Alta:** podem ser utilizadas em pisos de ambientes internos residenciais como cozinhas, corredores, halls, sacadas e quintais. Estas cerâmicas não devem ser utilizadas em locais que tenham areia, ou outros materiais mais duros que esta, como sujeira abrasiva;
- **PEI 4 - Alta:** este é um piso que resiste ao alto tráfego e pode ser utilizado tanto em áreas internas, como externas. Exemplos: residências, garagens, escritórios, restaurantes, lojas, bancos, entradas, caminhos preferenciais, vendas e exposições abertas ao público e outras dependências.
- **PEI 5 - Altíssimo (e sem manchas após abrasão):** Este piso é ideal para áreas externas. Pode ser utilizado em residências, áreas públicas, shoppings, aeroportos, padarias e fast-foods.

Fonte: NBR 13818 anexo D

Assim, o material classificado como PEI 1 – BAIXA - pode ser utilizado em ambientes residenciais e, acredita-se que, também, em ambiente escolar substituindo os atuais materiais que compõe a confecção das carteiras escolares desde que não se utilizem produtos pesados de limpeza ou, que se proteja o material utilizando-se de laminado decorativo de alta pressão, aplicados nos atuais mobiliários escolares, como sugerido pela Norma e caracterizado no subcapítulo a seguir.

4.2.4. RESISTÊNCIA AO ATAQUE QUÍMICO

Com relação a resistência ao ataque químico, o certificado de ensaio CPC 22-000124 – VER. 00 realizado pelo mesmo centro de caracterização, apresenta (...) a capacidade do vidro se manter estável, sob aspecto visual, mediante o ataque de reagentes agressivos, simulando situações comuns de uso. P.01. Foram aplicados, para o teste, reagentes como cloreto de amônia (produtos químicos domésticos), hipoclorítico de sódio (tratamento de água de piscina), ácido clorídrico cítrico e láctico em alta e baixa concentração e hidróxido de potássio a 30g/l e 100g/L. Para este ensaio, foi utilizada a Norma **ABNT NBR 13818:2017 – anexo H – Determinação do ataque químico.**

A tabela 24.4.2.4.1 apresenta o resultado da caracterização do material.

Tabela 24.4.2.4.1 – resultados do ensaio de ataque químico

Determinação da Resistência ao Ataque Químico NBR 13818:1997 - Anexo H					
	Placa 1	Placa 2	Placa 3	Placa 4	Placa 5
Produtos domésticos e de piscina					
1-Cloreto de amônia - 100g/L	UB	UB	UB	UB	UB
2-Hipoclorito sódio - 20mg/L	UB	UB	UB	UB	UB
Ácidos e Bases de baixa concentração					
3-Ácido Clorídrico - 3%	ULB	ULB	ULB	ULB	ULB
4-Ácido cítrico - 100g/L	ULB	ULB	ULB	ULB	ULB
5-Hidróxido de Potássio - 30 g/L	ULC	ULC	ULC	ULC	ULC
Ácidos e Bases de alta concentração					
6-Ácido clorídrico - 18%	UHB	UHB	UHB	UHB	UHB
7-Ácido láctico - 5%	UHB	UHB	UHB	UHB	UHB
8-Hidróxido de Potássio - 100 g/L	UHC	UHC	UHC	UHC	UHC
Códigos utilizados:					
U: placa cerâmica não esmaltada	A: resistência química mais elevada (efeitos não visíveis)				
H: solução de alta concentração	B: resistência química média (mudança de aspecto)				
L: solução de baixa concentração	C: resistência química mais baixa (perda total ou parcial da superfície)				

Fonte: CCDM

O resultado apresenta, para produtos domésticos e de piscina, além de ácidos e bases de baixa concentração, com exceção do hidróxido de potássio

30g/L, uma resistência química média, ou seja, onde há uma mudança no aspecto do material.

Firma-se, portanto, e a luz dos fatos, que o material desenvolvido deva ser protegido por laminado decorativo de alta pressão, assim como os atuais materiais utilizados na confecção dos mobiliários escolares, com o intuito de se evitar danos.

Após os ensaios realizados para caracterizar o material desenvolvido, optou-se por repeti-los em amostras de MDF – um dos materiais utilizados na confecção dos mobiliários escolares atuais – na espessura de 9 milímetros (medida mais próxima das placas desenvolvidas), no mesmo laboratório onde as placas poliméricas com adição de fibras foram caracterizadas e nas mesmas condições e equipamentos.

Todos os dados obtidos por meio das caracterizações mecânica e de propriedades físicas da placa polimérica com adição do bagaço da cana no traço 1:1 foram comparados aos resultados obtidos por meio do mesmo procedimento nos corpos de prova de MDF de 9 milímetros. Optou-se por não realizar a caracterização quanto a durabilidade (resistência a abrasão superficial e resistência ao ataque químico) uma vez que o material utilizado nas carteiras escolares são revestidas com laminado melamínico.

Na sequência, o subcapítulo **4.3 – CARACTERIZAÇÃO DA CHAPA DE MDF 9 MILÍMETROS**, apresentará o processo de caracterização de uma placa de MDF de 9 milímetros nas mesmas condições em que foram realizados os testes com a placa desenvolvida neste trabalho, com propósito de comparar os resultados com intuito de justificar esta Tese quanto a sugestão de possibilidade na substituição dos atuais materiais utilizados na confecção dos mobiliários escolares por este, desenvolvido pelo pesquisador.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DA CHAPA DE MDF 9 MILÍMETROS

Apesar de se encontrar resultados de caracterização mecânica de chapas de MDF em revisões bibliográficas, optou-se pela realização dos testes nos mesmos parâmetros aplicados as placas do novo material com o propósito de comparação, nas mesmas condições, dos resultados, entre eles. Assim, uma chapa comum de MDF cru com medidas de 2750 x 1850 x 9 milímetros foi adquirida em loja especializada na cidade de São Carlos, cortada e enviada a empresa Afinko para os mesmos testes e nos mesmos equipamentos a que a placa de fibra de bagaço de cana no traço 1:1 foi submetida. A chapa, além de servir, em uso, para obtenção dos resultados de caracterização mecânica, também foi utilizada para a construção dos primeiros *mock ups* do mobiliário, apresentado ao longo do **Capítulo 3 – MÉTODO DE PESQUISA**, subcapítulo **3.3.2 – CONSTRUÇÃO DOS *MOCK UPS***, deste trabalho.

4.3.1. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

São ensaios de caracterização mecânica os testes de flexão, tração e punção que tem, por objetivo, neste caso, comparar os resultados de um dos materiais utilizados na confecção de mobiliários escolares com o material desenvolvido nesta pesquisa.

Figura 86.4.3.1.1 – identificação e organização das amostras de mdf para ensaios



Fonte: AFINKO

4.3.1.1. ENSAIOS DE FLEXÃO

Os testes de flexão, tração e punção foram realizados entre os dias 03 e 17 de outubro de 2022 sob a identificação AFK 2459/22. Estas amostras derivam de uma placa de MDF adquirida em loja especializada na cidade de São Carlos e foram cortadas em cinco partes sequenciais com dimensões de 250 x 25 x 9 milímetros totalizando, assim, cinco amostras, identificadas, pela empresa, sob o número AFK 226048 (Ver tabela 25.4.3.1.1). Utilizou-se, para os testes a Norma de referência **ASTM D790:2017 – Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials**, a mesma utilizada na caracterização da placa desenvolvida neste trabalho.

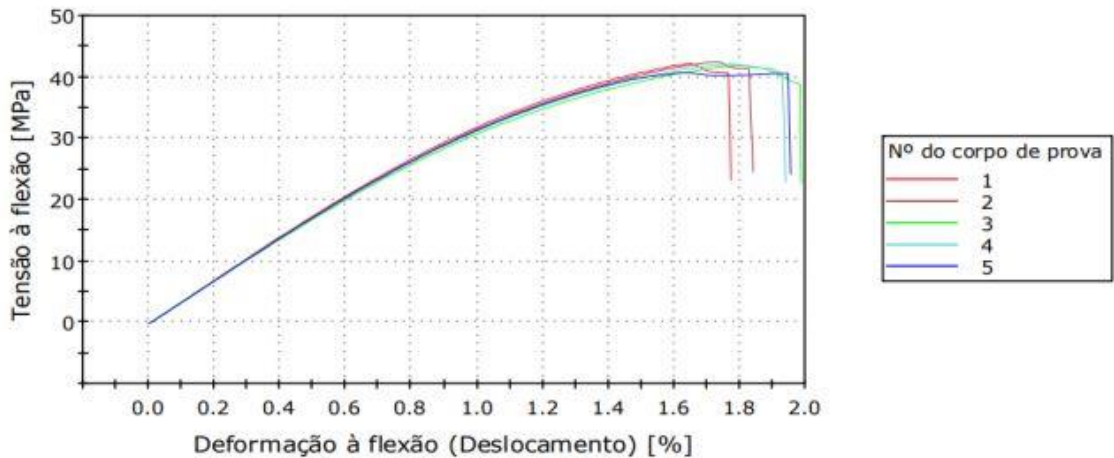
Tabela 25.4.3.1.1.1 – condições de realização dos ensaios

ASTM D790:17 – “Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials”	
Norma de Referência:	<i>Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials</i>
Temperatura do Laboratório: 25,0°C	Umidade do Laboratório: 49%
Célula de Carga: 5 kN	Número de Corpos de Prova: 05
Velocidade do Ensaio: 38 mm/min	Span: 144 mm
Dimensões do Corpo de Prova:	Largura: (49,36 ± 0,23) mm
	Espessura: (9,07 ± 0,01) mm
Preparação dos Corpos de Prova:	<input type="checkbox"/> Injeção
	<input type="checkbox"/> Usinagem
	<input type="checkbox"/> Prensagem
	<input type="checkbox"/> Estampagem
	<input checked="" type="checkbox"/> Enviados pelo Cliente
Data de Realização: 17/10/2022	
Equipamento: Instron EMIC, modelo 23-30	

Fonte: AFINKO

A tabela 25.4.3.1.1.1 apresenta as condições em que os testes foram realizados, enquanto o gráfico 9.4.3.1.1.1 a curva de tensão pela deformação em flexão e a tabela 26.4.3.1.1.2, os resultados.

Gráfico 9.4.3.1.1.1 - curva tensão x deformação em flexão amostra AFK 222048



Fonte: AFINKO

Tabela 26.4.3.1.1.2 – resultados em flexão na amostra AFK 222048

Amostra	C.P.	Módulo Elástico (GPa)	Resistência à Flexão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
AFK226048	1	3,57	40,65	1,76
	2	3,52	41,35	1,81
	3	3,47	41,81	1,81
	4	3,51	40,42	1,93
	5	3,52	40,56	1,93
Média		3,52	40,96	1,85
Desvio Padrão		0,04	0,60	0,08

Fonte: AFINKO

Os resultados a flexão apresentaram números bem uniformes, entre 40,42 Mpa como valor mínimo e 41,81 Mpa máximo, com valor médio de 40,96 Mpa. Como mencionado, estes valores serão comparados aos resultados obtidos quando do ensaio de flexão da chapa de bagaço de cana no subcapítulo **4.5 – COMPARAÇÃO DOS MATERIAIS.**

4.3.1.2. ENSAIOS DE TRAÇÃO

Para os ensaios foram confeccionados cinco corpos de prova com dimensões 250 x 25 x 9 milímetros. Utilizou-se, como parâmetro, a Norma **NBR ISO 527-4:2021 – “Plastics – Determination of tensile properties – Part 4: Test conditions for isotropic fibre-reinforced plastic composites”**, a mesma utilizada na caracterização da placa desenvolvida neste trabalho.

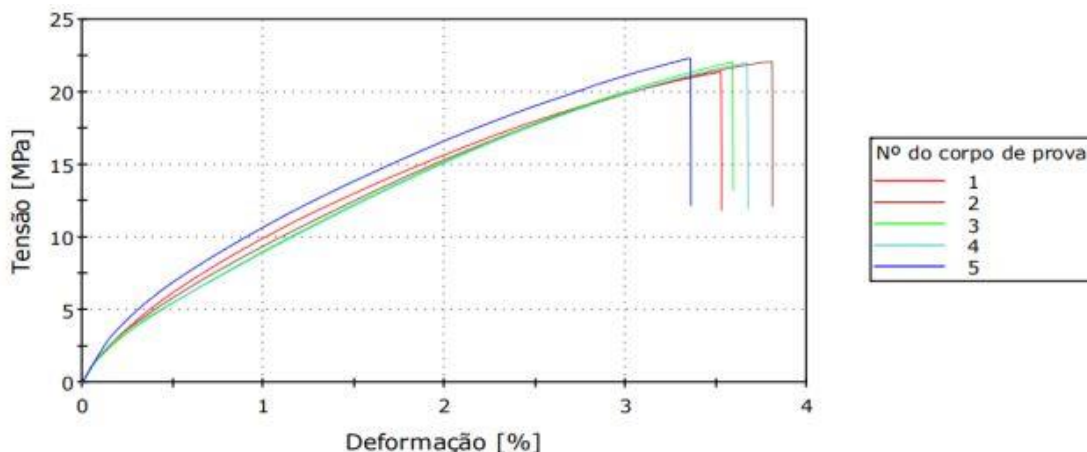
Tabela 27.4.3.1.2.1 – condições de ensaio de Tração

Norma de Referência:	Procedimento baseado na norma ISO 527-4:2021 – “ <i>Plastics — Determination of tensile properties — Part 4: Test conditions for isotropic and orthotropic fibre-reinforced plastic composites</i> ”	
Temperatura do Laboratório: 24,8°C	Umidade do Laboratório: 50%	
Célula de Carga: 30 kN	Número de Corpos de Prova: 05	
Velocidade do Ensaio: 10 mm/min		
Distância entre Garras: 150 mm		
Dimensões do Corpo de Prova:	Largura: (25,14 ± 0,04) mm	
	Espessura: (9,06 ± 0,01) mm	
Preparação dos Corpos de Prova:	<input type="checkbox"/> Injeção	
	<input type="checkbox"/> Usinagem	
	<input type="checkbox"/> Prensagem	
	<input type="checkbox"/> Estampagem	
	<input checked="" type="checkbox"/> Enviados pelo Cliente	
Data de Realização: 17/10/2022		
Equipamento: Instron EMIC, modelo 23-30		

Fonte: AFINKO

A tabela 27.4.3.1.2.1 apresenta as condições em que os testes foram realizados enquanto o gráfico 10.4.3.1.2.1 a relação entre a curva de tensão pela deformação em flexão enquanto a tabela 28.4.3.1.2.2, os resultados dos testes de tração.

Gráfico 10.4.3.1.2.1 - curva tensão x deformação em flexão amostra AFK 222048



Fonte: AFINKO

Tabela 28.4.3.1.2.2 – resultados da amostra AFK 222048

Amostra	C.P	Módulo Elástico (GPa)	Tensão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
AFK226048	1	1,31	21,35	3,52
	2	1,29	22,09	3,80
	3	1,19	22,06	3,59
	4	1,26	21,99	3,67
	5	1,65	22,32	3,35
Média		1,34	21,96	3,59
Desvio Padrão		0,18	0,36	0,17

Fonte: AFINKO

Os resultados do teste apresentaram valores também muito próximos entre mínimo e máximo, respectivamente, 21,35 Mpa e 22,32 Mpa com valor médio de 21,96 Mpa. Como referido, as comparações entre os materiais dar-se-ão no subcapítulo **4.5 – COMPARAÇÃO DOS MATERIAIS.**

4.3.1.3. ENSAIOS DE PUNÇÃO

Para os ensaios foram confeccionados cinco corpos de prova com dimensões 90 x 90 x 9 milímetros e foram baseados na Norma **American Society**

for Testing and Materials, ASTM F 1306-21 – “ Standard test method for slow rate penetration resistance of flexible barrier films and laminates”, sendo a mesma referência utilizada nos testes de punção quando da caracterização da placa desenvolvida neste trabalho.

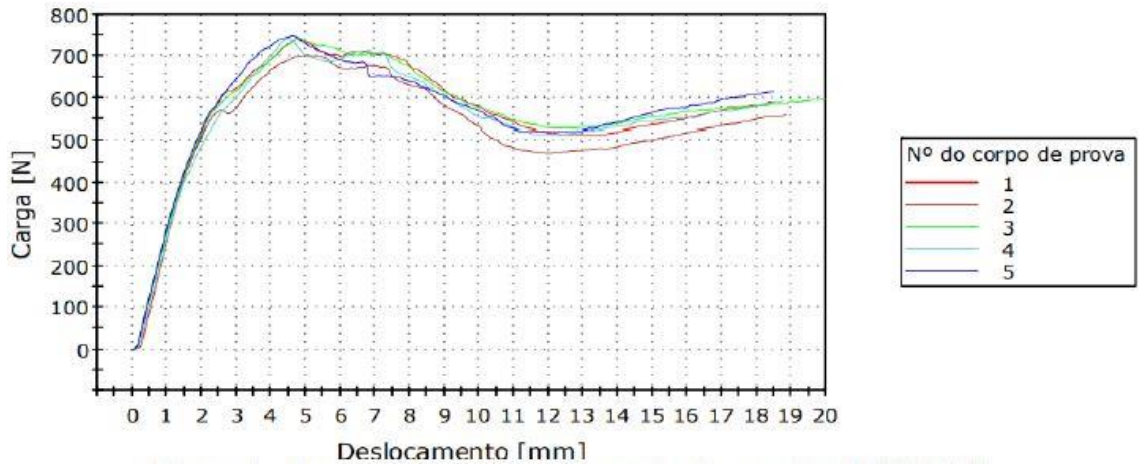
A tabela 29.4.3.1.3.1 apresenta as condições em que os testes foram realizados, o gráfico 11.4.3.1.3.1 a carga pelo deslocamento, enquanto a figura 30.4.3.1.3.2, os resultados dos testes de punção.

Tabela 29.4.3.1.3.1 – condições de ensaio de punção

Norma de Referência:	Procedimento baseado na norma ASTM F1306:21 – “Standard Test Method for Slow Rate Penetration Resistance of Flexible Barrier Films and Laminates”	
Temperatura do Laboratório: 24,8°C	Umidade do Laboratório: 47%	
Célula de Carga: 5 kN	Número de Corpos de Prova: 05	
Velocidade do Ensaio: 50 mm/min		
Preparação dos Corpos de Prova:	<input type="checkbox"/> Injeção	
	<input type="checkbox"/> Usinagem	
	<input type="checkbox"/> Prensagem	
	<input type="checkbox"/> Estampagem	
	<input checked="" type="checkbox"/> Enviados pelo Cliente	
Data de Realização: 17/10/2022		
Equipamento: Instron EMIC, modelo 23-30		

Fonte: AFINKO

Gráfico 11.4.3.1.3.1 - carga x deslocamento na amostra AFK 226048



Fonte: AFINKO

Tabela 30.4.3.1.3.2 – resultados do ensaio de punção

Amostra	C.P	Carga Máxima (N)	Deslocamento (mm)
AFK226048	1	739,94	4,75
	2	702,58	5,00
	3	741,20	4,83
	4	739,36	4,42
	5	717,72	4,67
Média		734,16	4,74
Desvio Padrão		17,97	0,22

Fonte: AFINKO

O teste de punção na amostra AFK25256048 apresentou resultados entre 702,58 N e 741,20 N com valor médio de 734,16 N que serão utilizados na comparação com os testes realizados na chapa de bagaço de cana.

4.3.1.4. RESUMO DOS RESULTADOS

Tabela 31.4.3.1.4.1 – resumo dos resultados de ensaios de tração, punção e flexão da placa MDF

Ensaio	Propriedade	AFK226048
Tração	Módulo Elástico (GPa)	1,34
	Tensão na Ruptura (MPa)	21,96
	Deformação na Ruptura (%)	3,59
Punção	Carga Máxima (N)	734,16
	Deslocamento (mm)	4,74
Flexão	Módulo Elástico (GPa)	3,52
	Resistência à Flexão na Ruptura (MPa)	40,96
	Deformação na Ruptura (%)	1,85

Fonte: AFINKO

A tabela 31.4.3.1.4.1 apresenta o resumo dos resultados da caracterização mecânica na chapa de MDF, resultados, estes, que serão usados na comparação dos dados obtidos com a chapa de poliuretana com fibra de bagaço de cana no traço 1:1.

4.4. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS

Os testes têm, por objetivo, determinar o teor de absorção de água na chapa de MDF, inchamento e determinação de densidade utilizando-se do mesmo procedimento quanto aos testes na placa de bagaço de cana com objetivo de se obter dados mais precisos, comparando os resultados de ambos, ao final deste capítulo, a Norma **ABNT NBR 15316-2: 2019 - Painéis de fibras de média densidade. Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio.**

4.4.1. TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA, INCHAMENTO E DENSIDADE

Os testes foram realizados no Laboratório de Construção Civil do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (LCC – IAU/USP) entre os dias 10 e 11 de janeiro de 2023 e consistia na preparação de três corpos de prova nas dimensões 25 x 25 x 9 milímetros. Estas amostras ficaram imersas em 500 mililitros de água destilada durante 24 horas a temperatura ambiente. Após duas horas, os corpos de prova foram retirados para que suas massas pudessem ser aferidas e, novamente, imersos. Este processo se repetiu vinte e duas horas depois para que fossem, medidas, suas massas finais.

Tabela 32.4.4.1.1– tabela de espessuras dos corpos de prova

	Espessura inicial (mm)	Espessura 2 horas (mm)	Espessura 24horas (mm)
CP1	8,75	9,65	11,80
CP2	8,73	9,69	11,82
CP3	8,74	9,78	12,00
média	8,74	9,70	11,87

Fonte: o autor

O primeiro ponto a ser destacado, na tabela 32.4.4.1.1, refere-se a espessura média da placa de MDF. Segundo a Norma **ABNT NBR 15316-2:2019 - Painéis de fibras de média densidade. Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio**, a tolerância máxima na variação para placas de 9 milímetros é de +- 0,2mm. Entretanto, os testes realizados apresentaram uma variação média de 0,26mm, um pouco acima do permitido.

Com relação as espessuras encontradas após os testes, a Norma apresenta especificação para inchamento máximo apenas para 24 horas, com tolerância de

17%. Nos ensaios realizados, obteve-se uma variação nominal de **+3,13** milímetros ou **35,84%** (tabela 33.4.4.1.2), para o período observado.

Tabela 33.4.4.1.2 – tabela, em porcentagem, das variações de espessura dos corpos de prova

	# inicial	# após 2 hr	# após 22 hr
CP1	8,75	10,28%	34,85%
CP2	8,73	10,99%	35,39%
CP3	8,74	11,89%	37,29%
Média	8,74	11,05%	35,84%

Fonte: o autor

Tabela 34.4.4.1.3 – resumo dos resultados dos testes de absorção, volume e densidade

	cp1 inicial	cp1 2 hr	cp1 22hr	cp2 inicial	cp2 2 hr	cp2 22hr	cp3 inicial	cp3 2 hr	cp3 22hr
massa	12,98	13,95	17,39	13,06	13,79	17,49	13,05	14,00	17,62
vol.	21,13	24,07	29,02	21,17	24,15	29,49	21,24	24,15	29,82
den.	0,61	0,57	0,59	0,61	0,57	0,59	0,61	0,57	0,59

Fonte: o autor

Tabela 35.4.4.1.4 – dados, em porcentagem, dos testes de absorção, volume e densidade

	CP1 inicial	CP1 2 hr.	CP1 22 hr.	CP2 inicial	CP2 2 hr.	CP2 22 hr.	CP3 inicial	CP3 2 hr.	CP3 22 hr.	MÉDIA 2 hr.	MÉDIA 22 hr.
massa	12,98	+ 7,47%	+ 33,97%	13,06	+ 5,58%	+ 33,92%	13,05	+ 7,27%	+ 35,01%	+ 6,77%	+ 34,3%
vol.	21,13	+ 13,91%	+ 37,34%	21,17	+ 14,07%	+ 39,30%	21,24	+ 13,70%	+ 40,39%	+ 13,89%	+ 39,01%
dens.	0,61	-6,56%	-3,28%	0,61	-6,56%	-3,28%	0,61	-6,56%	-3,28%	+ 1,6%	+ 1,6%

Fonte: o autor

4.5. COMPARAÇÃO DOS MATERIAIS

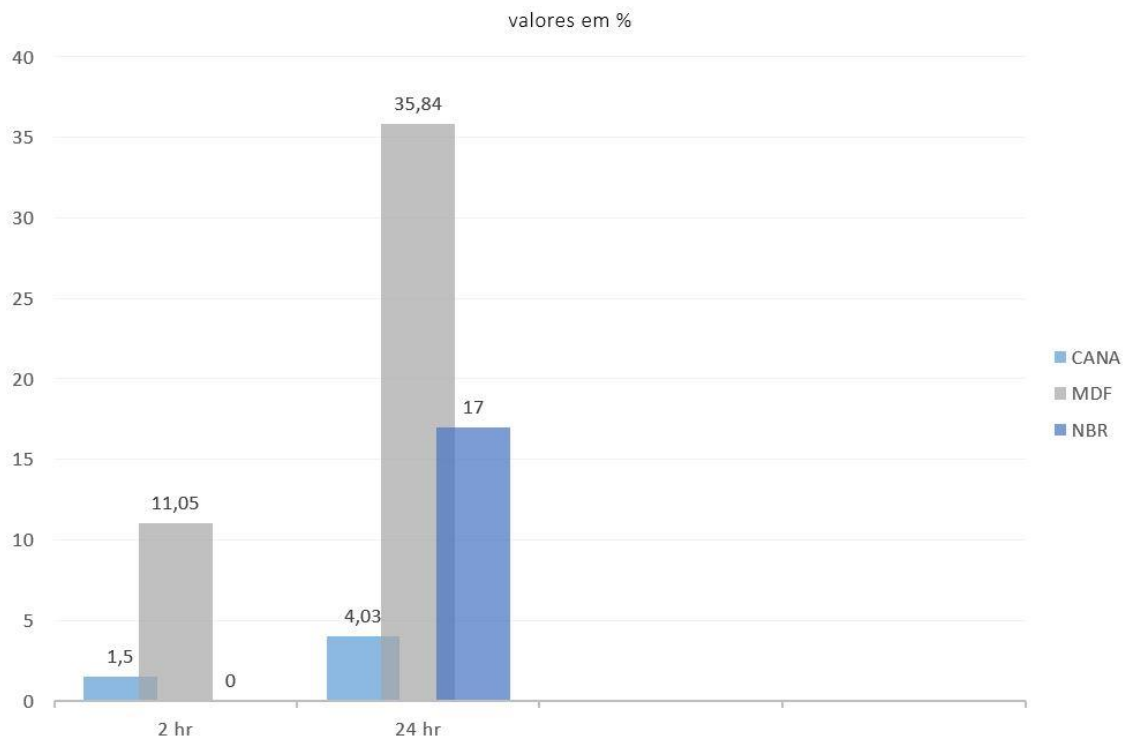
Este subcapítulo tem, como finalidade, apresentar os dados obtidos nos diferentes ensaios entre os dois materiais, comparando-os e, quando possível,

cotejando-os aos valores indicados na Norma **ABNT NBR 15316-2:2019 - Painéis de fibras de média densidade. Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio**. Para isso, parâmetros serão criados para facilitar a construção e entendimento dos resultados. Para a placa desenvolvida será utilizada a expressão CANA e para a placa de MDF simplesmente MDF. Já para a Norma de referência será utilizado as iniciais NBR.

4.5.1. COMPARAÇÃO QUANTO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS

O gráfico 12.4.5.1.1 apresenta a comparação dos valores para inchamento de 2 e 24 horas, sendo, a primeira, uma comparação direta entre os materiais e a última, normatizada pela **ABNT NBR 15316-2:2019 - Painéis de fibras de média densidade. Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio**.

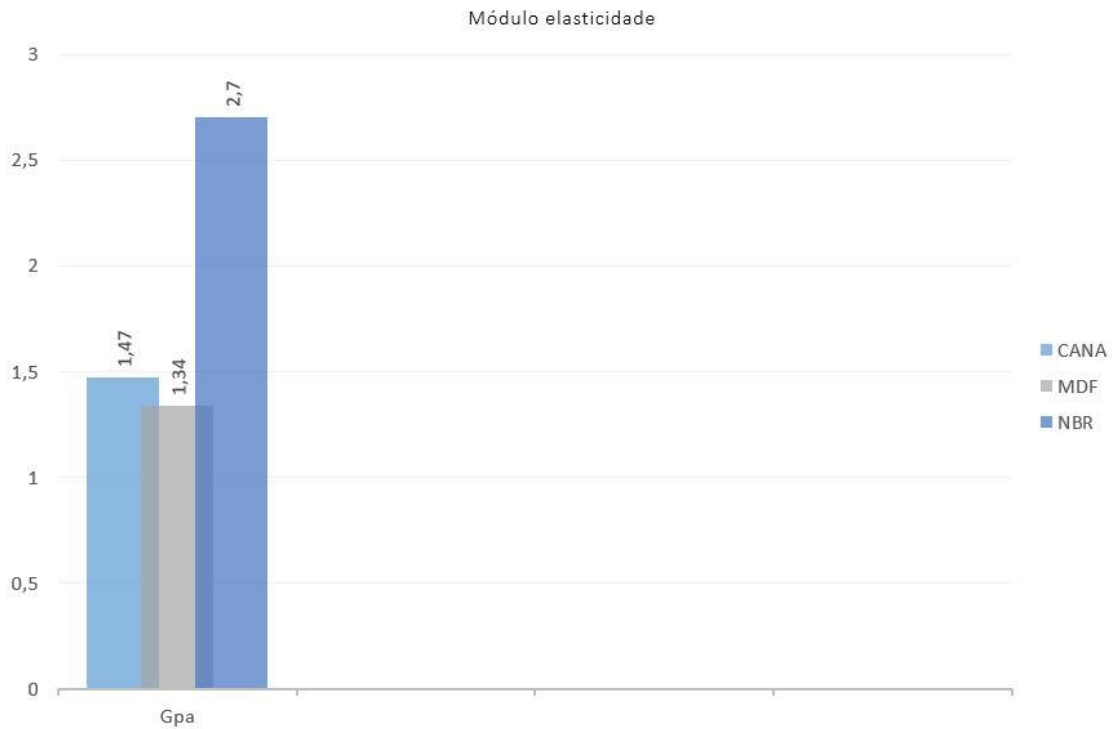
Gráfico 12.4.5.1.1 - comparação de dados para inchamento de 2 hr e 24 hr



Fonte: o autor

Nota-se que, o material desenvolvido nesta pesquisa, apresentou uma taxa oito vezes (8x) menor de absorção se comparada ao MDF no período de 2 horas e, nove vezes (9x) maior no período de 24 horas. Se comparado ao valor da Norma vigente, o material feito de poliuretana com fibras do bagaço cana, possui uma taxa de absorção quatro vezes (4x) menor e, comparando-o ao MDF, uma taxa de aproximadamente nove vezes (9x) menor na taxa de absorção. Importante destacar que o valor médio de absorção obtido nos corpos de prova do MDF é superior – mais do que o dobro – do permitido pela Norma brasileira, **35,84%** ante os **17%**, respectivamente.

Gráfico 13.4.5.1.2 - comparação de dados para módulo elasticidade

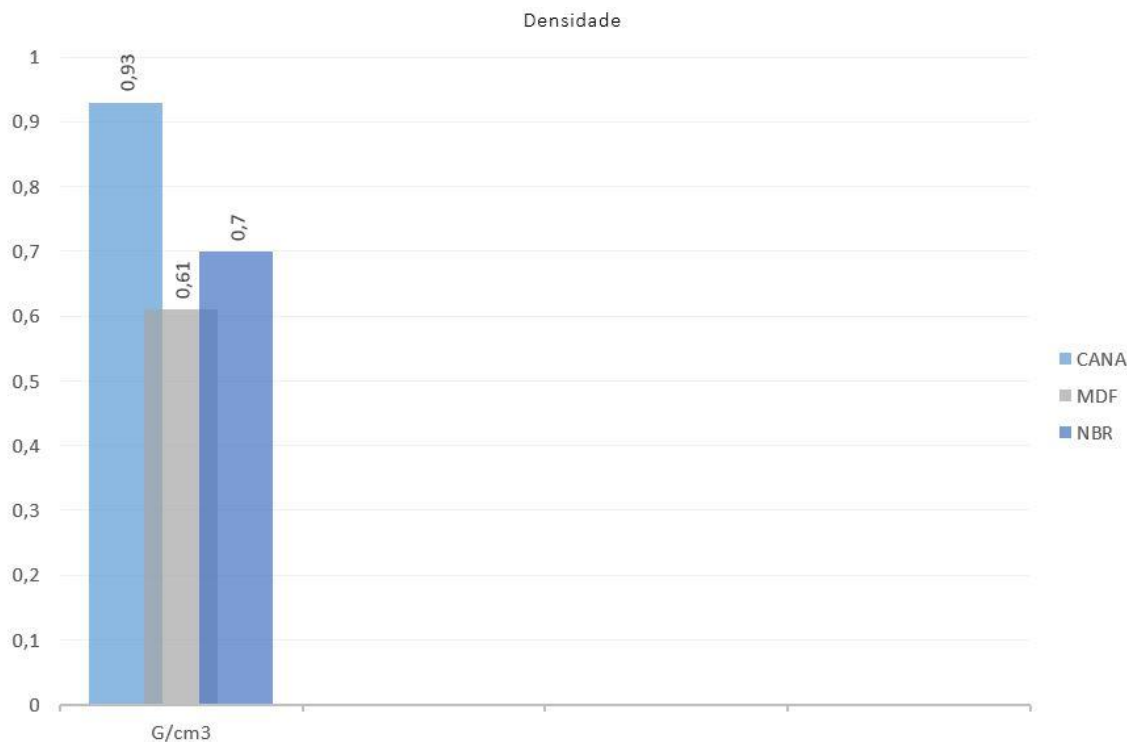


Fonte: o autor

O gráfico 13.4.5.1.2 apresenta comparação entre o valor máximo permitido pela Norma para modulo de elasticidade. Nota-se que, tanto o

resultado do material desenvolvido quanto os valores encontrados para o MDF encontram-se bem abaixo estipulado.

Gráfico 14.4.5.1.3 - comparação de dados de densidade



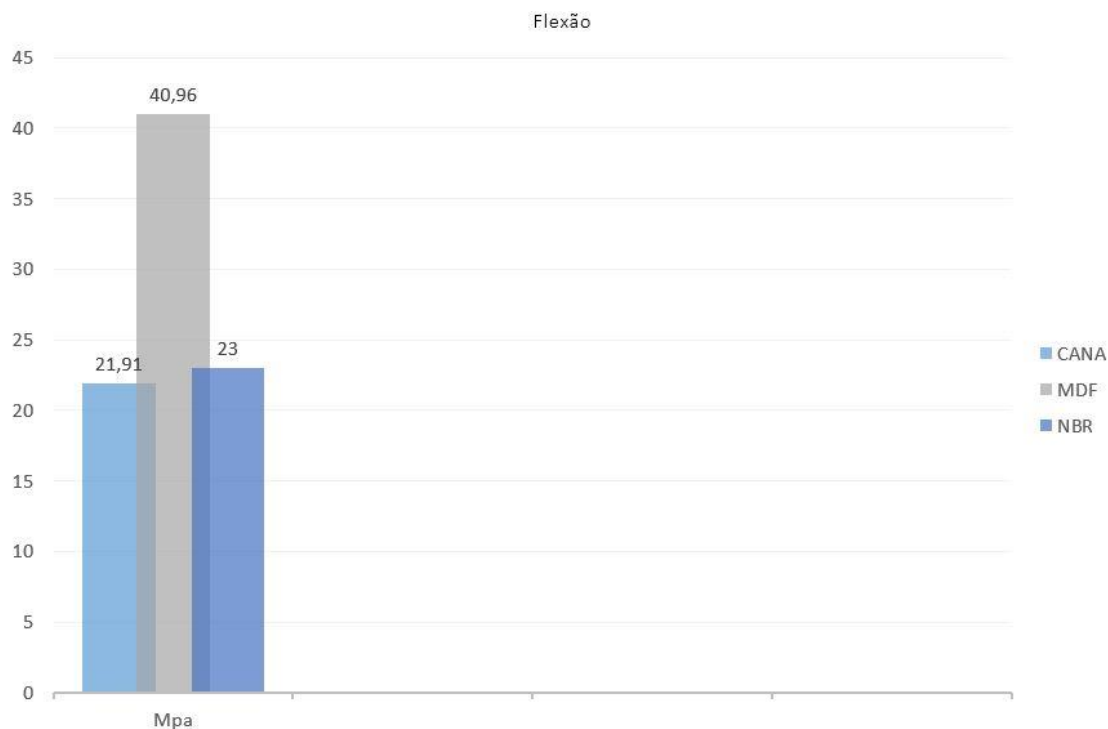
Fonte: o autor

4.5.2. COMPARAÇÃO QUANTO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Um dos dados mais importantes quanto as caracterizações do material em desenvolvimento referem-se aos testes de flexão, uma vez que os resultados apontam para a resistência e, conseqüentemente, as possibilidades de uso na confecção das carteiras escolares.

Observa-se, no gráfico 15.4.5.2.1, que o valor médio obtido nos resultados da CANA ficou em 4,74% abaixo do que é recomendado pela Norma. Já o desempenho do MDF, quanto a resistência, superou, em quase duas vezes (2x), o valor normatizado.

Gráfico 15.4.5.2.1 - comparação de dados de flexão

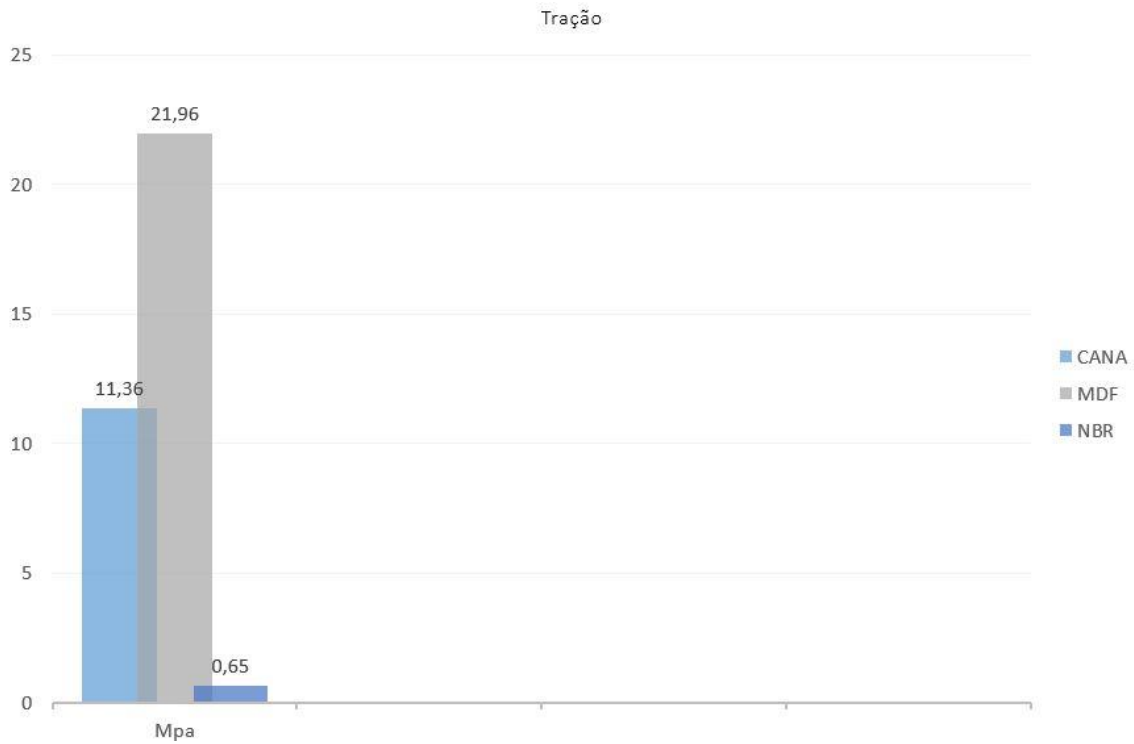


Fonte: o autor

Entende-se que, para o material em desenvolvimento, pequenos ajustes sejam necessários na sua confecção para atingir o valor recomendado pela Norma como, por exemplo, o aumento de sua espessura visto que, segundo a **ABNT NBR 15316-2:2019 - Painéis de fibras de média densidade. Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio**, o valor referência de 23 Mpa compreende as espessuras entre 6 e 9mm e 22 Mpa para espessuras entre 9 e 12 mm, lembrando que, o valor mais alto atingido nos testes foi de 22,37Mpa.

Os gráficos 16.4.5.2.2 e 17.4.5.2.3 apresentam comparações entre os materiais com a Norma **ABNT NBR 15.316-2:2019 - Painéis de fibras de média densidade. Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio**, nos ensaios de tração e punção e deslocamento.

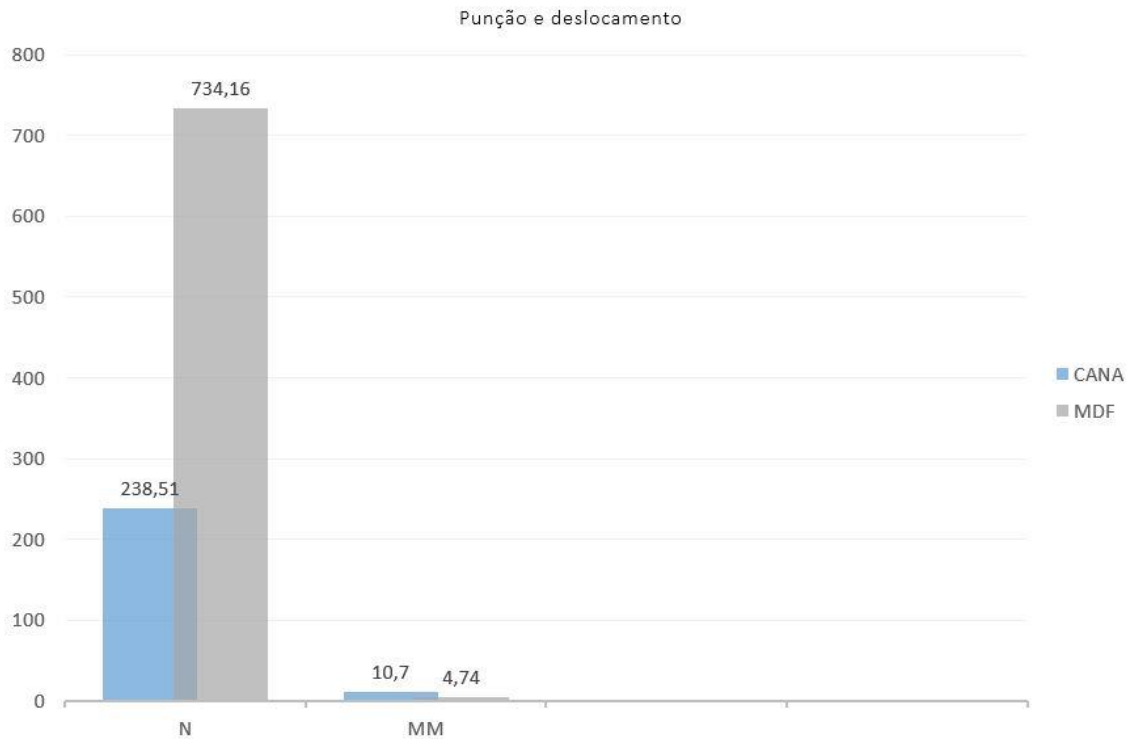
Gráfico 16.4.5.2.2 - comparação de dados para tração



Fonte: o autor

O gráfico 16.4.5.2.2, apresenta resultados muito acima do que sugerido pela Norma sendo, o valor nominal do MDF, quase o dobro do alcançado pela placa com bagaço de cana e, este último, apresentando valor superior de quase dezoito vezes (18X) ao valor mínimo nominal exigido pela Norma.

Gráfico 17.4.5.2.3 - comparação de dados para punção e deslocamento



Fonte: o autor

Com relação ao gráfico 17.4.5.2.3, não se obteve dados que normatizassem os ensaios e, portanto, realizou-se, apenas, a comparação entre a placa com bagaço de cana e MDF tendo, este último, melhor resultado.

Indubitavelmente a pesquisa, o desenvolvimento e a caracterização das placas de poliuretana termofixa com adição de fibras naturais, com especial atenção ao uso do bagaço de cana, mostrou-se promissora na ideia de uso ou mesmo de substituição das atuais chapas de MDF e MDP. Apesar do resultado de resistência a flexão oferecer valor médio um pouco abaixo do recomendado pela Norma **ABNT NBR 15316-2:2019 – Painéis de fibras de média densidade. Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio, 21,91 Mpa e 23 Mpa**, respectivamente para espessuras entre seis e nove milímetros, acredita-se que pequenos ajustes no processo possam corrigir esta deficiência.

4.6. CARACTERIZAÇÃO APÓCRIFA

Chamada de caracterização apócrifa pelo pesquisador, este subcapítulo apresentará testes que não compõem os ensaios comumente utilizados para a caracterização de materiais e, tão pouco, possuem menção pela normalização brasileira. São testes utilizados, por este autor, com intuito de verificação de detalhes ou possibilidades específicas quanto ao uso e confecção do material, tanto no espaço de ensino, quanto na sua produção, respectivamente.

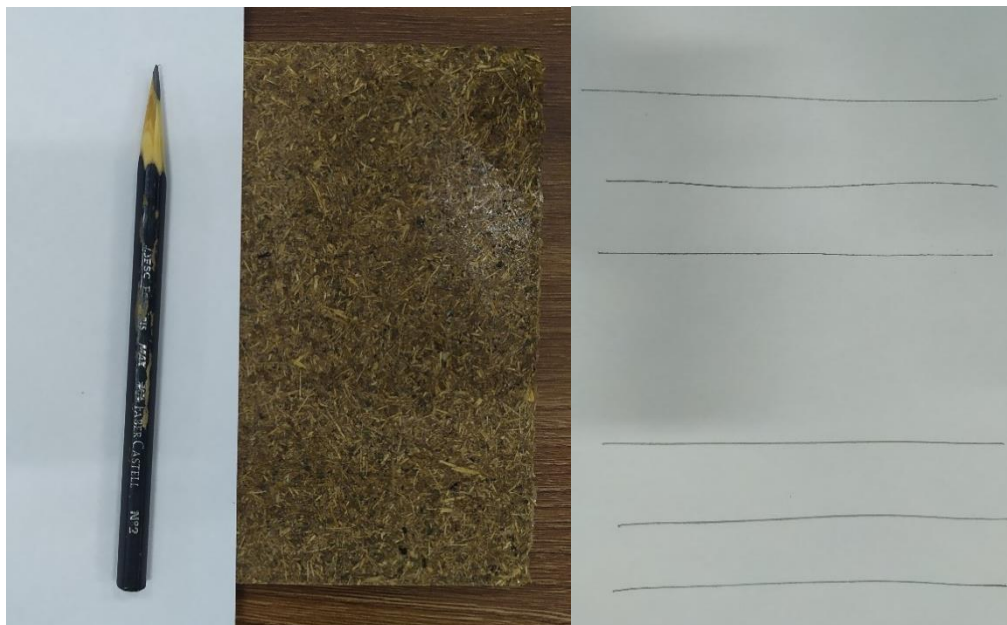
4.6.1. QUANTO AO RISCO

Este teste consiste, basicamente, em verificar a lisura do material, sendo realizado nas dependências do LCC/IAUUSP no dia 11 de janeiro de 2023. Para isso, utilizou-se um lápis grafite 2B e uma folha branca sulfite gramatura 75g sobre a placa desenvolvida. (Figura 87.4.6.1.1)

Por se tratar de um material que utiliza em sua composição 70% de fibra de bagaço de cana, deve-se registrar que o comportamento da placa frente ao teste foi superior ao imaginado pelo pesquisador. A mesma figura apresenta o resultado dos traços em grafite realizados sobre o material e sobre uma bancada de superfície lisa, revestida com laminado.

Apesar de, visualmente, os traços em grafite não apresentarem nenhuma alteração – os 3 primeiros traços foram realizados sobre a placa e os 3 inferiores sobre a superfície lisa – deve-se apontar que, no movimento do lápis sobre o material desenvolvido é possível identificar, por meio de pequenas vibrações, as imperfeições da placa no que tange a possibilidade do uso do material para atividades escolares, justificando, também, e como apresentado, inclusive, durante os testes de resistência a abrasão superficial e resistência ao ataque químico, subcapítulos 4.2.3 e 4.2.4, respectivamente, a necessidade de uso de revestimento laminado no material em testes apresentados na sequência.

Figura 87.4.6.1.1 – lápis grafite 2B com papel branco sulfite 75g sobre placa



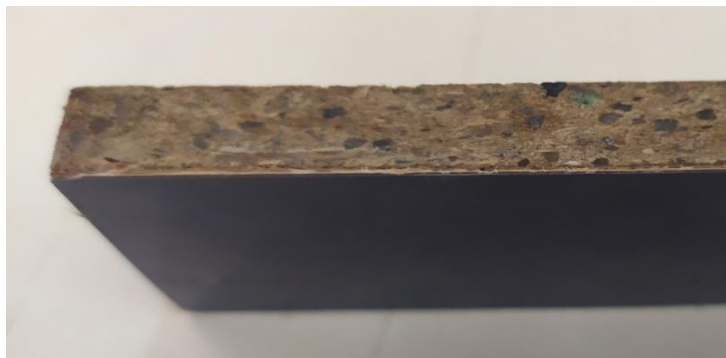
Fonte: o autor

4.6.2. USO DE LAMINADO MELAMÍNICO

Para este teste foram utilizados 3 corpos de prova de 43 mm X 100 milímetros com a finalidade de observar o comportamento da placa quanto ao uso de diferentes tipos de cola quando do material laminado como revestimento.

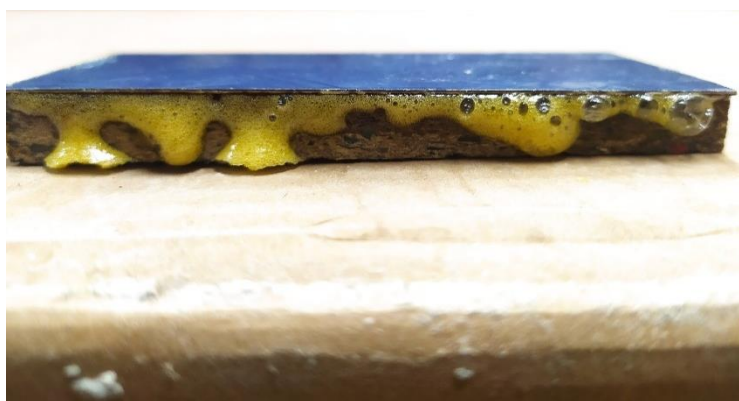
No corpo de prova 1 (CP1 - figura 88.4.6.2.1) foi utilizada cola branca da marca Cascorez em um tempo de cura de 24 horas em temperatura ambiente. O mesmo procedimento foi utilizado no corpo de prova 2 (CP2 - figuras 89.4.6.2.2 e 90.4.6.2.3) com uso da resina de mamona com reagente na mesma proporção (1:1, onde 6,5g de resina para 6,5g de reagente) utilizado na confecção das placas.

Figura 88.4.6.2.1 – placa revestida de laminado com uso de cola branca



Fonte: o autor

Figura 89.4.6.2.2 – placa revestida de laminado com uso de resina de mamona



Fonte: o autor

Figura 90.4.6.2.3 – acabamento da placa após 24 horas com utilização de resina de mamona

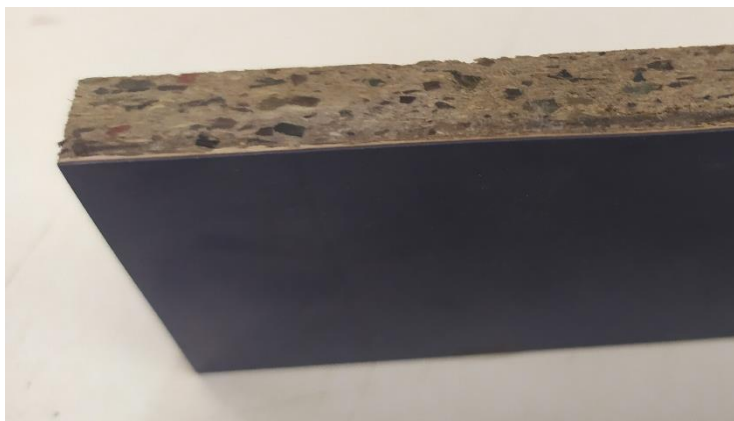


Fonte: o autor

No corpo de prova 3 (CP3 figura 91.4.6.2.4), foi utilizado adesivo de contato da marca Fórmica, a mesma usada para colar o laminado com o MDF ou

MDP. Diferentemente do tempo utilizado para as outras colas, a cura deste foi de aproximadamente 5 minutos.

Figura 91.4.6.2.4 – placa revestida de laminado com uso de cola de contato



Fonte: o autor

Aponta-se, portanto, neste procedimento que, os três tipos de cola aderiram bem a placa. Indica-se, como fator de sustentabilidade, a preferência pelo uso da resina de mamona e seu reagente como material aderente e que, novos estudos, neste sentido, poderiam ser realizados, principalmente no que tange o tempo de cura.

4.6.3. FITA DE BORDA TERMOPLÁSTICA EM PVC¹⁰

O teste sobre a possibilidade de aplicação da fita de borda no material desenvolvido com a finalidade de utilização em mobiliários escolares como proteção das bordas, ocorreu no dia 30 de janeiro de 2023 nas dependências da marcenaria da Universidade de São Paulo, localizada no Campus I, na cidade de São Carlos.

¹⁰ Policloreto de vinila

Foi utilizada, para este teste, uma placa de 150 X 300 milímetros, medida mínima solicitada pelo operador da máquina de coladeira de borda, bem como uma fita de borda termoplástica em PVC, na cor azul, com largura de 13 milímetros. Para a colagem foi utilizada a cola *Maktherm* granulada natural, a mesma usada para as placas de MDF.

Figura 92.4.6.3.1 – fita de borda utilizada no processo de colagem



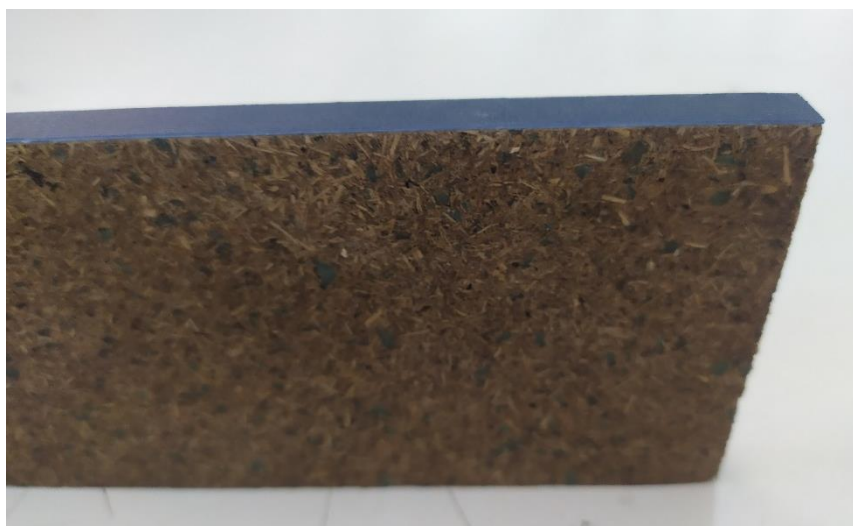
Fonte: o autor

Após a primeira passagem da placa (figura 92.4.6.3.1), verificou-se que, a união com a fita ocorreu, visualmente, de forma satisfatória. Um pequeno teste de arrancamento foi realizado manualmente apenas para verificação da colagem e, com um pouco de dificuldade, o funcionário da marcenaria conseguiu arranca-

la. Observou-se, então, uma concentração maior de cola na fita sugerindo que, talvez, por conta da resina acumulada nas bordas, não tenha havido a aderência necessária. Isto se mostrou procedente após a verificação nas recomendações de uso pelo fabricante que sugere um material seco e isento de poeiras e óleos.

Assim, para o segundo teste e com o uso de uma serra de mesa, cortou-se uma estreita faixa da chapa e reiniciou-se o procedimento de revestimento. Como resultado, uma fita de borda completamente aderida ao material, como apresenta a figura 93.4.6.3.2.

Figura 93.4.6.3.2 – placa revestida de laminado com uso de cola de contato



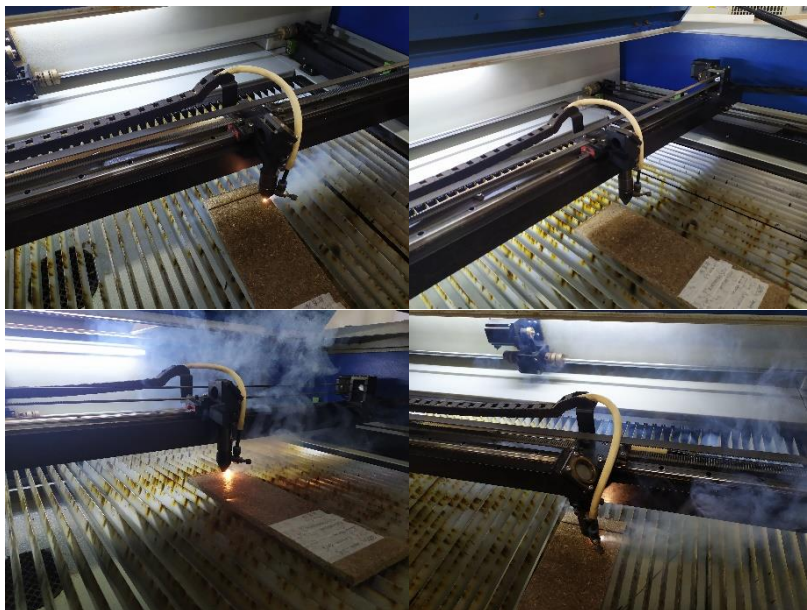
Fonte: o autor

4.6.4. CORTE NA IMPRESSORA A LASER

O teste em impressora de corte a laser ocorreu no dia 15 de junho de 2023 nas dependências do Laboratório de Construção Civil, do Instituto de Arquitetura e Urbanismo IAU | USP, na cidade de São Carlos com intuito de verificar as possibilidades de uso do novo material neste equipamento.

Apesar da máquina possuir calibragem para corte em materiais de até 9 milímetros, conseguiu-se reproduzir alguns cortes (figura 94.4.3.4.1), em velocidades de 5m/s e 10 m/s em uma placa de 25 x 300 x 10,1 milímetros.

Figura 94.4.3.4.1 – processo de corte a laser



Fonte: o autor

As imagens da figura 95.4.6.4.2 e 96.4.6.4.3 apresentam os resultados da placa após o corte a laser. Conclui-se que, em máquina adequada e calibrada para uma espessura maior, o material possui grande capacidade de se adequar a este processo.

Figura 95.4.6.4.2 – resultado do corte a laser



Fonte: o autor

Figura 96.4.6.4.3 – detalhe do corte a laser na placa



Fonte: o autor

A seguir, será apresentado o resultado final do processo do mobiliário escolar após as observações levantadas e apresentadas ao longo do **Capítulo 3 – MÉTODO DE PESQUISA**, subcapítulo **3.3.2 – CONSTRUÇÃO DOS *MOCK UPS***.

4.7. RESULTADO DO MOCK UP

O problema do design resulta de uma necessidade. (ARCHER
apud MUNARI, 1981 apud SURRADOR, 2010, p.18)



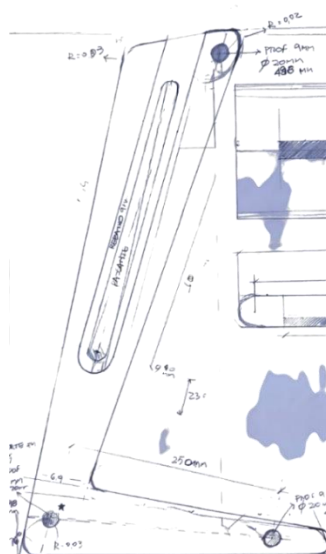
Como apresentado no **Capítulo 3 – MÉTODO DA PESQUISA**, no subcapítulo **3.3.2 – CONSTRUÇÃO DOS MOCK UPS**, o processo de construção e testes do conjunto escolar apontou para a necessidade de alguns ajustes e melhorias, sejam elas de desenho, estrutural ou na readequação de ângulos que respondessem, de forma satisfatória, as necessidades impostas pelas problemáticas deste trabalho. Segundo SURRADOR, 2010,

Procura-se o novo objecto não limitando-os a assemelharem-se a objectos já existentes. Deve-se pois apostar na diferença e distinção dado que há uma necessidade que necessita a ser solucionada, então é porque se carece de um objecto para o fazer. A ideia inicial é então acrescida de um conjunto de conhecimento que o permitirá evoluir, aproximando-se do pretendido. A análise dos produtos já existentes, permite ao designer encontrar aspectos negativos e assim evitá-los e melhorá-los. P.22

Desta forma, este subcapítulo apresenta aplicações dos conceitos da Postura Corpórea Neutra, bem como respostas as problemáticas apontadas quando na construção do objeto. Assim, foi desenvolvido um *mock up* como prova de conceito, confeccionado em compensado naval de 15 milímetros com a intenção de aumentar a resistência do conjunto, problema identificado nos primeiros objetos construídos em MDF de 9 milímetros, que resultava em um processo de torção. Optou-se, assim, por colar dois perfis na estrutura da mesa e da cadeira, totalizando uma parede com 30 milímetros, além da utilização de travas, de seção circular, com objetivo de estabilização do conjunto.

Estes perfis foram pensados de forma a seguir o desenho original, mas com elementos que o deixasse visualmente mais agradável, leve e seguro, eliminando, assim, quinas e ângulos retos. O processo de desenho dos perfis se deu, primeiramente em escala, utilizando-se de papel, lápis, régua e transferidor onde, este autor, possui maior domínio e controle no que tange elementos como proporção, escala e, principalmente, velocidade de raciocínio quando as necessidades de pequenos ajustes e adequações, como apresentado na figura 97.4.7.1.

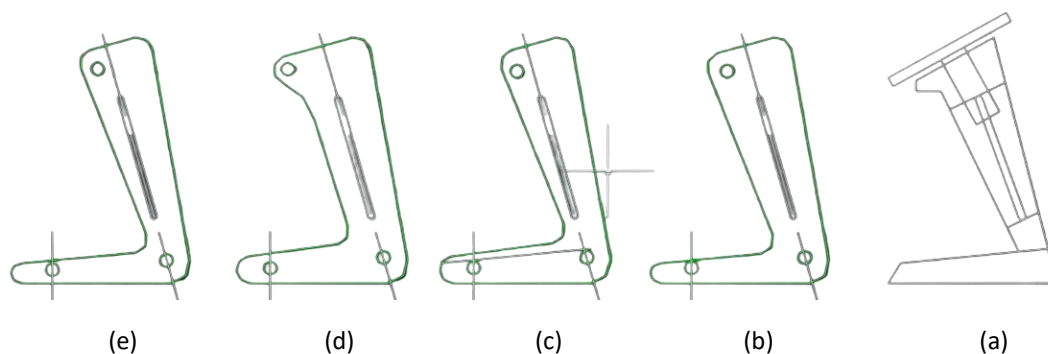
Figura 97.4.7.1 – desenho perfil da mesa realizado a mão



Fonte: o autor

Na sequência, a construção ocorreu por meio do software Autodesk AutoCad 2024 onde estudos no desenho do perfil foram realizados com objetivo de eximir quaisquer dúvidas quanto ao resultado final (figura 98.4.7.2). A exploração dos estudos foi realizada por meio de acertos de medidas e proporções, ângulos e posicionamento das travas, a partir do desenho do primeiro *mock up* (figura 98.4.7.2 – a) resultando, estas correções, no último desenho (figura 98.4.7.2 – e), objeto desenvolvido para este trabalho e mais próximo às proporções encontradas no desenho realizado à mão (figura 97.4.7.1).

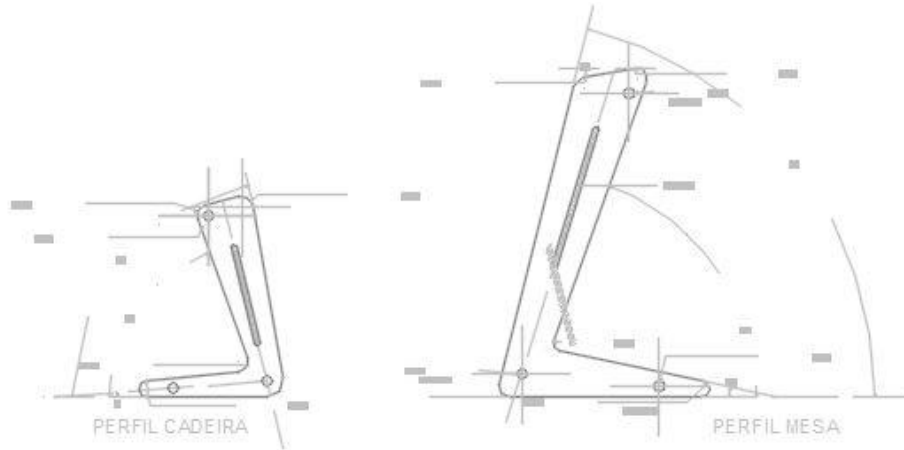
Figura 98.4.7.2 – estudos dimensionais do desenho do perfil da cadeira em AutoCad



Fonte: o autor

Importante destacar uma pequena diferença entre os ângulos externos dos perfis da cadeira e da mesa, em 80° e 76° , respectivamente (ver figura 99.4.7.3), mas obtendo-se ângulos internos iguais, em 70° . Esta diferença apresenta-se na escala entre as peças (o perfil da mesa possui uma altura maior), onde os ângulos devem responder a uma necessidade específica (enquanto, na cadeira, o ângulo de apoio do assento é de 13° (medida esta que será melhor analisada no subcapítulo **4.8 – JUSTIFICATIVAS DE PROJETO – RESULTADOS DOS AJUSTES**), o ângulo de apoio do tampo da mesa é de 10°) além da busca pela proporção. Estes elementos corroboram para esta pequena diferença em favor de um desenho final, entre as peças, mais equilibrado.

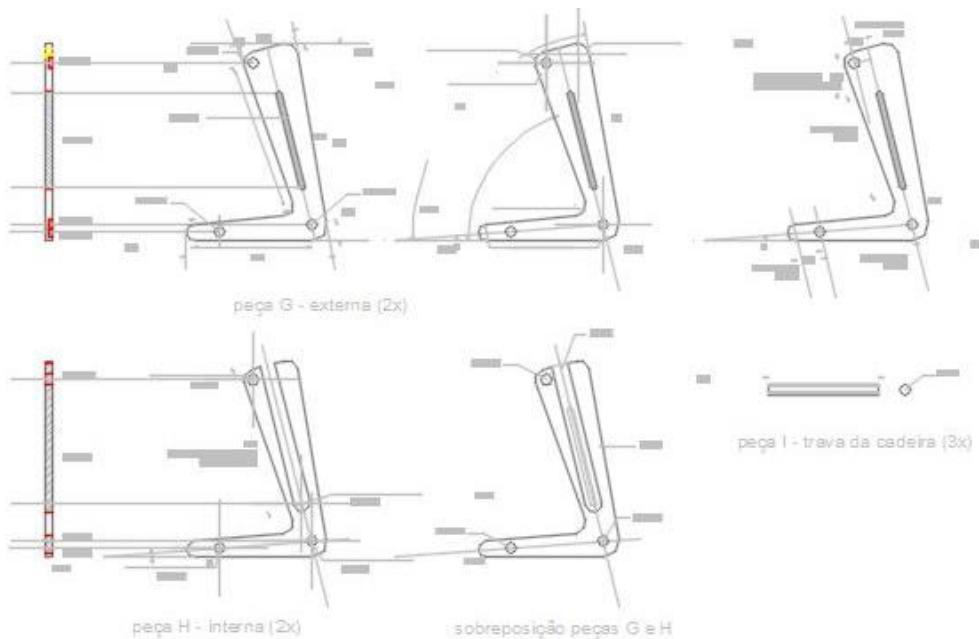
Figura 99.4.7.3 – estudos ângulos do desenho do perfil da cadeira e mesa em AutoCad



Fonte: o autor

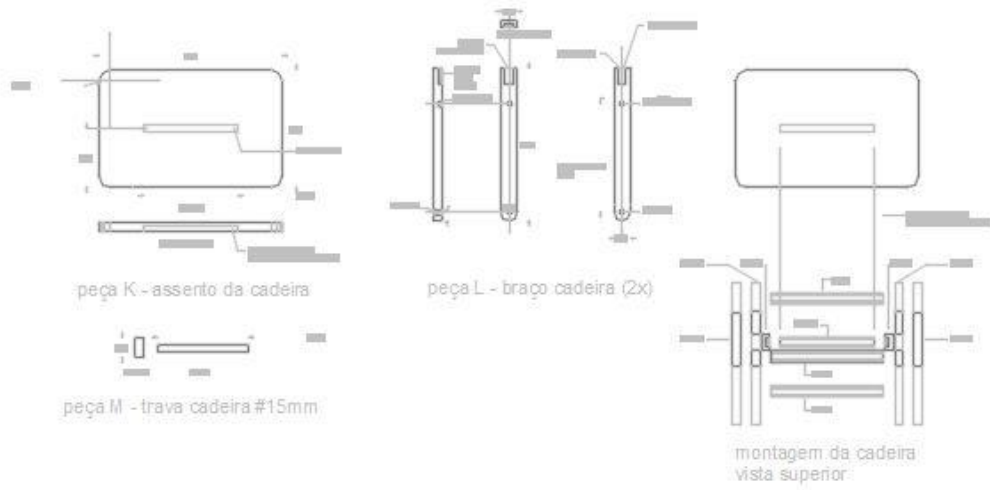
Assim, deu-se sequência aos desenhos executivos com objetivo de encaminhá-los para produção, neste processo, realizado em máquina CNC. As figuras 100.4.7.4 e 101.4.7.5 apresentam detalhes referentes às peças da cadeira, enquanto as figuras 102.4.7.6 e 103.4.7.7 evidenciam os desenhos necessários para a confecção do *mock up* da mesa.

Figura 100.4.7.4 – desenho executivo do perfil da cadeira em AutoCad



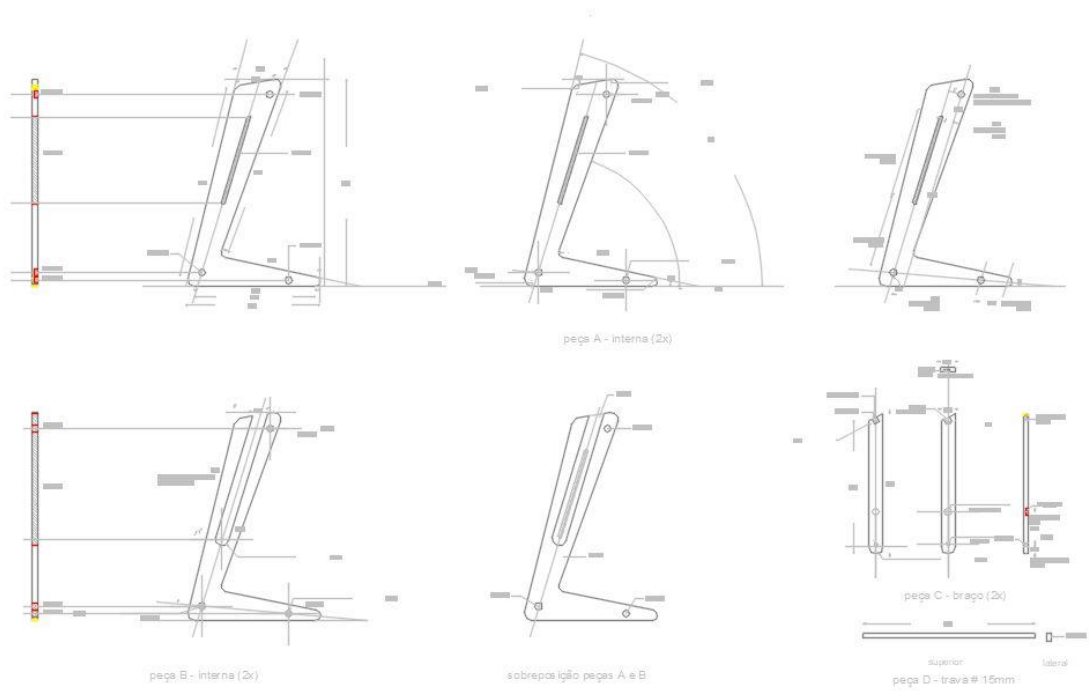
Fonte: o autor

Figura 101.4.7.5 – desenho executivo do sistema de assento em AutoCad



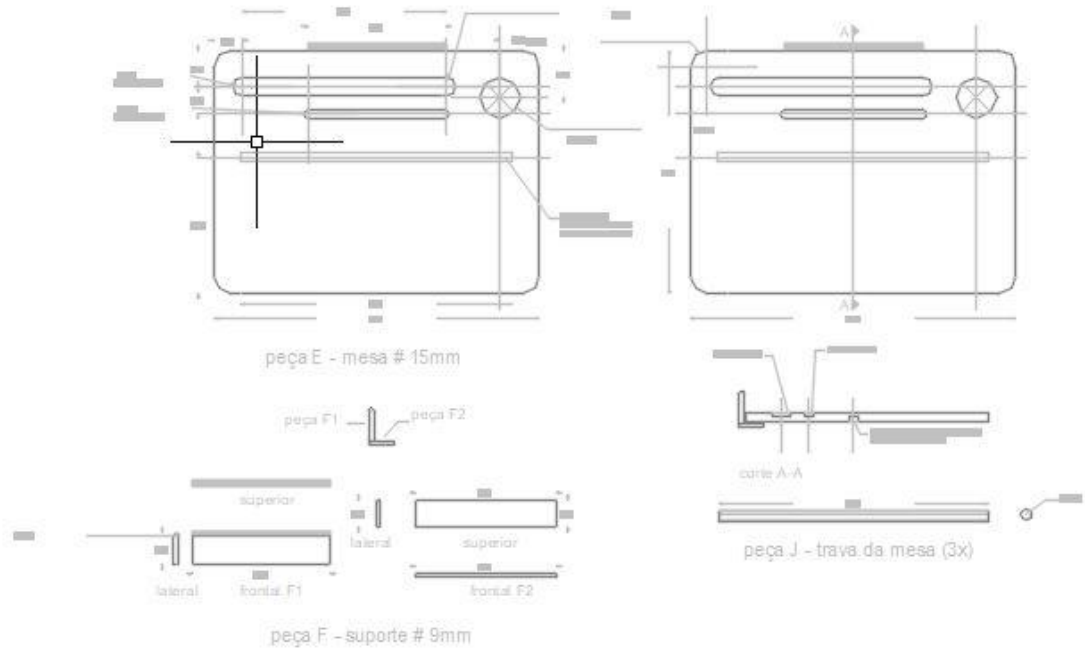
Fonte: o autor

Figura 102.4.7.6 – desenho executivo do perfil da mesa em AutoCad



Fonte: o autor

Figura 103.4.7.7 – desenho executivo do tampo da mesa em AutoCad



Fonte: o autor

Importante ressaltar a quantidade de peças necessárias para a construção dos mobiliários. Enquanto apenas 9 peças são produzidas para a confecção da cadeira, (2 perfis laterais, 3 travas, 2 braços, 1 assento e 1 suporte para assento braço), não computando a duplicidade de perfis laterais para aumento da parede e conseqüente reforço do objeto, para a produção da mesa foram produzidas 11 peças, (2 perfis laterais, 3 travas, 2 braços, 1 tampo, 2 peças suporte e 1 suporte mesa braço), totalizando, assim, 20 peças para o conjunto.

Necessário apresentar que, após o desenvolvimento dos desenhos executivos, os arquivos salvos em formato DWG, foram transformados em extensão EPS e enviados a empresa para corte das peças em máquina CNC.

Figura 104.4.7.8 – realização corte da chapa em máquina CNC



Fonte: o autor

Após a realização dos cortes, as peças foram encaminhadas para a maquetaria do IAU|USP, separadas, lixadas e coladas (figura 105.4.7.9), quanto as suas funções. Por erro do pesquisador, os furos necessários para encaixe das travas – de perfil circular – foram confeccionadas em diâmetro menor, obrigando uma adequação nas medidas, nos extremos das peças, na lixadeira.

Figura 105.4.7.9 – colagem dos perfis e processo de montagem



Fonte: o autor

Deve-se mencionar, neste momento e, após a montagem definitiva da cadeira, a necessidade da troca do diâmetro das travas entre os perfis. Por uma questão de escala, observou-se a falta de proporção entre as peças (figura 106.4.7.10), indicando uma futura intervenção no objeto, sugerindo o uso da sessão menor utilizada nos braços articulares marcada na figura abaixo.

Figura 106.4.7.10 – detalhe trava do sistema de regulação de altura da cadeira



Fonte: o autor

Na sequência, uma pré-montagem foi realizada e, outras medidas foram adequadas para a montagem definitiva do *mock up* final (figura 107.4.7.11).

Figura 107.4.7.11 – conjunto montado



Fonte: o autor

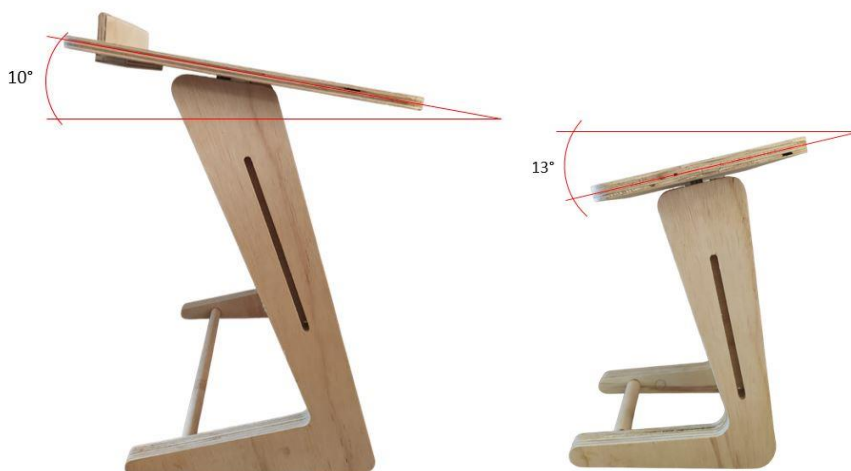
A seguir, será apresentado o resultado da construção do *mock up* final bem como a verificação dos ângulos, tanto dos objetos quanto da interfase dele com a usuária.

4.8. JUSTIFICATIVAS DE PROJETO – RESULTADOS DOS AJUSTES

Considerável mencionar que a intenção deste subcapítulo é verificar se a alteração do ângulo da cadeira de alguma forma impingiu no resultado do ângulo tronco-coxa impactando, de alguma forma, esta pesquisa.

Para esta medição foi utilizada a mesma escolar apontada no estudo de levantamento de informações do *mock up* anterior.

Figura 108.4.8.1 – ângulos do tampo da mesa e da cadeira



Fonte: o autor

Diferentemente da proposta apresentada no subcapítulo **3.4.2 – OS AJUSTES NECESSÁRIOS**, o *mock up* utilizado na prova de conceito, subcapítulo **3.4.1 – PROVA DE CONCEITO**, apresentou ângulo do assento de **28°**, o que foi prontamente motivo de reclamação entre as escolares pela dificuldade de estruturação do corpo. Trabalhou-se, assim, com a possibilidade de alteração do ângulo para **20°**. Após a construção da cadeira final, verificou-se um erro nesta medida, encontrando-se, o assento, em **13°** (figura 108.4.8.1), diferença compreendida como muito grande ao proposto e, entendendo a necessidade de uma segunda verificação. Nota-se, inclusive, na mesma figura, a sustentação do ângulo de **10°** para o tampo da mesa. Já a figura 109.4.8.2 ilustra a diferença da inclinação dos dois assentos entre os *mock ups*.

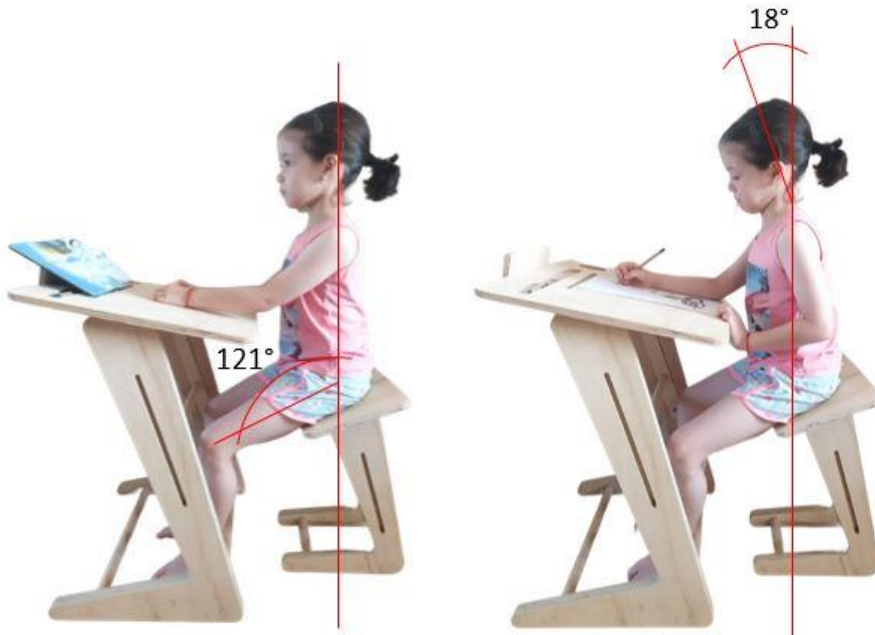
Figura 109.4.8.2 – comparação dos ângulos de assento dos mock ups: (a) 28° e (b) 13°



Fonte: o autor

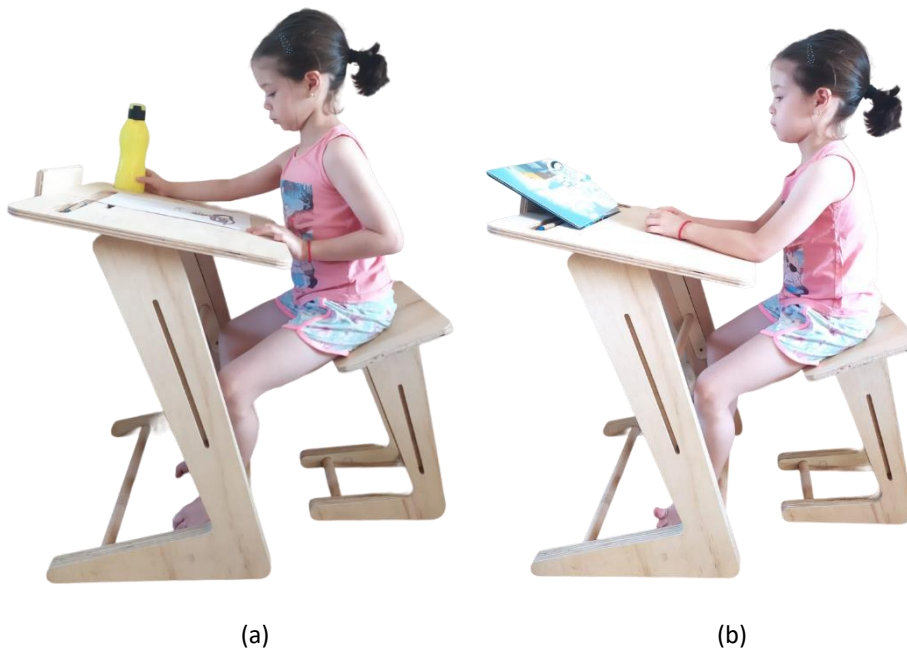
Esta segunda verificação acerca dos ângulos, a partir da alteração da inclinação do assento, mostrou-se uma surpresa para este autor (figura 110.4.8.3). O erro não apenas proporcionou um sentar mais confortável e estável como, também, manteve o ângulo tronco-coxa, preconizado anteriormente, (entre **120°** e **130°**), em aproximadamente, **121°** e, obtendo-se valor próximo de **18°** de ângulo de inclinação do pescoço no ato da escrita, abaixo dos **23°** apresentado quando da prova de conceito.

Figura 110.4.8.3 – verificação dos ângulos entre mobiliário e a escolar



Fonte: o autor

Figura 111.4.8.4 – requisitos de alcance e leitura: (a) alcance garrafa d` água e (b) apoio do livro



(a)

(b)

Fonte: o autor

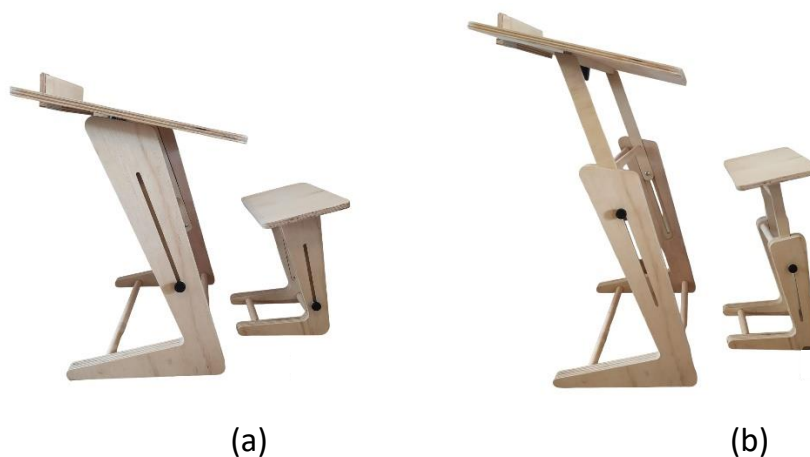
Outros requisitos importantes quanto ao uso do conjunto escolar e expressos na figura 111.4.8.4, apresentam-se quanto ao acesso e alcance da

garrafa d'água e a leitura. O primeiro, (figura 111.4.8.4 – a), indica uma distância visualmente confortável entre a criança e o objeto, evidenciando um processo acessível e com mínimo deslocamento frontal enquanto a figura 111.4.8.4 – b, evidencia o alinhamento postural da escolar durante o ato da leitura, favorecido pelo elemento de apoio a livros e revistas no tampo da mesa.

Importante ressaltar que o pequeno elemento instituído na borda superior da mesa respondeu, de maneira muito eficiente, às solicitações de projeto exigidas, quando ao adequado ângulo de flexão de pescoço. Com apenas 50 milímetros de altura a partir do tampo, este objeto, criado como apoio ao ato da leitura, associado ao ângulo de 10° da mesa, suaviza a inclinação do pescoço e, futuros estudos poderão ser realizados para verificação, não apenas das medidas mínimas e máximas como, também, de sua eficácia.

A figura 112.4.8.5, apresenta o conjunto completo, destacando os elementos de controle de altura de mesa e cadeira, bem como o objeto de suporte de garrafa. Expõe, inclusive, a diferença formal do resultado do desenho do conjunto quando das medidas mínima e máxima para ambos objetos de intervenção.

Figura 112.4.8.5 – *mock up* completo apresentando variação de altura: (a) medida mínima; (b) medida máxima; (c) variação ângulo na medida máxima e (d) segunda variação de ângulo da foto





Fonte: o autor

Essencial enfatizar que o *mock up* desenvolvido e apresentado neste trabalho atingiu, como um dos seus objetivos, traduzir conceitos e medidas ergonômicas da Postura Corpórea Neutra para o contexto do mobiliário escolar infantil. Relevante ressaltar que alguns elementos nele aportados, como sistema de regulagem e fixação de altura, assim como formas de fixação do assento e tampo da mesa ainda necessitam de alterações, ajustes e verificações tanto quanto ao seu uso e quanto ao impacto nos usuários no ambiente no qual foi projetado, externando tais mudanças, à sequência deste trabalho ou como intervenção de outros pesquisadores.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSÕES (OU QUASE ISSO)

Entende-se que, os atuais materiais utilizados na confecção de mobiliários escolares, bem como suas peças metálicas de fixação, constituem perigos diários aos estudantes e problemas sérios e comprovados de descarte quando ao final de sua vida útil. Não obstante e, para além das problemáticas dos materiais, identificou-se, durante o processo de pesquisa, que os atuais ângulos destes equipamentos são responsáveis pelo início de diversos problemas na estrutura musculoesqueléticos, observados a partir dos anos iniciais nas escolas, acarretando e consolidando transformações posturais permanentes. Importante ressaltar que tais problemas ergonômicos posturais são diagnosticáveis e, pesquisas realizadas no que tange o desenvolvimento de estudos com a aplicação de posturas experimentais em estações de trabalho são voltados para adultos, com intuito de minimizar tais desconfortos. Um dos entraves acerca destas questões, repousa no fato de que os problemas posturais, nesta fase de vida, já estarem desenvolvidos e consolidados. Este trabalho apresenta, portanto, estudo inédito quanto ao processo de projeto focado no usuário a partir do início da sua vida escolar, associado à tecnologia de desenvolvimento de material, com possíveis resoluções dos problemas de reciclagem e minimização dos impactos posturais.

A adição da fibra do bagaço de cana ao processo de confecção de placas de poliuretana termofixas, apresentou bons desempenhos de tração, punção e flexão mostrando, inclusive, valor médio, deste último, muito próximo ao exigido pela normatização sobre tolerâncias máximas dimensionais para as chapas de madeira aglomerada, um dos materiais indicados para produção de mobiliário escolar.

Considera-se, portanto, que o material desenvolvido respondeu de forma satisfatória às problemáticas existentes e, à luz dos fatos, sugere-se sua

aplicabilidade, não apenas na substituição de tampos de mesa, assentos e encostos de cadeiras escolares como, também, na estrutura para todo o conjunto escolar desde que atendidas as normas de segurança.

Assim, o desenho do mobiliário proposto apontou possíveis vantagens sobre os atuais em relação à produção, montagem e foco no usuário. O processo de fabricação e montagem com o uso de peças metálicas foi melhorado, uma vez que a inserção destes elementos, responsáveis pelo travamento e conexão foi eliminada pelo processo de encaixe e travamento, por cola, apenas com o uso do material desenvolvido. Evidenciou-se, imprescindível, o estudo das relações angulares entre inclinação de tampo de mesa e assento, com aplicabilidade proveniente dos ângulos da Postura Corpórea Neutra para crianças entre 6 e 10 anos, no espectro percentil de 5° à 95°, associado aos ajustes de alturas de mesa e cadeira, de modo a adaptar o objeto ao usuário.

Essencial apontar que, estudos de inclinação mínima de tampo de mesa devam ser desenvolvidos, com objetivo de se alcançar as angulações de flexão de pescoço adequadas em resposta aos problemas posturais atuais. Ademais, o conjunto escolar proposto pode ser produzido com o material desenvolvido e testes quantitativos e qualitativos de usabilidade, com maior número de escolares, no seu *habitat*, devam ser realizados a longo prazo com o propósito de validar e aprimorar a prova de conceito apresentada neste trabalho.

Imprescindível sugerir uma reavaliação da Norma **ABNT NBR 14.006-2022 - MÓVEIS ESCOLARES – CADEIRAS E MESAS PARA CONJUNTO ALUNO INDIVIDUAL – REQUISITOS E MÉTODOS DE ENSAIO**, quanto a sugestão e não a obrigatoriedade de inclinação mínima nos tampos da mesa escolar, apontando, apenas, o limite máximo de até **16°**, bem como a revisão de flexão do ângulo tronco|coxa em **90°** nas cadeiras, para ângulos entre **120°** à **135°**, necessários para minimizar os impactos prejudiciais musculoesqueléticos, como apontados e sugeridos nesta pesquisa e por outros autores.

Ademais, solicita-se uma revisão nos editais de compra de mobiliários escolares pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Escolar (FNDE) que exigem que suportes de mesa e cadeira sejam confeccionados em aço, limitando a oferta de outras e novas possibilidades de materiais | projeto desde que respondam aos requisitos propostos de segurança.

CAPÍTULO 6

6. PROSSEGUIMENTO DA PESQUISA

Vários questionamentos e sugestões pertinentes para a continuação dos estudos surgiram ao longo da pesquisa e, devido suas peculiaridades não foram abordados ou, apresentados de forma superficial nesta Tese que possibilitariam desdobramentos em estudos teóricos e experimentações técnicas aprofundadas.

As sugestões sobre as investigações e estudos futuros para esta pesquisa com relação ao material são:

1. Produzir, de maneira mais eficiente, no que tange o processo de desenvolvimento do material e, a luz de novas tecnologias, a placa termofixa em filamentos termoplásticos para impressão 3D;
2. Reproduzir os testes quantitativos dos dados referentes aos ângulos aqui apresentados com maior número de escolares a longo prazo;
3. Desenvolver outras e novas formas de ajustes de altura;
4. Validar esta postura e, conseqüentemente, seus ângulos, com observações e análises quanto ao uso do mobiliário em sala de aula.
5. Desenvolver, a partir da validação deste estudo, medidas e mobiliário para alunos do 6° ao 9° ano, entre 11 e 14 anos.

CAPÍTULO 7

7. REFERÊNCIAS

7.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. _____. NBR 14006:2022. 3ª ed. **Móveis escolares:** cadeiras e mesas para conjunto aluno individual – requisitos e métodos de ensaio.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. _____. NBR ISO 80000-4:2007. 1ª ed. **Grandezas e unidades.** Parte 4: mecânica.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Tecnologia. **Ergokit:** Manual de Aplicação dos Dados Antropométricos. – Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, s.d.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas da Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Saúde da Criança:** Acompanhamento do Crescimento e Desenvolvimento Infantil / Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde – Brasília: Ministério da Saúde, 2002

BALDAN, V. J. DOS S. **Desenvolvimento e caracterização de placas poliméricas produzidas a partir da reciclagem do resíduo industrial de poliuretana termofixa.** Mestrado – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015. Orientação: Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos

BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos.** Tradução: Itirio Iida. 3ª ed. São Paulo. Editora Edgard Blücher, 2011.

BENCOSTTA, M. L. **“Mobiliário escolar francês e os projetos vanguardistas de Jean Prouvé e André Lurçat na primeira metade do século XX”.** Educar em revista. Curitiba Editora UFPR, N.49, p.19-38.

BERGMILLER, K. H.; SOUZA, P. L. P. DE; BRANDÃO, M. B. A. **Ensino fundamental:** mobiliário escolar. Brasília: FUNDESCOLA - MEC, 1999 70 p. (Série Cadernos Técnicos I nº 3)

BRAIDA, F.; NOJIMA, V. L. **Aspectos semióticos da linguagem híbrida do design.** In: [DEMORAES, D.; DIAS, R. Á. and SALES, R. B. C.]. **Caderno de estudos avançados em design:** design e semiótica. 1ª Ed. Barbacena - MG: Eduemg, 2016. PP. 176. 57-71.

BURDEK, B. **História, teoria e prática do design de produtos**. Tradução: Freddy Van Camp. 1ª ed. São Paulo. Editora Edgard Blucher, 2006.

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012.

CARDOSO, R. **Uma introdução à história do design**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

CARNIDE, M.F. **Ergonomia escolar: recomendações**. Direção geral da saúde – Programa nacional contra as doenças reumáticas. Faculdade de Motricidade Humana. Portugal, 2006. Disponível em: <http://www.doceru.com/doc/88sv18>. Acesso em 05.05.2021

CONGLETON, M. M. A.; SMITH, J. L. **The design and evaluation of the neutral posture chair for surgeons**. The human Factors Society, 1985, 27 (5) pp. 589-600

CONTESINI, A.M. **Posição sentada e função respiratória em dois sistemas cadeira-mesa diferentes**. Mestrado – Universidade de São Paulo – Faculdade de Medicina, 2011. Orientação: Profª Drª. Fátima Aparecida Caromano

CRANZ, G. **The chair: rethinking culture, body and design**. New York: W. W. Norton & Company Ltd, 1998. P. 288

FABRIZIO, M.M; MELHADO, S.B. **O processo cognitivo e social de projeto**. In: [KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; MOREIRA, D. de C.; PETRECHE, J.R.D.; FABRIZIO, M.M. (orgs.)]. **O processo de projeto em arquitetura**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

FAIRBURN, S.; DOMINONI, A. **Designing from the unfamiliar: how designing for spaces and extreme environments can generate spin-off and innovate product strategies**. Conference: European Academy of Design Conference Proceedings, 2015. DOI: 10.7190/ead/2015/124

FERRARA, L. D´A. **Design em espaços**. São Paulo: Rosari, 2002

FERRARA, L. D´A. **Leitura sem palavras**. São Paulo: Ática, 2007

FLUSSER, V. **O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação**. Organização Rafael Cardoso. São Paulo. Editora Cosac Naify, 2013.

FLUSSER, V. **Uma filosofia do design: a forma das coisas**. Tradução: Sandra Escobar. Relógio d´água Editores, 2010.

HSUAN-AN, T. **Design: conceitos e métodos**. São Paulo: Blucher, 2017. 320 p.

HUET, M. **Avaliação ergonômica e cinesiologia dos constrangimentos musculoso-**

esqueléticos da região sacro-lombar na postura sentada em viagens aéreas longas. Mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – Departamento de artes e design, 2003. Orientação: Profª Drª. Anamaria de Moraes

HUET, M.; MORAES, A. DE. **Medidas de pressão sob a pelve na postura sentada em pesquisas de ergonomia.** Fisioterapia Brasil, vol. 4 nº 6 p. 438-444 nov/dez, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/338962821>. Acesso em 05.03.2021

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa dos percentis das medidas antropométricas de crianças e adolescentes com até 19 anos de idade, por situação do domicílio e sexo.** Brasília, DF; IBGE, 2002. Disponível em: sidra.ibge.gov.br/tabela/2399#resultado. Acesso em 14 abr. 2023

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo. Editora Edgard Blucher, 2005.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Sistema internacional de unidades: SI – Duque de Caxias, RJ: INMETRO|CICMA|SEPIN, 2012. 94p.** Traduzido de: Le Système international d'unités – SI. Ed.2006.

KIM, K. H. *at al.* **Neutral body posture in spaceflight.** Proceedings of the human factors and ergonomics society, 2019, Annual Meeting. DOI: 10.1177/10711813196311290 992

LE, P.; MARRAS, W. S. **Evaluating the low back biomechanics of three diferente office workstations: seated, standing, and perching.** Applied Ergonomics, 56, 2015, p. 170-178. Elsevier Ltd and The Ergonomics Society.

LOBACH, B. **Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais.** Cidade: São Paulo. Editora Edgard Blucher, 2001.

MADALENA, P.M.R. **Medição dinâmica de ângulos da postura ocupacional sentada por análise de imagens.** Mestrado – Universidade de Mogi das Cruzes – Faculdade de Engenharia Biomédica. Mogi das Cruzes, 2005. Orientação: Prof. Dr. Henrique Jesus Quintino de Oliveira.

MARQUES, N.; HALLAL, C. Z.; GONÇALVES, M. **“Características biomecânicas, ergonômicas, ergonômicas e clínicas da postura sentada: uma revisão”.** Fisioterapia e pesquisa. São Paulo: Universidade de São Paulo, Vol.17, N.3, 270-276

MARTINO, J. A. DE. **A importância do croqui diante das novas tecnologias do**

processo criativo. Mestrado – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, 2007. Orientação: Profª Drª. Paula de Cruz Landim

MORAES, A. **Ergodesign de Produto:** agradabilidade, usabilidade, segurança e antropometria. Rio de Janeiro. Editora Luser, 2005. P.134

MORAES, A; MONT’ALVÃO, C. **Ergonomia:** conceitos e aplicações. Rio de Janeiro. Editora 2AB, 2009.

MORAES, K. M. K. de. **Padrões mínimos de funcionamento da escola do ensino fundamental** – ambiente físico escolar: guia de consulta. 2ª impressão. Brasília: Fundescola/DIPRO/FNDE/MEC, 2006.

MORO, A. R. P. “**Custos humanos da postura sentada: uma abordagem ergonômica para o mobiliário escolar**”. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/28084789>. Acesso em: 01.12.2019

MORO, A. R. P. “**Ergonomia da sala de aula: constrangimentos posturais impostos pelo mobiliário escolar**”. Revista Digital. Buenos Aires. Año 10 - N° 85, 2005

MORO, A. R. P. (Org.) ; MELO, Sebastião Iberes Lopes (Org.) ; AVILA, Aluisio O V (Org.) . **VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. 1. ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 1999. v. 1. 800p

NAMES: National Center for Health Statistics (U.S.), Issuing Body | National Health and Nutrition Examination Survey (U.S.) Researcher. Title: **Anthropometric Reference Data for Children and Adults: United States, 2011-2014**

NIEMEYER, L. **Design atitudinal: uma abordagem projetual**. In: LIMA, G. C. (org). Textos selecionados de design. Rio de Janeiro: PPDESDI, UERJ, 2006
NOGUCHI, M.; GLINKA, M.; MAYBERRY, G. R.; NOGUCHI, K.; CALLAGHAN, J. P. **Are hybrid sit-stand postures a good compromise between sitting and standing?** Ergonomics, 2019. DOI: 10.1080/00140139.2019.1577496

NORMAN, D. A. **O design do dia-a-dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006

OLIVEIRA, J. M. DE *at al.* **Ergonomia de carteiras escolares e sua influência no estresse físico de alunos do ensino fundamental**. Estudos em design. Disponível em: Revista on line. Rio de Janeiro, Vol. 19, nº2, 2011, p. 1-15

OLIVEIRA, J. M. DE **Avaliação técnica e ergonômica de carteiras escolares confeccionadas com aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar**. Doutorado – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2010. Orientação: Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva.

PANERO, J.; ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores**. Barcelona. Gustavo Gili, 2002

PARAIZO, C. B. e S. **A influência do uso de computadores na escola e no desenvolvimento da criança com base em estudos ergonômicos**. Mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009. Orientação: Prof.^a Dr.^a Anamaria de Moraes

PASCHOARELLI, L.C., and MENEZES, M. DOS S., orgs. **Design e ergonomia: aspectos tecnológicos** [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 279 p. ISBN 978-85- 7983-001-3. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

PASCOARELLI, L. C. **O posto de trabalho carteira escolar como objeto de desenvolvimento da educação infantil: uma contribuição do design e da ergonomia**. Mestrado – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, 1997. Orientação: Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva

PENHA, P. J. **Caracterização postural de crianças de 7 e 8 anos**. Mestrado – Universidade de São Paulo – Faculdade de Medicina. São Paulo, 2007. Orientação: Prof.^a Dr.^a Silvia Maria Amado João

PINHO, A. O. **Avaliação de conforto em cadeiras escolares para usuários adultos trabalhadores**. Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. Orientação: Prof.^a Dr.^a Lia Buarque de Macedo Guimarães

RAZZA, B. M. . **Análise Ergonômica do Trabalho** [ebook]. 1^a ed. Maringa: UniCesumar, 2016. v. 1. 229p

REIS, P. F. **Estudo da interface aluno - mobiliário: a questão antropométrica e biomecânica da postura sentada**. Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003. Orientação: Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro

REIS, P.F; REIS, D.C. DOS; MORO, A.R.P. **Mobiliário escolar: antropometria e ergonomia da postura sentada**. Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/266877175>. Acesso

em: 15.03.2021

RITTER, A. L. DA S. **Postura corporal ao sentar e transportar material escolar.** Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Educação Física. Porto Alegre, 2009. Orientação: Prof. Dr. Jorge Luiz de Souza. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/18525>. Acesso em 10.04.2021

SELAU, L. G. *at al.*; **Conceber, Avaliar e Decidir: o Uso de Modelos Volumétricos na Etapa de Geração de Alternativas no Design.** In: Amilton J. V. Arruda; Germana G. Araujo. (Org.). **Design & Narrativas Criativas e Processos de Prototipagem.** 1ed.São Paulo: Blucher, 2022, v. 1, p. 81-96.

SOARES, M. M. **Metodologia de Ergodesign para o design de produtos: uma abordagem centrada no humano.** São Paulo: Blucher, 2021, 294 p.

SURRADOR, S. R. B. **Mobiliário escolar infantil: recomendações para o seu design.** Mestrado – Universidade do Porto. Porto, 2010. Orientação: Prof. Dr. Gonçalo M. Furtado C. Lopes

ZHAO, Y.; VOGEL, C.; MICHAUD, G.; DOEHLER, S. **Service design research about redesign sedebtary office guided by new ergonomics theory.** P.L.P. Rau (Ed.): CCD/HCI 2013, Part I, LNCS 8023, pp. 175-183.

ZINGALE, S. **Qual semiótica para o design? A via Pragmática e a construção de uma semiótica do projeto.** In: [DE MORAES, D.; DIAS, R. Á. and SALES, R. B. C. **Caderno de estudos avançados em design: design e semiótica.** 1ª Ed. – Barbacena, MG: Eduemg, 2016. P:176. 13-27.

7.2. REFERÊNCIAS DE SITES

ARCHIPRODUCTS. Archiproducts. Página inicial. Disponível em [LITTLE BIG Cadeira para crianças de polipropileno ajustável em altura By Magis | design Big-Game \(archiproducts.com\)](https://www.archiproducts.com). Acesso em 18 nov. 2023

ARTSY. Artsy. Página inicial. Disponível em <http://www.artsy.net/artwork/jean-prouve-school-desk-1>. Acesso em 18 nov. 2023

BACKINACTION. Backin action: ergonomic back pain solutions at home and at work. Página inicial. Disponível em <http://backinaction.co.uk>. Acesso em 01 out.2019

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. {Brasília}: Ministério da Educação, 25 jul. 2019. Disponível em: <http://www.gov.br/fnde/pt-br>. Acesso em: 25 jul. 2019

CARLOCONTI. Carlo Conti. Página inicial. Disponível em <https://carlocontin.it/work/avvitamenti/>. Acesso em 17 nov. 2023

CEQUIPEL. Grupo Cequipel. Página inicial. Disponível em <http://cequipel.com.br>. Acesso em 16 jun. 2019

DRBRUNOFONTES. Dr Bruno Fontes: cirurgia da coluna. Página inicial. Disponível em <http://drbrunofontes.com.br>. Acesso em 25 mar.2023

DEZEEN. Dezeen. Página inicial. Disponível em <https://www.dezeen.com/2014/04/18/orkester-wooden-bench-collection-modelled-on-piano-stools-mia-cullin/>. Acesso em 27 fev.2020

DEZEEN. Dezeen. Página inicial. Disponível em <http://www.dezeen.com/2010/05/21/pinocchio-by-david-dolcini-for-riva-1920/>. Acesso em 27 fev.2020

ECOEDUCAR. Ecoeducar. Página inicial. Disponível em <http://ecoeducar.com.br>. Acesso em 16 abr.2019

ERGOCHILL. Ergochill: your source for the best ergonomic products. Página inicial. Disponível em <http://ergochill.com>. Acesso em 01 out.2019

ERGONOMIC. Ergonomic trends. Página inicial. Disponível em <http://ergonomictrends.com>. Acesso em 19 set.2019

ERGOTRONICA. Ergotronica. Página inicial. Disponível em <https://ergotronica.ru/product/komplekt-parta-transformer-i-rastushij-stul-q-momo.html>. Acesso em 18 nov. 2023

ESPANOL. Espanol libre texts. Página inicial. Disponível em <http://espanol.libretexts.org>. Acesso em 19 abr.2023

GRAFTMADE. Graftmade. Página inicial. Disponível em <https://graftmade.tumblr.com/post/108587613132/clamp-a-leg-by-jorre-van-ast>. Acesso em 18 nov. 2023

INFOESCOLA. Infoescola: navegando e aprendendo. Página inicial. Disponível em <http://infoescola.com>. Acesso em 18 abr.2023

JBM. JBM-soluções escolares. Página inicial. Disponível em <http://jbm-moveis.com>. Acesso em 16 jun.2019

KICKSTARTER. Kickstarter: design & tech. Página inicial. Disponível em <http://kickstarter.com>. Acesso em 30 jun.2019

LORENZ-KAZ. Lorenz-kaz. Página inicial. Disponível em <https://www.lorenz-kaz.com/#/new-gallery-58/>. Acesso em 11 nov.2019

LUSHOME. Lushome. Página inicial. Disponível em <https://www.lushome.com/modern-furniture-kids-top-15-creative-tables-kids-rooms/62383>. Acesso em 18 nov. 2023

MINASBRASIL. Minas Brasil. Página Inicial. Disponível em <http://minasbrasil.com.br>. Acesso em 15 jun.2019

OKAMURA. Okamura. Página inicial. Disponível em <http://okamura.co.jp>. Acesso em 10.0 jul.2019

PEQUEREGALOS. Pequeregalos. Página inicial. Disponível em <https://pequeregalos.com/pupitres-para-las-habitaciones-de-los-ninos/>. Acesso em 26 fev. 2020

Q LEARN. Q Learn: stage systems adjustable School furniture. Página inicial. Disponível em <http://renfrewgroup.com>. Acesso em 27 jun.2019

ROBERTOGIL. Roberto Gil. Página inicial. Disponível em <https://www.robertogil.com/>. Acesso em 19 nov.2023

STOKKE. Stokke: tripp trapp. Página inicial. Disponível em <http://stokke.com/pt-br>. Acesso em 05. mai.2019

TOOLS AT SCHOOL. Tool at Schools: projects. Página inicial. Disponível em <http://toolsatschools.com>. Acesso em 24 jun.2019

UOL. Educação, © 1996 – 2023. Diário de classe da escola tenente Rego Barros. Disponível em: <http://educacao.uol.com.br>. Acesso em 15 mai. 2019

7.3. REFERÊNCIAS DE BLOGS

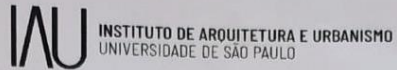
CARUNA, Ergonomic Independence. Biomechanics of workstation standing desks. Disponível em: <https://caruna.in/blog/2021/03/04/biomechanics-of-workstation-standing-desks>. Acesso em: 06 jun. 2022

SANTOS, Adilson. Disponível em: <http://adilson santos fotografo.blogspot.com.br>. Acesso em 13 abr. 2019

CAPÍTULO 8

8.1. ANEXOS

Este capítulo apresenta autorização de uso de imagem das crianças, menores de idade, assinadas pelos pais.



AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Evento: Publicação e apresentação de Tese

Local: Instituto de Arquitetura e Urbanismo -IAUUSP

Eu, Camila Helena Marini, RG 33710421-9, abaixo assinado, autorizo o doutorando Gustavo Ribeiro Palma do Nascimento, RG 25.526.704, N° USP 6001670 a utilizar imagens de minha filha, menor de idade, em sua pesquisa e veiculá-la, se necessário, nos meios de difusão a que tiver acesso a USP, como internet, e a disponibilizar em repositório institucional.

Autorizo que as imagens de minha filha, menor de idade, sejam disponibilizados ou veiculados por tempo indeterminado, em circuito acadêmico.

São Carlos, 06 de março de 2024

Ass. _____

Camila Helena Marini

Camila Helena Marini | RG 33710421-9



AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Evento: Publicação e apresentação de Tese

Local: Instituto de Arquitetura e Urbanismo -IAUUSP

Eu, Diogo de Oliveira Soares Pinto, RG 11.827.416-6, abaixo assinado, autorizo o doutorando Gustavo Ribeiro Palma do Nascimento, RG 25.526.704, N° USP 6001670 a utilizar imagens de minha filha, menor de idade, em sua pesquisa e veiculá-la, se necessário, nos meios de difusão a que tiver acesso a USP, como internet, e a disponibilizar em repositório institucional.

Autorizo que as imagens de minha filha, menor de idade, sejam disponibilizados ou veiculados por tempo indeterminado, em circuito acadêmico.

São Carlos, 06 de março de 2024

Ass. _____

Diogo de Oliveira Soares Pinto | RG 11.827.416-6



AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Evento: Publicação e apresentação de Tese

Local: Instituto de Arquitetura e Urbanismo -IAUUSP

Eu, Everton Randal Gavino, RG 33.258.448-3, abaixo assinado, autorizo o doutorando Gustavo Ribeiro Palma do Nascimento, RG 25.526.704, N° USP 6001670 a utilizar imagens de meu filho, menor de idade, em sua pesquisa e veiculá-la, se necessário, nos meios de difusão a que tiver acesso a USP, como internet, e a disponibilizar em repositório institucional.

Autorizo que as imagens de meu filho, menor de idade, sejam disponibilizados ou veiculados por tempo indeterminado, em circuito acadêmico.

São Carlos, 06 de março de 2024

Ass.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'EG', written over a horizontal line.

Everton Randal Gavino | RG 33.258.448-3