

MESTRADO EM DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO

RAMO DE DESIGN INDUSTRIAL

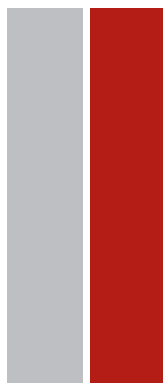
SEAT&GROW.

Estudo para o desenvolvimento de
uma cadeira escolar regulável para
crianças dos 6 aos 10 anos em ambiente
empresarial.

Ângela Gomes

M

2015



O JÚRI

PRESIDENTE

Doutor Rui Mendonça

PROFESSOR AUXILIAR DA FACULDADE DE BELAS ARTES DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ORIENTADOR

Doutora Bárbara Rangel

PROFESSORA AUXILIAR DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ARGUENTE

Doutor João Carlos Martins

PROFESSOR ADJUNTO DO INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

19

20.11.2015

Resumo

Durante o período escolar, entre os 6 e os 10 anos, as crianças crescem cerca de 60mm por ano. Ao passarem grande parte do seu tempo sentadas, em mobiliário desadequado às suas dimensões antropométricas, adotam posturas incorretas que provocam alterações nas estruturas anatómicas. Desenvolver mobiliário que possa acompanhar estas variações e que se encontre de acordo com as diferentes normas torna-se num desafio para a Indústria.

Neste sentido, tendo como referência estudos ergonómicos e os dados antropométricos de vários países propõe-se a criação de um sistema de tamanhos universal do conjunto cadeira e mesa escolar. Dos resultados obtidos concluiu-se que com 5 tamanhos é possível a conceção e implementação de mobiliário escolar evolutivo.

No Mestrado em Design Industrial e de Produto, em cooperação com a empresa NAUTILUS, foi proposto o desenvolvimento de uma cadeira empilhável e regulável, cujos principais utilizadores seriam crianças entre os 6 e os 10 anos. Destacando-se pela metodologia utilizada e pela viabilidade de execução, recorrendo a mecanismos simples para responder ao problema, a cadeira Seat&Grow foi selecionada para ser desenvolvida em maior profundidade dentro da empresa.

Apesar de ter sido desenvolvida dentro da universidade, tendo inputs quer a nível técnico quer ao nível do seu desenho, teve de passar por um processo de adaptação às normas adotadas pela empresa e aos processos de fabrico e equipamentos que a empresa tinha à sua disposição, antes de se iniciar a produção do primeiro protótipo. Posteriormente foram sendo realizadas várias avaliações e correções, de modo a ajustar a cadeira aos requisitos impostos.

PALAVRAS-CHAVE: Design; Desenvolvimento de produto; Crianças; Cadeira escolar; Sistema universal de tamanhos; Interdisciplinaridade; Engenharia; Analogias; Cooperação; Processos de fabrico;

Abstract

During school period, between the ages of 6 and 10, children grow about 60mm per year. Due to spending much of their time seated, in inadequate furniture to their anthropometric dimensions, they adopt a bad posture that will cause changes in their anatomical structure. The development of furniture that can keep up with these changes and which is in accordance with the different standards becomes a challenge for the industry.

With this in mind, and having as a reference ergonomic and anthropometric studies from different countries, we propose the creation of a universal size system of the school chair and table sets. From the results obtained it was concluded that with 5 sizes it is possible to design and implement evolutionary school furniture.

In the Product and Industrial Design Master, in cooperation with the company NAUTILUS, it was proposed the development of a stackable and adjustable chair, whose main users would be children between 6 and 10 years old. Standing out for the methodology used and the feasibility of implementation, by using simple mechanisms to address the problem, Seat&Grow chair was selected to be developed in a greater depth within the company.

Despite having been developed within the university, receiving inputs both at a technical and design level, it had to undergo a process of adaptation to the standards adopted by the company, and to the manufacturing and equipment processes that the company had as its disposal before starting the production of the first prototype. Later on several reviews and corrections were carried on, in order to adjust the chair to the necessary requirements.

Keywords: Design; Product Development; Children; School Chair; Universal Measurement System; Interdisciplinarity; Engineering ; Analogies; Cooperation; Manufacturing processes;

Agradecimentos

À minha orientadora, Professora Bárbara Rangel, pela paciência, dedicação e acompanhamento contínuo que demonstrou ter desde o início.

À empresa NAUTILUS, na pessoa do Sr. Engenheiro Vítor Barbosa, pela oportunidade de estágio e por possibilitar a concretização deste projeto. Ao Engenheiro Diogo Belindro, Designer Carlos Matagueira e ao Designer Pedro Sottomayor pelas críticas construtivas e pelo acompanhamento contínuo do projeto.

Aos meus colegas de Mestrado, em especial ao Vítor Carneiro pela parceria, partilha de conhecimentos, paciência e disponibilidade, que demonstrou ter durante o decorrer da dissertação. E aos restantes pelos momentos de descontração, tão precisos.

À empresa Optima, na pessoa do Sr. Américo Santos pela contribuição que deu ao projeto, ao disponibilizar as suas instalações para efetuar o corte das peças de regulação. Ao Engenheiro Joaquim Silva pela disponibilidade e partilha de conhecimentos.

Ao Ricardo Rodrigues pela ajuda imprescindível na criação do preliminar do molde e pela partilha de informação.

À minha família, pelo apoio incondicional. Em especial ao meu pai, pela ajuda e pelas críticas construtivas durante o decorrer de todo o projeto.

E por fim, ao meu namorado e amigos, agradeço a paciência e compreensão, por ouvirem os desabafos, principalmente na última fase do processo.

Índice

RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	III
AGRADECIMENTOS.....	V
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS	XIX
LISTA DE GRÁFICOS.....	XXI
ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	XXIII
Capítulo 1 - Introdução	1
1.1. <i>Enquadramento.....</i>	<i>1</i>
1.2. <i>Objetivos</i>	<i>3</i>
1.3. <i>Estrutura adotada</i>	<i>3</i>
PARTE I INVESTIGAÇÃO PARA A ADEQUAÇÃO ERGONÓMICA DO CONJUNTO CADEIRA E MESA A	
CRIANÇAS DOS 6 AOS 10 ANOS	5
Capítulo 1 - A influência do Conjunto cadeira e mesa na adoção de más posturas nas	
escolas primárias.....	7
1.1. <i>Posturas adotadas na sala de aula.....</i>	<i>8</i>
1.2. <i>A influência do Conjunto cadeira e mesa na adoção de más posturas</i>	<i>10</i>
1.2.1. <i>Cadeira</i>	<i>12</i>
1.2.2. <i>Mesa</i>	<i>15</i>
Capítulo 2 - Adequação ergonómica do Conjunto cadeira e mesa às crianças dos 6	
aos 10 anos..	17
2.1. <i>Crescimento e desenvolvimento da criança.....</i>	<i>19</i>
2.1.1. <i>Coluna vertebral</i>	<i>27</i>
2.2. <i>Variáveis antropométricas aplicáveis ao dimensionamento do Conjunto cadeira e</i>	
<i>mesa.....</i>	<i>32</i>
2.2.1. <i>Precauções na utilização dos percentis</i>	<i>39</i>
Capítulo 3 - Critérios ergonómicos e normas a considerar para um correto	
dimensionamento do Conjunto cadeira e mesa escolar	41
3.1. <i>Regras para o correto dimensionamento do conjunto cadeira e mesa</i>	<i>42</i>
3.1.1. <i>Cadeira</i>	<i>45</i>
3.1.2. <i>Mesa</i>	<i>54</i>

Capítulo 4 - Dimensionamento do conjunto cadeira e mesa escolar para uso universal.....	59
4.1. <i>Materiais e métodos</i>	60
4.1.1. Amostra	60
4.1.2. A Altura do Poplíteo como medida de prescrição	62
4.1.3. Dados/Estudos Antropométricos encontrados e utilizados.....	63
4.2. <i>Cálculo</i>	67
4.2.1. Cálculo da altura do assento (AA)	71
4.2.2. Cálculo da largura do assento (LAS)	72
4.2.3. Cálculo da profundidade do assento (PA).....	73
4.2.4. Cálculo da altura do topo superior do encosto (ASE).....	74
4.2.5. Cálculo da altura do ponto S (PS) e altura do topo inferior do encosto (AIE).....	75
4.2.6. Cálculo da altura da mesa (AM).....	75
4.2.7. Cálculo do espaço livre entre o assento e a mesa (ELAM).....	76
4.3. <i>Resultados e discussão</i>	77
4.4. <i>Conclusão</i>	78

PARTE II DESENVOLVIMENTO DA CADEIRA SEAT&GROW EM AMBIENTE EMPRESARIAL 81

Capítulo 1 - Cooperação entre a empresa NAUTILUS e o Mestrado em Design Industrial e de Produto.....	83
1.1. <i>“Aprender fazendo” no Mestrado em Design Industrial e de Produto da Universidade do Porto</i>	84
1.2. <i>Interdisciplinaridade como metodologia</i>	86
1.3. <i>Analogia, a metodologia aplicada no desenvolvimento da cadeira Seat&Grow</i>	90
1.3.1. Fase 1 - Análise do mecanismo	91
1.3.2. Fase 2 - Exploração formal do conceito da Cadeira	93
1.3.3. Conceito final	96
1.4. <i>NAUTILUS</i>	99
1.4.1. Procedimento de Produção dentro da empresa	101
Capítulo 2 - Projeto de desenvolvimento da cadeira Seat&Grow dentro da empresa NAUTILUS.....	107
2.1. <i>Adaptação da cadeira Seat&Grow às condicionantes produtivas da NAUTILUS</i>	108
2.1.1. Adequação à norma.....	108
2.1.2. Estrutura	112
2.1.3. Assento	113
2.1.4. Peças de regulação.....	114
2.2. <i>Preparação para prototipagem</i>	114
2.3. <i>Processo de Fabrico e Avaliação do 1º Protótipo</i>	116
2.3.1. Produção da estrutura.....	117
2.3.2. Produção do assento	123
2.3.3. Produção das peças de regulação	131
2.3.4. Montagem 1º Protótipo	132
2.3.5. Avaliação do 1º Protótipo	134
2.4. <i>Processo de Fabrico e Avaliação do 2º Protótipo</i>	138
2.5. <i>Processo de Fabrico e Avaliação do 3º Protótipo</i>	142

2.5.1.	Processo de Fabrico das peças de regulação em nylon por corte por arranque de apara.....	145
2.5.2.	Avaliação do 3º Protótipo	149
CONCLUSÃO.....		155
DESENVOLVIMENTOS FUTUROS		157
REFERÊNCIAS.....		159
ANEXOS.....		173
Anexo A	Orçamento para corte CNC	175
Anexo B	Pedido de colaboração	177

Lista de figuras

Figura 1: Sentado sem suporte para as costas.	9
Figura 2: Sentado com o tronco inclinado para trás.	9
Figura 3: Sequência de variação de posturas.	10
Figura 4: Pressão nas coxas causada pela altura elevada do assento.	13
Figura 5: Posição adotada quando a altura do assento é baixa.	13
Figura 6: a) Pressão causada pela profundidade elevada do assento; b) Falta de apoio no assento.	14
Figura 7: Posições adotadas quando a altura da mesa é muito baixa.	15
Figura 8: Variação de crescimento das diferentes partes do corpo da criança.	20
Figura 9: Variações de estatura entre diferentes países.	23
Figura 10: Posições adotadas diariamente.	26
Figura 11: Postura padrão sentado.	27
Figura 12: Curvaturas da coluna vertebral.	28
Figura 13: Pontos de tensão na postura ereta e na postura sentada.	29
Figura 14: Diferenças nas curvaturas da coluna na posição em pé e sentado.	30
Figura 15: Curvaturas da coluna vertebral: a) Em pé; b) Sentada sem apoio nas costas; c) Sentada com ângulo maior entre o tronco e as pernas.	30
Figura 16: Distribuição do peso do corpo na posição sentada pelas tuberosidades isquiáticas.	31
Figura 17: Caracterização da postura sentada. a) Anterior; b) Média; c) Posterior.	32
Figura 18: Variáveis antropométricas a considerar no dimensionamento do Conjunto cadeira e mesa.	35
Figura 19: Relação entre os percentis e a percentagem da população.	37

Figura 20: Relação entre a média (P50) e o desvio de padrão.....	39
Figura 21: Exemplo de aplicação de percentis para o dimensionamento de produtos.	40
Figura 22: Utilização do P95 para a definição da largura do assento (LAS).	40
Figura 23: Posturas sentadas a adotar nas atividades das aulas. a) Postura para ouvir o professor; b) Postura para tarefas de leitura e escrita.	42
Figura 24: Planos de medição.	43
Figura 25: Transporte da mesa e da cadeira.....	43
Figura 26: Espaço a considerar entre a mesa e a cadeira.	44
Figura 27: Espaço para movimentar as pernas.	44
Figura 28: Localização da Curva lordótica.	45
Figura 29: Variável antropométrica a considerar no dimensionamento da altura do assento.	46
Figura 30: a) Exemplo do estudo de Molenbroek; b) Ângulo máximo confortável.	47
Figura 31: Ângulos máximo e mínimo confortáveis para a definição da altura do assento (AA).....	48
Figura 32: Variável antropométrica a considerar no dimensionamento da largura do assento.	48
Figura 33: Variável antropométrica a considerar no dimensionamento da profundidade do assento.	49
Figura 34: Inclinação do assento. a) Anterior; b) Horizontal; c) Posterior;	50
Figura 35: Localização do ponto S e forma da concavidade do assento.....	51
Figura 36: Variáveis antropométricas a considerar no dimensionamento do topo superior do encosto.	51
Figura 37: Variável antropométrica a considerar no dimensionamento do ponto S.	52
Figura 38: Variável antropométrica a considerar no dimensionamento do topo inferior do encosto.	53
Figura 39: Ângulo para definição da inclinação do encosto.	54
Figura 40: Raio de curvatura do encosto.	54
Figura 41: Área de alcance ótima da superfície de trabalho.....	55
Figura 42: Área de alcance máxima da superfície de trabalho.....	55

Figura 43: Ângulos de abdução e flexão recomendados por Chaffin, Anderson e Martin (2001).	56
Figura 44: Postura com superfície de trabalho na horizontal e inclinada	56
Figura 45: Posicionamento do bordo voltado para o aluno, com a superfície da mesa inclinada.	57
Figura 46: Medidas a considerar no dimensionamento da altura da mesa.	57
Figura 47: Variável antropométrica a considerar no dimensionamento do espaço livre entre o assento e a mesa.	58
Figura 48: Análise entre os valores da estatura e os valores da altura do poplíteo.	62
Figura 49: Altura do poplíteo (AP) relaciona-se com a altura do assento (AA).	63
Figura 50: Exemplo de uma representação esquemática dos gráficos de dispersão estimados da altura do poplíteo (AP) e comprimento glúteo-poplíteo (CGP).	69
Figura 51: Exemplo de uma agregação das elipses de dois países num só gráfico de acordo com as variáveis altura do poplíteo (AP) e comprimento glúteo-poplíteo (CGP).	69
Figura 52: Exemplo da determinação das alturas do assento (AA) necessárias para acomodar corretamente todos os envolvidos e consequentemente o número de tamanhos.	70
Figura 53: Representação esquemática de 3 tamanhos sobre a distribuição bivariável da altura do poplíteo (aa) e respectivos intervalos do comprimento glúteo-poplíteo (ggp).	70
Figura 54: Dimensionamento da altura do assento (AA).	71
Figura 55: Tamanhos propostos de acordo com a E.Q.1 e a sua abrangência.	72
Figura 56: Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AA) e largura das ancas (LA).	72
Figura 57: Dimensionamento da largura do assento (LAS).	73
Figura 58: Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e comprimento glúteo-poplíteo (CGP).	73
Figura 59: Dimensionamento da profundidade do assento (PA).	74
Figura 60: Dimensionamento da altura do topo superior do encosto (ASE).	74
Figura 61: Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e distância ombro-assento (DOA).	74
Figura 62: Dimensionamento da altura do ponto S (PS).	75
Figura 63: Dimensionamento da altura do topo inferior do encosto (AIE).	75

Figura 64: Dimensionamento da altura da mesa (AM).	76
Figura 65: Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e espessura coxa (EC).	76
Figura 66: Dimensionamento do espaço livre entre o assento e a mesa (ELAM).	76
Figura 67: Esquema ilustrativo das várias áreas que auxiliam o desenvolvimento de produtos.	87
Figura 68: a) Mesa Lunatique de Ligne Roset; b) Puxador de argola.	89
Figura 69: Analogia entre folhas e placas de células de combustível bipolar.	90
Figura 70: Divisão do problema em sub problemas.	91
Figura 71: Síntese da pesquisa de mecanismos de regulação e formas de empilhamento.	92
Figura 72: Programa considerado no desenvolvimento da cadeira Seat&Grow.	93
Figura 73: Primeiros esboços	93
Figura 74: Inspiração vs Conceito 1.	94
Figura 75: Inspiração vs Conceito 2.	95
Figura 76: Fases de desenvolvimento do conceito.	95
Figura 77: Cadeira Seat&Grow.	96
Figura 78: Tamanhos da cadeira Seat&Grow.	96
Figura 79: a) Regulação (inspiração); b) Sequência de regulação. 1- Desencaixar; 2- Puxar; 3- Encaixar.	97
Figura 80: a) Empilhamento na Sala de aula; b) Empilhamento para armazenamento e transporte.	97
Figura 81: Sugestão de cores para o assento e regulação.	97
Figura 82: Componentes da cadeira Seat&Grow.	98
Figura 83: Maquete escala 1:2.	98
Figura 84: Cadeira Seat&Grow.	99
Figura 85: Exemplo de produtos NAUTILUS para salas de aula.	100
Figura 86: Exemplo de produtos NAUTILUS para bibliotecas e auditórios.	100
Figura 87: Exemplo de produtos NAUTILUS para salas de aula interativas.	100
Figura 88: Projetos NAUTILUS de sucesso.	101

Figura 89: Linha UNI.	103
Figura 90: Nomenclatura Linha UNI.	104
Figura 91: Nomenclatura dos componentes da Cadeira UNI AA02.	104
Figura 92: Elementos que compõem a cadeira AA02; a) Estrutura; b) Assento e encosto.	105
Figura 93: Processo de curvatura do tubo.	105
Figura 94: Modelação da cadeira UNI AA02.	105
Figura 95: Dimensões consideradas pela norma para o dimensionamento da cadeira. ...	109
Figura 96: Alteração da forma da cadeira para incorporar o ponto S.	111
Figura 97: Componentes da estrutura e zona de soldadura: a) Estrutura inicial; b) Estrutura após as alterações.	112
Figura 98: Assento antes e depois das alterações propostas pela empresa.	113
Figura 99: Peça de regulação antes e depois das alterações propostas pela empresa.	114
Figura 100: Cadeira Seat&Grow antes e depois da adaptação aos requisitos da empresa.	115
Figura 101: Requisição interna.	116
Figura 102: Fases para corte do tubo. a) Medição; b) Fixação da posição; c) Corte do tubo.	117
Figura 103: a) Desenho técnico da base; b) Programa.	118
Figura 104: a) Início do processo de dobragem; b) Final do processo.	118
Figura 105: Sequência de corte do material em excesso.	118
Figura 106: Base finalizada.	119
Figura 107: Fases para corte do tubo. a) Medição; b) Fixação da posição; c) Corte do tubo.	119
Figura 108: a) Desenho técnico do suporte do assento; b) Programa.	119
Figura 109: a) Início do processo de dobragem; b) Final do processo.	120
Figura 110: Sequência de tentativas.	120
Figura 111: Estrutura de suporte do assento finalizada.	121
Figura 112: Soldadura da estrutura.	121
Figura 113: Furação para posicionamento das travessas.	122

Figura 114: Soldadura das travessas.....	122
Figura 115: Estrutura finalizada e empilhada.	122
Figura 116: Modelo 3D do molde em MDF para moldação do assento em contraplacado.	124
Figura 117: a) Vista lateral do assento; b) Vistas das curvaturas do encosto.	124
Figura 118: Corte e lixagem das vistas modelo.	124
Figura 119: a) Corte das placas de MDF; b) Marcação da vista lateral nas placas de MDF; c) Corte das marcações nas placas de MDF.	125
Figura 120: a) Componentes do molde; b) Montagem do molde; c) Marcação, corte e lixagem da vista lateral; d) Molde final.	125
Figura 121: a) Fixação dos grampos ao molde; b) Fixação das placas ao molde; c) Uniformização das placas; d) Placas Finalizadas.	126
Figura 122: Processo de aperfeiçoamento das curvaturas das diferentes placas.....	126
Figura 123: Primeira fase de uniformização da curvatura do encosto.	127
Figura 124: Montagem final do molde.....	127
Figura 125: Finalização do molde.	127
Figura 126: Preparação das folhas de faia.	128
Figura 127: Colagem do contraplacado.	128
Figura 128: Preparação da primeira prensagem.....	128
Figura 129: Resultado da primeira prensagem.	129
Figura 130: Preparação da segunda prensagem.....	129
Figura 131: Resultado da segunda prensagem.	129
Figura 132: Preparação da terceira prensagem.	130
Figura 133: Resultado da terceira prensagem.	130
Figura 134: Avaliação das curvaturas do assento com duas crianças, uma com 6 e outra com 10 anos.	131
Figura 135: Corte e aperfeiçoamento do assento.	131
Figura 136: Componentes de impressora 3D (FDM).....	132
Figura 137: Impressão 3D peças de regulação.	132

Figura 138: Anotação das dimensões do assento.	133
Figura 139: a) Ensaio suporte do assento falhados; b) Programa e suporte do assento final.	133
Figura 140: Aplicação das meias canas e Fixação peças de regulação.	134
Figura 141: Primeiro protótipo.	134
Figura 142: Sequência de regulação.	135
Figura 143: a) Espaço para ancas; b) Espaço para Rebites; c) Transporte da cadeira.	136
Figura 144: a) Suporte do peso no último nível; b) Balanço para a frente; Balanço para trás.	136
Figura 145: Encaixe partido.	137
Figura 146: Modelo 3D do 1º e 2º protótipo.	138
Figura 147: Fabrico das peças de regulação referentes aos três ensaios.	138
Figura 148: Componentes da cadeira primeiro ensaio.	139
Figura 149: a) Suporte do peso e balanço para a frente; b) Empilhamento: estrutura com duas travessas.	139
Figura 150: Regulação nos três níveis – Ensaio 1.	140
Figura 151: Desgaste da tinta da estrutura.	140
Figura 152: Segundo ensaio.	141
Figura 153: Componentes Ensaio 3.	141
Figura 154: Empilhamento Ensaio 3.	141
Figura 155: Regulação nos três níveis – Ensaio 3.	142
Figura 156: Alteração da furação peças de regulação.	143
Figura 157: Preliminar do molde.	143
Figura 158: Movimento do molde.	144
Figura 159: Zona Frágil no molde.	144
Figura 160: Fixação da placa à mesa de corte.	146
Figura 161: Processo de corte das peças de regulação em nylon.	146
Figura 162: a) Placa com corte das peças finalizado; b) Peça de regulação antes e depois do acabamento.	146

Figura 163: Furação das peças de regulação.	147
Figura 164: a) Placa com corte das peças finalizado; b) Peça de regulação antes e depois do acabamento.	148
Figura 165: Segundo ensaio: terceiro protótipo.	148
Figura 166: Sequência de regulação – 3º Protótipo.	149
Figura 167: a) Suporte do peso em pé; b) Suporte do peso sentado; c) Transporte da cadeira; d) Empilhamento para limpeza; e) Empilhamento para arrumação.	150
Figura 168: Regulação efetuada pela criança de 10 anos.	151
Figura 169: a) Postura adotada pela criança de 10 anos; b) Balanço para trás.	152
Figura 170: Postura adotada pela criança de 6 anos.	152

Lista de tabelas

Tabela 1: Revisão bibliográfica das variáveis antropométricas que definem as dimensões do Conjunto cadeira e mesa.	34
Tabela 2: Equações fundamentais para o cálculo dos percentis.	39
Tabela 3: Equação de (in)compatibilidade para o cálculo da altura do assento (AA).	47
Tabela 4: Equações de (in)compatibilidade para o cálculo da largura do assento (LAS).	48
Tabela 5: Equações de (in)compatibilidade para o cálculo da profundidade do assento (PA).	49
Tabela 6: Equações de (in)compatibilidade para o cálculo da altura do topo superior do encosto (ASE).	52
Tabela 7: Cálculo do ponto S (PS).	52
Tabela 8: Cálculo da altura do topo inferior do encosto (AIE).	53
Tabela 9: Cálculo da altura da mesa (AM).	58
Tabela 10: Cálculo do espaço livre entre o assento e a mesa (ELAM).	58
Tabela 11: Atribuição dos níveis ISCED por País de acordo com as idades.	61
Tabela 12: Dados Antropométricos encontrados.....	64
Tabela 13: Equações para determinar o desvio de padrão e a média do conjunto.	65
Tabela 14: Cálculo dos percentis.	65
Tabela 15: Valores da tabela de Distribuição Normal Padrão correspondentes ao percentil.	66
Tabela 16: Estudos antropométricos selecionados.	67

Tabela 17: Quadro-resumo dos dados necessários para o correto dimensionamento do conjunto cadeira e mesa.....	68
Tabela 18: Cálculo da altura do assento (AA) para o tamanho 1 e 2.	71
Tabela 19: Proposta para um sistema universal de tamanhos para o conjunto cadeira e mesa escolar para crianças dos 6 aos 10 anos.....	77
Tabela 20: Altura do poplíteo (AP) mínima (P5 – 6 anos) e máxima (P95 – 10 anos) por país e respetivos tamanhos.	78
Tabela 21: Comparação entre objetivos e prioridades das empresas e universidades.	85
Tabela 22: Análise das dimensões da norma EN 1729-1 (85).	110
Tabela 23: Dimensões definidas para a cadeira.	111
Tabela 24: Nomenclatura dos componentes.	115
Tabela 25: Requisitos a considerar na avaliação do primeiro protótipo.	135
Tabela 26: Confronto entre as dimensões definidas com as obtidas no protótipo.	137
Tabela 27: Pontos a avaliar durante a execução dos testes.	149
Tabela 28: Resultados da avaliação.	150
Tabela 29: Pontos de avaliação.	151
Tabela 30: Resultados da avaliação.	153

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Comparação tempo de adoção das diferentes posturas, usando mobiliário ergonómico e mobiliário tradicional.	14
Gráfico 2: Ganho em estatura por ano em ambos os sexos.	21
Gráfico 3: Fatores determinantes no crescimento e desenvolvimento da Criança.	22
Gráfico 4: Exemplo de histograma e polígono de frequência.	36
Gráfico 5: Variações dos percentis das dimensões do corpo humano.	38

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas

CNC	<i>Computer numerical control</i>
FDM	<i>Fused deposition modelling</i>
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
PLA	<i>Polylactic acid</i>
SD	Desvio Padrão
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
ABS	<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i>
CAM	<i>Computer Assisted Manufacturing</i>

Lista de símbolos

α	Ângulo
μ	Média;
P_p	Valor do percentil que se pretende obter
Z_p	Constante da tabela de distribuição normal considerada para o percentil a obter

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

As exigências hoje impostas à eficácia de qualquer produto que pretenda entrar num mercado competitivo, têm vindo nas últimas décadas a alterar a metodologia de conceção dos vários intervenientes no projeto, em particular na área do Design. Para que o Design Industrial consiga responder a todos estes requisitos, necessita de ser alimentado por outras áreas complementares como engenharia, ergonomia, entre outras, desde os primeiros momentos da conceção. O Design vive desta interdisciplinaridade. Para produzir uma garrafa de plástico para água é necessário realizar-se testes químicos, analisar a resistência mecânica, de modo a se seleccionar o material mais indicado. Para fazer uma escultura, o artista necessita apenas de determinar a tecnologia e a matéria-prima. Esta necessidade fez surgir uma nova metodologia de trabalho no campo do Design que tem como base a interdisciplinaridade, em particular com a engenharia.

Na disciplina de Projeto de Design Industrial do Mestrado em Design Industrial e de Produto, residente na Universidade do Porto, tem-se tratado esta metodologia para o desenvolvimento de projetos de Design Industrial, não só tirando partido das várias

engenharias mas também da indústria, que estabelece com o curso parcerias de cooperação. O projeto de desenvolvimento de uma cadeira para crianças dos 6 aos 10 anos surgiu da parceria entre a empresa portuguesa, de mobiliário escolar, NAUTILUS e esta unidade curricular.

No ensino primário, entre os 6 e os 10 anos, as crianças passam cerca de 5 horas por dia sentadas na sala de aula. Como estão numa fase de crescimento e de adaptação das estruturas anatómicas, encontram-se mais expostas à ocorrência de alterações posturais e o facto de passarem tanto tempo sentadas, leva a que estas alterações ocorram com mais frequência, devido à adoção de más posturas.

Atualmente têm surgido vários estudos que comprovam a influência do mobiliário na adoção de más posturas. Tipicamente o mobiliário utilizado nas salas de aula possui apenas um tamanho, levando a que a maioria das crianças passe grande parte do dia sentada em mobiliário desadequado às suas dimensões antropométricas. Procurando posições confortáveis, adotando posturas incorretas durante longos períodos de tempo.

A existência de tamanhos únicos do mobiliário escolar, nas salas de aula, deve-se à falta de meios financeiros das escolas e à necessidade das empresas de uniformizar a produção para diminuição dos custos de produção, de logística e de inventário. Tarefa que se torna por vezes impossível devido à necessidade das empresas de seguirem normas regulamentares.

Com a internacionalização dos mercados torna-se fundamental que as empresas sejam capazes de se adaptar aos vários mercados, o que é difícil devido à existência de uma norma específica para cada bloco económico ou país. A criação de um sistema de tamanhos que englobasse todos os países, considerando a diversidade de dimensões de cada país, iria agilizar este processo. Com a utilização deste sistema de tamanhos e a criação de uma cadeira regulável em altura, que permitisse esta adaptação, seria possível ultrapassar o problema da adoção de más posturas, por parte das crianças, sem colocar em causa os processos produtivos das empresas.

A metodologia utilizada para a conceção da cadeira, encontra-se dividida em duas fases, a fase de desenvolvimento do conceito dentro da universidade e a fase de desenvolvimento da solução construtiva dentro da empresa, fazendo a sua adequação para o mercado. A primeira fase consistiu no desenvolvimento do conceito, partindo da metodologia de divisão do problema em sub problemas e desenvolvendo em profundidade o sub problema de conseguir um mecanismo que permitisse a regulação e empilhamento da cadeira, obtendo o conceito em questão. A segunda fase de desenvolvimento do projeto consistiu no aperfeiçoamento do conceito, segundo os pressupostos de fabrico da empresa, através da adequação das dimensões conforme a norma e ainda tendo em consideração os materiais e tecnologias usadas na empresa.

1.2. OBJETIVOS

Para dar resposta à necessidade de globalização da indústria definiu-se como primeiro objetivo encontrar uma metodologia de dimensionamento para a conceção de uma cadeira universal.

O segundo objetivo consistiu no aperfeiçoamento da cadeira Seat&Grow de modo a adequa-la ergonomicamente às características das crianças, procurando garantir que esta proporcione a adoção de posturas adequadas. Como foi selecionada para ser desenvolvida na empresa NAUTILUS, foi necessário adequar os seus componentes aos processos de produção e às normas exigidas pela empresa. Tirando partido da experiência de industrialização do projeto desenvolvido no primeiro ano de Mestrado em Design Industrial e de Produto, procurou-se sistematizar o processo de produção, para complementar a pesquisa feita, na procura da cadeira universal.

1.3. ESTRUTURA ADOTADA

Esta dissertação encontra-se dividida em duas partes, a parte de Investigação, onde será apresentado todo o estudo teórico subjacente ao desenvolvimento de uma cadeira escolar. E a segunda parte de Desenvolvimento, onde serão apresentadas todas as etapas de desenvolvimento da cadeira Seat&Grow, desde a idealização do conceito até à fase de preparação para produção.

Na primeira parte, será efetuada uma revisão da literatura procurando perceber qual a relação que existe entre a adoção de más posturas e o mobiliário escolar. A base será a análise de estudos que demonstram as posturas adotadas pelas crianças, entre os 6 e os 10 anos, nas salas de aula do primeiro ciclo, e que comprovam o mau dimensionamento do mobiliário escolar. Serão analisados os conceitos fundamentais para uma adequação ergonómica do Conjunto cadeira e mesa às dimensões das crianças. Começando por conhecer as características das crianças e o ambiente escolar, procurando perceber a relação que existe entre o mobiliário escolar, as crianças e as tarefas realizadas nas salas de aula. Posto isto, analisar-se-á o conceito de postura, procurando perceber quais as mais corretas e quais as consequências da adoção de más posturas. Por fim serão analisados os critérios ergonómicos essenciais ao dimensionamento do Conjunto cadeira e mesa, apresentando em detalhe as várias dimensões do conjunto, identificando a variável antropométrica que lhe corresponde e os critérios e equações de (in)compatibilidade apresentados pela literatura.

Analisados alguns estudos referentes ao dimensionamento do mobiliário escolar, verificou-se que existia uma falha na aplicação das normas. Neste sentido, com a globalização dos mercados, torna-se fundamental a existência de um sistema de tamanhos que possa ser utilizado pelas empresas para o dimensionamento do mobiliário. Com este pressuposto, juntamente com o meu colega Vítor Carneiro e a Prof. Bárbara Rangel,

desenvolveu-se um estudo para a criação de um sistema de tamanhos universal para o Conjunto cadeira e mesa escolar, direcionado a crianças entre os 6 e os 10 anos, que posteriormente foi submetido para a revista Applied Ergonomics, encontrando-se neste momento em fase de avaliação.

A segunda parte desta dissertação consiste na demonstração de todo o processo de desenvolvimento da cadeira Seat&Grow, selecionada pela empresa NAUTILUS para ser desenvolvida nas suas instalações. No primeiro capítulo será apresentado o projeto da cadeira, demonstrando todo o processo de desenvolvimento do conceito inicial. Posteriormente será apresentado o método de desenvolvimento dos produtos dentro da empresa, desde a concepção até à sua produção, identificando os processos de fabrico utilizados e ainda os vários departamentos que intervêm no processo.

No segundo capítulo, serão apresentadas todas as alterações efetuadas ao conceito, de modo a adaptá-lo à norma adotada pela empresa e ainda aos seus processos de fabrico. Posteriormente demonstrar-se-á a sequência de fabrico de cada um dos componentes da cadeira e ainda todas as alterações que foram sendo efetuadas, durante a fase de prototipagem. No final serão apresentados alguns testes efetuados com crianças, procurando avaliar o funcionamento da cadeira em ambiente escolar, para averiguar a necessidade de novas alterações.

Parte I:

Investigação para a adequação
ergonómica do Conjunto cadeira e
mesa a crianças dos 6 aos 10 anos

Capítulo 1 - A INFLUÊNCIA DO CONJUNTO CADEIRA E MESA NA ADOÇÃO DE MÁIS POSTURAS NAS ESCOLAS PRIMÁRIAS

As crianças entre os 6 e os 10 anos, enquanto frequentam o ensino primário, encontram-se num período de crescimento e de adaptação das estruturas anatómicas, estando mais expostas à ocorrência de alterações posturais (1).

É nestas idades que adquirem hábitos de postura que vão permanecer no seu futuro. Segundo o estudo de Domljan *et al.* (2), com o avançar da idade, estas começam a ficar menos irrequietas, procurando adotar posturas nas quais se sentem confortáveis, o que não significa que sejam as mais corretas. Por este motivo, hábitos de adoção de posturas corretas devem ser proporcionados às crianças no ensino primário. As escolas devem por isso ser equipadas com mobiliário de dimensões adequadas e deve ser dada formação aos professores para que estes as incentivem a adotar posturas corretas (2).

As crianças passam 30% do tempo em que se encontram acordadas, nas escolas e cerca de 5 horas desse tempo na posição sentada. Tanto o método de ensino, como a organização da sala, as atividades realizadas, juntamente com o mobiliário utilizado, têm influência

direta nestas alterações posturais (1, 3, 4, 5). Se não existirem alguns cuidados, estas agressões diárias, principalmente à coluna vertebral, poderão afetar a formação dos ossos e dos músculos (Rebelatto (1991), citado por 1, 5).

Froufe (2002), citado por Gonçalves (3) demonstra que 72% das atividades realizadas com mais frequência dentro da sala de aula do ensino primário, são a leitura e a escrita, que equivalem a cerca de 70% do tempo que a criança passa nesse espaço. Estas tarefas exigem muito das capacidades visual e física das crianças, e ainda alguma concentração, que se vai perdendo quando as atividades se realizam por mais de 45 a 50 minutos, sem interrupção (4, 6).

Como são efetuadas sempre na posição sentada, além de levarem à perda de concentração, levam à adoção de más posturas (2, 7). Quando associadas à reduzida atividade física, poderão provocar desequilíbrios musculares conduzindo a alterações nas estruturas anatómicas (1, 6), como a diminuição dos tecidos em torno dos vasos, um aumento da concentração do ácido láctico nos músculos e de água no tecido subcutâneo, que com o tempo vão piorando, causando fadiga e diminuição dos reflexos na criança (Pereira (2003), citado por 4, 8).

1.1. POSTURAS ADOTADAS NA SALA DE AULA

Dentro da sala de aula é possível observar dois tipos de posturas, a estática e a dinâmica. A postura estática é mantida durante a maior parte do tempo, de modo a que as crianças consigam manter-se sentadas de forma estável para a realização das tarefas, nomeadamente a escrita, a leitura e ouvir o professor (8). Não conseguindo suportar o esforço subjacente a esta postura, as crianças realizam pequenas mudanças de posição, como alterar o ângulo do joelho ou variar a flexão do tronco, aliviando o *stress* e a tensão associados à permanência prolongada nesta posição, adotando uma postura dinâmica (8, 9, 10, 11). Segundo Knight e Noyes (12), o mobiliário escolar deve assegurar que as crianças se mantenham sossegadas nos seus lugares, de modo a que seja mais fácil para os professores controlarem o seu comportamento e as distrações sejam minimizadas. Este tipo de afirmação é contraditória à necessidade intrínseca que as crianças têm de se movimentarem, pois ficar por longos períodos numa posição estática pode resultar no cansaço muscular e em dores nas costas (3).

Cardon *et al.* (13) ao compararem os hábitos posturais adotados pelas crianças, quando utilizavam mobiliário ergonómico e quando utilizavam mobiliário tradicional, verificaram que, nesta última situação, as crianças passam cerca de 92% do seu tempo sentadas numa posição estática e apenas 3% numa posição dinâmica. Ao passarem longos períodos numa posição estática, aliado ao facto do mobiliário existente nas escolas não ser adequado às suas dimensões, e não permitir que estas se movimentem livremente, com o tempo vão adotando posturas, que podem ser prejudiciais para a sua saúde (3, 14). Estas posições originam dores nas costas, principalmente nas zonas cervicais, glúteas e lombares (15) e

podem provocar alterações nas estruturas anatómicas das crianças, que nesta fase ainda se encontram em desenvolvimento (3).

Vários estudos comprovam que as crianças não adotam apenas uma postura durante as atividades da aula (16). Fazendo uma análise da literatura é possível encontrar três posições da postura sentada que são adotadas com mais frequência nas salas de aula (3, 12, 17, 18, 19):

- Sentados e sem suporte para as costas: Esta posição é maioritariamente utilizada nas tarefas que envolvem a escrita (19). Nesta existe uma pressão intradiscal, cerca de 90% maior relativamente à posição em pé e o músculo psoas maior encontra-se sobre tensão, criando um efeito de compressão sobre a coluna (18) (Figura 1).

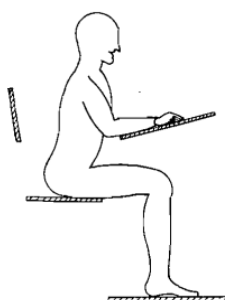


FIGURA 1: SENTADO SEM SUPORTE PARA AS COSTAS.

FONTE: HIRA (19)

- O tronco inclinado para trás: Esta posição é a mais usada na sala de aula, nas tarefas de escrita e leitura (19) (Figura 2).

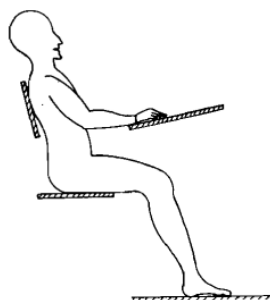


FIGURA 2: SENTADO COM O TRONCO INCLINADO PARA TRÁS.

FONTE: HIRA (19)

- O tronco inclinado para a frente com ambos os braços apoiados na mesa: Como se pode observar na figura seguinte, este tipo de posições pode ocorrer de forma sequencial, pois muitas vezes o aluno encontra-se sentado com o tronco inclinado para trás, e com o passar do tempo começa a sentir muito desconforto nos músculos do tronco e cede, afastando-se do encosto da cadeira (20). Como deixa de ter suporte para a coluna, tende a curvar-se um pouco para a frente, levando à inclinação do corpo e ao desvio do centro de gravidade (4, 8). Este desvio irá

consequentemente provocar uma maior pressão nas tuberosidades isquiáticas causando desconforto na criança e fazendo com que esta apoie os braços na mesa, para voltar a ter novamente algum apoio (4).

Ao estar nesta posição durante muito tempo a criança corre o risco de ter lesões na coluna cervical e lombar, com mais frequência, uma vez que a pressão intradiscal é cerca de 90% maior que na posição em pé (18), aumentando esta quando o ângulo formado entre as coxas e o tronco diminui (21) (Figura 3).

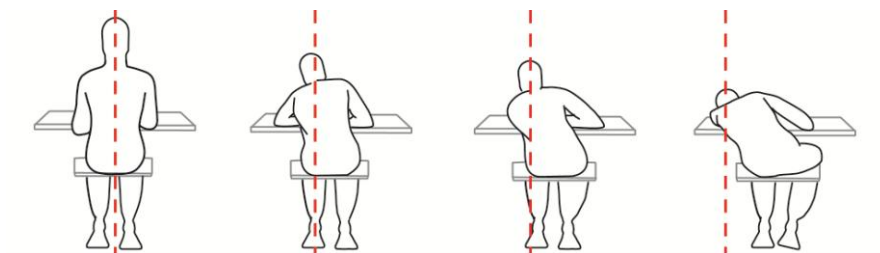


FIGURA 3: SEQUÊNCIA DE VARIAÇÃO DE POSTURAS.

FONTE: ADAPTADO DE DOMLIJAN ET AL. (20)

Ao adotarem uma postura inadequada as crianças mantêm os seus músculos em constante tensão, o que leva a que a pressão no seu interior aumente, provocando o estrangulamento dos capilares, impedindo que estes transportem o oxigênio até aos músculos e comprometendo desta forma os movimentos respiratórios (22). Este tipo de alterações leva muitas vezes ao aparecimento de dores musculares, nas costas e nos ombros, refletindo-se esse desconforto na concentração do aluno e no seu desempenho (4).

Assunção (23), no seu estudo verificou que cerca de 60% dos adolescentes envolvidos, afirmaram ter sentido dores de costas pelo menos uma vez nos últimos meses, cerca de 39% dessas dores na região cervical, 34,6% na região dorsal e 33,8% na região lombar da coluna vertebral.

Assim, para combater o esforço muscular a que se encontra muitas vezes sujeita, torna-se necessário que a criança, adote uma postura que garanta o equilíbrio corporal e seja confortável para a coluna (3, 24).

1.2. A INFLUÊNCIA DO CONJUNTO CADEIRA E MESA NA ADOÇÃO DE MÁIS POSTURAS

As crianças, na maioria do tempo que passam na sala de aula, encontram-se sentadas a realizar as tarefas propostas pelo professor. O Conjunto cadeira e mesa é por isso determinante na adoção de posturas corretas durante esse período (1, 4).

O mobiliário usado pelas crianças, deveria encontrar-se adequado às atividades realizadas na escola, considerando aquelas em que a criança foca a atenção no professor e aquelas

em que a criança deve prestar a atenção aos objetos colocados na sua mesa de trabalho (1, 4, 25). Mas o que acontece na maior parte das escolas é que o mobiliário não se encontra dimensionado de acordo com as dimensões das crianças (16, 26).

Muitas escolas ainda mantêm o mesmo mobiliário há 20 anos, dimensionado de acordo com as normas existentes na altura, situação agravada com a ocorrência do fenómeno da tendência secular (20). As escolas que compram mobiliário novo, compram apenas dois tamanhos, condicionadas com os baixos orçamentos (16, 27). E as empresas, procuram a uniformização dos tamanhos, para diminuir os custos de produção, de logística e de inventário quer para benefício da empresa quer das escolas (24).

No entanto, vários estudos comprovam a existência de idades distintas na mesma sala e que, dentro da mesma idade, as crianças apresentam dimensões dos segmentos corporais diferentes (12, 28). Facilmente se conclui que o mobiliário de tamanho único não garante conforto para todas, levando a que estas variem a sua posição com muita frequência, acabando por perder a atenção da aula e adotar más posturas (1, 4).

Nos últimos tempos foram realizados vários estudos que comprovam esta relação entre a adoção de más posturas e o mobiliário escolar, devido ao seu dimensionamento desajustado (3, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36). Segundo o estudo de Gonçalves (3) realizado em Portugal, verifica-se que o mobiliário escolar utilizado nas salas de aula é de dimensões fixas e não se encontra adequado às dimensões antropométricas das crianças. A autora salienta ainda que, a não existência de bases de dados antropométricos, leva a que as empresas tenham de se guiar pelas dimensões de outros países para dimensionarem os seus produtos.

Os estudos efetuados em Hong Kong, por Chung e Wong (33), em escolas com dois tipos cadeiras, uma grande e outra pequena, para crianças com idades entre os 10 e os 13 anos, demonstraram que nenhuma das cadeiras apresentava uma altura adequada às dimensões antropométricas das crianças.

Um estudo similar efetuado por Panagiotopoulou *et al.* (30) com crianças gregas com idades entre os 7 e os 12 anos, demonstrou também a existência de incompatibilidades entre as suas dimensões antropométricas e as dimensões da mesa e da cadeira. As cadeiras eram muito grandes e profundas e as mesas muito altas para as crianças.

Castellucci *et al.* (31) ao analisar o mobiliário presente em três salas de aula Chilenas, do oitavo ano, verificou a existência de apenas um tamanho de mesa e cadeira, dimensionado segundo a *Norma Chilena 2566*. Ao avaliar a (in)compatibilidade das dimensões do mobiliário com as dimensões antropométricas das crianças, verificou que as três se aproximavam de uma incompatibilidade de 100%, demonstrando que o mobiliário se encontrava desadequado relativamente às dimensões antropométricas das crianças daquelas escolas.

No mais recente estudo de Castellucci *et al.* (26), ao fazerem uma avaliação de (in)compatibilidade entre as dimensões do mobiliário escolar propostas pela *Norma Chilena 2566* e as dimensões antropométricas de crianças de uma certa região do Chile,

verificaram que apesar de já existirem melhorias na percentagem de compatibilidade das dimensões do mobiliário com as dimensões das crianças, ainda é possível encontrar 18% de incompatibilidade quando se compara a altura da cadeira com a altura do poplíteo das crianças.

Destes estudos é possível concluir que o mobiliário existente nas escolas primárias, não se encontra adequado aos seus utilizadores, sendo um impulsionador de adoção de más posturas, afetando desta forma o rendimento e a saúde das crianças (20). Ao exercer um papel importante na aquisição de bons hábitos posturais por parte das crianças, o mobiliário escolar deve ser concebido tendo em atenção a estrutura física e biomecânica das mesmas (19). Segundo o estudo efetuado por Knight e Noyes (12), existe uma correlação positiva entre a utilização de mobiliário desenhado ergonomicamente e o desempenho dos alunos na realização das tarefas, quando comparado com o desempenho demonstrado quando foi utilizado mobiliário padrão. Esta correlação positiva acontece, porque a criança se sente confortável no mobiliário ergonómico. Por este motivo é necessário ter-se em consideração as características do utilizador, da tarefa a ser realizada e do mobiliário, nomeadamente a cadeira e a mesa (3). Este tipo de cuidados muitas vezes não é considerado levando a que exista um desajuste entre estes três fatores, tendo posteriormente implicações nas posturas adotadas pelas crianças.

1.2.1. CADEIRA

A cadeira é um dos elementos mais importantes numa sala de aula. É nela que a criança se apoia diariamente, durante as seis horas ou mais, em que se encontra sentada, ao longo do tempo letivo (4, 25). Constituída por dois elementos, o assento e o encosto, esta deve garantir que a criança se sinta confortável durante esse tempo de estudo.

1.2.1.1. ASSENTO

O assento tem como objetivo proporcionar um suporte para o corpo, fomentando a adoção de posturas confortáveis por parte das crianças. Torna-se então necessário ter-se em atenção o dimensionamento, da profundidade, da largura, bem como a sua altura (3, 4, 11).

Um assento muito alto não permite apoio para os pés, conduzindo a que o peso das pernas seja suportado maioritariamente pelas coxas, comprimindo os músculos posteriores da coxa, o que dificulta a circulação sanguínea nos membros inferiores (11, 37) e faz com que os pés fiquem inchados (38). Winkel e Jorgensen (1986), citados por Reis (14), verificaram no seu estudo que era possível diminuir este inchaço recorrendo a movimentos nas pernas a cada 15 minutos (Figura 4).

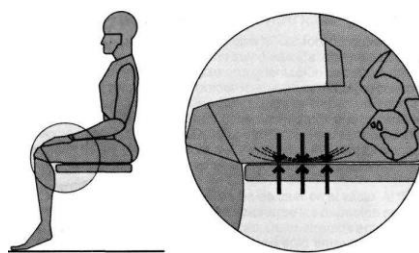


FIGURA 4: PRESSÃO NAS COXAS CAUSADA PELA ALTURA ELEVADA DO ASSENTO.

FONTE: PANERO E ZELNIK (11)

Quando o assento se encontra baixo para a criança, esta tende a estender as pernas para a frente e a flexionar mais a espinha dorsal, até encontrar uma posição confortável (11). Nesta posição, o peso do corpo é transportado para a superfície do assento e para as tuberosidades isquiáticas, ficando a criança sem apoio lombar, criando deste modo um excesso de pressão na zona do glúteo e levando ao aparecimento de dores nas três zonas da coluna (11, 39) (Figura 5).

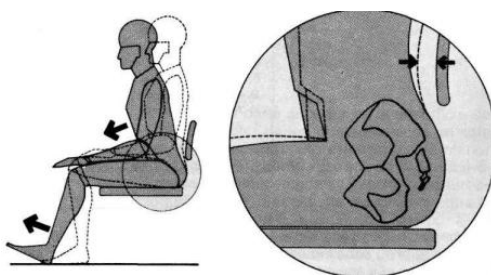


FIGURA 5: POSIÇÃO ADOTADA QUANDO A ALTURA DO ASSENTO É BAIXA.

FONTE: PANERO E ZELNIK (11)

Se a profundidade do assento for muito profunda, ocorre uma pressão na área atrás do joelho, que além de causar alguma irritação e desconforto, dificulta a circulação sanguínea nas pernas e nos pés (11). Com este desconforto a criança irá tendencialmente movimentar-se para a frente, perdendo o apoio lombar e prejudicando ainda mais a coluna. Desta forma, a pressão sobre a vertebra L3 irá aumentar e levar a criança a fazer contrações musculares, que quando mantidas por longos períodos de tempo causam fadiga e dores nas costas (17). Caso a profundidade do assento seja pouca, existe uma falta de apoio das coxas, que leva a criança a ficar com a sensação de que está a cair para a frente da cadeira (11) (Figura 6).

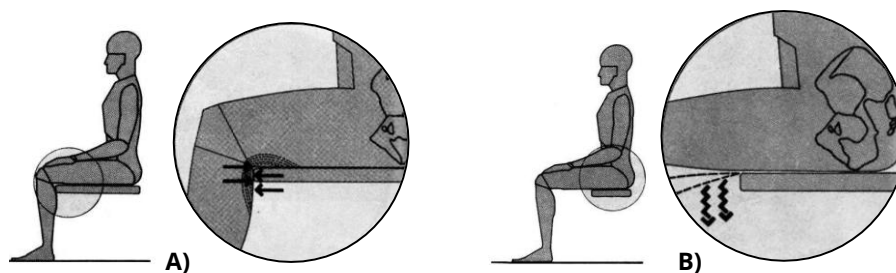


FIGURA 6: A) PRESSÃO CAUSADA PELA PROFUNDIDADE ELEVADA DO ASSENTO; B) FALTA DE APOIO NO ASSENTO.

FONTE: PANERO E ZELNIK (11)

1.2.1.2. ENCOSTO

O encosto tem como principal objetivo dar suporte à região lombar, sendo por isso um dos elementos mais importantes para a perfeita adequação entre a criança e a cadeira (11). No estudo efetuado por Cardon *et al.* (13) observou-se que, ao utilizarem mobiliário tradicional, as crianças apenas recorriam ao encosto por cerca de 30% do tempo em que se encontravam sentadas. Quando utilizavam mobiliário ergonómico, passavam a utilizar o encosto durante 28% do tempo. Ao comparar as duas situações, relacionando o tempo em que se encontravam sentadas e o tempo em que utilizavam o encosto, verifica-se que ao utilizarem mobiliário ergonómico, além de estarem menos tempo sentadas numa posição estática, passam a utilizar o encosto (Gráfico 1).

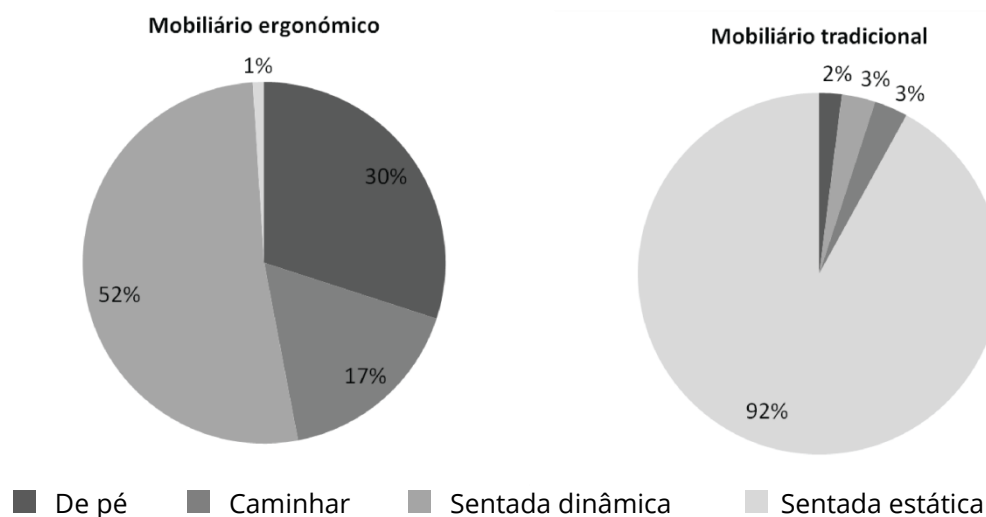


GRÁFICO 1: COMPARAÇÃO TEMPO DE ADOÇÃO DAS DIFERENTES POSTURAS, USANDO MOBILIÁRIO ERGONÓMICO E MOBILIÁRIO TRADICIONAL.

FONTE: ADAPTADO DE CARDON *ET AL.* (13)

O mesmo foi demonstrado por Hira (19) ao citar os estudos efetuados por Floyd e Ward (1976), atestando que cerca de 30% dos utilizadores avaliados não utilizavam o apoio lombar, ao realizarem tarefas como escrita e pintura. Isto deve-se ao seu mau dimensionamento, nomeadamente no que toca à altura. Quando muito alto, limita os movimentos da escápula, quando é muito baixo dificulta a movimentação dos glúteos

(Neufert (1990), citado por 14). Segundo Oliver e Middledith (1998), citados por Reis (14), quando a criança inclina o tronco para trás e utiliza o encosto, sente menos desconforto na região lombar, pois a pressão intradiscal diminui.

1.2.2. MESA

Outra das peças de mobiliário de elevada importância na sala de aula trata-se da mesa de trabalho, uma vez que tal como a cadeira a criança encontra-se dependente desta para realizar as atividades escolares, nomeadamente de escrita e de leitura (14).

A desadequação da altura da mesa às dimensões da criança leva à perda de ângulo de visão, pois influencia a distância entre os olhos e a superfície de trabalho (Grandjean (1998) e Oliver et al. (1998), citados por 14). Uma mesa baixa força as crianças a inclinarem-se para a frente, de modo a que consigam ler ou escrever, sobrecarregando as estruturas da coluna e criando uma força de compressão nas vértebras lombares (Salminen et al. (1992), citado por 17, 39). Uma mesa demasiado alta, dificulta a realização das tarefas, pois exige uma abdução, flexão anterior e elevação dos membros superiores, que levam ao movimento lateral do centro de massa, provocando o aumento da carga na coluna e conduzindo ao aparecimento de patologias na região dos ombros (Oliver (1999), citado por 1, 17, Salminen et al. (1992), citado por 39) (Figura 7).

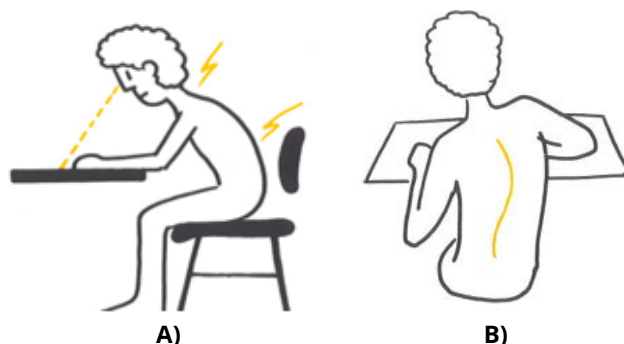


FIGURA 7: POSIÇÕES ADOTADAS QUANDO A ALTURA DA MESA É MUITO BAIXA.
FONTE: GARCIA MOLINA ET AL. (17)

Mesas de trabalho com superfície horizontal, obrigam os alunos a debruçarem-se sobre esta para conseguirem ler e escrever, dada a elevada distância existente entre os olhos e a superfície de trabalho (40). Desta forma, optam por desencostar a coluna lombar do encosto e adotam uma postura dobrada para a frente ou fletem o pescoço, de modo a conseguirem visualizar o trabalho, sendo estes movimentos altamente prejudiciais para a coluna cervical e causadores de dores no pescoço (Wall et al. (1991), citado por 41). O correto dimensionamento é por isso fundamental para a eficácia do Conjunto cadeira e mesa.

Capítulo 2 - ADEQUAÇÃO ERGONÓMICA DO CONJUNTO CADEIRA E MESA ÀS CRIANÇAS DOS 6 AOS 10 ANOS

Na criação de produtos é fundamental para o Designer entender como as pessoas interagem com os mesmos, de modo a que seja capaz de satisfazer as necessidades dos seus utilizadores. Deve por isso recorrer ao conhecimento de outras disciplinas, que têm como objetivo estudar parâmetros da atividade e natureza humana, como a ergonomia, a antropometria, a biomecânica (4, 18, 42, 43). No que toca ao desenvolvimento de mobiliário escolar a ergonomia e a antropometria, são as duas disciplinas que lhe darão maior suporte. O Conjunto cadeira e mesa, deve ser dimensionado e pensado tendo em conta as dimensões dos seus futuros utilizares, as posturas adotadas e ainda critérios ergonómicos, criados com base nas suas características (2, 18).

A ergonomia é a disciplina que procura avaliar as condições de interação entre as pessoas, os equipamentos e o ambiente que as rodeia, de modo a tornar as situações de trabalho compatíveis com as necessidades e limitações do ser humano (3, 4, 10, 18, 22, 42, 44, 45, 46, 47). Estuda desde sistemas simples, como tarefas domésticas ou um posto de trabalho, em que é analisada apenas uma parte do sistema onde atua o trabalhador, a sistemas

complexos, como a relação entre Homem-máquina na Indústria, em que é avaliado o funcionamento global de uma equipa que usa um ou mais equipamentos. Sempre com o objetivo primário de aumentar a segurança, a satisfação e o bem-estar dos utilizadores, pensando no sistema Homem-equipamento como um todo e procurando adaptar o trabalho ao Homem e não o contrário (4, 10, 14, 18, 48).

Quando aplicada desde o início do processo de conceção possibilita a **ergonomia de conceção**. Apesar de exigir maior conhecimento sobre o sistema em questão, garante a conceção de um produto adequado ergonomicamente ao seu utilizador (10, SAAD (1981), citado por 14).

A ergonomia segue algumas etapas chave, que se subdividem em três áreas de intervenção, com o objetivo de analisar as características específicas de determinado sistema (10, 46). A **ergonomia física**, estuda as respostas do corpo humano à atividade física, analisando as posturas de trabalho, manipulação de materiais e fatores tais como a repetição, vibração e força, recorrendo a disciplinas como a antropometria, fisiologia e biomecânica. A **ergonomia cognitiva**, que se baseia na análise dos processos mentais, tais como a perceção, atenção, controlo motor, armazenamento e recuperação da memória, recorre a disciplinas como a psicologia e sociologia. E por fim a **ergonomia organizacional** relacionada com o aperfeiçoamento das estruturas organizacionais, políticas e de processos (3, 10, 14, 22, 43, 46).

Em todas estas etapas a ergonomia procura conciliar as suas teorias com os conhecimentos de diversas disciplinas, como a antropometria, a biomecânica, sociologia, fisiologia, psicologia, entre outras (10, 14, 18). É baseada nesses conhecimentos que esta desenvolve os seus próprios métodos e técnicas, com o objetivo de obter resultados de forma mais rápida, objetiva e sob diferentes perspetivas. Por este motivo, apesar de poder ser considerada autónoma, encontra-se dependente deste intercâmbio de conhecimentos, ressaltando-se deste modo o seu carácter interdisciplinar, que a distingue das outras áreas (3, 10, 18, 22, 46, 49, 50).

Na primeira etapa procura-se conhecer as características e atitudes do público-alvo, o ambiente/ posto de trabalho em que se encontra e ainda as atividades nele realizadas (10, 14, 15, 18, 22), procurando desta forma efetuar uma apreciação ergonómica mais fiável (4), recorrendo a um mapeamento dos problemas encontrados no ambiente em questão, posturais, comunicacionais, movimentacionais, entre outros (18).

A etapa seguinte, diagnose ergonómica, consiste na observação sistemática das tarefas realizadas e registo de comportamento em ambiente real, de modo a que seja possível recolher dados antropométricos. Pela análise da atividade, procura-se obter medidas angulares e lineares e conhecer as preferências do utilizador relativas ao dimensionamento do objeto/ posto de trabalho. Passando de seguida para a projeção ergonómica, que se baseia no desenvolvimento de produtos com base nos dados recolhidos. Os produtos depois são avaliados e submetidos a testes ergonómicos para posterior detalhe ergonómico e otimização (18).

Tendo em consideração a definição de ergonomia, é possível fazer uma analogia entre a sala de aula com o posto de trabalho em que, a sala de aula corresponde ao posto de trabalho da criança e o mobiliário escolar, nomeadamente a cadeira e a mesa e os outros materiais escolares, como livros e cadernos, os seus equipamentos de trabalho (3, 10, 34). Recorrendo aos conhecimentos e métodos da ergonomia é possível estudar a melhor forma de se adequar o mobiliário escolar, nomeadamente a cadeira e a mesa, às crianças (4), garantindo deste modo melhorias a curto e longo prazo, em particular no que se refere ao conforto postural, evitando o aparecimento de vícios posturais (3, 14, 17).

Segundo Iida (10) e Ferreira *et al.* (22) para que seja possível uma adequação ergonómica das salas de aula às crianças, devem ser consideradas as características individuais de cada uma e ainda a relação que existe entre as crianças e o mobiliário presente na sala de aula, de modo a entender quais as posturas adotadas, nas diferentes tarefas. O mobiliário deve permitir que mantenham uma boa postura, possibilitando os movimentos e a realização das várias tarefas (4, 11, 17).

Uma das soluções encontradas pelos vários estudos ergonómicos aponta para o desenvolvimento de mobiliário que se adeque às diferentes dimensões das crianças, isto é, um mobiliário que se ajuste às diferentes variações de estaturas e dimensões corporais dentro da mesma sala de aula (4).

2.1. CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CRIANÇA

Ao longo dos séculos tem-se dado cada vez maior a importância ao bem-estar das crianças, valorizando o período da infância. Neste período de crescimento e mudança, as crianças interagem com o ambiente e vão construindo o seu conhecimento e compreensão do mundo (51). Foi Charles Darwin, quem deu início aos estudos do desenvolvimento da criança. Argumentando que alguns indivíduos se adaptam melhor a diferentes ambientes, conseguindo transferir essas características para as gerações seguintes, fez com que alguns cientistas se questionassem sobre o assunto. Essas investigações registaram-se nas "*Baby biographies*", realizadas por vários cientistas, incluindo Darwin (52). No início do século XX outros autores como, G. Stanley Hall, Alfred Binet, Sigmund Freud, John B. Watson, Jean Piaget e John Lock, entre outros, deram seguimento a estes estudos (51, 52). Estes autores analisaram o campo do desenvolvimento em cinco domínios distintos do desenvolvimento, analisados de forma integrada, o físico, o cognitivo, o social, o da linguagem e o da personalidade (52). Apesar deste vínculo, vários autores (3, 51, 53, 54) desagregam o desenvolvimento físico, dos outros domínios do desenvolvimento, denominando-o de crescimento. Desta forma definem o crescimento como as transformações físicas, quantificáveis que acontecem num período limitado, e usam o termo desenvolvimento para as modificações qualitativas que ocorrem, durante toda a vida do indivíduo, ao nível cognitivo, comportamental e emocional (53).

Como o crescimento trata das alterações corporais na criança, é o principal causador das diferentes necessidades de dimensionamento dos objetos (51). Conclui-se então que o crescimento consiste nas transformações físicas quantificáveis que ocorrem no corpo, mais concretamente as alterações musculares, de tamanho e peso (55). O período de maior crescimento acontece do nascimento à adolescência, fase com estudos mais profundos dos padrões de crescimento, medindo principalmente as dimensões antropométricas e a massa corporal (53, 54). A partir desses estudos foi possível criar linhas orientadoras de crescimento nos diferentes períodos de vida da criança. No entanto, estas linhas podem variar de criança para criança, pois estas podem atingir os períodos de crescimento em idades distintas (54, 56).

Segundo Vale (54, p12) o crescimento leva *"às alterações do corpo como um todo ou de partes específicas"*. As diferentes partes do corpo desenvolvem-se a ritmos distintos (53), o que leva a variações nas dimensões corporais relativamente à estatura (4, 10).

Tani (1987) e Viel et al. (2000), citados por Ribeiro (51) demonstram que estas variações são muito importantes, no que se refere à ergonomia do mobiliário escolar. É a partir dos 6 anos de idade que as pernas crescem a um ritmo mais acelerado, apontando para uma maior ponderação no dimensionamento da altura do assento e da mesa nas idades compreendidas entre os 6 e os 12 anos (14) (Figura 8).

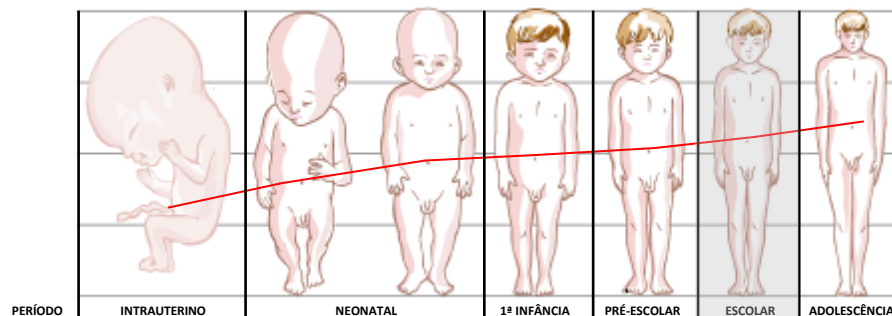


FIGURA 8: VARIAÇÃO DE CRESCIMENTO DAS DIFERENTES PARTES DO CORPO DA CRIANÇA.

FONTE: ADAPTADO DE MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. SECRETARIA DE POLÍTICAS DE SAÚDE. DEPARTAMENTO DE ATENÇÃO BÁSICA (53)

A fase entre os 2 e os 10 anos, consiste numa etapa de crescimento lento e constante, onde se encontram incluídos o período pré-escolar, onde a estatura e o peso da criança se mantêm estáveis em ambos os géneros, ganhando apenas cerca de 2 a 3 kg e 5 a 7 cm por ano (51, 57), e o período escolar onde as crianças podem crescer cerca de 6cm (58) (Gráfico 2).

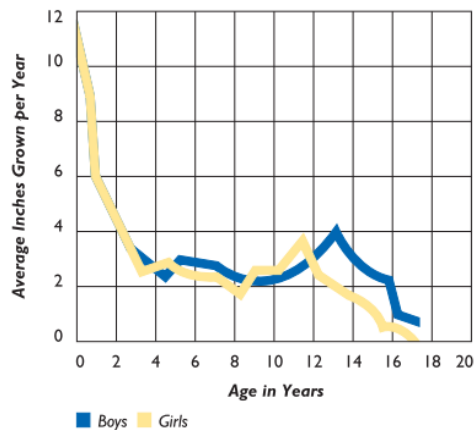


GRÁFICO 2: GANHO EM ESTATURA POR ANO EM AMBOS OS SEXOS.

FONTE: KAIL (52)

O desenvolvimento trata das modificações qualitativas que ocorrem no indivíduo desde o nascimento até ao final da sua vida. Consiste no conjunto de aptidões adquiridas nos vários sistemas, motor, cognitivo, emocional, comportamental, entre outros, que contribuem para o processo de aprendizagem do indivíduo, e que devem ser analisados como um todo e não de forma individual (53).

Tal como o crescimento, é possível dividir o desenvolvimento em três fases únicas, que expõem um conjunto de mudanças fundamentadas na aquisição de novas capacidades cognitivas, novas aprendizagens e novas capacidades relacionais (55). A primeira, do nascimento aos 3 anos, a segunda, dos 3 aos 6 anos e a terceira, dos 6 aos 12 anos. Nesta última etapa, dos 6 aos 12 anos, a criança começa a frequentar a escola e a aprender a ler e a escrever, começa a ser capaz de se auto avaliar e realizar tarefas concretas (53, 55).

Cada criança possui o seu ritmo próprio de crescimento e desenvolvimento, o que leva a que cada uma apresente características únicas. Esta singularidade é resultante não só da herança genética, mas também das condições de vida em que esta se desenvolve. O crescimento da criança depende não só dos genes herdados dos pais, fatores intrínsecos, mas também do ambiente que a rodeia, fatores extrínsecos (51, 52, 53, 54) (Gráfico 3).

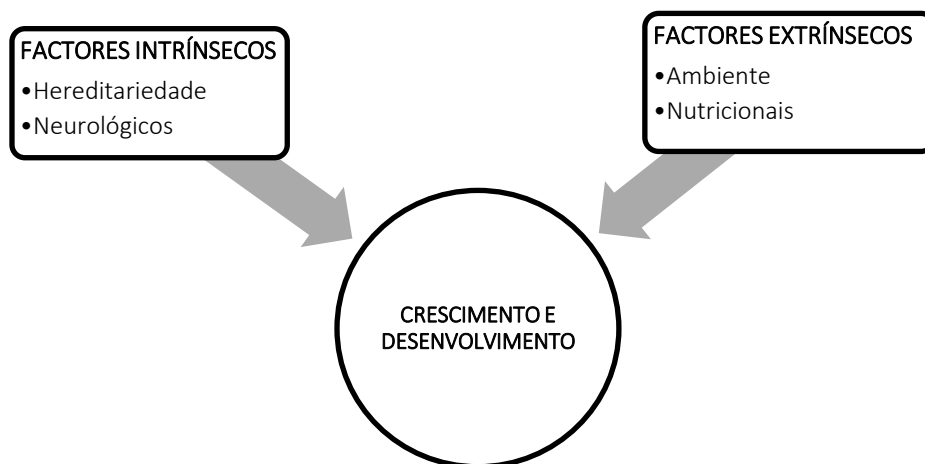


GRÁFICO 3: FATORES DETERMINANTES NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CRIANÇA.

FONTE: ADAPTADO DE VALE (54)

Segundo Santos (58) os fatores intrínsecos, definem as características que poderão ser atingidas, pela herança genética, como o sexo, a cor dos olhos e do cabelo, o tipo de pele, e ainda algumas aptidões e dificuldades que podem influenciar de forma positiva ou negativa o desenvolvimento da criança. Este tipo de agentes influencia o crescimento de forma imediata, encontrando-se presente em todas as idades de forma consistente, de tal modo que até pode atenuar as variações impostas pelos fatores extrínsecos (51, 54)

Depois do nascimento, o crescimento e desenvolvimento da criança, passam a ser influenciados não por fatores relacionados com a hereditariedade, mas por fatores ambientais como os cuidados de saúde prestados, o acesso à educação, as condições de habitação, cuidados de higiene, a cultura, a posição familiar social e socioeconómica, o número de irmãos, fatores extrínsecos que afetam o crescimento (53, 54, 58).

No Brasil é possível verificar diferenças relativamente à estatura, quando se comparam meninos de baixo estrato socioeconómico, do Nordeste rural, com meninos de áreas mais urbanas como São Paulo (53).

O facto de pertencerem a países diferentes também pode ser um fator influenciador do potencial de crescimento das crianças (52, 53, 54). Os Árabes quando comparados com os Europeus apresentam membros (braços e pernas) mais longos, enquanto por outro lado os orientais têm membros mais curtos (10). Em climas mais quentes as populações tem tendência a apresentar um corpo mais fino, do que em climas mais frios, onde os corpos tendem a ser volumosos e arredondados (10).

Kail (52) demonstra que em média os meninos e meninas de 8 anos, dos Estados Unidos da América, Países da Europa Ocidental, Japão e China têm a mesma estatura, aproximadamente 1,24m, enquanto as crianças de África e Índia possuem apenas 1,16m, e as da Polinésia apresentam uma média de 1,09m (Figura 9).

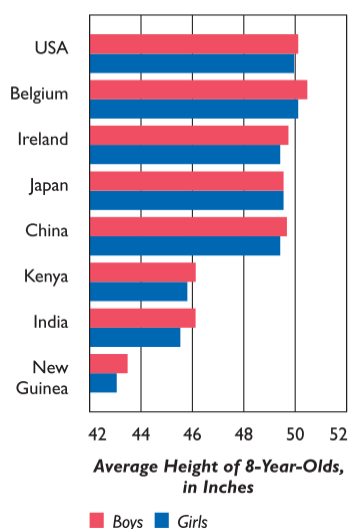


FIGURA 9: VARIAÇÕES DE ESTATURA ENTRE DIFERENTES PAÍSES.

FONTE: KAIL (52)

Ao longo dos séculos, tem sido observada uma tendência de crescimento nas diferentes populações (3, 52, 53). Estudos realizados por Harris e Straker (2000), citados por Gonçalves (3), ao longo de diferentes períodos, demonstram que as dimensões antropométricas dos estudantes, dos Estados Unidos, do Reino Unido, da Coreia do Sul e Holanda têm crescido, observando-se um crescimento de cerca 7 a 40 mm em estatura, por década. Também Castellucci *et al.* (26) comprovaram a ocorrência deste fenômeno numa região específica do Chile ao compararem dados referentes aos anos de 1999 e 2012, relativos à estatura de crianças entre os 6 e os 10 anos, verificando um aumento que varia entre os 30 a 70mm.

O processo de desenvolvimento da criança sucede sobre influências genéticas e ambientais determinantes para um resultado final satisfatório no progresso da criança. No entanto, é possível verificar que mais do que a carga genética, é o ambiente que a rodeia que influencia positiva ou negativamente este complexo fenômeno (51). Dentro desse ambiente, o ambiente escolar é o que mais influencia as crianças entre os 6 e os 10 anos.

O ambiente escolar consiste num conceito abrangente que engloba não só a ideia de um espaço físico, composto por materiais escolares e mobiliário, mas também as relações que se criam nesse espaço, entre pessoas e entre pessoas e objetos (59, 60).

Este é um dos locais que mais influencia o processo de desenvolvimento da criança. A criança encontra-se rodeada de instrumentos de aprendizagem, de linguagens, espaços e objetos que possibilitam o desenvolvimento da sua autonomia, personalidade, construção da identidade, das suas capacidades cognitivas e ainda na sua formação a nível social e na interação com os outros para a socialização (4, 59, 61, 62).

Para que um ambiente escolar consiga responder às necessidades das crianças deve ser atraente e o mais versátil possível, permitindo diferentes configurações de modo a transmitir a mensagem que o professor pretende passar (60). O ambiente, deve também ser mutável ao ponto de permitir que o professor ou até mesmo a criança o consiga

adequar às várias atividades desenvolvidas dentro da sala de aula, para que esta consiga participar nas atividades, tornando-se desta forma capaz de criar uma rede de relações com tudo o que a rodeia (60).

É o professor quem define a disposição da sala, isto é, é este que estabelece a disposição das mesas e cadeiras conforme o seu objetivo, podendo estas encontrar-se dispostas em “U”, em grupos, em filas viradas para o quadro, ou até serem criados espaços distintos para as diversas atividades. Uma boa organização espacial irá favorecer o processo de socialização e autonomia da criança, sendo a relação entre o professor e o aluno beneficiada, proporcionando o desenvolvimento favorável para a criança (4, 61).

Em meados dos anos sessenta surgiram as primeiras manifestações de preocupação relativas ao ambiente escolar, pois foi nesta altura que começaram a ser exigidas medidas que potenciasssem o sucesso escolar das crianças (4). Um estudo realizado por Marx *et al.* (63), relativo à disposição das mesas, utilizada em salas de aula, demonstrou que esta influencia a participação e atenção da criança durante a aula. Ao testar a disposição da sala em colunas ou em semicírculos verificaram que era possível encontrar zonas de ação onde as crianças faziam mais perguntas, na linha da frente e na zona central da sala (63).

Mas a dinamização das aulas por parte do professor não é suficiente uma vez que outro dos motivos que levam ao insucesso escolar é o desconforto sentido pelo aluno devido ao constante esforço muscular provocado particularmente pela má qualidade do mobiliário (4).

Segundo um estudo realizado por Gonçalves (3), no 1º ciclo, as crianças passam 87,6% do seu tempo letivo, na mesma sala de aula, utilizando o mesmo mobiliário, partilhado muitas vezes por outras faixas etárias, nomeadamente do 2º Ciclo e Secundário e até por adultos do ensino noturno (14). O mobiliário escolar é o posto de trabalho da criança (3, 4, 15, 48), sendo a cadeira e a mesa, as peças de mobiliário com as quais a criança tem mais contacto este conjunto tem maior importância dentro da sala de aula (4, 14).

Dentro da sala de aula é possível associar ao mobiliário três funções principais mencionadas por Knight e Noyes (12, p748), *“acomodar a criança enquanto escuta o professor, permitir-lhe escrever e desenhar na superfície”* e ainda *“garantir que esta permaneça no seu local”*, controlando o seu comportamento e desempenho nas atividades propostas. Uma contradição a esta última função é o facto de ser necessário que o mobiliário permita a movimentação natural da criança, para evitar a fadiga localizada dos músculos, resultante de uma postura parada (3, 14).

É na mesa, um dos componentes mais importantes do mobiliário escolar, que são realizadas duas das principais atividades escolares, nomeadamente a leitura e a escrita (14). Pode apresentar-se de duas formas, dupla ou individual, sendo que os modelos usados tipicamente nas salas de aula são mesas duplas (4).

A cadeira é onde as crianças passam parte do seu dia, podendo ter várias configurações, ter apenas um tamanho, ser regulável, ter um assento inclinado para a frente ou para trás,

ou plano. Tipicamente as cadeiras utilizadas nas salas de aula são apenas de um tamanho e com assento plano (31, 33).

Em muitas escolas é possível encontrar mesas e cadeiras que não se adequam às características das crianças e às atividades realizadas dentro da sala de aula, sendo consideradas por Moro (1994), citado por Reis (14), como equipamentos "*anti-educacionais*", uma vez que prejudicam a criança tanto ao nível da aprendizagem como na sua saúde (14). O mobiliário mal dimensionado pode levar a que as crianças tenham sintomas de dores relacionadas com uma postura inadequada, levando a que estas não se sintam motivadas para participar nas atividades escolares, e percam a concentração, diminuindo o seu rendimento (4, 14). Torna-se por isso fundamental desenvolver mesas e cadeiras que tenham em consideração as características antropométricas e biomecânicas das crianças, tendo em atenção a variação de crescimento que pode existir dentro da mesma sala de aula e até mesmo dentro da mesma faixa etária (3, 4, 51).

De modo a conseguir cumprir todas as regras de segurança e bem-estar direcionadas para a criança, torna-se necessário projetar mobiliário pensado não só na sua funcionalidade e manutenção, mas também nas características da criança, proporcionando o seu crescimento saudável e promovendo o sucesso escolar (51, 59). Para isso o Designer tem necessidade de recorrer a outras disciplinas como a ergonomia, uma vez que esta possibilita o desenvolvimento de produtos centrados na interação existente entre o utilizador e o objeto/ posto de trabalho (51).

Apesar de ainda existirem peças de mobiliário inadequadas às características e tarefas realizadas pela criança, é possível observar que, com o avanço dos estudos sobre o desenvolvimento da criança, têm surgido novas soluções no âmbito do mobiliário, nomeadamente peças adaptáveis ao seu crescimento, tendo em consideração o seu conforto e bem-estar (51). Este tipo de mobiliário tem como principal objetivo acompanhar o crescimento da criança, adaptando-se às suas alterações físicas e às atividades realizadas na sala de aula (51).

Sendo a postura um dos fatores mais importantes a considerar no design de mobiliário escolar ergonómico (45), é fundamental perceber quais as posturas adotadas pelas crianças e quais os efeitos que estas provocam na sua saúde (3). Para que a criança consiga prestar atenção à aula ou à tarefa que tem de realizar, necessita de estar numa posição confortável, evitando o constante esforço muscular (4, 22, 45).

A postura consiste na posição adotada pelo corpo, mantida recorrendo às forças musculares de modo a contrariar a ação da gravidade, permitindo uma orientação das diferentes partes do corpo no espaço (9, 37, 64, 65). Segundo Knoplich (64), a postura envolve os conceitos de equilíbrio, coordenação neuromuscular e adaptação, que são aplicados a determinados instantes corporais e circunstâncias, como por exemplo no andar.

A posição da postura adotada depende de constrangimentos externos como a tarefa a realizar, as dimensões do equipamento e o espaço de trabalho, que quando mal definidos irão impelir o utilizador a adotar uma postura errada (8, 65, 66). A postura também pode

variar conforme a resposta dada por cada indivíduo. Cada pessoa tem um corpo diferente e procura manter o equilíbrio postural consoante a sua força muscular e estado de saúde (64), recorrendo muitas vezes a determinadas posições que levam à criação de hábitos, de adoção de más posturas, quase sempre inconscientes (65, 67).

Segundo lida (10), existem três posições que são adotadas diariamente, a posição de pé, sentado e deitado (Figura 10).



FIGURA 10: POSIÇÕES ADOTADAS DIARIAMENTE.
FONTE: VALIATI (67) ADAPTADO DE CAILLIET (1979)

A posição sentada é mantida graças à atividade muscular do dorso e do ventre, sendo todo o peso suportado praticamente pelas tuberosidades isquiáticas e pelo assento. Esta posição tem a vantagem de possibilitar a realização de tarefas recorrendo aos membros superiores e inferiores (10), mas tem como desvantagem a existência de uma pressão intradiscal mais elevada (18).

O ser humano é incapaz de se manter quieto numa dada posição por um período de tempo prolongado sem se sentir desconfortável (16). Cailliet (68), considera uma “boa postura” aquela em que um indivíduo mantém as curvas da coluna em estado de equilíbrio, por um período de tempo razoável, sem se sentir cansado, e na qual apresenta uma aparência esteticamente aceitável. Assim, a melhor postura é aquela em que o peso ao se deslocar da linha da gravidade é compensado pelas curvas fisiológicas da coluna vertebral, para recuperar o equilíbrio (8), mantendo as diversas partes do corpo alinhadas entre si, contrariando a ação da força da gravidade e exigindo um menor esforço muscular por parte do indivíduo (3).

As crianças não conseguem manter a mesma posição na postura sentada durante muito tempo, como demonstra o estudo efetuado por Domljan *et al.* (2). E por isso apesar de não ser possível definir a postura ideal, segundo alguns autores existem alguns padrões posturais que podem ser aceites como bons, nos quais é pouco provável que as crianças venham a sentir dor ou desconforto (Karvonen *et al.* (1962) e Helander (1997) citados por 3, 40, 69).

A postura padrão na posição sentada consiste na posição em que o sujeito mantém um ângulo de 90° entre o tronco e as coxas e entre as coxas e as pernas (25, 37) (Figura 11).

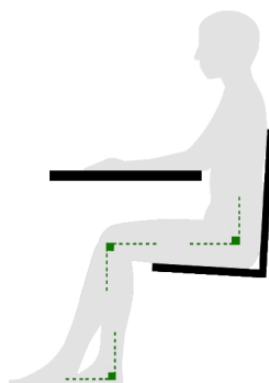


FIGURA 11: POSTURA PADRÃO SENTADO.
FONTE: ADAPTADO DE BACKCARE (70)

2.1.1. COLUNA VERTEBRAL

Segundo Kapandji (71), a coluna vertebral consiste “no eixo do corpo” que serve de sustento para todas as suas partes. Constituída por 33 vertebbras unidas por discos intervertebrais (1, 3, 10, 18, 22, 64), esta serve de ligação entre os membros superiores, inferiores e a cabeça, funcionando como abrigo da espinal medula e permitindo o movimento do corpo (8, 67). A sua forma permite-lhe ter alguma flexibilidade para a frente e para os lados, graças à elasticidade dos discos intervertebrais, que lhe conferem mobilidade e atuam como amortecedores das pressões, resultantes das posições adotadas e das sobrecargas (1, 3, 8, 68). Ao serem adotadas por tempos prolongados, as posturas erradas, podem levar à degeneração discal (Knoplich (1986), citado por 3).

Analisando a progressão das vertebbras para baixo, verifica-se que estas vão aumentando de tamanho e criando algumas curvaturas, ajudando a suportar melhor o peso e dando-lhe alguma flexibilidade e rigidez (8, 68).

Estes elementos quando observados na posição em pé lateralmente, formam quatro segmentos, a região cervical, a torácica, a lombar e a zona do sacro e do cóccix, apresentando cada um, uma curvatura distinta que garante o equilíbrio, auxilia na dissipação das forças verticais compressivas e conferir mobilidade de formas distintas (1, 10, 18).

A região cervical, composta por 7 vertebbras, localizadas na zona do pescoço, tem a forma de uma curvatura côncava posterior, que permite os movimentos laterais, possibilitando o olhar para a esquerda e para a direita. A região torácica, composta por 12 vertebbras, situadas na zona do tórax, possui a forma de uma convexidade posterior e por fim a região lombar, que permite inclinar o corpo para a frente, é composta por 5 vertebbras, situadas na região do abdômen, que formam uma concavidade posterior (10, 18, 64, 65, 67, 68) (Figura 12).

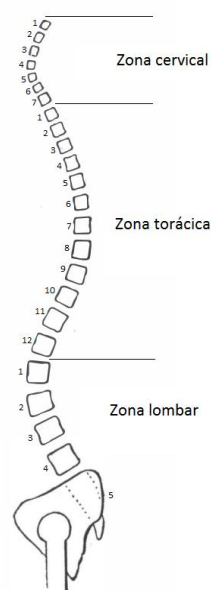


FIGURA 12: CURVATURAS DA COLUNA VERTEBRAL.

FONTE: ADAPTADO DE CAILLIET (68).

Estas são as três zonas que lhe conferem flexibilidade, sendo que as que possuem maior mobilidade são a cervical e a lombar, permitindo a extensão, flexão, inclinação e rotação do corpo, em torno do eixo central, alcançada graças à posição das pequenas juntas que ligam os arcos vertebrais e determinam que tipo de movimento é possível realizar em determinada secção. Já as vertebrae da região torácica estão unidas a 12 costelas, o que lhes limita os seus movimentos (1, 8, 10, 18, 65). Esta limitação deve-se à função, de proteção do coração, pulmões e grandes vasos, contra compressões, que esta tem juntamente com a caixa torácica (8).

Por fim, temos a região do sacro e do cóccix, composta por 9 vertebrae fixas na região da bacia, que formam uma concavidade anterior e que servem de apoio para toda a coluna (68). Destas 9 vertebrae, 5 estão fundidas e formam o sacro e 4, posicionadas na extremidade inferior, formam o cóccix. Como é nesta zona que se concentra a maior parte do peso estas vertebrae apresentam maiores dimensões (1, 10, 18).

É sobre a coluna vertebral, nomeadamente nos pontos T6 e L4, que recaem as forças que permitem manter uma postura ereta. Nesta postura o eixo de gravidade percorre todas as curvas da coluna vertebral, de modo a que se consiga manter o equilíbrio (8, 68) (Figura 13).

Quando se fala na postura sentada estes pontos de maior tensão alteram-se, uma vez que nesta posição existe uma alteração das curvaturas fisiológicas referidas anteriormente, ocorrendo uma perda da cifose lombar (8, 14). Neste caso as tensões além de se situarem no ponto C7, também são descarregadas para as tuberosidades isquiáticas (8). Situadas perto da região do sacro e do coxix, as tuberosidades isquiáticas, apesar de não fazerem parte da coluna vertebral têm também um papel importante no que toca à postura

sentada. Como já foi mencionado anteriormente são estas juntamente com o assento que irão proporcionar o suporte do peso nesta posição (10) (Figura 13).

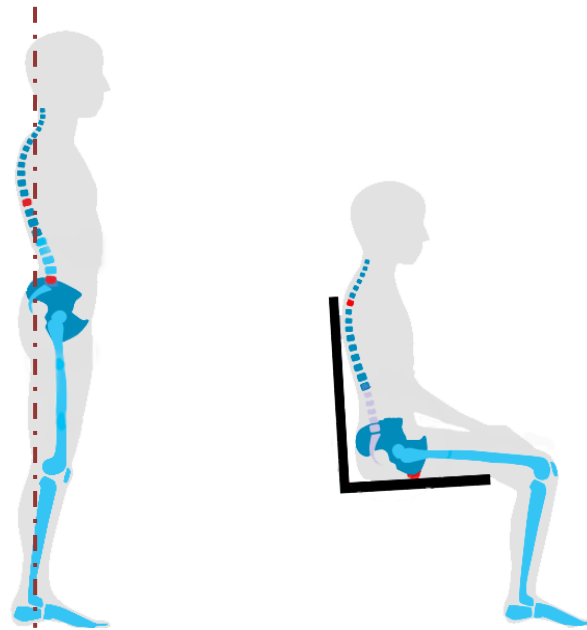


FIGURA 13: PONTOS DE TENSÃO NA POSTURA ERETA E NA POSTURA SENTADA.

FONTE: ADAPTADO DE BACKCARE (70)

Na posição em pé a distribuição do peso é suportado entre a parte de trás e a frente da coluna vertebral, tornando esta posição confortável (70).

Na posição sentada a curvatura lombar fica achatada, perdendo a curvatura em “S” que se observa na posição em pé e passando a ter uma curvatura em C. Esta variação nas curvaturas deve-se à rotação, de cerca de 40°, da pélvis, que além de causar esta variação nas curvaturas faz com que o peso do corpo seja transferido para a frente, levando ao alongamento dos músculos de trás da coluna vertebral, consequência do aparecimento de dores nas costas (70).

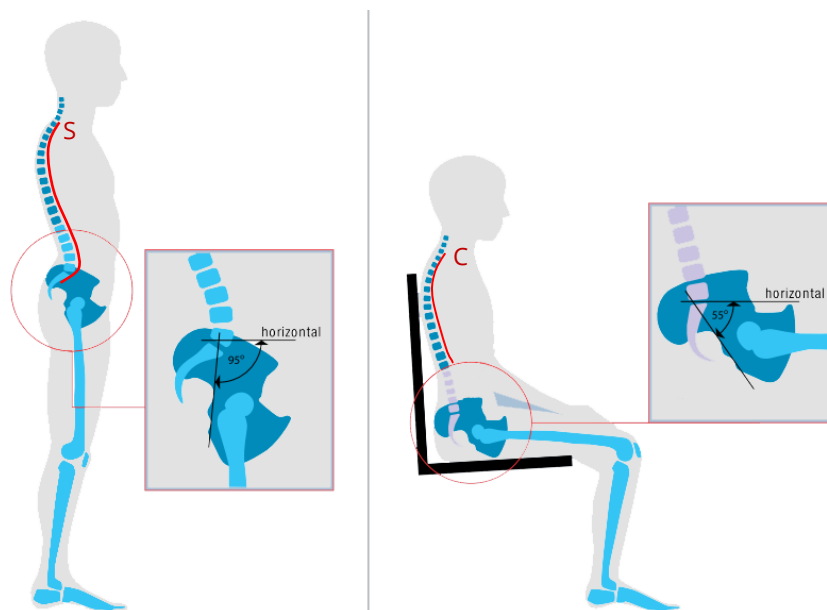


FIGURA 14: DIFERENÇAS NAS CURVATURAS DA COLUNA NA POSIÇÃO EM PÉ E SENTADO.
FONTE: ADAPTADO DE BACKCARE (70)

A utilização de um encosto corretamente posicionado reduz o aparecimento de dores nas costas uma vez que a sua utilização permite que a curvatura natural (em S) da coluna vertebral seja mantida. Outra solução para a redução de dores nas costas prende-se com o aumento do ângulo entre o tronco e as pernas (25). Na Figura 15 é possível comparar a forma da curvatura da coluna vertebral em três posições, em pé, sentada sem apoio nas costas e sentada com um ângulo maior entre o tronco e as pernas.

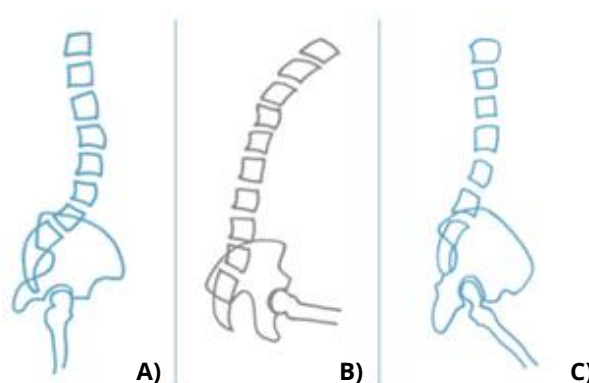


FIGURA 15: CURVATURAS DA COLUNA VERTEBRAL: A) EM PÉ; B) SENTADA SEM APOIO NAS COSTAS; C) SENTADA COM ÂNGULO MAIOR ENTRE O TRONCO E AS PERNAS.
FONTE: FIRA (25)

Sob o ponto de vista das posturas, a posição sentada em relação à posição em pé, é considerada por vários autores como a mais prejudicial para a coluna vertebral, uma vez que estando nessa posição, ocorre uma pressão no disco intervertebral L3 cerca de 40% mais elevada do que na posição em pé (a designação L3 corresponde ao nome da vertebra

da região lombar localizada na posição 3 quando contadas de cima para baixo) (3, 14, 18, 72). Com o estrangulamento dos capilares torna-se difícil a entrada e saída dos nutrientes que abastecem o disco intervertebral, diminuindo a hidratação intradiscal que irá afetar a saúde da coluna vertebral (14).

Na postura sentada, o peso do corpo é transferido principalmente para as tuberosidades isquiáticas, suportando estas cerca de 75% do peso total do corpo (1, 8, 11, 73). Dada à inerente instabilidade provocada pela localização do centro de gravidade, fora do ponto médio das tuberosidades a ocorrência de pressões nos dois pontos de suporte é inevitável, criando desconforto para a criança (24) (Figura 16).

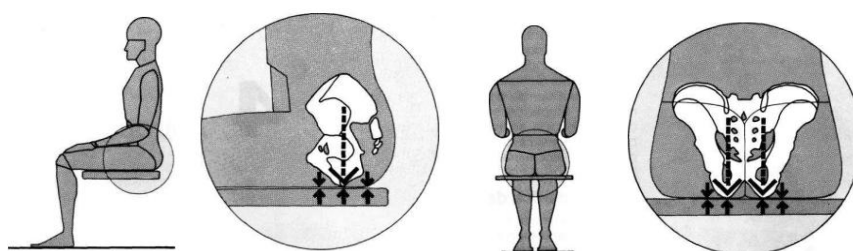


FIGURA 16: DISTRIBUIÇÃO DO PESO DO CORPO NA POSIÇÃO SENTADA PELAS TUBEROSIDADES ISQUIÁTICAS.

FONTE: PANERO E ZELNIK (11)

A postura sentada pode ainda ser caracterizada como mediana, anterior e posterior, dependendo de onde se concentra o centro de gravidade do tronco, relativamente às tuberosidades isquiáticas (Figura 17). Na postura posterior, o centro de gravidade encontra-se atrás das tuberosidades isquiáticas e mais de 25% do peso do corpo transmitido para o solo (41, 71). No caso da postura anterior, o centro de gravidade situa-se à frente das tuberosidades isquiáticas, sendo o peso transmitido para o solo menor que na postura posterior. Na postura mediana o peso do tronco concentra-se sobre as tuberosidades isquiáticas e apenas 25% do peso do corpo é transmitido para os pés. Esta postura é considerada por muitos autores como a postura sentada padrão, uma vez que nesta posição todas as estruturas corporais se encontram em equilíbrio (71), formando um ângulo reto entre o tronco, pernas e coxas (Soares (1983), citado por 14).

No entanto, nesta postura ocorrem algumas alterações ao nível da coluna lombar, nomeadamente o aumento da pressão nos discos intervertebrais, consequência da perda de amortecimento, que na posição em pé é dada pelo arco dos pés e pelos tecidos moles dos membros inferiores (Oliveira (2006), citado por 8, 9)

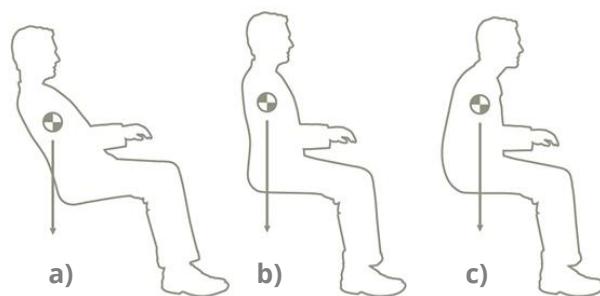


FIGURA 17: CARACTERIZAÇÃO DA POSTURA SENTADA. A) ANTERIOR; B) MÉDIA; C) POSTERIOR.

FONTE: HERMAN MILLER (74)

Moro (1994), citado por Reis (14) considera que não existe apenas uma posição na postura sentada correta, mas sim várias, todas aquelas que preservem o equilíbrio do corpo. No mesmo sentido, e segundo um estudo apresentado por Staarink (73) verificou-se que os movimentos se encontram sempre presentes na posição sentada. As trocas de postura são fundamentais para garantir não só aspectos relacionados com o conforto, mas também com a entrada e saída de nutrientes nos discos intervertebrais. Com o aumento das pressões na coluna vertebral, este equilíbrio metabólico é afetado, provocando uma degeneração discal precoce (73).

É na infância que ocorrem a maioria das agressões à coluna vertebral, que com o tempo irão afetar o modo de agir das pessoas levando ao surgimento de deformações, por este motivo e dada a flexibilidade da estrutura óssea nestas idades, torna-se necessário corrigir hábitos de postura (Garavelo (1997), citado por 1).

Como vimos a postura adotada pela criança depende muito de constrangimentos externos como as tarefas e o mobiliário, mas não só, também o seu estado em geral, o seu estado físico-sensorial e as suas dimensões antropométricas, irão afetar o conforto sentido pela criança e consequentemente a postura que esta irá adotar (8, 65). As dimensões antropométricas devem encontrar-se relacionadas com as dimensões do mobiliário escolar, sendo por este motivo fundamental recorrer aos conhecimentos da antropometria para melhor entender esta relação (8).

2.2. VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS APLICÁVEIS AO DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO CADEIRA E MESA

De modo a que o designer seja capaz de projetar mobiliário escolar com dimensões ajustadas, necessita de compreender alguns conceitos ligados à antropometria, sobretudo sobre o vocabulário adotado relativo às dimensões antropométricas, a natureza dos dados, formas de apresentação e principalmente as limitações da sua utilização (11).

A antropometria é a disciplina que tem como objeto de estudo as proporções do corpo humano, como a altura, peso, comprimentos, e o alcance dos movimentos (Dul e Weerdmeester (2004), citados por 3, 42, 65, 75), dados que são fundamentais para o dimensionamento do mobiliário escolar adequado às características das crianças (18).

Entre os 6 e os 10 anos, as crianças encontram-se numa fase de crescimento e desenvolvimento, sendo possível encontrar variações dimensionais não só entre idades, mas também entre crianças pertencentes ao mesmo grupo etário (11, 76). Desta forma, ao ser utilizado mobiliário com dimensões fixas, desde o 1ºano até ao 4ºano de escolaridade, é muito provável encontrar crianças que se sintam desconfortáveis, uma vez que as dimensões se encontram desajustadas (4).

O mobiliário para promover a adoção de posturas corretas dever ser compatível com as dimensões de cada criança, sendo por isso necessário que este acompanhe o crescimento e desenvolvimento da mesma, adaptando-se às suas dimensões desde o início do primeiro ano letivo até ao último. De modo a acomodar estas variações antropométricas, o mobiliário existente nas escolas deveria ser ajustável (Evans et al. (1988), citado por 3, 76, 77). Para o desenvolvimento de uma cadeira e de uma mesa adequadas às dimensões das crianças é então fundamental que o designer procure aplicar dados antropométricos (4), que consistem no estudo das diversas dimensões do corpo humano, designadas de variáveis antropométricas (65). Estas variáveis permitem estabelecer as diferenças que existem entre grupos sociais ou até mesmo entre indivíduos pertencentes ao mesmo grupo, possibilitando a obtenção de informações relativas por exemplo a fenómenos como a tendência secular de crescimento, através da comparação de tabelas antropométricas, referentes à mesma população, mas que foram desenvolvidas em alturas diferentes (26, 78).

Recorrendo a uma revisão bibliográfica verifica-se que existe consenso no que diz respeito às variáveis antropométricas que melhor definem as dimensões essenciais para um dimensionamento adequado do mobiliário escolar (Tabela 1).

TABELA 1: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DAS VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS QUE DEFINEM AS DIMENSÕES DO CONJUNTO CADEIRA E MESA.

Dimensões do Conjunto cadeira e mesa		Variáveis antropométricas relevantes	Autores
Assento	Altura	AP	Castellucci <i>et al.</i> (26), García-Acosta e Lange-Morales (28), Panagiotopoulou <i>et al.</i> (30), Chung e Wong (33), Gouvali e Boudolos (34), Molenbroek <i>et al.</i> (36), Jeong e Park (76), Parcells <i>et al.</i> (77)
	Largura	LA	Castellucci <i>et al.</i> (26), García-Acosta e Lange-Morales (28), Chung e Wong (33), Gouvali e Boudolos (34), Molenbroek <i>et al.</i> (36), Jeong e Park (76)
	Profundida	CGP	Castellucci <i>et al.</i> (26), García-Acosta e Lange-Morales (28), Panagiotopoulou <i>et al.</i> (30), Chung e Wong (33), Gouvali e Boudolos (34), Molenbroek <i>et al.</i> (36), Jeong e Park (76), Parcells <i>et al.</i> (77)
Encosto	Altura topo superior	DOA	Gouvali e Boudolos (34)
		AE	Castellucci <i>et al.</i> (26), García-Acosta e Lange-Morales (28)
	Altura topo inferior	AN	García-Acosta e Lange-Morales (28), Molenbroek <i>et al.</i> (36)
		APL	García-Acosta e Lange-Morales (28)
	Ponto S	APL	Molenbroek <i>et al.</i> (36)
Superfície de trabalho	Altura	DCA	Chung e Wong (33), Jeong e Park (76) Castellucci <i>et al.</i> (26), García-Acosta e Lange-Morales (28), Panagiotopoulou <i>et al.</i> (30), Gouvali e Boudolos (34), Molenbroek <i>et al.</i> (36), Parcells <i>et al.</i> (77)
		DCC	Jeong e Park (76)
	Largura	LO	García-Acosta e Lange-Morales (28)
	Profundidade	AH _{max}	García-Acosta e Lange-Morales (28)
Espaço livre entre o assento e a mesa		EC	García-Acosta e Lange-Morales (28), Molenbroek <i>et al.</i> (36)
		AJ	Castellucci <i>et al.</i> (26), Panagiotopoulou <i>et al.</i> (30), Chung e Wong (33), Gouvali e Boudolos (34), Parcells <i>et al.</i> (77)

AE - Altura da escápula; AH_{max} - Alcance horizontal máximo; AJ - Altura do joelho; APL - Altura ponto lombar; AN - Altura da nádega; AP - Altura do poplíteo; CGP - Comprimento glúteo-poplíteo; DC - Distância entre cotovelos; DCA - Distância cotovelo assento; DCC - Distância cotovelo chão; DOA - Distância ombro assento; EC - espessura da coxa; LA - Largura das ancas; LO - Largura dos ombros;

Analisando a tabela acima verifica-se que algumas dimensões são mais utilizadas do que outras, variando a sua utilização conforme a facilidade com que se fazem as medições e ainda com a interpretação que é feita por cada investigador às equações utilizadas. Tendo por base o estudo de Castellucci *et al.* (79), na figura a baixo é possível observar esquematicamente como as diferentes dimensões do mobiliário escolar se relacionam com as variáveis antropométricas (Figura 18).

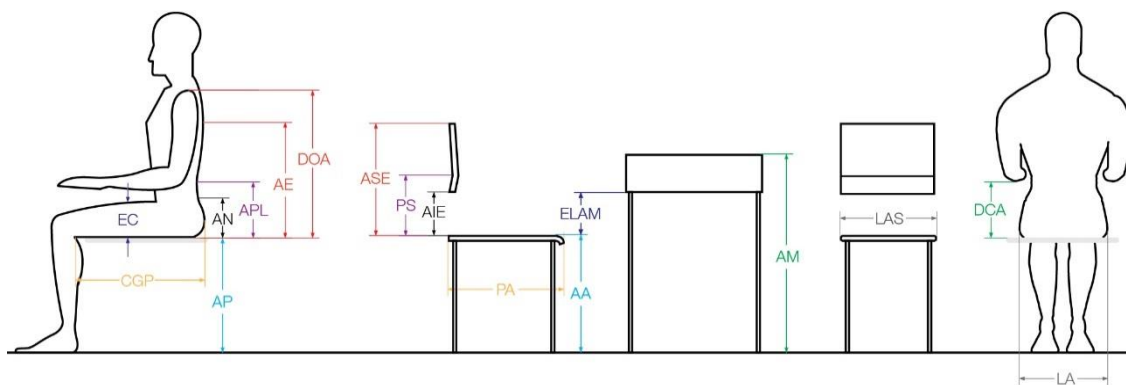


FIGURA 18: VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS A CONSIDERAR NO DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO CADEIRA E MESA.

Estabelecida a relação entre as variáveis antropométricas e as dimensões do mobiliário escolar, segue-se a identificação da população utilizadora, isto é, definir para quem se pretende desenvolver o produto em questão, identificando idades, sexo, entre outros dados e definindo a percentagem da população que deseja abranger com o projeto (11). De seguida recorre-se às tabelas antropométricas para reunir os dados, tendo em consideração as informações sobre população e ainda como foram efetuadas as medições (Hertzberg (1972), citado por 3).

Sempre que possível, devem ser realizadas recolhas de dados antropométricos para a geração de novos produtos ou equipamentos (11). Quando não é possível realizar a recolha de novos dados deve-se pelo menos procurar utilizar tabelas antropométricas já existentes, desde que se encontrem minimamente atualizadas, correspondam ao tipo de utilizador para a qual o produto ou equipamento vai ser desenvolvido e possuam ainda as dimensões necessárias (10, 11, 65). Caso a recolha ou aplicação destes dados não se proceda da maneira mais correta estes podem tornar-se em ferramentas não ergonómicas (Moraes (1996), citado por 14), daí que seja importante ter em consideração por exemplo a data em que os dados foram recolhidos, uma vez que devido ao fenómeno da tendência secular os dados podem não responder à realidade atual (42).

Para a recolha destas variáveis é necessário definir qual o objetivo de utilização destas dimensões, de modo a que a escolha do modelo de medição seja efetuada corretamente. Existem dois modelos de medição de dados antropométricos, **o estático**, em que as dimensões são medidas com o corpo parado ou com pequenos movimentos, para se obter as dimensões estruturais do corpo como as alturas, larguras, comprimentos e perímetros. Estas podem ser recolhidas tanto na posição em pé como sentada e permitem o dimensionamento de produtos em que a necessidade de movimento seja mínima ou mesmo nenhuma (3, 11, Moraes (1983:70), citado por 18, 78). O modelo **dinâmico** corresponde aquele em que se procede à medição dos movimentos de cada parte do corpo, com o objetivo de descrever o indivíduo em movimento, a partir da análise das dimensões funcionais do corpo, relativas aos ângulos de conforto, para o desenvolvimento de produtos ou postos de trabalho com muito movimento (3, Moraes (1983:70), citado por 18, 78).

Na posição sentada a postura normalmente utilizada para a medição destes dados é a postura considerada como postura padrão, onde o tronco forma um ângulo de 90° com as coxas, e as coxas formam o mesmo ângulo com o poplíteo (26, 65). Esta postura como se verificou, raramente é utilizada, mas como se trata de uma postura fácil de “replicar”, a sua aplicação reduz o erro que iria ocorrer caso fosse utilizada uma postura relaxada, pois desta forma a postura iria variar conforme o indivíduo que estivesse a ser medido (65). Posto isto é necessário estabelecer qual será a amostra da população à qual serão realizadas as medições, indicando o número da amostra, que deverá ser representativa da população em questão, o sexo, a idade, o país, entre outras informações. Todos estes dados serão cruciais para que no futuro as medições recolhidas possam ser utilizadas por outras pessoas, para o desenvolvimento de novos produtos por exemplo (3, 11, 78).

Quando são consideradas populações homogêneas recorre-se ao uso de percentis para enunciar os dados antropométricos obtidos, uma vez que nestas condições e segundo Pheasant (37), *“a maior parte das variáveis antropométricas conformam, de forma muito aproximada, uma distribuição normal/Gaus, caracterizando-se pela média e pelo desvio de padrão”*. O uso dos percentis permite expor os dados recolhidos, de modo a que não haja necessidade de se recorrer às dimensões individuais, uma vez que estes consistem na expressão dos limites antropométricos (37). Um percentil resume-se numa medida que indica a posição de uma certa unidade observacional, relativamente a todas as outras (Rio (2001), citado por 14). Estes mostram a frequência com que os valores registados de cada variável ocorrem. No caso das dimensões antropométricas indicam a percentagem de indivíduos de uma determinada população cuja dimensão antropométrica possui aquele valor ou um valor inferior (Borowski e Borwein (2005), citados por 3, Guimaraes (2000), citado por 18)

Geralmente os dados antropométricos, apesar da sua variabilidade, apresentam-se sobre a forma de gráficos de dispersão normal, que consistem numa representação gráfica dos dados, em função da frequência e amplitude com que estes ocorrem. Estes gráficos normalmente possuem a forma de sino invertido, indicando que a percentagem máxima da distribuição se encontra em torno da média, ocupando os extremos as pontas das curvas (11, 37, 78).

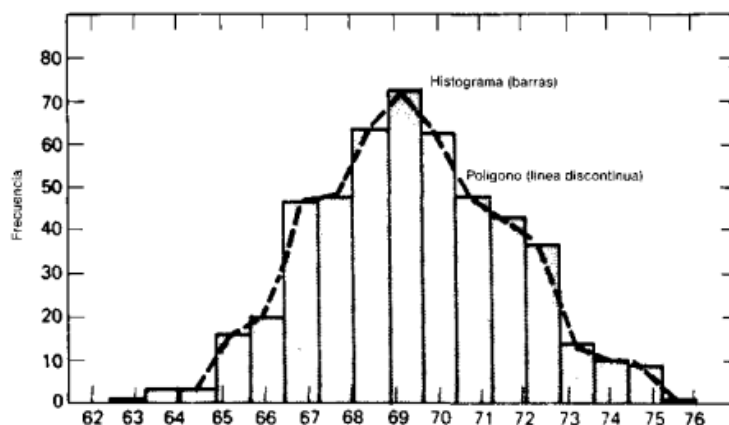


GRÁFICO 4: EXEMPLO DE HISTOGRAMA E POLÍGONO DE FREQUÊNCIA.
Fonte: PANERO e ZELNIK (11, EXTRAÍDO DE ROEBUCK, ET AL. (1975))

Segundo Pequini (18, p8.18) os percentis consistem numa “forma de dividir uma distribuição normal desde o valor mínimo até ao máximo, segundo uma sequência ordenada”. Observando a Figura 19, que apresenta um gráfico de distribuição normal, é possível verificar que o percentil 50 (P50) se aproxima muito do valor da média da população. Considerando os extremos mínimo e máximo da distribuição, verifica-se que o percentil 5 (P5), percentil correspondente ao extremo mínimo, indica-nos que cerca de 5% das pessoas observadas tem, por exemplo, a estatura abaixo do valor desse percentil e que 95% das pessoas tem a estatura superior a esse valor. Já o percentil 95 (P95), percentil correspondente ao extremo máximo, indica-nos que cerca de 95% das pessoas possuem uma estatura inferior ou igual ao valor do percentil e 5% das pessoas possuem uma estatura superior à do valor desse percentil (Guimarães (2000), citado por 18). Atualmente muitos produtos são desenvolvidos tendo como referência o P50, isto é, o “homem médio”, pensando que desta forma o conforto da maioria é maximizado. Mas o que acontece na realidade é que este “homem médio” se trata de uma ilusão, pois apenas uma faixa muito pequena da população se enquadra nestas dimensões. A utilização do homem médio como referência leva a que a população com as dimensões extremas, como o P5 e P95, seja prejudicada pois não irá adaptar-se ao equipamento em questão (10, 11, 18, 80).

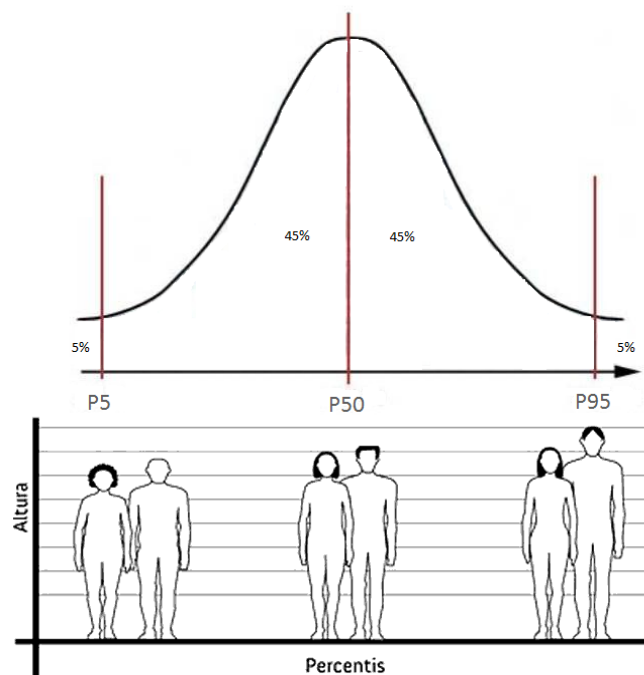


FIGURA 19: RELAÇÃO ENTRE OS PERCENTIS E A PERCENTAGEM DA POPULAÇÃO.
FONTE: ADAPTADO DE CARRANZA (81)

Panero e Zelnik (11) apresentam a explicação do Dr. H.T.E. Hertzberg que declara a inexistência do “homem médio”, afirmando que quando se trata da análise de por exemplo três dimensões apenas 3% da população se encontra na média, percentagem que vai diminuindo à medida que vão sendo acrescentadas outras dimensões. Panero e Zelnik (11), demonstram este facto ao exemplificarem a variação de percentis que pode ocorrer apenas num indivíduo quando são analisadas as suas dimensões corporais. No Gráfico 5 é

possível observar três linhas, correspondendo cada uma a um indivíduo diferente. Ao analisar as suas dimensões verifica-se que, por exemplo, o indivíduo 2, linha a tracejado longo, possui uma estatura próxima do P50, mas a altura dos seus ombros já se encontra no P90. Caso todas as dimensões pertencessem ao mesmo percentil apareceria no gráfico uma linha horizontal, o que neste caso não se verifica.

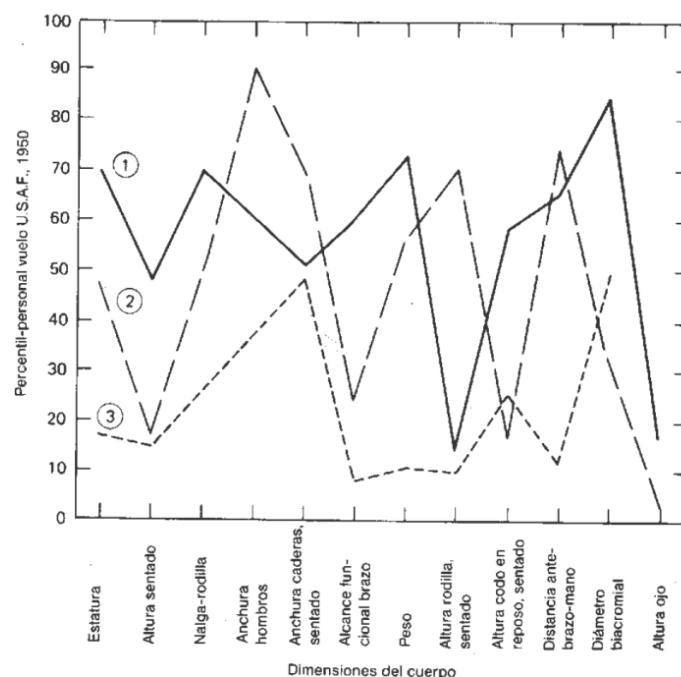


GRÁFICO 5: VARIAÇÕES DOS PERCENTIS DAS DIMENSÕES DO CORPO HUMANO.

FONTE: PANERO E ZELNIK (11; EXTRAÍDO DE ROEBUCK, KROEMER E THOMSON (1975))

Deve então considerar-se, no mínimo, cerca de 90% da população, ou seja, pessoas cujas dimensões se encontram no P5 e P95, para que seja possível a adaptação do espaço de trabalho, equipamento ou produto, a uma parte considerável da população, evitando a ocorrência de erros (11). Boueri (78), confirma este facto ao afirmar que é comum e correto que se omitam as pessoas que se encontram nos extremos da distribuição, uma vez que estas na sua maioria possuem dimensões extremas, que surgem com pouca frequência.

Segundo Pheasant (37), para estes casos é possível obter aritmeticamente os valores correspondentes aos percentis desejados, recorrendo aos dados da tabela da distribuição normal, da média e do desvio padrão correspondentes à dimensão desejada e relativos à população em questão. Conforme afirma o mesmo autor o desvio padrão consiste num índice que representa o grau de variabilidade de um certo dado relativamente à média. No seguinte gráfico e tendo em consideração a definição de desvio de padrão de Moraes (1983:263), citado por Pequini (18, p8.24), é possível ainda observar, que quando se trata de uma distribuição normal, “...a média (ou P50 de uma curva normal) $\pm 1SD$ inclui 68,2% do grupo medido; $\pm 2 SD$ inclui 95,4% do grupo, e $\pm 3SD$ inclui 99,7% do grupo”.

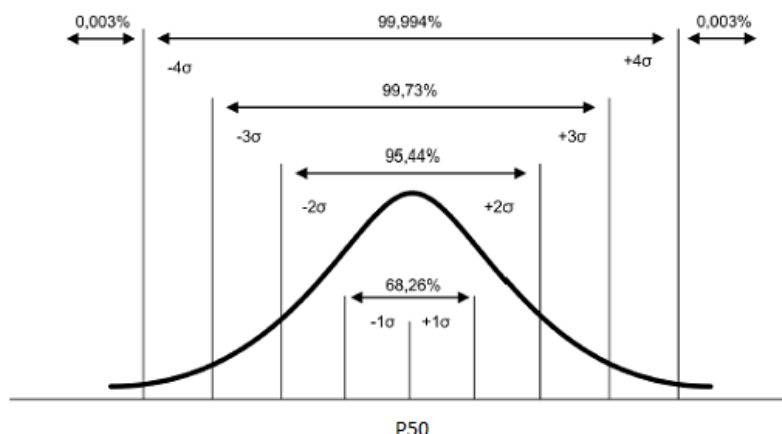


FIGURA 20: RELAÇÃO ENTRE A MÉDIA (P50) E O DESVIO DE PADRÃO.
FONTE: ADAPTADO DE PORTAL ACTION (82).

Além desta relação percentual este pode ainda ser calculado considerando a equação E.Q.1. Assim, para obter o valor dos percentis deve recorrer-se à E.Q.2 (37, 78) (Tabela 2).

TABELA 2: EQUAÇÕES FUNDAMENTAIS PARA O CÁLCULO DOS PERCENTIS.

E.Q.1 Cálculo do desvio padrão (SD)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \mu)^2}{n - 1}}$$

E.Q.2 Cálculo do valor dos percentis

$$P_p = \mu + SD \times Z_p$$

Onde, SD - Desvio Padrão; x - Valor da dimensão individual considerada; μ - Média; n - número de sujeitos da amostra; P_p - Valor do percentil que se pretende obter; Z_p - Constante da tabela de distribuição normal considerada para o percentil a obter

2.2.1. PRECAUÇÕES NA UTILIZAÇÃO DOS PERCENTIS

Segundo Moraes (1983:260), citado por Pequini (18) a utilidade dos percentis no dimensionamento de produtos é inegável e encontra-se comprovada, mas se estes forem aplicados incorretamente conduzirão à ocorrência de resultados enganosos.

De modo a prevenir a ocorrência destes resultados, a autora refere alguns pontos que devem ser considerados. Como o valor de determinado percentil ser diferente para grupos distintos. Como vimos a recolha dos dados antropométricos é realizada para uma população específica, por este motivo a utilização deste tipo de dados, para o dimensionamento de produtos para outra população deve ser evitado, uma vez que como já foi referido existem variações significativas quando se falam de populações pertencentes, por exemplo, a países diferentes (Moraes (1983:260), citado por 18). Outro fator é o facto de os percentis corresponderem somente a uma dimensão antropométrica. A mesma pessoa pode estar situada no P95 relativamente à estatura, mas quando é analisada outra dimensão, por exemplo a altura do cotovelo, esta pode encontrar-se no P50 (Moraes (1983:260), citado por 18). Outro trata-se da forma de obtenção de valores de

percentis a partir de outros. Não se deve usar os dados de uma parte do corpo para determinar outra. (Moraes (1983:260), citado por 18).

Deve ter-se em atenção que os percentis não devem ser aplicados de forma individual. Se um espaço de trabalho for dimensionado a pensar no extremo máximo (P95), em princípio os operários com dimensões menores também estariam bem acomodados (18). Mas na realidade isso não acontece. Como podemos observar na Figura 21, ao dimensionar, por exemplo, uma prateleira, pelo extremo máximo da estatura (P95), as pessoas que possuem uma estatura situada no extremo mínimo (P5) não conseguirão chegar a essa prateleira (18).

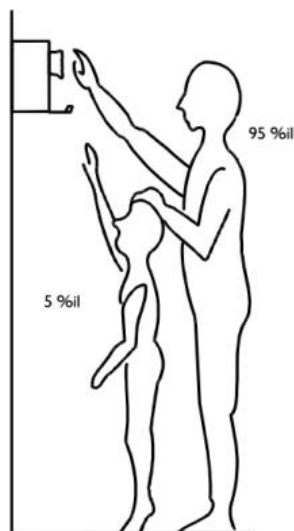


FIGURA 21: EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE PERCENTIS PARA O DIMENSIONAMENTO DE PRODUTOS.

FONTE: PEQUINI (18)

Quando se pretende abranger uma população diversificada deve-se projetar o posto de trabalho ou produto recorrendo a sistemas ajustáveis. Desta forma é possível criar uma variação de tamanhos que permita englobar todos os utilizadores do espaço ou produto (18).

Ao recorrer à utilização de percentis para o dimensionamento de mobiliário escolar, deve-se procurar selecionar aquele que melhor se adequa à dimensão que se pretende definir de forma a evitar o dimensionamento errado do produto. No dimensionamento da largura do assento (LAS), deve ser considerado o percentil 95, pois ao incluir a criança com a largura de anca maior também se inclui a criança mais pequena (79).

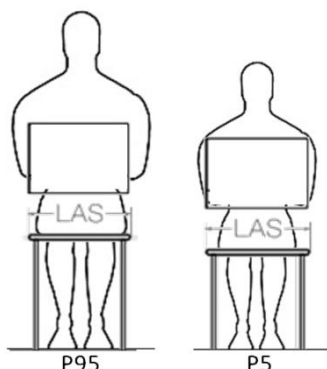


FIGURA 22: UTILIZAÇÃO DO P95 PARA A DEFINIÇÃO DA LARGURA DO ASSENTO (LAS).

Capítulo 3 - CRITÉRIOS ERGONÓMICOS E NORMAS A CONSIDERAR PARA UM CORRETO DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO CADEIRA E MESA ESCOLAR

Para a definição de um mobiliário que proporcione a adoção de uma postura correta, é necessário considerar as variáveis antropométricas que apresentam uma correlação direta com as dimensões do mobiliário, permitindo dimensionar corretamente os equipamentos (Fiel (2006), citado por 51). Além disso, é ainda importante considerar as exigências biomecânicas envolvidas na posição sentada e na realização das tarefas na sala de aula (2, 11, 65, 77).

Com base na literatura, é possível encontrar um conjunto de critérios que auxiliam o desenvolvimento de mobiliário escolar ergonômico com base nas variáveis antropométricas e em critérios biomecânicos e espaciais (3). A partir destes critérios, vários autores desenvolveram equações de (in)compatibilidade com objetivo de avaliar a

conformidade das dimensões do mobiliário existente nas escolas. Estas equações de (in)compatibilidade podem apresentar-se sob a forma de equações de um sentido, considerando apenas o valor mínimo ou máximo aceitável para uma determinada dimensão do Conjunto cadeira e mesa; ou de dois sentidos considerando os limites mínimo e máximo (79).

As normas regulamentares procuram definir regras, quer de segurança, quer de dimensionamento, para cada bloco económico numa tentativa de uniformização destas regras por todos os países. Mas nem sempre se encontram corretamente definidas, pois não consideram as dimensões antropométricas das crianças na sua definição (3, 30, 31, 36, 77).

Apesar de existirem vários estudos teóricos que procuram propor um novo dimensionamento para o mobiliário escolar, considerando as dimensões antropométricas e as características biomecânicas das crianças (2, 3, 29, 36, 83, 84), estes não são colocados em prática, pois as empresas, para poderem ser certificadas, devem adotar as normas impostas pelos mercados.

3.1. REGRAS PARA O CORRETO DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO CADEIRA E MESA

Tendo em consideração as atividades realizadas na sala de aula, Garcia Molina *et al.* (17) indica dois objetivos que o conjunto cadeira e mesa deve cumprir. Deve facilitar a adoção de posturas cómodas enquanto a criança ouve o professor. Deve minimizar a flexão do pescoço durante as tarefas de escrita e leitura, prevenindo a fadiga muscular nos ombros e no pescoço (Figura 23).

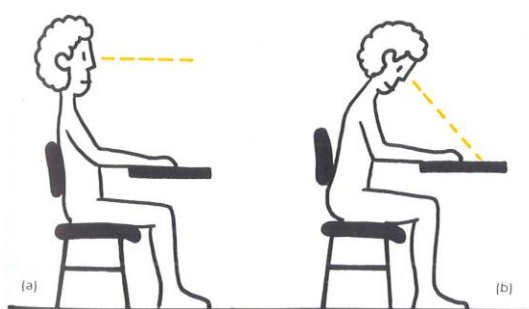


FIGURA 23: POSTURAS SENTADAS A ADOTAR NAS ATIVIDADES DAS AULAS. A) POSTURA PARA OUVIR O PROFESSOR; B) POSTURA PARA TAREFAS DE LEITURA E ESCRITA.

FONTE: GARCIA MOLINA ET AL. (17)

Formando a cadeira e a mesa um conjunto integrado estas devem ser dimensionadas em conjunto, de modo a que juntas formem um sistema ergonomicamente ajustado à criança (26, 36). Segundo EN 1729-1 (85) as dimensões tanto da mesa como da cadeira devem ser definidas segundo dois planos, o mediano, que consiste no plano que passa pelo centro

geométrico do conjunto e o plano transversal, plano perpendicular ao plano mediano, que também passa pelo centro geométrico do conjunto. Sendo que a maioria das dimensões é definida a partir do plano mediano (Figura 24).

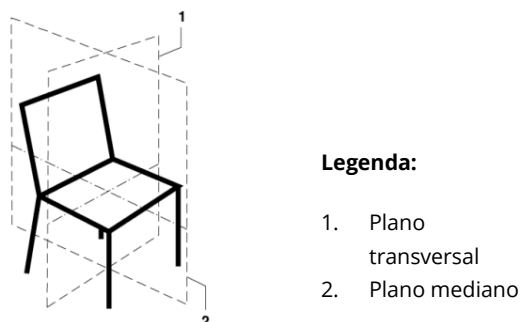


FIGURA 24: PLANOS DE MEDIÇÃO.
FONTE: EN 1729-1 (85)

De modo a acompanhar a variação das várias dimensões do corpo da criança, tanto a cadeira como a mesa, deveriam ser reguláveis em todas as suas dimensões. Mas segundo lida (10), neste tipo de projetos, em que se procura adaptar o mobiliário individualmente a cada indivíduo, a regulação geralmente não abrange todas as dimensões do produto, apenas são consideradas as variáveis mais críticas. Sendo que para estes casos deve ter-se em atenção que cada regulação implementada irá implicar maiores custos de fabrico (10).

Considerando como variáveis críticas a altura, a largura e a profundidade da mesa e da cadeira, estas devem possuir uma gama de tamanhos suficientemente ampla para englobar a percentagem de utilizadores que se pretende abranger com o produto (17). De forma a diferenciar os vários tamanhos incluídos no produto estes devem ser identificados por cores, marcas ou ambos, como indica a EN 1729-1 (85).

Em termos gerais, tanto a cadeira como a mesa, devem ser resistentes, de modo a suportar as cargas exigidas pelas normas. Devem ser estáveis evitando que o utilizador caia enquanto se encontra sentado (10, 17). E devem ser leves, facilitando o transporte das peças para criar grupos, ou mudar a configuração da sala (66) (Figura 25).

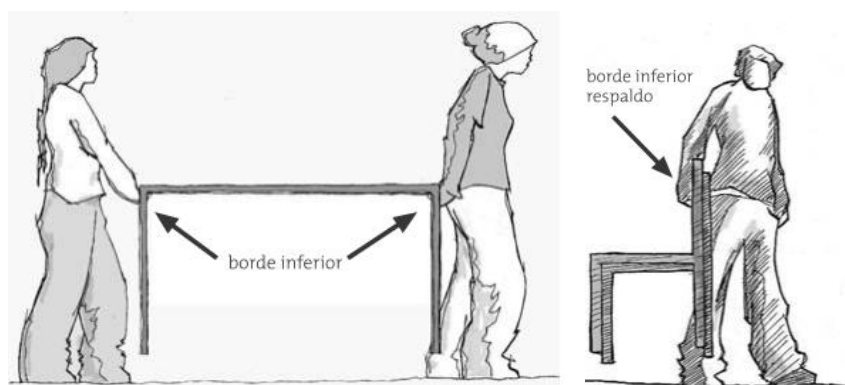


FIGURA 25: TRANSPORTE DA MESA E DA CADEIRA.
FONTE: CARIBBEAN E CHILE (66)

Os materiais devem evitar a ocorrência de lesões por contacto com superfícies cortantes (66). Tanto o tampo da mesa como o assento e o encosto devem ter esquinas arredondas de modo a evitar o desconforto da criança (47).

Habitualmente os materiais utilizados tanto na mesa como na cadeira são a madeira e o metal, dado a competitividade de preço para a indústria (4, 20). Apesar disso, atualmente a utilização de plásticos injetados tem vindo a aumentar, devido à facilidade em criar formas ergonomicamente ajustadas e permitindo custos reduzidos quando produzidos em grande escala (4).

Relativamente ao conjunto em si, vários autores sugerem que a mesa e a cadeira devem ser dois elementos separados de modo a que a criança tenha espaço suficiente para entrar e sair do seu posto de trabalho (17, 66) (Figura 26).

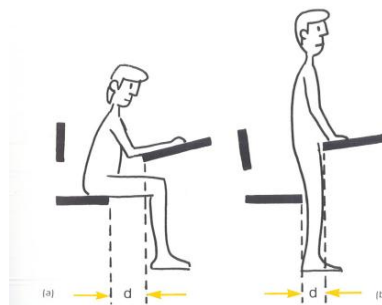


FIGURA 26: ESPAÇO A CONSIDERAR ENTRE A MESA E A CADEIRA.

FONTE: GARCIA MOLINA ET AL. (17)

Entre a mesa e a cadeira deve existir espaço para que a criança consiga fazer movimentos com as pernas e consiga sair facilmente (17) (Figura 27).



FIGURA 27: ESPAÇO PARA MOVIMENTAR AS PERNAS.

FONTE: GARCIA MOLINA ET AL. (17)

Habitualmente a medida de prescrição do tamanho, tanto da mesa como da cadeira, é a estatura (26, 36), dado que segundo Castellucci *et al.* (79) e Guat-Lin (86) é possível encontrar uma constante de relação entre a estatura e as outras dimensões antropométricas, dada a correlação positiva que estas apresentam, quando analisadas segundo o coeficiente de Pearson. Este coeficiente, permite determinar qual o grau de

correlação entre uma dada dimensão antropométrica e a estatura, recorrendo a rácios. Por exemplo considerando os rácios apresentados por Guat-Lin (86) uma criança com 1500mm de estatura (E) terá uma altura do poplíteu (AP) de 375mm, uma vez $AP=0.25 \times E$.

Mas a utilização destes rácios nem sempre é correta pois, antes da adolescência as dimensões dos vários segmentos do corpo da criança encontram-se em constante transformação e é possível encontrar crianças em que as várias dimensões do corpo apresentam percentis diferentes (87). Prova disso são os 18% de incompatibilidade entre a altura da cadeira e a altura do poplíteu, encontrados no estudo mais recente de Castellucci *et al.* (26) onde a estatura foi utilizada como medida de prescrição do tamanho do mobiliário (26).

3.1.1. CADEIRA

A cadeira consiste no equipamento no qual a criança passa a maior parte do seu tempo. Sendo todo o sistema de mobiliário escolar dimensionado com base nas suas dimensões, esta tem um papel decisivo no que se refere à compatibilidade do mobiliário com as dimensões da criança (3, 28).

Segundo Staarink (73), para que esta seja considerada ergonómica deve garantir que a curva lordótica da coluna vertebral seja mantida, evitando a concentração de tensões na região lombar. Este tipo de critério é alcançado quando se garante um ângulo entre o assento e o encosto de 95 a 110°, o assento não é excessivamente baixo ou alto, nem muito profundo, e esta possui um encosto ajustável à forma da coluna vertebral (24). É ainda necessário considerar que esta deve permitir que a criança adote uma postura sentada dinâmica ou estática, dado que este facto é fundamental para evitar os danos na coluna e consequentemente danos futuros na postura (88) (Figura 28).

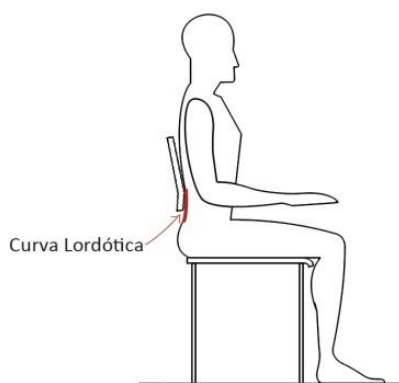


FIGURA 28: LOCALIZAÇÃO DA CURVA LORDÓTICA.

3.1.1.1. ASSENTO

O assento tem como objetivo principal servir de suporte para o corpo, procurando proporcionar conforto para o utilizador. Deve permitir que o peso do corpo se distribua de

forma igual pela sua área, ou seja, deve garantir o mínimo de pressões nas tuberosidades isquiáticas (47, 73).

O utilizador deve ser capaz de efetuar variações de postura, de modo a aliviar as pressões sobre os discos intervertebrais e as tensões nos músculos (10, 17). Idealmente, os assentos devem ser ajustáveis em altura e inclináveis (20). Caso o ajuste da inclinação do assento não seja possível, este deve ser praticamente plano, evitando a criação de relevos com formas “anatômicas”, pois estes não permitem que o utilizador efetue estes movimentos (10, 17, 20).

a) ALTURA DO ASSENTO (AA)

A altura do assento (AA) consiste na distância vertical entre o ponto mais alto do bordo anterior do assento e o solo, medido no plano mediano. Caso exista estofado este deve ser comprimido (85). É com base nesta dimensão que as outras dimensões devem ser definidas (34, 79). A variável antropométrica que define a altura do assento é a altura do poplíteo (AP), medida de prescrição do tamanho para todo o conjunto cadeira e mesa (10, 11). A altura do poplíteo (AP) refere-se à distância entre o chão e a zona da coxa que fica imediatamente abaixo do joelho, deve ser recolhida na posição sentada, com uma flexão do joelho de 90° (37, 79) (Figura 29).

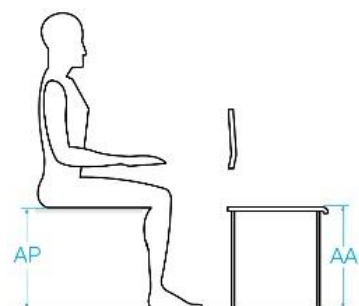


FIGURA 29: VARIÁVEL ANTROPOMÉTRICA A CONSIDERAR NO DIMENSIONAMENTO DA ALTURA DO ASSENTO.

De forma a proporcionar conforto para a criança a altura do assento (AA) deve permitir que esta mantenha os pés assentes no chão. Caso isso não aconteça deve obrigatoriamente possuir um apoio para pés (10, 42). Para evitar que o peso das pernas seja suportado pelas coxas, a altura do assento (AA) deve ser regulável em altura de forma a permitir o ajuste à altura do poplíteo de cada criança (24, 47).

Para que este critério se cumpra de forma correta é recomendada a utilização de dados referentes P5 da altura do poplíteo, uma vez que, estando a criança mais pequena acomodada, a restante população (95%), também se encontrará acomodada (11, 24, 37). Apesar de este facto ser verdade, nem sempre a palavra acomodada significa conforto para a criança, uma vez que uma criança com uma altura do poplíteo maior que a do P5, apesar de também poder ficar com os pés assentes no chão, isso pode não proporcionar uma boa postura (37).

Este facto é comprovado pelo estudo de Molenbroek *et al.* (36) ao demonstrar a incompatibilidade existente entre os tamanhos sugeridos pelo projeto da Norma Europeia 1729 (1998), relativamente às dimensões de crianças recolhidas a partir de bases de dados. Verificou por exemplo, que no grupo de crianças cujo tamanho 1 era o aconselhado pela norma, as mais pequenas ficavam com os pés no ar e as maiores formavam um ângulo de 38° entre a linha representativa da altura do assento e a altura do poplíteo. Sendo, segundo este autor, o ângulo máximo confortável de 30° verifica-se que nesta situação as duas crianças irão encontrar-se numa situação desconfortável (Figura 30).

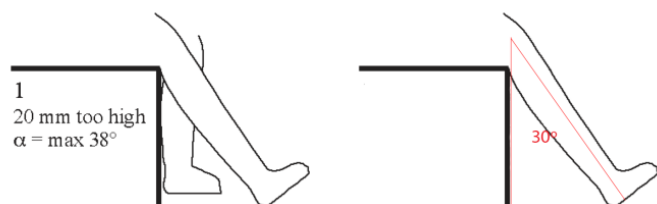


FIGURA 30: A) EXEMPLO DO ESTUDO DE MOLENBROEK; B) ÂNGULO MÁXIMO CONFORTÁVEL.

FONTE: ADAPTADO DE MOLENBROEK *ET AL.* (36)

Além da altura do poplíteo (AP), deve ainda ser considerado o coeficiente de sola (CS), valor para a espessura da sola dos sapatos utilizados por crianças (tendo em atenção que este valor pode variar com a cultura de cada país, ou até mesmo com as tendências de moda). Autores como Dianat *et al.* (29), Gouvali e Boudolos (34), Castellucci *et al.* (89) consideram que este coeficiente deve ser de 20mm.

Sendo vista como uma das dimensões do mobiliário mais importantes, a altura do assento é utilizada praticamente em todas as avaliações de (in)compatibilidade do mobiliário escolar (79). Para se efetuarem essas avaliações os investigadores recorrem a equações de (in)compatibilidade, definidas a partir dos critérios ergonómicos mencionados anteriormente.

Analisando a avaliação de literatura, relativa às equações de (in)compatibilidade, efetuada por Castellucci *et al.* (79), das três equações encontradas pelo autor, este considera a equação E.Q.1 como a mais fiável para a determinação da compatibilidade do mobiliário.

TABELA 3: EQUAÇÃO DE (IN)COMPATIBILIDADE PARA O CÁLCULO DA ALTURA DO ASSENTO (AA).

Equação	Autores
E.Q.1 = $(AP + CS \cdot 1) \cos 30^\circ \leq AA \leq (AP + CS) \cos 5^\circ$	Castellucci <i>et al.</i> (26), Dianat <i>et al.</i> (29), Gouvali e Boudolos (34)

Esta equação considera o ângulo máximo e mínimo confortável, referidos por Molenbroek *et al.* (36) e Gouvali e Boudolos (34), definindo que a altura do assento (AA) deve ser menor que a altura do poplíteo (AP) de modo a que a canela forme um ângulo entre 5° e 30° relativamente à vertical, permitindo desta forma que a criança fique com os pés assentes no chão (79). Por outro lado o assento deve ser alto o suficiente, evitando uma extensão do

joelho maior que 30° e que os pés fiquem inclinados no chão. Esta equação considera ainda o coeficiente de sola (CS) em cada um dos sentidos (79) (Figura 31).

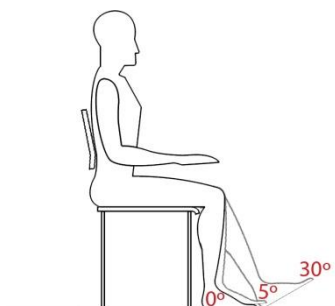


FIGURA 31: ÂNGULOS MÁXIMO E MÍNIMO CONFORTÁVEIS PARA A DEFINIÇÃO DA ALTURA DO ASSENTO (AA).

b) LARGURA DO ASSENTO (LAS)

A largura do assento (LAS) consiste na distância medida entre as extremidades laterais do assento (85). Para o seu dimensionamento deve ser considerado o percentil 95 (P95) da largura das ancas (LA), distância horizontal entre as ancas na posição sentada (66, 79). Uma vez que estando a criança com uma anca mais larga acomodada a criança com uma largura de anca mais pequena também se sentirá à vontade (Figura 32).

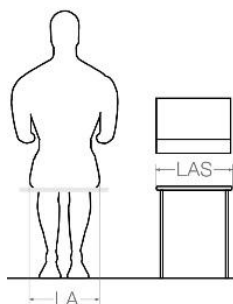


FIGURA 32: VARIÁVEL ANTROPOMÉTRICA A CONSIDERAR NO DIMENSIONAMENTO DA LARGURA DO ASSENTO.

Existem duas equações de (in)compatibilidade presentes na literatura, E.Q.2 e E.Q.3, em que ambas consideram a largura das ancas (LA) para a definição da largura do assento (LAS). A primeira, apenas de um sentido, considera que a largura das ancas (LA) deve ser menor que a largura do assento (LAS). A segunda considera que a largura do assento (LAS) deve ser entre 10% a 30% maior que a largura das ancas (LA) (79) (Tabela 4).

TABELA 4: EQUAÇÕES DE (IN)COMPATIBILIDADE PARA O CÁLCULO DA LARGURA DO ASSENTO (LAS).

Equação	Autores
E.Q.2 = $LA < LAS$	Castellucci <i>et al.</i> (26), Castellucci <i>et al.</i> (31)
E.Q.3 = $1,1LA \leq LAS \leq 1,3LA$	Dianat <i>et al.</i> (29), Gouvali e Boudolos (34)

c) PROFUNDIDADE DO ASSENTO (PA)

Segundo a EN 1729-1 (85) devem ser considerados dois tipos de profundidade do assento, a real e a efetiva. A profundidade efetiva consiste na distância horizontal do bordo anterior do assento à projeção vertical do ponto S do encosto, medida no plano mediano. A profundidade real consiste na distância horizontal entre os bordos do assento medida também no plano mediano (85).

A profundidade deve permitir que exista um espaço de cerca de 20mm entre o assento e a parte interna da perna. O assento deve ser arredondado na borda dianteira, de modo a evitar a compressão na mesma zona (10, 17, 20, 42).

Na definição da profundidade real do assento a variável antropométrica a considerar é a distância glúteo-poplíteo (DGP). Esta medida deve ser recolhida na posição sentada, correspondendo à distância que existe entre a nádega e a parte de trás do joelho (zona do poplíteo) (11) e à dimensão do P5 (66) (Figura 33).

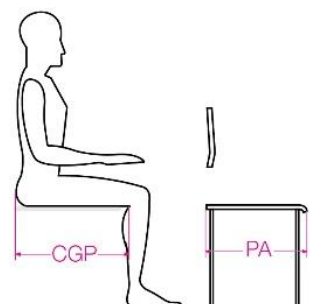


FIGURA 33: VARIÁVEL ANTROPOMÉTRICA A CONSIDERAR NO DIMENSIONAMENTO DA PROFUNDIDADE DO ASSENTO.

Na revisão de literatura apresentada por Castellucci *et al.* (79) é possível encontrar duas equações, de dois sentidos, que permitem avaliar a (in)compatibilidade da profundidade real do assento. Estas diferem apenas no limite superior da equação, uma considera que deve ser 95% e a outra 99%. Esta diferença encontra-se relacionada com o motivo de utilização da equação, pois a E.Q.5 foi utilizado num estudo em que se procurava potenciar a compatibilidade do mobiliário, enquanto a E.Q.4 é utilizada na avaliação da (in)compatibilidade (34) (Tabela 5).

TABELA 5: EQUAÇÕES DE (IN)COMPATIBILIDADE PARA O CÁLCULO DA PROFUNDIDADE DO ASSENTO (PA).

Equação	Autores
E.Q.4 = $0,80CGP \leq PA \leq 0,95 CGP$	Dianat <i>et al.</i> (29), Panagiotopoulou <i>et al.</i> (30), Castellucci <i>et al.</i> (31), Chung e Wong (33), Parcells <i>et al.</i> (77), Afzan <i>et al.</i> (90), Agha (91)
E.Q.5 = $0,80CGP \leq PA \leq 0,99 CGP$	Gouvali e Boudolos (34)

d) INCLINAÇÃO DO ASSENTO

Definida pelo ângulo criado pelo assento relativamente à horizontal, esta pode variar entre três posições, inclinação anterior, horizontal ou posterior (85) (Figura 34).

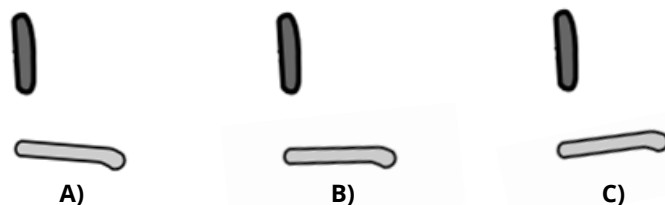


FIGURA 34: INCLINAÇÃO DO ASSENTO. A) ANTERIOR; B) HORIZONTAL; C) POSTERIOR;

FONTE: ADAPTADO DE DELLEMAN ET AL. (65)

Na literatura existe alguma controvérsia relativamente à questão da definição de qual das variações do assento é a mais benéfica para a adoção de boas posturas por parte das crianças (65). Segundo o estudo efetuado por Mandal (1981), citado por Gonçalves (3), para que a criança consiga manter uma postura ereta, o assento deve possuir uma inclinação anterior, proporcionando um ângulo entre o tronco e as coxas superior a 90°, evitando desta forma a flexão da coluna lombar observada quando era utilizada uma inclinação do assento posterior. No mesmo sentido, avaliações baseadas no conforto do aluno, apresentadas por Bendiz e Biering-Sorensen (1983), citados por Carnide (24), indicam que as crianças preferem o assento a 0°, na horizontal, ou com 5° de inclinação anterior. Já no seu estudo, Gonçalves (3), verificou que 95% das crianças inquiridas tinham preferência pelo assento com inclinação posterior, quando associado a uma mesa com o tampo inclinado. A norma EN 1729-1 (85) possibilita a escolha do ângulo de inclinação do assento que varie entre os -5° e +5°.

3.1.1.2. ENCOSTO

Quando sentada, a criança nem sempre utiliza o encosto, mas este é um dos componentes mais importantes da cadeira, pois proporciona estabilidade, contribuindo para a diminuição das cargas musculares ao manter a curvatura da coluna vertebral (2, 10, 11, 17).

Existem três tipos de encosto, o de nível baixo, que serve para suportar unicamente a região lombar, o de nível médio, que garante um suporte total dos ombros, e por fim o de nível alto, que assegura um suporte total da cabeça e do pescoço. Dado que as atividades realizadas na sala de aula requerem muito da utilização dos membros superiores, o encosto de nível baixo é considerado o mais indicado (24).

O encosto deve possuir uma forma côncava, de modo a adaptar-se às curvaturas da coluna vertebral, e um perfil com uma saliência com continuação para trás, de modo a acomodar as nádegas (10, 20, 42, 47). O ponto dessa curva, mais próximo da coluna designa-se por ponto S. O dimensionamento deste ponto é difícil de obter pois recorre a

variáveis antropométricas de difícil acesso, daí que exista pouca recolha destes dados e quando existe sejam um pouco subjetivos (11) (Figura 35).

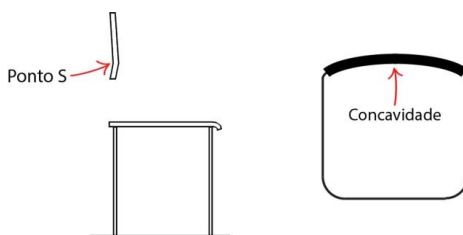


FIGURA 35: LOCALIZAÇÃO DO PONTO S E FORMA DA CONCAVIDADE DO ASSENTO.

a) ALTURA DO TOPO SUPERIOR DO ENCOSTO (ASE)

A altura do topo superior do encosto (ASE) é definida pela distância na vertical entre o topo superior do encosto e a superfície do assento (85). Tendo por base a literatura encontrada, esta dimensão relaciona-se com duas variáveis antropométricas, a distância ombro-assento (DOA) e a altura da escápula (AE) (79).

A distância ombro-assento (DOA) corresponde à extensão vertical, medida na posição sentada, entre o ombro e a superfície do assento, no plano transversal. A altura da escápula (AE) corresponde à distância, também na posição sentada, entre o ponto mais baixo da escápula e o assento (79) (Figura 36).

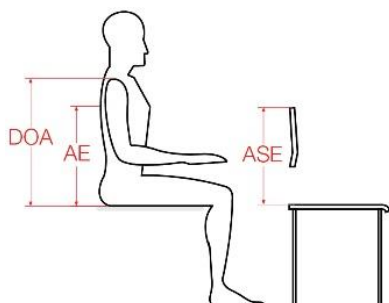


FIGURA 36: VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS A CONSIDERAR NO DIMENSIONAMENTO DO TOPO SUPERIOR DO ENCOSTO.

Na revisão de literatura efetuada por Castellucci *et al.* (79) é possível encontrar duas equações para a avaliação da compatibilidade da altura do topo superior do encosto. A E.Q.6, considera que a altura do topo superior do encosto deve ser dimensionada considerando a variável antropométrica distância ombro-assento (DOA). A E.Q.7, considera que esta dimensão deve basear-se na altura da escápula (AE). De acordo com Castellucci *et al.* (31), o topo superior do encosto deve ficar abaixo da zona da escápula ou, caso não seja possível, na linha da escápula. No entanto, nem sempre é possível encontrar esta dimensão nas tabelas antropométricas devido à sua difícil medição, dado o facto de a escápula não ser uma zona vincada do corpo. Por este motivo, no caso de não ser possível o acesso aos dados antropométricos referentes à altura da escápula (AE), deve recorrer-se à E.Q.6 (29, 34, 90, 91).

TABELA 6: EQUAÇÕES DE (IN)COMPATIBILIDADE PARA O CÁLCULO DA ALTURA DO TOPO SUPERIOR DO ENCOSTO (ASE).

Equação	Autores
E.Q.6 = $0,60DOA \leq ASE \leq 0,80 DOA$	Dianat <i>et al.</i> (29), Gouvali e Boudolos (34), Afzan <i>et al.</i> (90), Agha (91)
E.Q.7 = $AE \geq ASE$	Castellucci <i>et al.</i> (26) Castellucci <i>et al.</i> (31)

b) PONTO S (PS)

O ponto S consiste no ponto mais avançado do encosto. Deve ser medido na vertical até à superfície do assento (85). É um dos pontos mais importantes do encosto pois tem como função a sustentação e preservação das curvaturas da coluna vertebral, na posição sentada.

Apesar de lhe ser atribuída a variável antropométrica da altura do ponto lombar (APL) (36), não foi possível encontrar na literatura nenhuma equação de (in)compatibilidade. Esta ausência deve-se ao facto deste valor ser de difícil medição, pois não apresenta uma fronteira bem definida, surgindo pontualmente nas tabelas de dados antropométricos.

No entanto, as variáveis cujos valores de medição não são conhecidos, podem ser calculadas a partir da aplicação de rácios relativamente à estatura. Apesar da aplicação deste método não ser totalmente correta é, até ao momento, a única forma de se obter o valor da variável sem recorrer à sua medição (36) (Figura 37).

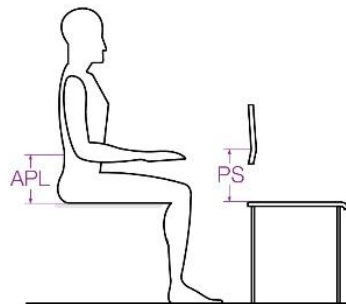


FIGURA 37: VARIÁVEL ANTROPOMÉTRICA A CONSIDERAR NO DIMENSIONAMENTO DO PONTO S.

O ponto S, correspondente à altura do ponto lombar (APL) define-se a partir da E.Q.8 que considera os valores referentes ao P50 (36) (Tabela 7).

TABELA 7: CÁLCULO DO PONTO S (PS).

Equação	Autores
E.Q.8 $\approx 11,5\% \text{ Estatura}$	Molenbroek <i>et al.</i> (36)

c) ALTURA DO TOPO INFERIOR DO ENCOSTO (AIE)

Outra dimensão a considerar para o dimensionamento do encosto é a altura do topo inferior do encosto (AIE), a medida entre o bordo inferior do encosto até à superfície do assento (85). Se o bordo inferior do encosto se encontrar abaixo do ponto S este deve ser inclinado para trás de modo a que exista um espaço livre para as nádegas, de cerca de 150 a 200mm (10, 24, 47) (Figura 38).

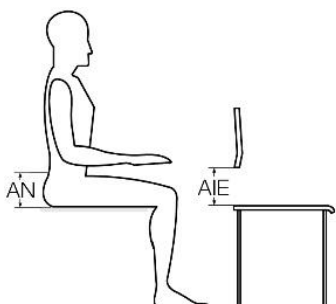


FIGURA 38: VARIÁVEL ANTROPOMÉTRICA A CONSIDERAR NO DIMENSIONAMENTO DO TOPO INFERIOR DO ENCOSTO.

Neste caso a variável antropométrica a considerar é a altura da nádega (AN), mas tal como para o ponto S, na literatura não se encontra nenhuma equação de (in)compatibilidade referente a esta dimensão. Por este motivo para a definição desta medida recorre-se aos rácios relativos à estatura. Segundo Molenbroek *et al.* (36) o percentil a considerar para o dimensionamento desta medida consiste no extremo máximo da população que se pretende englobar, referindo-se este maioritariamente ao P95 (Tabela 8).

TABELA 8: CÁLCULO DA ALTURA DO TOPO INFERIOR DO ENCOSTO (AIE).

Equação	Autores
E.Q.9 $\approx 5,8\%$ Estatura	Molenbroek <i>et al.</i> (36)

d) LARGURA

O encosto deve possuir a maior largura possível de modo a acomodar todas as crianças que o vão utilizar, permitindo uma maior distribuição de pressões e o movimento dos membros superiores (24, 66).

A largura do encosto é definida pela distância horizontal entre as bordas laterais do mesmo, medidas no plano transversal (85).

e) INCLINAÇÃO

A inclinação do encosto consiste no ângulo formado entre a superfície do assento, na horizontal, e o plano do encosto, medido no plano mediano (85). Esta permite que este suporte melhor o peso do corpo. Quanto maior for o ângulo considerado melhor o peso será suportado, diminuindo as tensões sobre os discos intervertebrais (24) (Figura 39).

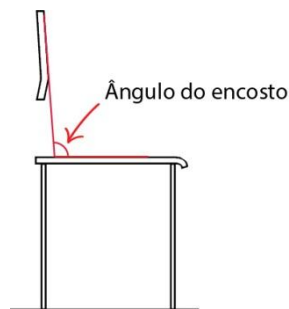


FIGURA 39: ÂNGULO PARA DEFINIÇÃO DA INCLINAÇÃO DO ENCOSTO.

Considerando fatores, como a inclinação e fricção do assento, o esforço muscular por parte do aluno e as exigências da tarefa, deve definir-se um ângulo do encosto entre os 95 e os 110°. Considerando que à medida que o tempo de execução da tarefa na posição sentada aumenta, mais próximo de 110° deve encontrar-se o ângulo (24). Snidjers et al. (2004), citado por Marques *et al.* (69), através dos seus estudos concluiu que o ângulo de inclinação do encosto deveria ser de 120°.

f) RAIOS DE CURVATURA

O raio de curvatura do encosto é medido a partir de uma projeção vertical da linha média do assento (85). A aplicação do raio de curvatura permite que o encosto se adapte à forma do tronco da criança, uma vez que a utilização do encosto de forma plana torna-se desconfortável para a criança, principalmente quando são utilizados materiais rígidos na sua concepção (10). Para que consiga acomodar todo o tipo de utilizadores é recomendada uma curvatura convexa posterior de 400mm (66). No mesmo sentido a norma (85) sugere um raio mínimo de 300mm (Figura 40).

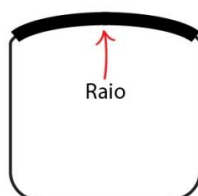


FIGURA 40: RAIOS DE CURVATURA DO ENCOSTO.

3.1.2. MESA

Estando presente na maioria das atividades realizadas na sala de aula, a mesa tal como a cadeira é um dos elementos mais importantes do mobiliário escolar (14). Para o dimensionamento da mesa devem ser consideradas cinco medidas, a altura, a largura, a profundidade e a inclinação da superfície de trabalho e ainda o espaço para pernas.

3.1.2.1. SUPERFÍCIE DE TRABALHO (ST)

A superfície de trabalho (ST) deve ser dimensionada tendo em consideração os movimentos necessários à tarefa que será realizada, as peças que serão colocadas utilizadas e ainda o arranjo da área de trabalho (10). Para a definição da sua profundidade é necessário considerar as áreas de alcance ótima e máxima da superfície de trabalho (10). A área de alcance ótima consiste no espaço necessário para que a criança consiga realizar as tarefas de forma confortável. Segundo Iida (10), esta área define-se recorrendo a um movimento giratório dos antebraços em torno dos cotovelos, com os braços alinhados com o tronco. Através da interseção dos arcos formados por este movimento é possível determinar o espaço ótimo para a realização de tarefas com as duas mãos (Figura 41).

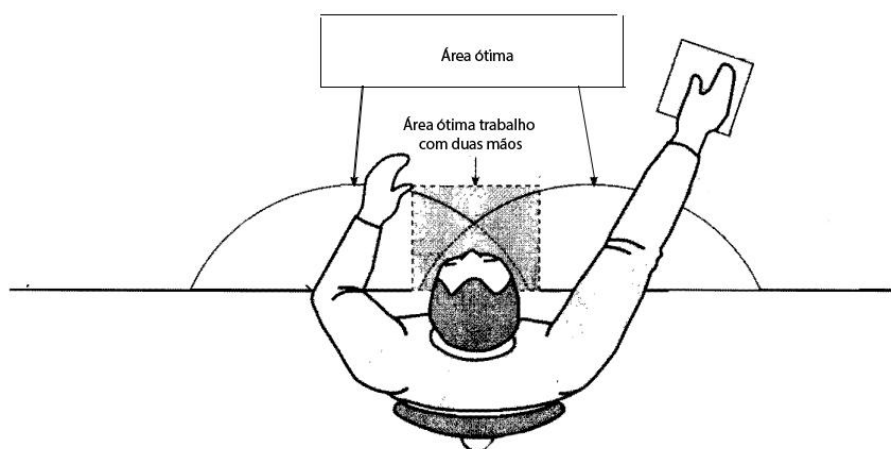


FIGURA 41: ÁREA DE ALCANCE ÓTIMA DA SUPERFÍCIE DE TRABALHO.
FONTE: ADAPTADO DE IIDA (10)

A área de alcance máxima consiste na profundidade máxima da superfície de trabalho na qual a criança consegue alcançar os seus objetos de trabalho. Esta é definida a partir do arco formado pela rotação dos braços estendidos, e é nela que se encontrarão os objetos necessários à realização das tarefas propostas, como por exemplo livros, cadernos, entre outro material escolar (10) (Figura 42).

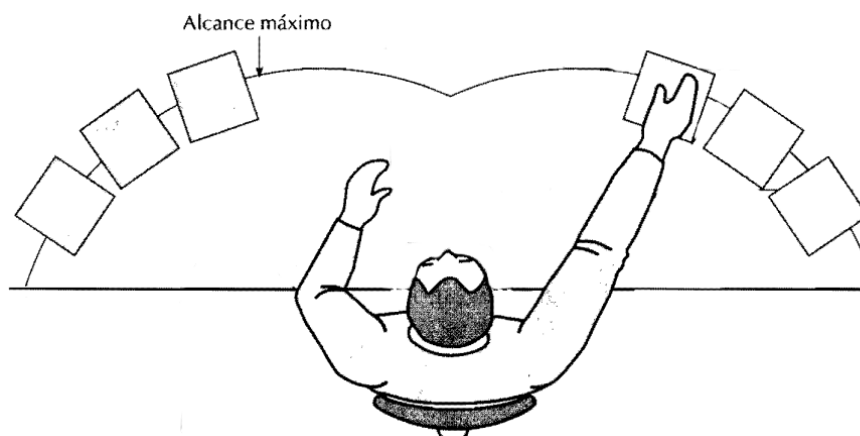


FIGURA 42: ÁREA DE ALCANCE MÁXIMA DA SUPERFÍCIE DE TRABALHO.
FONTE: ADAPTADO DE IIDA (10)

Para que a criança se encontre confortável quando escreve, Chaffin, Anderson e Martin (2001), citados por Reis (14), recomendam que a superfície de trabalho permita criar um ângulo de abdução entre 15° a 20°, acompanhado de uma flexão de 25°. Além dos ângulos de abdução e flexão dos braços, Coury (1995), citado por Reis (14), refere ainda que é importante considerar um ângulo adequado para o pescoço, sugerindo que este deve centrar-se entre os 20° e os 30° no máximo, sendo que, para trabalhos muito prolongados, acima dos 120 min, este deve ser de 15° (Figura 43).

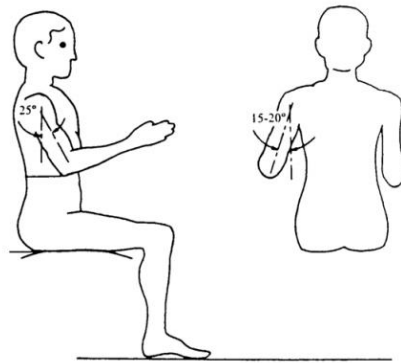


FIGURA 43: ÂNGULOS DE ABDUÇÃO E FLEXÃO RECOMENDADOS POR CHAFFIN, ANDERSON E MARTIN (2001).

Fonte: REIS (14)

De modo a complementar este requisito, Mandal (1981), citado por Carnide (24), indica que as superfícies de trabalho devem ser inclinadas, uma vez que desta forma a mesa torna-se mais compatível com a posição sentada ereta, melhorando as condições de visão e reduzindo a flexão da coluna lombar. Segundo Domljan *et al.* (20), a superfície de trabalho deve permitir uma inclinação variável entre 0 e 20° ou então ser horizontal. Este autor aconselha ainda que deve existir uma mesa individual para cada aluno (Figura 44).

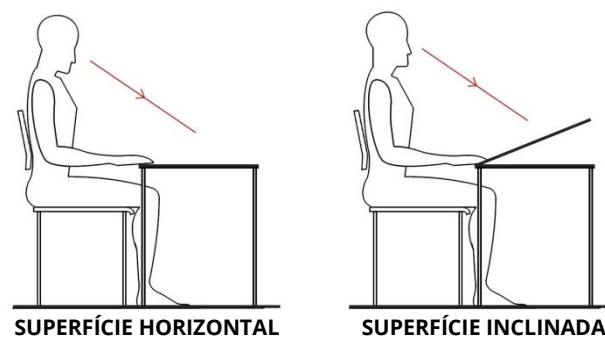


FIGURA 44: POSTURA COM SUPERFÍCIE DE TRABALHO NA HORIZONTAL E INCLINADA

3.1.2.2. ALTURA DA MESA (AM)

A altura da mesa (AM) consiste na distância vertical entre o solo e a superfície de trabalho na horizontal, medida no plano mediano (85). Deve ser definida após a determinação da

altura da cadeira considerando como variável antropométrica a distância cotovelo - assento (DCA) e a biomecânica do ombro e do cotovelo, na posição sentada (10, 24, 92). Segundo Lida (10), esta medida deve encontrar-se entre 30 e 40 mm acima da altura do cotovelo, na posição sentada.

Caso a superfície de trabalho se encontre inclinada a altura do bordo voltado para o aluno deve encontrar-se à mesma altura que na posição horizontal (24) (Figura 45).

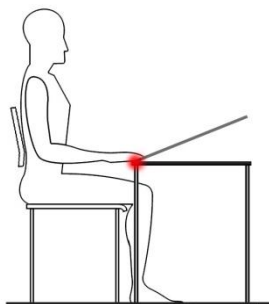


FIGURA 45: POSICIONAMENTO DO BORDO VOLTADO PARA O ALUNO, COM A SUPERFÍCIE DA MESA INCLINADA.

Na literatura é possível encontrar várias equações consideradas para a avaliação da compatibilidade da altura da mesa (AM). Mas segundo a análise de Castellucci *et al.* (92), ao se basearem apenas na variável distância cotovelo - assento e na biomecânica do ombro e do cotovelo, sem considerar o espaço livre entre o assento e a mesa, as equações podem ser contraditórias, quando comparados os resultados com os valores referentes ao espaço entre o assento e a mesa. Por este motivo, este autor propõe a utilização da E.Q.10 para a definição da altura da mesa (AM), que considera a altura do assento (AA), o espaço livre entre o assento e a mesa (ELAM) e a espessura do tampo e estrutura (T) (Figura 46).

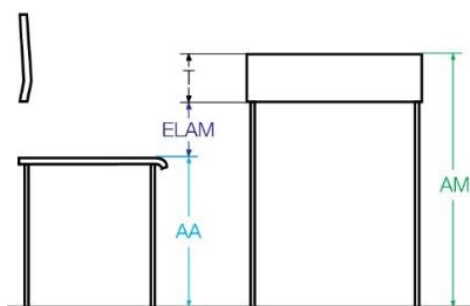


FIGURA 46: MEDIDAS A CONSIDERAR NO DIMENSIONAMENTO DA ALTURA DA MESA.

O autor considera como ponto de partida para o dimensionamento do conjunto cadeira/mesa, a altura do assento, propondo que a criança deve ter espaço suficiente para se movimentar, levantar e sentar. Considera ainda a espessura do tampo e da estrutura, entre os 60 e os 65mm (habitualmente a espessura dos tampos das mesas escolares é de 22mm, dada a utilização de aglomerado de partículas, fixos a estruturas com 40mm).

TABELA 9: CÁLCULO DA ALTURA DA MESA (AM).

Equação	Autores
E.Q.10 = AA + ELAM + T	Castellucci <i>et al.</i> (92)

3.1.2.3. ESPAÇO LIVRE ENTRE O ASSENTO E A MESA

O espaço livre entre o assento e a mesa deve ser suficiente para que as crianças possam movimentar as pernas livremente e ainda conseguirem levantar-se sem dificuldades (79). Para o seu dimensionamento podem considerar-se duas variáveis antropométricas, a altura do joelho ou a espessura da coxa (EC). Segundo Castellucci *et al.* (79, p1123), a variável mais correta é a espessura da coxa (EC), pois ao dimensionar o espaço livre entre o assento e a mesa considerando a altura do joelho, o cálculo baseia-se “na suposição errada de que a altura do joelho é maior do que a soma da altura do assento e espessura da coxa” (Figura 47).

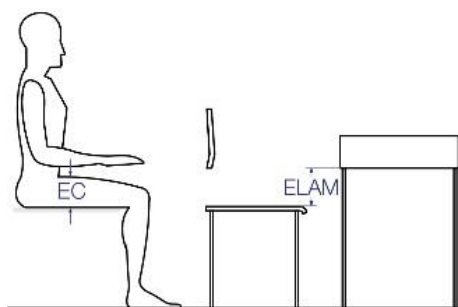


FIGURA 47: VARIÁVEL ANTROPOMÉTRICA A CONSIDERAR NO DIMENSIONAMENTO DO ESPAÇO LIVRE ENTRE O ASSENTO E A MESA.

Hira (19) refere ainda que é fundamental considerar o espaço entre a altura das coxas e a mesa, dado que este espaço possibilita o aluno sentar-se e levantar-se com facilidade. Considera-se a E.Q.11 como a mais indicada para a avaliação do espaço mínimo a considerar entre a altura do assento e da cadeira, porque além de considerar a espessura da coxa máxima (P95), considera um espaço de 20mm para a criança se movimentar (34, 92).

TABELA 10: CÁLCULO DO ESPAÇO LIVRE ENTRE O ASSENTO E A MESA (ELAM).

Equação	Autores
E.Q.11 = EC+20<ELAM	Gouvali e Boudolos (34), Castellucci <i>et al.</i> (92)

Capítulo 4 - DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO CADEIRA E MESA ESCOLAR PARA USO UNIVERSAL

O mobiliário escolar é o principal causador de adoção de más posturas dentro das salas de aula por parte das crianças. Sendo a principal causa deste problema, a desadequação dimensional do conjunto cadeira e mesa relativamente às dimensões das crianças, vários autores defendem que a solução se encontra na adaptação do mobiliário às transformações antropométricas que surgem durante o crescimento (3, 30, 36, 77, 89).

Autores como Gonçalves (3), Molenbroek *et al.* (36), Reis *et al.* (93) e Parcells *et al.* (77) comprovaram esta desadequação, ao avaliarem a (in)compatibilidade do mobiliário existente nas salas de aula, dimensionado conforme as normas dos diferentes países estudados, relativamente às dimensões antropométricas das crianças.

Esta desadequação comprovada, juntamente com a variedade de normas referentes a cada país ou bloco económico, dificulta a aproximação dos mercados, tornando-se numa barreira na internacionalização das empresas.

4.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Desenvolvido em conjunto com o Vítor Carneiro e a Professora Bárbara Rangel, este estudo encontra-se neste momento a aguardar aprovação para ser publicado na revista *Applied Ergonomics*.

Procurando promover a aproximação dos mercados, este estudo teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma metodologia de dimensionamento que suporte a conceção de um conjunto cadeira e mesa verdadeiramente universal para crianças do ensino primário, tendo como critério de prescrição a altura do poplíteo (AP), como defende Molenbroek *et al.* (36) e Castellucci *et al.* (89).

Tendo como referência as idades escolares de acordo com o ISCED 1 – International Standard Classification of Education de 2011 (94) - de vários países, e como se pretende desenvolver um conjunto cadeira e mesa para crianças do ensino primário, estabeleceu-se que as idades analisadas neste estudo serão as compreendidas entre os 6 e os 10 anos de idade.

A definição das dimensões do conjunto cadeira e mesa universal teve como ponto de partida a metodologia de elipses adotada por Molenbroek *et al.* (36) para a definição dos tamanhos, tendo em consideração a revisão de literatura referente às equações de (in)compatibilidade, efetuada por Castellucci *et al.* (79), para a determinação das dimensões correspondentes a cada tamanho.

Para a aplicação destas equações, foi necessário recolher dados antropométricos, através de uma revisão da literatura relativa a dados/estudos antropométricos referentes a países distintos, considerando as dimensões antropométricas necessárias para o dimensionamento do conjunto cadeira e mesa.

4.1.1. AMOSTRA

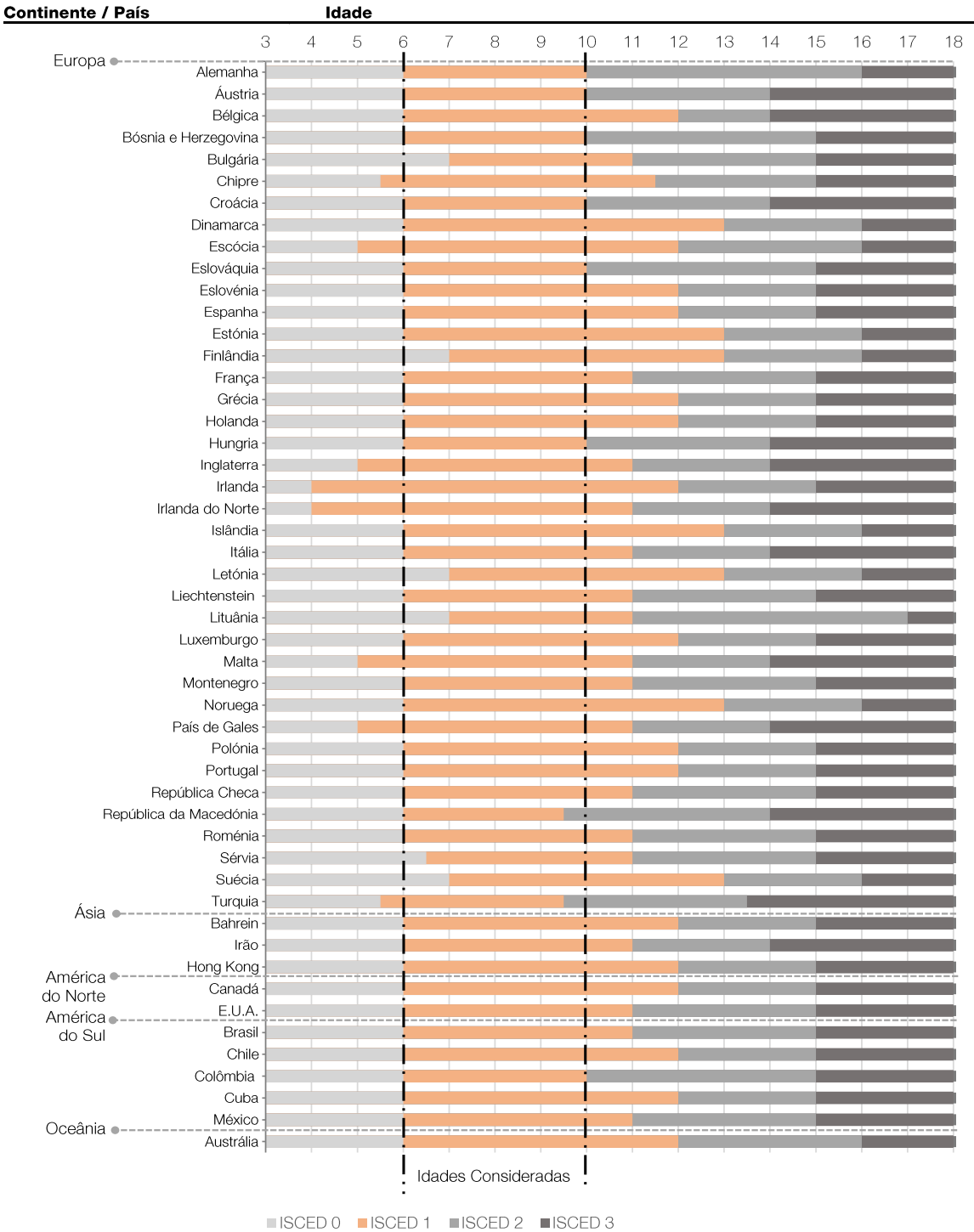
O primeiro contacto das crianças com a escola dá-se no ensino primário que, tendo como referência o International Standard Classification of Education de 2011 (94), corresponde ao ISCED 1, (95).

Ao analisar a Tabela 11 verifica-se que em diferentes países o início da frequência das crianças na escola pode ocorrer em idades distintas. De uma forma geral, a idade de entrada no ensino primário não é abaixo de 5 anos de idade, nem acima de 7 anos de idade, ocorrendo em média aos 6 anos. Neste nível de ensino, a sua duração raramente é inferior a 4 anos, podendo em alguns casos prolongar-se até 7 anos, tal como é possível observar no caso da Dinamarca, Estónia, Noruega e Islândia.

É importante relembrar que até ao final da infância, entre os 9 e os 10 anos, ambos os sexos apresentam um crescimento semelhante não se verificando diferenças significativas

de crescimento por género (54). Desta análise optou-se por fixar como intervalo de idade para a amostra as idades compreendidas entre os 6 e os 10 anos de idade (Tabela 11).

TABELA 11: ATRIBUIÇÃO DOS NÍVEIS ISCED POR PAÍS DE ACORDO COM AS IDADES.
FONTE: EURYDICE (95), UNESCO INTERNATIONAL BUREAU OF EDUCATION (96) E CENTER ON INTERNATIONAL EDUCATION BENCHMARKING (97).



4.1.2. A ALTURA DO POPLÍTEO COMO MEDIDA DE PRESCRIÇÃO

A maioria das normas de mobiliário escolar sugere a estatura como medida de prescrição. No entanto, autores como Molenbroek *et al.* (36) e Castellucci *et al.* (89) consideram que este não é de todo o critério mais fiável, uma vez que para a mesma estatura não corresponde unicamente uma altura de poplíteo (AP), mas antes um intervalo de alturas. Como explica Panero e Zelnik (98), as várias dimensões antropométricas de um indivíduo correspondem a diferentes percentis, levando a que, quando atribuído um tamanho de cadeira a partir da estatura, possa ser escolhida uma cadeira alta para crianças com uma altura de poplíteo (AP) baixa.

Recorrendo ao estudo antropométrico de Gonçalves (3), a crianças entre os 6 e os 10 anos, verifica-se que para uma estatura de 1300mm corresponde um intervalo de altura do poplíteo (AP) de aproximadamente 300 e 400mm (Figura 48).

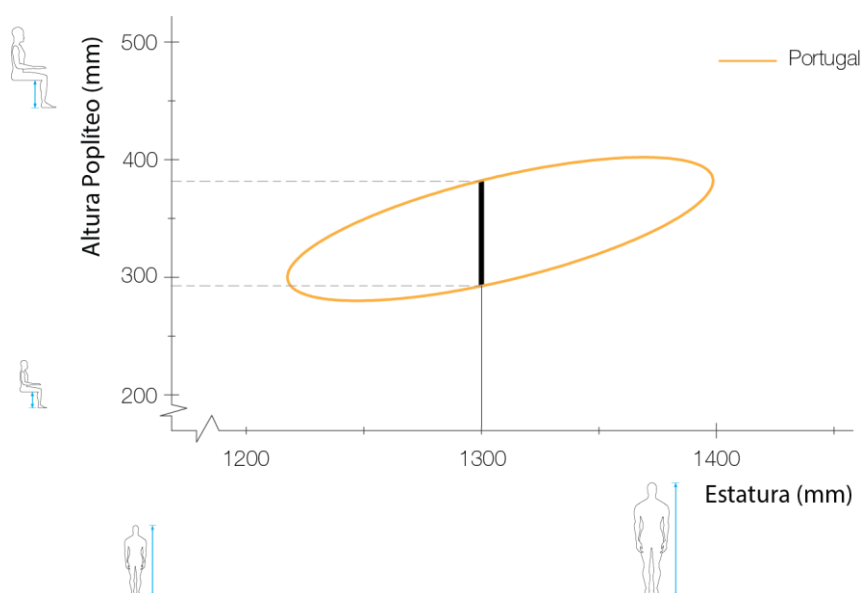


FIGURA 48: ANÁLISE ENTRE OS VALORES DA ESTATURA E OS VALORES DA ALTURA DO POPLÍTEO.

FONTE: DADOS RECOLHIDOS A PARTIR DO ESTUDO DE GONÇALVES (3).

Castellucci *et al.* (89) demonstra que a altura do poplíteo (AP), quando comparada com a estatura, é mais precisa e como tal, é a medida antropométrica mais apropriada para a seleção do tamanho do mobiliário. Mais uma razão para a utilização da altura do poplíteo (AP) como medida de prescrição, trata-se desta servir para definir a altura do assento (AA) que é considerada como o ponto de partida para o dimensionamento do conjunto cadeira e mesa (31, 36, 89) (Figura 49).

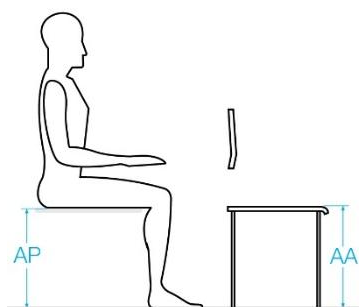


FIGURA 49: ALTURA DO POPLÍTEO (AP) RELACIONA-SE COM A ALTURA DO ASSENTO (AA).

Apesar de nas escolas o conhecimento sobre a medição da altura do poplíteo se encontrar ausente (36), é possível encontrar algumas estratégias que facilitam a sua medição, nomeadamente 'Peter lower leg' apresentada por Castellucci *et al.* (89), impedindo desta forma a escolha errada do tamanho. Molenbroek *et al.* (36) recomenda a medição da altura do poplíteo (AP), pelo menos, duas vezes por ano letivo.

4.1.3. DADOS/ESTUDOS ANTROPOMÉTRICOS ENCONTRADOS E UTILIZADOS

No desenvolvimento do estudo para um sistema universal de tamanhos de cadeira e mesa escolares, para crianças entre os 6 e os 10 anos, foram tomados como referência os dados antropométricos de crianças originárias de vários países e continentes para uma maior abrangência. No entanto, não foi possível obter um número alargado de dados antropométricos de alguns países por estes não serem disponibilizados. Quando disponibilizados, nem sempre apresentavam os valores da variável antropométrica altura do poplíteo (AP), relevante para o dimensionamento do conjunto cadeira e mesa (89), e/ou dados sobre o intervalo de idades considerado. Na tabela seguinte mostram-se os países em que foi possível obter os dados antropométricos e quais as variáveis disponibilizadas (Tabela 12).

TABELA 12: DADOS ANTROPOMÉTRICOS ENCONTRADOS.

Estudos Antropométricos	Desvio Padrão	Média	Sexo M+F	Percentil			Idades				Medidas Antropométricas									
				5	50	95	6	7	8	9	10	Estatura	Altura poplíteo	Comp. glúteo poplíteo	Largura das ancas	Espessura coxa	Distância ombro assento	Altura da escápula	Altura ponto lombar	Distância cotovelo assento
Portugal Gonçalves (3)	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•
Holanda Steenbekkers <i>et al.</i> (99)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•
Bélgica Motmans e Ceriez (100)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•
Polónia Nowak (101)	-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•
Reino Unido Pheasant (102)	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•
Croácia Domljan <i>et al.</i> (103)	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	•	-	-	-	-	-
Chile Castellucci <i>et al.</i> (89)	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•
Brasil Paschoarelli (104)	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	•	•	•	•	-	•	-	-	•
Brasil Silva <i>et al.</i> (105)	•	•	•	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•
México Prado-León <i>et al.</i> (32)	•	•	-	-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	•
Cuba Fuentes (106)	•	•	-	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	•	•	-
Colômbia Ortiz (107)	-	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-
E.U.A. Fryar <i>et al.</i> (108)	•*	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	•	-	-	-	-
E.U.A. Malina <i>et al.</i> (109)	EPM*	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-
Canadá Canadian Institute of Child Health (110)	•	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-
Irão Hafezi <i>et al.</i> (111)	•	•	-	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	•
Hong Kong Evans <i>et al.</i> (112)	•	•	-	-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	•	-	•
Bahrein Mokdad e Al-Ansari (113)	•	•	-	-	-	-	•	•	•	•	•	•	-	•	•	-	•	-	-	•

Dados não utilizados por não apresentarem informação sobre altura do poplíteo (AP) e/ou sobre as idades consideradas.

Dados utilizados após cálculos para agrupar sexos num só conjunto.

Dados não utilizados porque são apresentados por anos escolares.

Dados não utilizados por não ser possível juntar sexos num só conjunto.

Dados não utilizados por incongruências entre os percentis e desvio padrão.

Dados utilizados sem necessidade de cálculos adicionais.

Os países indicados a vermelho foram excluídos por não apresentarem dados antropométricos relativos ao intervalo definido ou à variável antropométrica altura do poplíteo (AP), relevante ao dimensionamento do mobiliário escolar. Os países a amarelo não disponibilizavam os dados por idades, mas antes por anos escolares impossibilitando o seu uso. Mesmo sabendo para o país em questão qual a idade a que corresponde cada

ano, as reprovações escolares originam discrepâncias entre idades enviesando a amostra. Por exemplo, o 4º ano escolar em Portugal é tipicamente frequentado por crianças com 9 ou 10 anos. No entanto, devido a reprovações em anos anteriores ou nesse mesmo ano, é possível encontrar crianças com idade superior a 10 anos (3).

Nos países a laranja o desvio padrão (SD) e os percentis indicados não correspondiam entre si. De acordo com Moraes (1983), , citado por Pequini (18, p8.24) *“os percentis podem ser obtidos aritmeticamente a partir do desvio padrão, se a média é conhecida. O desvio padrão é a medida de dispersão, variação ou expansão em relação a uma média. Assim, a média, ou percentil 50 de uma curva normal + 2 SD inclui 95,4% do grupo”*.

Nestes países quando somada a média (μ) com 2SD o valor auferido era muito diferente do apresentado no P95. A título de exemplo, no estudo antropométrico de crianças realizado pelo Canadian Institute of Child Health (110), na variável altura do poplíteo (AP) para a idade 6, a média (μ) é de 301,7 mm, o desvio padrão (SD) de 18,3 mm e o P95 indicado é de **315,5 mm**. No entanto $301,7 + 2 \times 18,3 = \mathbf{338,3 \text{ mm}}$. Como se pode verificar existe uma diferença substancial.

Nos países indicados a azul-escuro as dimensões antropométricas são individualizadas por sexo. Uma vez que entre os 6 e os 10 anos de idade não existe uma diferença de ritmo de crescimento entre sexos (54), a separação dos dados por sexo não faria sentido para o presente estudo. Nesse sentido, e sabendo a dimensão da amostra, o desvio padrão (SD) e a média (μ), é possível juntar os dados recorrendo a duas equações (100). Com a E.Q.14 obtém-se o desvio padrão (SD) do conjunto e com a E.Q.15 a média (μ) do conjunto (Tabela 13).

TABELA 13: EQUAÇÕES PARA DETERMINAR O DESVIO DE PADRÃO E A MÉDIA DO CONJUNTO.

E.Q.14 Cálculo do desvio padrão (SD) do conjunto $SD^2_{A+B} = \%A \times SD^2_A + \%B \times SD^2_B + \%A \times \%B \times (\mu_A - \mu_B)^2$

E.Q.15 Cálculo da média (μ) do conjunto $\mu_{A+B} = \%A \times \mu_A + \%B \times \mu_B$

onde: μ - média; SD - desvio padrão; A - sexo a; B - sexo b; % - percentagem da amostra

O cálculo dos percentis é obtido aritmeticamente a partir do desvio padrão (SD), da média (μ) e uma constante da tabela de Distribuição Normal Padrão (Z-Value), correspondente a cada percentil (18, 100).

TABELA 14: CÁLCULO DOS PERCENTIS.

E.Q.2 Cálculo do valor dos percentis $P_p = \mu + SD \times Z_p$

Onde, P_p - Valor do percentil que se pretende obter; μ - Média; SD - Desvio Padrão; Z_p - Constante da tabela de distribuição normal considerada para o percentil a obter

Recorrendo a uma tabela de Distribuição Normal Padrão recolheram-se as constantes (Z-value) para os extremos mínimos P1 e P5, para o percentil mais próximo da média P50 e

para os extremos máximos P95 e P99. Sendo que os percentis inferiores ao P50 têm um Z-value negativo e acima de P50 positivo (100) (Tabela 15).

TABELA 15: VALORES DA TABELA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL PADRÃO CORRESPONDENTES AO PERCENTIL.

	P1	P5	P50	P95	P99
Z-Value	-2,33	-1,65	0	1,65	2,33

Os países indicados a azul-claro encontravam-se na mesma situação dos países a azul-escuro, no entanto não apresentavam os dados como a dimensão da amostra, o desvio padrão (SD) e/ou a média (μ), impossibilitando o cálculo do conjunto por meio da E.Q.14 e E.Q.15 sendo por esse motivo excluídos. Por fim, nos países indicados a verde eram disponibilizadas as variáveis antropométricas, os percentis pretendidos e os dados não eram individualizados por sexo, sendo por isso utilizados diretamente no estudo sem a necessidade de cálculos adicionais.

Desta análise optou-se por utilizar os dados antropométricos dos países apresentados na Tabela 16. Salvaguarda-se que os estudos de Cuba e Hong Kong, ao contrário dos restantes, apresentam apenas a variável antropométrica altura da escápula (AE) não sendo por isso utilizados apenas para definir a altura do topo superior do encosto (ASE). Os dois estudos do Brasil, realizados no mesmo ano, complementam-se sendo, neste caso, agrupados num único conjunto. O facto de um desses estudos não possuir informação sobre a variável antropométrica espessura da coxa (EC) originou a sua não utilização apenas no dimensionamento do espaço livre entre o assento e a mesa (ELAM). Por último, e embora os estudos antropométricos de Cuba de 1977 e dos EUA de 1965 possam estar invalidados tendo em conta a tendência secular do crescimento do Homem (53, 86), estes foram incluídos por não ser possível obter dados antropométricos mais recentes, ou quando existentes não possuírem a variável antropométrica altura do poplíteo (AP) (Tabela 5).

TABELA 16: ESTUDOS ANTROPOMÉTRICOS SELECIONADOS.

País	Autor(es)	Ano do Estudo
Portugal	Gonçalves (3)	2012
Holanda	Steenbekkers <i>et al.</i> (99)	1993
Bélgica	Motmans e Ceriez (100)	2005
UK	Pheasant (102)	1986
Chile	Castellucci <i>et al.</i> (89)	2010
Brasil	Paschoarelli (104)	1995
	Silva <i>et al.</i> (105)	1995
México	Prado-León <i>et al.</i> (32)	2001
Cuba	Fuentes (106)	1977
E.U.A.	Malina <i>et al.</i> (109)	1965
Hong Kong	Evans <i>et al.</i> (112)	1982

4.2. CÁLCULO

A metodologia proposta assenta em dois pressupostos definidos por Molenbroek *et al.* (36) e Castellucci *et al.* (89):

1. Os tamanhos do conjunto cadeira e mesa devem ser prescritos tendo como referência a altura do poplíteo (AP) ao invés da estatura. Esta pode servir apenas como uma referência secundária mas nunca, em caso algum, como referência primária correndo-se o risco de escolher um tamanho errado.
2. O ponto de partida para o dimensionamento do conjunto cadeira e mesa é a altura do assento, sendo esta definida pela altura do poplíteo (AP).

Para determinar o sistema de tamanhos foram aplicadas as equações de (in)compatibilidade, selecionadas tendo como referencia os estudos de Castellucci *et al.* (79) e Castellucci *et al.* (92), considerando os percentis apresentados por Molenbroek *et al.* (36).

Das equações apresentadas anteriormente as que se encontram na Tabela 17 são consideradas como as mais corretas para o dimensionamento do conjunto cadeira e mesa.

TABELA 17: QUADRO-RESUMO DOS DADOS NECESSÁRIOS PARA O CORRETO DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO CADEIRA E MESA.

Variável Antropométrica		Percentil Adotado	Equações (In)compatibilidade	Dimensão Relevante do produto	
Cadeira	AP	Altura do poplíteo	P5	$E.Q.1 = (AP + CS^{*1}) \cos 30^\circ \leq AA \leq (AP + CS) \cos 5^\circ$	AA Altura do assento
	LA	Largura das ancas	P95	$E.Q.2 = LA < LAS$	LAS Largura do assento
	CGP	Comprimento glúteo-poplíteo	P5	$E.Q.4 = 0,80CGP \leq PA \leq 0,95 CGP$	PA Profundidade do assento
	DOA	Distância ombro-assento	P5	$E.Q.6 = 0,60DOA \leq ASE \leq 0,80 DOA$	ASE Altura topo superior do encosto
		Ou			
	AE	Altura da escápula		$E.Q.7 = AE \geq ASE$	
	APL	Altura ponto lombar	P50*	$E.Q.8 \approx \text{Altura do Umbigo} \approx 11,5\% \text{ Estatura}$	PS Ponto S
Mesa	NA	Altura da nádega	P95	$E.Q.9 \approx \text{Altura da Crista Ilíaca} \approx 5,8\% \text{ Estatura}$	AIE Altura topo inferior do encosto
				$E.Q.10 = AA + ELAM + T^{*3}$	AM Altura da mesa
	EC	Espessura da coxa	P95	$E.Q.11 = EC + 20 < ELAM$	ELAM Espaço livre entre o assento e a mesa

* De acordo com Molenbroek *et al.* (36).

*¹ Coeficiente de Sola;

*² Valor em mm;

*³ Espessura do tampo e estrutura

Aliado às equações de (in)compatibilidade foi aplicado o método de elipses utilizado por Molenbroek *et al.* (36). Neste método, gráficos de dispersão são estimados para os dados antropométricos dos diferentes países encontrados. Através dos dados do P5 e P95 da altura do poplíteo (AP) (eixo y) e das restantes medidas antropométricas (eixo x), necessárias para o dimensionamento do conjunto cadeira e mesa, são desenhados retângulos por faixa etária. Finalmente, sobre o conjunto desses retângulos desenha-se uma elipse para cada população (Figura 50).

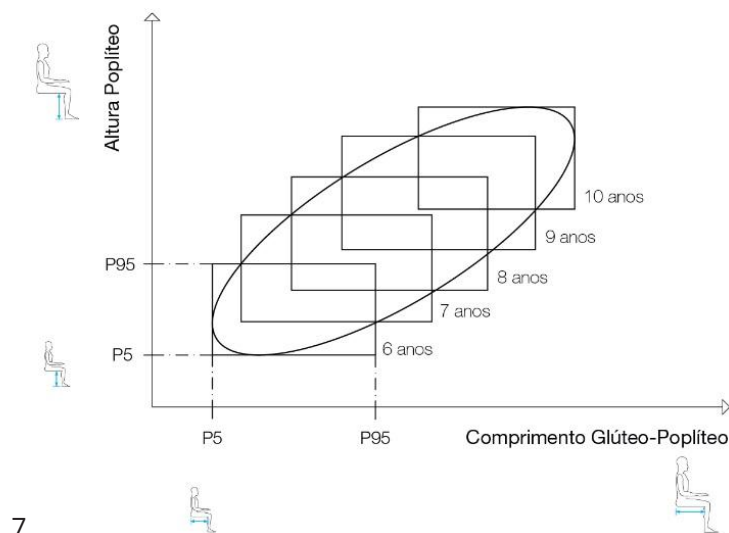


FIGURA 50: EXEMPLO DE UMA REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS GRÁFICOS DE DISPERSÃO ESTIMADOS DA ALTURA DO POPLÍTEO (AP) E COMPRIMENTO GLÚTEO-POPLÍTEO (CGP).
FONTE: ADAPTADO DE MOLENBROEK ET AL. (36).

Obtidas as elipses de cada país, estas são agregadas em gráficos únicos de acordo com as suas variáveis (Figura 51).

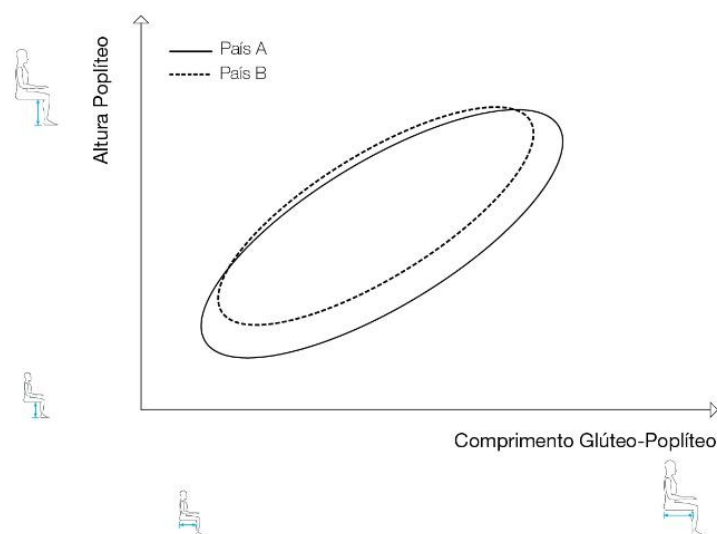


FIGURA 51: EXEMPLO DE UMA AGREGAÇÃO DAS ELIPSES DE DOIS PAÍSES NUM SÓ GRÁFICO DE ACORDO COM AS VARIÁVEIS ALTURA DO POPLÍTEO (AP) E COMPRIMENTO GLÚTEO-POPLÍTEO (CGP).

Como a medida de prescrição é a altura do poplíteo (AP), todos os gráficos têm em comum esta dimensão no eixo y. Assim recorrendo à E.Q.1, que tem em conta a altura do poplíteo (AP) máxima e mínima confortável, determinam-se as alturas do assento necessárias para acomodar corretamente todos os envolvidos e consequentemente o número de tamanhos (Figura 52).

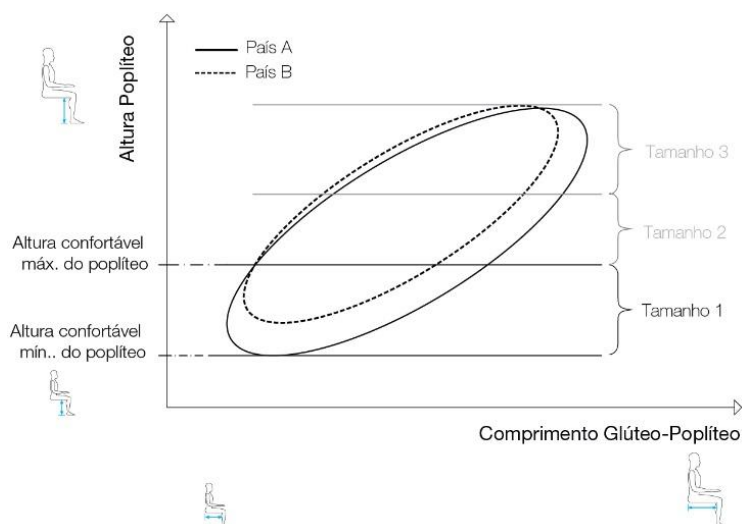


FIGURA 52: EXEMPLO DA DETERMINAÇÃO DAS ALTURAS DO ASSENTO (AA) NECESSÁRIAS PARA ACOMODAR CORRETAMENTE TODOS OS ENVOLVIDOS E CONSEQUENTEMENTE O NÚMERO DE TAMANHOS.

Sobre estes tamanhos é determinado qual o intervalo a que corresponde a segunda variável antropométrica para obter o seu valor máximo (P95) e mínimo (P5) para posterior aplicação na equação correspondente. Na Figura 53, no tamanho 1 o ponto A representa a altura mínima confortável para o poplíteo e o correspondente menor (P5) comprimento glúteo-poplíteo (CGP) e o ponto B representa a altura máxima confortável do poplíteo e o correspondente maior (P95) comprimento glúteo-poplíteo (CGP). Neste caso, sobre o valor de A, menor comprimento glúteo-poplíteo (CGP), é aplicada a E.Q.5 para determinar a profundidade do assento para o tamanho 1. O processo é repetido para os seguintes tamanhos (Figura 53).

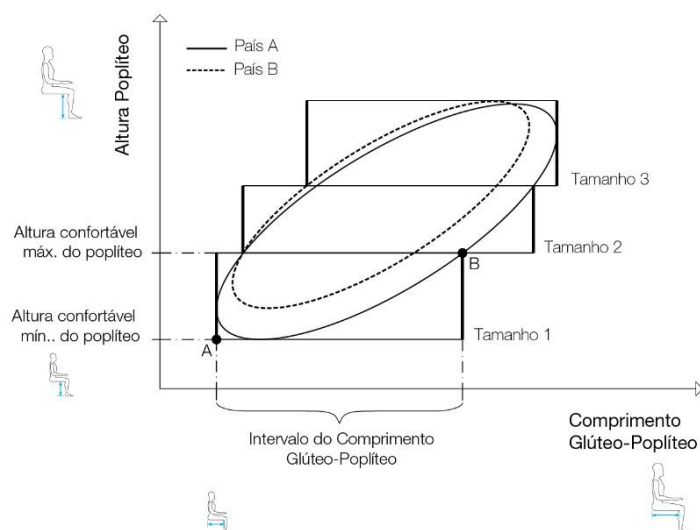


FIGURA 53: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE 3 TAMANHOS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO BIVARIÁVEL DA ALTURA DO POPLÍTEO (AA) E RESPECTIVOS INTERVALOS DO COMPRIMENTO GLÚTEO-POPLÍTEO (GGP).

FONTE: ADAPTADO DE MOLENBROEK ET AL. (36).

Seguindo este princípio, o processo é repetido para as restantes dimensões para encontrar os valores ideais do conjunto cadeira e mesa.

4.2.1. CÁLCULO DA ALTURA DO ASSENTO (AA)

A E.Q.1, definida para o cálculo da altura do assento (AA) tem como referência a altura do poplíteo (AP) mais o coeficiente de sola (CS), considerando como percentil de referência o P5 (Figura 54).

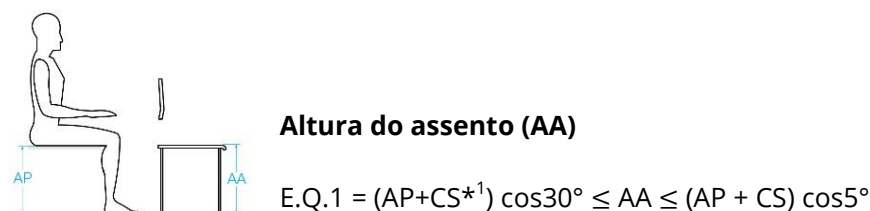


FIGURA 54: DIMENSIONAMENTO DA ALTURA DO ASSENTO (AA).

Para o dimensionamento da altura do assento (AA), aplicou-se a E.Q.1 sobre a menor altura do poplíteo (AP), P5, dos países considerados, obtendo-se o valor mínimo e máximo da altura do assento (AA), definindo o tamanho 1. Para o tamanho 2, assume-se que a altura do assento (AA) máxima do tamanho 1 corresponde à sua altura do assento (AA) mínima (36). Sabendo esta altura do assento (AA) e usando o limite máximo da E.Q.1 invertido, é calculada a altura do poplíteo (AP) correspondente. Determinada a altura do poplíteo (AP), esta é aplicada ao limite mínimo da E.Q.1 para calcular a altura do assento (AA) máxima e assim definir o tamanho 2. O cálculo é repetido até se estabelecer todas as alturas do assento (AA) e tamanhos necessários (Tabela 18).

TABELA 18: CÁLCULO DA ALTURA DO ASSENTO (AA) PARA O TAMANHO 1 E 2.

Tamanho	Altura poplíteo (AP) P5	Altura assento (AA)		Limite máximo invertido da E.Q.1	Limite mínimo da E.Q.1
		Min	Max		
1	237,0	222,6	256	$AP \geq \frac{AA}{\cos 30^\circ} - CS$	$AA \leq (AP_1 + CS) \cos 5^\circ$
2	AP_1	256	AA_2		
				$AP_1 \geq \frac{256}{\cos 30^\circ} - 20$	$AA_2 \leq (275,6 + 20) \cos 5^\circ$
				$\geq 275,6$	$\leq 294,5$

Na Figura 55, que relaciona a altura do poplíteo (AP) e a estatura, observa-se que seriam necessários 5 tamanhos (retângulos) para acomodar corretamente todas as crianças e que para uma altura de poplíteo (AP) corresponde apenas, e só, um tamanho, o que já não acontece com a estatura.

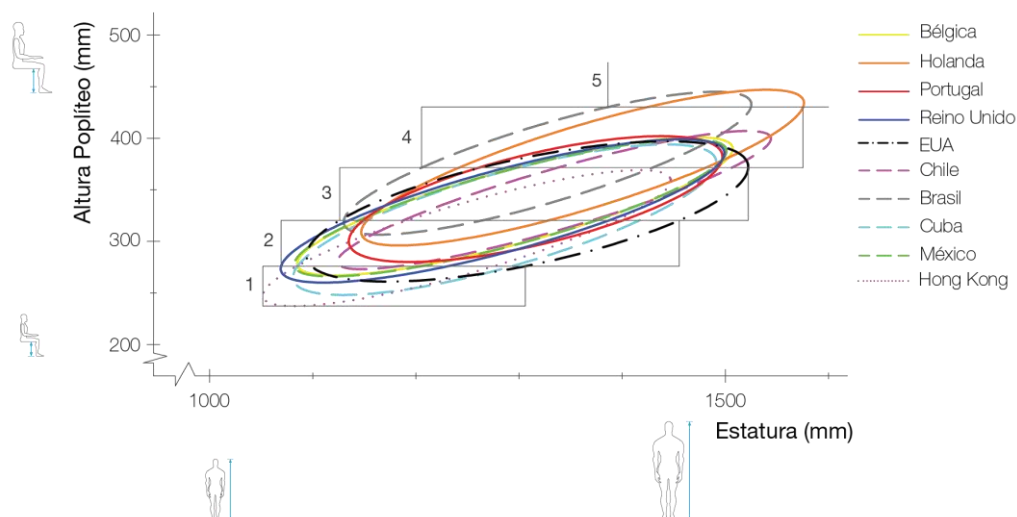


FIGURA 55: TAMANHOS PROPOSTOS DE ACORDO COM A E.Q.1 E A SUA ABRANGÊNCIA.

4.2.2. CÁLCULO DA LARGURA DO ASSENTO (LAS)

Para o dimensionamento da largura do assento (LAS) foi selecionada a E.Q.2 devido à sua maior abrangência quando comparada com a E.Q.3.

A E.Q.2 tem como referência a largura das ancas (LA) e para esta medida considera-se o percentil máximo, P95. O gráfico de elipses seguinte apresenta a relação entre a altura do poplíteo (AP) e a largura das ancas (LA). Em cada tamanho é identificado o valor do percentil de referência (canto superior direito de cada retângulo) do intervalo largura das ancas (LA) (Figura 56).

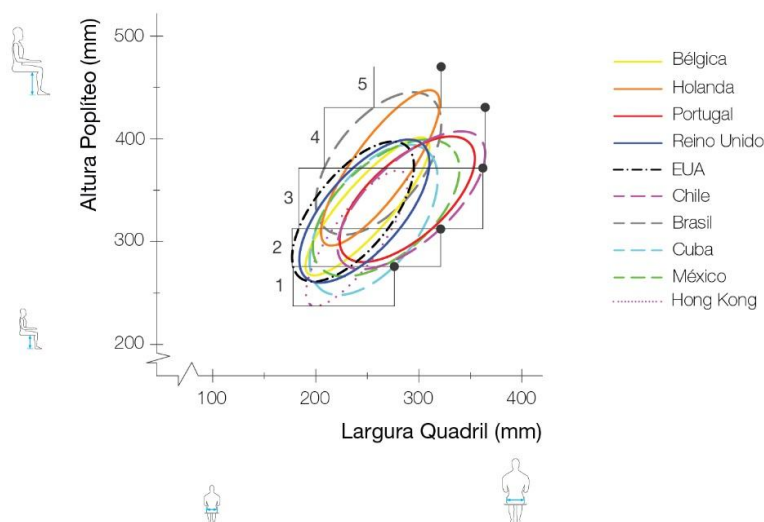


FIGURA 56: REPRESENTAÇÃO DOS 5 TAMANHOS PROPOSTOS SOBRE UMA DISTRIBUIÇÃO BIVARIÁVEL DA ALTURA DO POPLÍTEO (AA) E LARGURA DAS ANCAS (LA).

Obtidos os valores do P95 para cada tamanho, aplica-se a E.Q.2 para a obtenção da dimensão ideal da largura do assento (LAS) nos 5 tamanhos propostos (Figura 57).

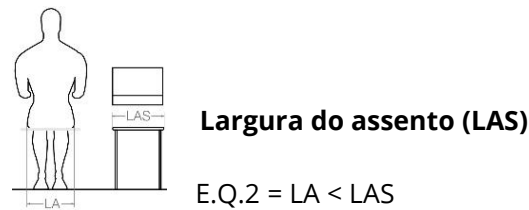


FIGURA 57: DIMENSIONAMENTO DA LARGURA DO ASSENTO (LAS).

4.2.3. CÁLCULO DA PROFUNDIDADE DO ASSENTO (PA)

Analizando a avaliação efetuada por Castellucci *et al.* (79) verifica-se que das duas equações apresentadas anteriormente a que melhor define a profundidade do assento é a E.Q.4.

Definida para o cálculo da profundidade do assento (PA), esta tem como referência o comprimento glúteo-poplíteo (CGP) e o P5 como percentil de referência. Para obter esses valores construiu-se o gráfico que relaciona a altura do poplíteo (AP) e comprimento glúteo-poplíteo (CGP). Em cada tamanho é identificado o valor do percentil de referência (canto inferior esquerdo de cada retângulo) do intervalo comprimento glúteo-poplíteo (CGP) (Figura 58).

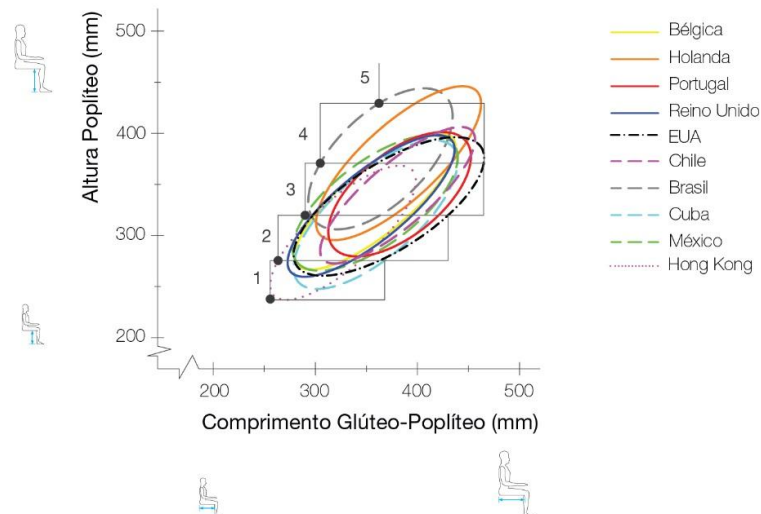
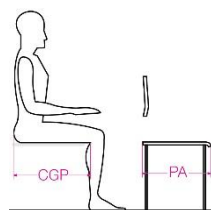


FIGURA 58: REPRESENTAÇÃO DOS 5 TAMANHOS PROPOSTOS SOBRE UMA DISTRIBUIÇÃO BIVARIÁVEL DA ALTURA DO POPLÍTEO (AP) E COMPRIMENTO GLÚTEO-POPLÍTEO (CGP).

Obtidos os valores de P5, aplica-se sobre estes a E.Q.4 para a obtenção da dimensão ideal da profundidade do assento (PA) nos 5 tamanhos propostos (Figura 59).



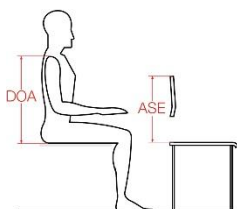
Profundidade do Assento (PA)

$$E.Q.4 = 0,80CGP \leq PA \leq 0,95 CGP$$

FIGURA 59: DIMENSIONAMENTO DA PROFUNDIDADE DO ASSENTO (PA).

4.2.4. CÁLCULO DA ALTURA DO TOPO SUPERIOR DO ENCOSTO (ASE)

Como quase todos os dados/estudos antropométricos selecionados disponibilizavam apenas a distância ombro-assento (DOA), foi utilizada a E.Q.6 para a determinação da altura do topo superior do encosto (ASE) (Figura 60).



Altura do topo superior do encosto (ASE)

$$E.Q.6 = 0,60DOA \leq ASE \leq 0,80 DOA$$

FIGURA 60: DIMENSIONAMENTO DA ALTURA DO TOPO SUPERIOR DO ENCOSTO (ASE).

No gráfico seguinte é apresentada a relação entre a altura do poplíteo (AP) e a distância ombro-assento (DOA). Em cada tamanho é identificado o valor do percentil de referência adotado, P5, (canto inferior esquerdo de cada retângulo) do intervalo distância ombro-assento (DOA) (Figura 61).

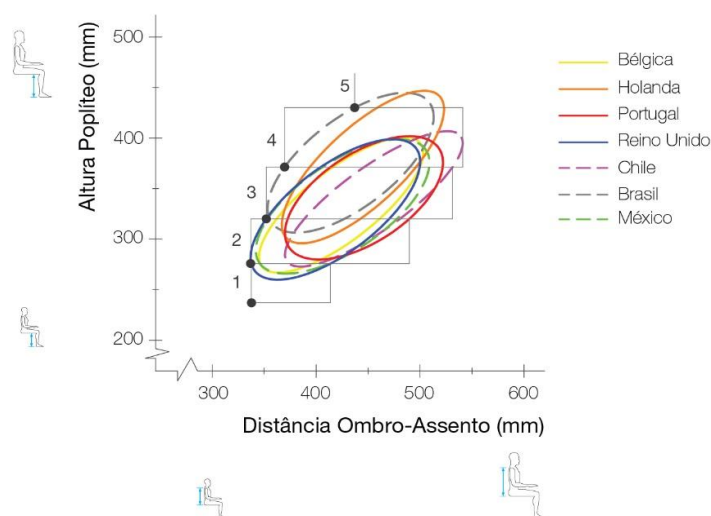


FIGURA 61: REPRESENTAÇÃO DOS 5 TAMANHOS PROPOSTOS SOBRE UMA DISTRIBUIÇÃO BIVARIÁVEL DA ALTURA DO POPLÍTEO (AP) E DISTÂNCIA OMBRO-ASSENTO (DOA).

Sobre os valores de P5 foi aplicada a E.Q.6 para a obtenção do valor ideal da altura do topo superior do encosto (ASE) nos 5 tamanhos propostos.

4.2.5. CÁLCULO DA ALTURA DO PONTO S (PS) E ALTURA DO TOPO INFERIOR DO ENCOSTO (AIE)

No cálculo do ponto S (PS), para a obtenção do valor do percentil de referência adotado (P50), foi considerado o intervalo da estatura correspondente a cada tamanho proposto. Obtido este valor para cada tamanho foi aplicada a E.Q.8, para a obtenção do valor ideal do ponto S (PS) nos 5 tamanhos propostos (Figura 62).

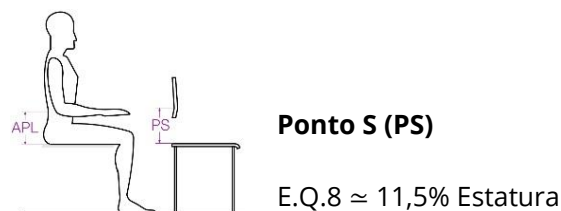


FIGURA 62: DIMENSIONAMENTO DA ALTURA DO PONTO S (PS).

No cálculo da altura do topo inferior do encosto (AIE), para a obtenção do valor do percentil de referência adotado, P95, foi considerado o intervalo da estatura, correspondente a cada tamanho proposto. Obtido este valor para cada tamanho foi aplicada a E.Q.9 para a obtenção do valor ideal da altura do topo inferior do encosto (AIE) nos 5 tamanhos propostos (Figura 63).

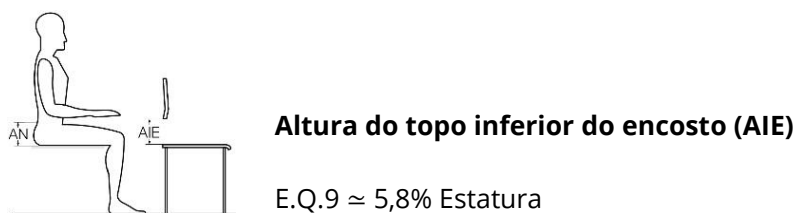


FIGURA 63: DIMENSIONAMENTO DA ALTURA DO TOPO INFERIOR DO ENCOSTO (AIE).

4.2.6. CÁLCULO DA ALTURA DA MESA (AM)

Para o cálculo da altura da mesa (AM) considera-se a E.Q.10 que tem em conta a altura do assento (AA), o espaço livre entre o assento e a mesa (ELAM), E.Q.11, e a espessura do tampo e estrutura (T) (Figura 64).

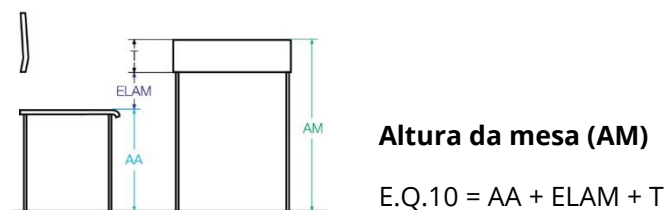


FIGURA 64: DIMENSIONAMENTO DA ALTURA DA MESA (AM).

4.2.7. CÁLCULO DO ESPAÇO LIVRE ENTRE O ASSENTO E A MESA (ELAM)

Para o cálculo do espaço livre entre o assento e a mesa (ELAM) considera-se a E.Q.11 que tem como referência a espessura da coxa (EC). O gráfico que relaciona a altura do poplíteo (AP) e a espessura da coxa (EC), permite identificar em cada tamanho o valor do percentil de referência adotado, P95, (canto superior direito de cada retângulo) para o intervalo da espessura da coxa (EC) (Figura 65).

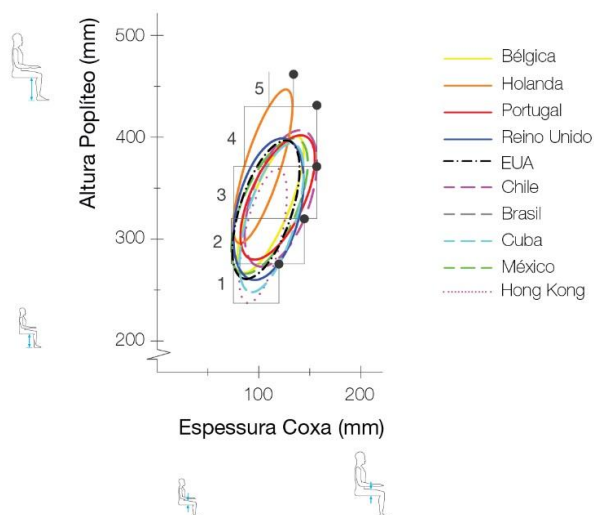


FIGURA 65: REPRESENTAÇÃO DOS 5 TAMANHOS PROPOSTOS SOBRE UMA DISTRIBUIÇÃO BIVARIÁVEL DA ALTURA DO POPLÍTEO (AP) E ESPESSURA COXA (EC).

Sobre os valores de P95, aplica-se a E.Q.11 para a obtenção do valor ideal do espaço livre entre o assento e a mesa (ELAM) nos 5 tamanhos propostos (Figura 66).

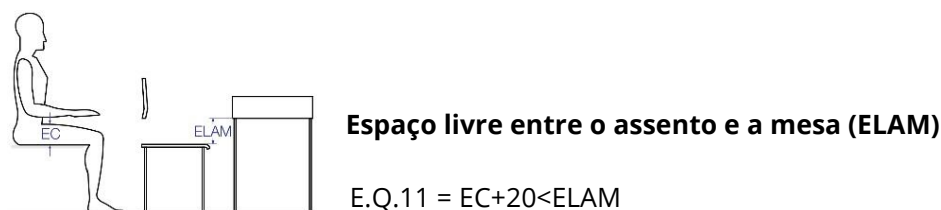


FIGURA 66: DIMENSIONAMENTO DO ESPAÇO LIVRE ENTRE O ASSENTO E A MESA (ELAM).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na proposta apresentada não há sobreposição de tamanhos e todas as crianças estarão devidamente sentadas, com a altura do poplíteo (AP) como medida de prescrição (Figura 55). Constata-se ainda que, para uma altura de poplíteo (AP) corresponde apenas, e só, um tamanho de cadeira e mesa, o que já não acontece com a estatura.

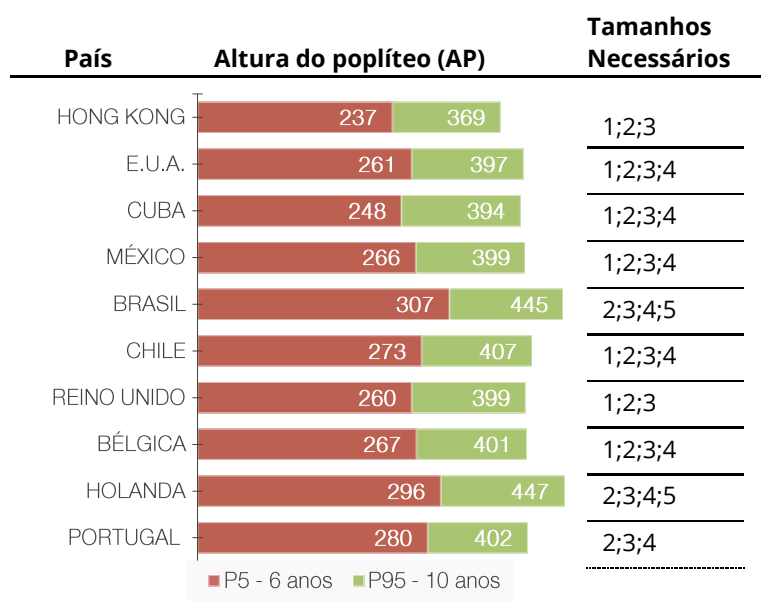
Deste estudo pode definir-se o conjunto das medidas universais para o mobiliário escolar, conjunto cadeira e mesa, para crianças entre os 6 e os 10 anos de idade. Embora todos os cálculos tenham sido feitos com base na altura do poplíteo (AP) coloca-se apenas como referência secundária o intervalo de estatura a que corresponde cada tamanho (Tabela 19).

TABELA 19: PROPOSTA PARA UM SISTEMA UNIVERSAL DE TAMANHOS PARA O CONJUNTO CADEIRA E MESA ESCOLAR PARA CRIANÇAS DOS 6 AOS 10 ANOS.

Dimensão do mobiliário		Tamanho				
		1	2	3	4	5
AP	Altura do poplíteo (intervalo)	237-275	275-320	320-371	371-430	430-497
	Intervalo de Estatura	1051-1306	1069-1455	1126-1522	1205-1575	1386-1576
AA	Altura do assento	256	295	339	390	448
PA	Profundidade do assento (máx.)	243	251	276	290	345
LA	Largura do assento (mín.)	276	321	362	364	364
ASE	Altura do topo superior do encosto (máx.)	270	270	282	296	350
PS	Ponto S	135,5	145	152	160	170
AIE	Altura do topo inferior do encosto (mín.)	76	84	88	91	91
ELAM	Espaço livre entre o assento e a mesa (mín.)	140	165	177	177	177
AM	Altura da mesa	461	525	581	632	690

Dada a grande variação de alturas de poplíteo (AP) nos vários países, não é necessário que em cada um deles, se adotem todos os tamanhos propostos para abranger adequadamente as crianças entre os 6 e os 10 anos. Sendo a altura do poplíteo (AP) o critério para a escolha do tamanho adequado e tendo em conta a altura do poplíteo (AP) mínima (P5 – 6 anos) e máxima (P95 – 10 anos) dos dados antropométricos de cada país, utilizados na elaboração desta proposta, é possível estabelecer quais os tamanhos adequados para cada um deles (Tabela 20).

TABELA 20: ALTURA DO POPLÍTEO (AP) MÍNIMA (P5 – 6 ANOS) E MÁXIMA (P95 – 10 ANOS) POR PAÍS E RESPECTIVOS TAMANHOS.



Constata-se ainda a necessidade de ‘alimentar’ esta investigação, que está na base da proposta apresentada, com mais informação antropométrica, nomeadamente uma maior diversidade de países e informação mais atualizada, devido à tendência secular do crescimento, o que poderá originar alterações aos valores ótimos do sistema de tamanhos proposto. Seria ainda interessante alargar o sistema para acomodar crianças entre os 4 e os 20 anos de idade.

4.4. CONCLUSÃO

Para uma empresa que aposta na entrada no mercado internacional, é imprescindível conseguir produtos realmente competitivos num mercado muito exigente em termos de eficácia, não só a nível económico, como de conforto.

Na indústria de mobiliário escolar, o conjunto cadeira e mesa tem um papel crucial para garantir esse conforto dentro da sala de aula. Desde os 6 anos que todas as crianças passam grande parte do seu dia neste espaço. Se o mobiliário que utilizam não se coadunar com a sua realidade antropométrica, será o principal causador da adoção de más posturas e potenciais consequências quer ao nível físico, quer na aprendizagem (3, 14, 15, 30, 79, 93). Seria por isso expectável que as normas respeitassem este princípio, o que não acontece, encontrando-se estas muitas vezes desadequadas à realidade antropométrica dos seus utilizadores.

Desenvolver estudos e metodologias que suportem a decisão de todos os técnicos envolvidos na conceção, sejam eles designers ou engenheiros, é fundamental para minimizar os riscos previsíveis e garantir a reposta à maior parte das necessidades.

Para assegurar a perfeita relação entre as necessidades ergonómicas e a realidade produtiva é necessário garantir a exequibilidade deste tipo de estudo, tendo em conta as capacidades de produção e as necessidades dum mercado que se pretende cada vez mais global. Quando se procura a internacionalização, torna-se necessário responder a diferentes imposições normativas, o que tem vindo a ser um entrave. É na génese da conceção de produtos universais que deve começar a surgir uma mudança, na adaptação do desenho da peça às realidades e especificidades de cada país, tendo por base apenas, e só, uma norma verdadeiramente universal.

Com o desenvolvimento deste estudo foi possível encontrar um modelo normativo capaz de apoiar o trabalho de conceção e design do conjunto cadeira e mesa escolar. É agora possível conceber cadeiras e mesas para um mercado global internacional, tendo por base critérios ergonómicos específicos abrangendo de forma particular as crianças entre os 6 e os 10 anos de cada país.

Parte II:

Desenvolvimento da cadeira

Seat&Grow em ambiente empresarial

Capítulo 1 - COOPERAÇÃO ENTRE A EMPRESA NAUTILUS E O MESTRADO EM DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO

"Para sobreviver e ter sucesso, cada organização tem de se tornar num agente de mudança. A forma mais eficaz de gerenciar a mudança é cria-la."

Guru da Gestão austríaco Peter Druker
(Citado por 114, p20)

Na unidade curricular de Projeto de Design Industrial, do Mestrado em Design Industrial e de Produto, residente na Universidade do Porto, tem-se vindo a desenvolver projetos de Design Industrial, não só tirando partido das várias engenharias mas também da própria indústria e das parcerias que se têm vindo a criar nas últimas décadas.

No seguimento destas parcerias, a NAUTILUS, empresa portuguesa de mobiliário escolar, lançou o desafio para o desenvolvimento de uma cadeira capaz de acompanhar o

crescimento das crianças nos primeiros quatro anos de escolaridade, do ensino básico. Esta cadeira deveria ser por isso regulável, para crianças dos 6 aos 10 anos e empilhável, de modo a facilitar a limpeza da sala de aula, o armazenamento e o transporte.

A partir deste desafio, surgiram vários projetos desenvolvidos pelos alunos, dos quais se destacaram dois, que estão atualmente a ser desenvolvidos na empresa. Um deles, a cadeira Seat&Grow, distinguiu-se não só pelo seu desenho, mas pela metodologia de desenvolvimento adotada e pela viabilidade de execução, recorrendo a mecanismos simples e de fácil produção para responder ao problema.

Nesta parte da dissertação, será apresentada em pormenor a cadeira Seat&Grow, destacando a metodologia adotada para o seu desenvolvimento, apresentando em detalhe a solução construtiva que se alcançou depois de desenvolvida na unidade curricular de Projeto Design Industrial. Posteriormente será abordado o processo de integração e desenvolvimento deste projeto dentro da empresa NAUTILUS. Numa primeira fase explica-se o processo produtivo da empresa, fazendo uma análise a todas as fases de desenvolvimento e respetivos sectores, desde a sua conceção até à sua produção e venda. Sendo de seguida apresentado todo o processo de desenvolvimento e de prototipagem da cadeira, executado juntamente com a equipa da empresa, até chegar ao resultado final, evidenciando os processos de produção e custos associados ao seu fabrico.

1.1. “APRENDER FAZENDO” NO MESTRADO EM DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO DA UNIVERSIDADE DO PORTO

A crescente evolução dos mercados tem levado as empresas a enveredar por novos caminhos com o objetivo de aumentar a sua competitividade. Neste sentido, a inovação é um fator crucial para que as empresas evoluam quer a nível da produtividade, quer financeiramente. A par da inovação, o estabelecimento de relações de cooperação com outras entidades permitem alcançar mais rapidamente as metas pretendidas (115).

As universidades, consideradas como entidades formadoras e criadoras de conhecimento, têm à sua disposição os meios tecnológicos e os recursos humanos especializados, que permitem um constante desenvolvimento científico e técnico (115, 116). Considerando as suas mais-valias, estas podem intervir na expansão da produtividade dentro das indústrias, na busca de soluções e na consequente potencialização da sua internacionalização (114, 115, 117).

Apesar das empresas e das universidades terem objetivos e prioridades distintas, as relações de cooperação, entre estas, já decorrem há alguns séculos e têm vindo a aumentar consideravelmente nos últimos tempos (115).

Como é possível observar na Tabela 21, nas universidades o objetivo principal é expandir os limites do conhecimento, procurando torna-lo acessível a todos, através de publicações em revistas (Fassin (1991), citado por 115). Neste caso, o lado financeiro é considerado como secundário (Fassin (1991), citado por 115) e a duração do projeto, depende do tempo de duração do grau que se pretende obter, nomeadamente 1 a 2 anos para o grau de mestre e 3 a 4 anos para o grau de doutorado (118).

Nas indústrias o principal objetivo prende-se com a criação de valor acrescentado, procurando alcançar benefícios e resultados financeiros (Fassin (1991), citado por 115). Nestas, os projetos são de curta-duração, condicionados pelos ciclos financeiros e produtivos e são muitas vezes protegidos a partir de patentes ou registos (Fassin (1991), citado por 115, 118) (Tabela 21).

TABELA 21: COMPARAÇÃO ENTRE OBJETIVOS E PRIORIDADES DAS EMPRESAS E UNIVERSIDADES.

FONTE: DADOS RECOLHIDOS DE FASSIN (1991), CITADO POR PEREIRA (115), COSTA (116).

Universidade	Indústria
Novas descobertas	Novas aplicações
Conhecimento geral e difuso	Conhecimento local e orientado
Lado financeiro secundário	Resultados financeiros
Investigação teórica	Investigação aplicada
Longo-prazo	Curto-prazo
Publicações/ Bem público	Secretismo/ Proteção/Patentes
Liberdade académica	Abordagem comercial

O sucesso desta cooperação rege-se pela capacidade de transferência de conhecimento entre as duas partes. Ambas têm que saber qual o seu papel na parceria, procurando não se sobrepor aos objetivos da outra parte (118). Neste tipo de parcerias é importante que os investigadores conheçam as instalações das empresas e interajam com os funcionários, para que se criem relações de partilha de práticas de desenvolvimento e de detalhe dos produtos. Realizadas regularmente, estas visitas permitirão que os investigadores adquiram conhecimentos relativos, por exemplo, aos processos de fabrico, ou à logística da empresa, contribuindo para o sucesso da parceria (118).

Apesar das universidades se encontrarem na frente da inovação científica, neste tipo de parcerias é fundamental que os investigadores tenham acesso ao conhecimento técnico, orientado para os produtos e para os processos das empresas, incrementando desta forma o seu conhecimento (119). Centrada no fluxo de conhecimentos em ambos os sentidos, esta cooperação, geralmente tem um impacto positivo na competitividade e produtividade das empresas. Além disso permite a valorização dos docentes e cria oportunidades de emprego para os estudantes e investigadores (114, 115, 118, 120).

A abertura dos jovens para adquirir o conhecimento gerado nas universidades, tem levado a uma crescente ligação entre o mundo académico e empresarial, fazendo com que os

empresários se apercebiam de que a cooperação com as universidades trás benefícios para ambos (114).

A Universidade do Porto procura criar esta ligação com a indústria através de gabinetes como a UPIN (Universidade do Porto Inovação), gabinete que tem como missão criar laços com a indústria, promovendo os conhecimentos e investigação desenvolvidos na Universidade do Porto (121). E a UPTEC (Parque de Ciências e Tecnologia da Universidade do Porto), onde é também feita uma transferência de conhecimento entre a universidade e o mercado e onde é promovida a criação de empresas (122).

De uma parceria entre a FEUP e a EFACEC surgiram as células solares de perovskita (PSC), tecnologia fotovoltaica que permite a conversão direta de luz solar em energia elétrica (123). E através da UPTEC foram criadas várias start-ups como a Veniam, cuja atividade se centra no desenvolvimento de dispositivos e software de comunicação e que foi reconhecida com o Prémio Inovação NOS, pela solução de Rede *Wireless* para Veículos, já implementada nos autocarros da cidade do Porto (124).

1.2. INTERDISCIPLINARIDADE COMO METODOLOGIA

Quando o Design se assumiu como disciplina tinha como tarefa apenas a formalização do produto (125). No entanto, com o aumento da exigência dos mercados o Designer começou a pensar não só na aparência dos produtos, mas também na sua funcionalidade, levando a que comesse a surgir uma nova noção do que é realmente a metodologia de trabalho em Design (126, Potter (1999), citado por 127).

De acordo com Escorel (2000), citado por Reginaldo e Baldessar (128, p3), o Design é uma área *“sem um contorno ou terreno próprio”* e *“um amontoado de saberes e aptidões emprestadas de áreas diversas, que utiliza um conjunto de modelos flexíveis e mutáveis, e se ajusta a qualquer época e circunstância”*, tendo obrigatoriamente de procurar novas metodologias de conceção. Por se tratar de uma disciplina que produz e aplica saberes (50), tem subjacente a angariação de conhecimentos oriundos de diversas áreas. A Ergonomia, Engenharia, Antropometria, Ciências dos Materiais, em conjunto (50, 128, 129), contribuem para a resolução de um problema, para a resposta a uma questão ou até mesmo para a criação de uma ideia (49). Hoje, o Design procura integrar métodos científicos dessas áreas no seu processo de desenvolvimento (125).

Este conceito reflete assim, a noção de interdisciplinaridade em Design, que segundo Fontoura (50), consiste no intercâmbio entre disciplinas que ocorre quando existe uma interação entre as metodologias e os conceitos das várias áreas envolvidas (Figura 67).

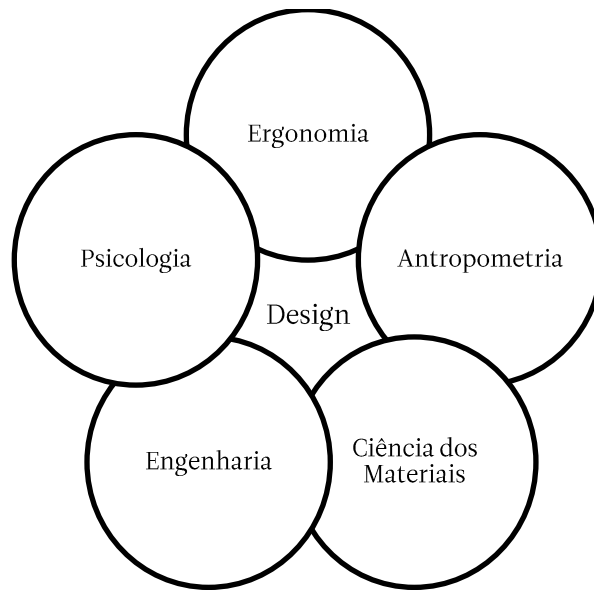


FIGURA 67: ESQUEMA ILUSTRATIVO DAS VÁRIAS ÁREAS QUE AUXILIAM O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.

A interdisciplinaridade define-se como uma metodologia de trabalho em equipa, entre duas ou mais disciplinas, assente na capacidade de diálogo e intercâmbio de conhecimentos, de modo a que o trabalho de cada uma delas seja enriquecido pelas outras (49, 50).

Fundamentando as suas decisões pela constante validação das outras disciplinas, cada uma das disciplinas pode aprofundar o grau de detalhe do seu projeto. Ao contrário das metodologias de projeto correntes, esta afasta a ideia de criação de um saber fragmentado, dividido por várias áreas, que impede frequentemente a ligação entre as partes e o todo (50, 130). Para conseguir esta cumplicidade, as disciplinas procuram complementar as suas decisões, não apenas através da angariação de conhecimentos por outras disciplinas, mas através da apropriação desses conhecimentos, isto é, através da união desses conhecimentos aos seus, construindo assim decisões teoricamente fundamentadas (50, 130).

Como Couto (1997), citado por Fontoura (50, p91) afirma, a interdisciplinaridade pressupõe *"...uma mudança de atitude, que possibilita o conhecimento, por parte do indivíduo, dos limites do seu saber para poder acolher contribuições de outras disciplinas. Interdisciplinaridade deve ser, pois, entendida antes de tudo, como uma atitude, pautada pelo rompimento com a postura positivista de fragmentação, visando a compreensão mais ampla da realidade. Através desta postura é que ocorre a interação efetiva, sinónimo de interdisciplinar."*

Com a cada vez maior exigência decorrente da globalização dos mercados, na conceção em Design a interdisciplinaridade tornou-se inevitável, uma vez que os métodos de Design subjetivos e emocionais tornaram-se impraticáveis em sociedades altamente competitivas (125, 131).

Atualmente é impossível fazer-se Design de forma isolada, pois nenhum indivíduo sabe o suficiente sobre as disciplinas relevantes que tornam um projeto num sucesso (131, 132). E segundo Lutz Göbel (1992), citado por Bürdek (125, p281), *"cada vez mais as empresas não*

precisam de especialistas (pessoas que sabem muito sobre um pouco), nem de generalistas (pessoas que sabem um pouco sobre um muito), mas sim integralistas (pessoas que têm uma boa visão geral de várias disciplinas com conhecimento mais profundo em, pelo menos, uma área). Estas pessoas devem ser especialmente capazes de pensar e agir sobre as questões na sua globalidade.”

A interação de conceitos consiste na troca de conhecimentos práticos e teóricos entre várias disciplinas, de forma recíproca. O processo de Design pode ser influenciado por vários fatores externos, como o mercado, as tecnologias, o investimento, o ambiente, entre outras, que conseqüentemente levam à intervenção de várias áreas no processo de desenvolvimento do projeto, como afirmam Ashby e Johnson (133). Como refere Ulrich (2010), citado por Bleuzé *et al.* (134, p204), *“a arquitetura de um produto consiste no sistema pelo qual a função do produto é mapeada nos diversos componentes. É a ligação entre as diferentes partes que são unidas umas às outras com várias ligações”*.

A **Ergonomia** tem especial importância em projetos que proporcionem a interação entre o produto e o utilizador. No caso de uma cadeira é necessário ter-se em consideração as dimensões antropométricas do utilizador para se definir as dimensões ideais da cadeira (135). Para se conseguir dar forma a um produto devem ser adotados materiais adequados, para isso carecemos de conhecimentos na área das **Ciências dos Materiais** (133). A **Engenharia** pode intervir no desenvolvimento do produto através das suas diversas áreas: química, eletrotécnica, da produção, alimentar, mecânica, entre outras (129, 133, 136).

A interação metodológica reúne as metodologias adotadas pelas várias disciplinas criando uma estratégia conjunta, de forma a atingir um resultado final com maior rigor e profundidade. No entanto para conseguir estas interações, tanto de conceito como metodológicas, é necessário que os vários intervenientes articulem os seus processos de trabalho (129, 133, 137, 138, 139, 140). Seja qual for a disciplina, o processo de desenvolvimento de um projeto divide-se em três etapas principais:

1. **Definição do problema** – Descreve-se o propósito e os principais objetivos a atingir (133), tendo em consideração as necessidades que se irão suprimir com o novo produto, de acordo com as características dos utilizadores e as vantagens que o novo produto apresentará relativamente à concorrência (138).
2. **Definição de Conceitos** – Apontam-se ideias para dar resposta aos objetivos propostos tendo em consideração os aspetos técnicos e estéticos pretendidos (133).
3. **Detalhe** – Nesta fase desenvolve-se o projeto desde a sua formalização (138), elaborando as especificações de cada componente. São efetuados testes aos vários componentes de modo a otimizar o produto como um conjunto, aumentando a sua performance e analisando os custos subjacentes (133).

Correntemente, no processo de Design seguem-se um conjunto de tarefas sequenciais, executadas com a aplicação de diversas ferramentas (137, 139, 140) que permitem ao designer questionar-se e procurar respostas para os problemas com que se defronta (136, 141, 142). Apesar de se tratar de um processo linear, em que só se deve prosseguir para o passo seguinte tendo o anterior finalizado, muitas vezes existe a necessidade de voltar

atrás para resolver falhas que não foram detetadas inicialmente. Por este motivo alguns autores definem o processo de desenvolvimento de produto não apenas como um método linear, mas como um método linear com ciclos iterativos (136, 137, 139). A eficácia destes ciclos iterativos é reforçada pelas metodologias comuns que as várias disciplinas adotam. O Solidworks, por exemplo, não é só utilizado pelos Designers, Engenheiros Mecânicos recorrem a este programa para a modelação numérica da forma. Por outro lado, os Designers recorrem ao CES EduPack para selecionar de uma forma sustentada, técnica e científica, os materiais que melhor se adequam aos seus produtos.

O processo metodológico em Engenharia define os conceitos por analogia a casos anteriores, uma vez que se preocupa fundamentalmente com o funcionamento dos produtos, dando ênfase à eficácia do mecanismo adotado (131, 143, 144, 145, 146).

As analogias baseiam-se no paralelismo criado entre dois produtos com domínios diferentes (145, 146, 147). Pode ser explícito ou implícito, possibilitando a adaptação ou criação de novos produtos (141, 144). Como afirma Evans (148, p81) *"...design, human activity, is discovery; it is discovery of existing but as yet undiscovered ideas..."*.

O uso de analogias permite aplicar o conhecimento existente num outro contexto, melhorando desta forma a qualidade das suas soluções (145, 146, 149). Tendo sempre por base a similaridade relacional e funcional existente entre o produto fonte e o objetivo (137).

As analogias podem adotar várias formas, a forma direta, quando se estudam situações comparáveis e análogas. Pessoal, se quem vai solucionar o problema, procura fazer parte deste. Recorrendo a elementos da natureza que façam lembrar o problema em questão. E por fim a denominada fantástica, nesta recorre-se à imaginação para solucionar o problema como se de um conto de fadas se tratasse.

Steve Jobs fez uma analogia direta à secretária de trabalho, onde tinha acesso ao lixo, às suas pastas e aos seus documentos escritos, para inventar o conceito de Desktop. Tendo em conta o modo de funcionamento do Word também podemos verificar uma associação com a escrita manual, que se faz através de uma folha em branco onde vamos adicionando palavras de modo a compor o texto (147).

Ligne Roset, teve também uma analogia direta como base, utilizou um puxador de gaveta corrente em forma de argola, para facilitar a regulação em altura da mesa Lunattique (139) (Figura 68).

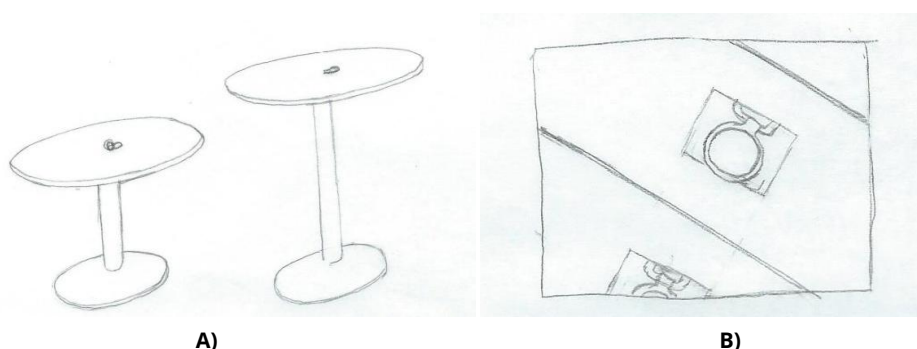


FIGURA 68: A) MESA LUNATTIQUE DE LIGNE ROSET; B) PUXADOR DE ARGOLA.

A Engenharia recorre muitas vezes a sistemas da natureza para solucionar problemas técnicos. As placas de células de combustível bipolar, por exemplo, basearam-se na dispersão da água nas ramificações das folhas, para solucionar o problema de distribuição, guiamento e dispersão do fluido pela superfície. Ao fazerem uma analogia entre os atributos funcionais da folha, para célula de combustível, os Engenheiros conseguiram solucionar rapidamente o problema, adicionando às células pequenas ranhuras semelhantes aos veios da folha (150) (Figura 69).

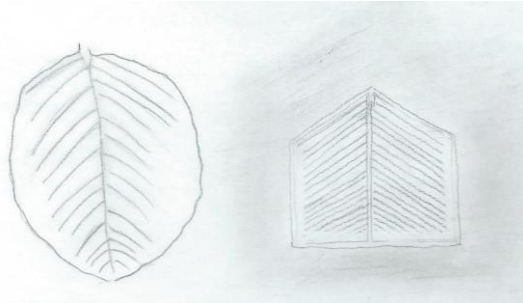


FIGURA 69: ANALOGIA ENTRE FOLHAS E PLACAS DE CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL BIPOLAR.

1.3. ANALOGIA, A METODOLOGIA APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DA CADEIRA SEAT&GROW

O desenvolvimento da cadeira Seat&Grow teve como ponto de partida a análise do mecanismo para o problema em estudo, baseando-se no conceito de interdisciplinaridade. Criou-se um intercâmbio de conceitos e metodologias entre o design e a engenharia, recorrendo ao estudo dos mecanismos de regulação, a fim de resolver o problema de ajuste de altura da cadeira, garantindo que seria empilhada. Metodologicamente, decompôs-se esses mecanismos para compreender a relação dos componentes com as suas funções.

Desta forma começou-se por fazer uma contextualização quer dos mecanismos de regulação existentes, quer das várias formas de empilhamento, procurando analisar os principais concorrentes e outros produtos existentes no mercado. Num primeiro momento procurou-se fazer uma análise das funções e exigências a que este produto deveria responder, organizando-se os problemas e sub problemas por áreas de conhecimento. Dentro de cada uma delas retiraram-se os conceitos que poderiam contribuir para a resposta a dar ao problema colocado (Figura 70).

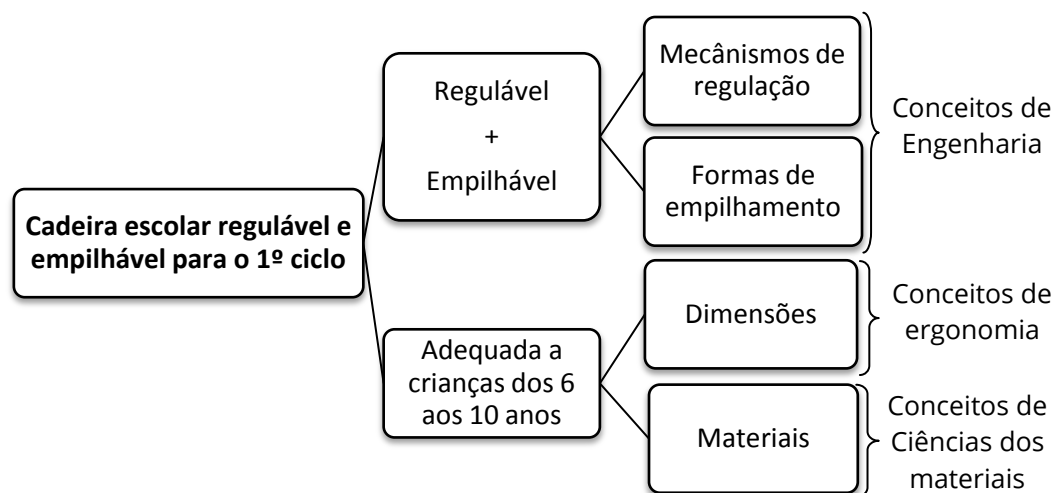


FIGURA 70: DIVISÃO DO PROBLEMA EM SUB PROBLEMAS.

Para solucionar o problema de conseguir que a cadeira fosse ao mesmo tempo regulável e empilhável, começou-se por se fazer uma contextualização quer dos mecanismos de regulação existentes, quer das várias formas de empilhamento. Fez-se uma análise aos principais concorrentes com produtos semelhantes e a outros produtos existentes no mercado com funções distintas mas mecanismos semelhantes.

Como o produto deveria ser de baixo custo, optou-se por avaliar apenas mecanismos manuais de simples funcionamento, uma vez que a inclusão de tecnologia na cadeira iria encarecer a sua produção.

1.3.1. FASE 1 - ANÁLISE DO MECANISMO

Fazendo uma análise global aos mecanismos manuais encontrados verificou-se que a regulação é efetuada através do auxílio de sistemas de aperto, correias, sistema de planos, rosca ou foles. Ao analisar os mecanismos dos sistemas de aperto, verificou-se que ao longo do tempo ia perdendo força, podendo no futuro desapertar-se facilmente, colocando a criança em perigo. Verificou-se que as correias possibilitavam uma regulação cómoda, no entanto incorporavam um maior número de componentes e materiais, encarecendo o produto. Tal como as correias, o sistema de planos, de rosca e de foles seriam inviáveis pois implicam a utilização de peças soltas e impossibilitam o empilhamento (Figura 71).

Ao analisar a funcionalidade do sistema de muleta (usado pela empresa) verificou-se que não era de prática utilização. Para a criança conseguir regular a cadeira teria de clicar simultaneamente em duas molas, com alguma resistência, para que não houvesse o perigo de a cadeira baixar de nível estando a criança sentada. Desta seleção por exclusão restou o sistema "Step by Step" contínuo e descontínuo uma vez que foram os que mostraram ser mais fáceis de regular.

Ao analisar os vários métodos de empilhamento verificou-se que poderia ser feito verticalmente ou em ângulo, de acordo com o objetivo de organização, arrumação, transporte e limpeza do espaço. No entanto, estes objetivos poderiam estar condicionados

pelo mecanismo de regulação da cadeira, daí que se tornou fundamental desenvolver primeiro o sistema de regulação, pensando ao mesmo tempo em como a cadeira poderia empilhar. Deste processo de seleção conclui-se que a cadeira deveria ter um sistema de regulação manual que garantisse os objetivos definidos para o empilhamento.

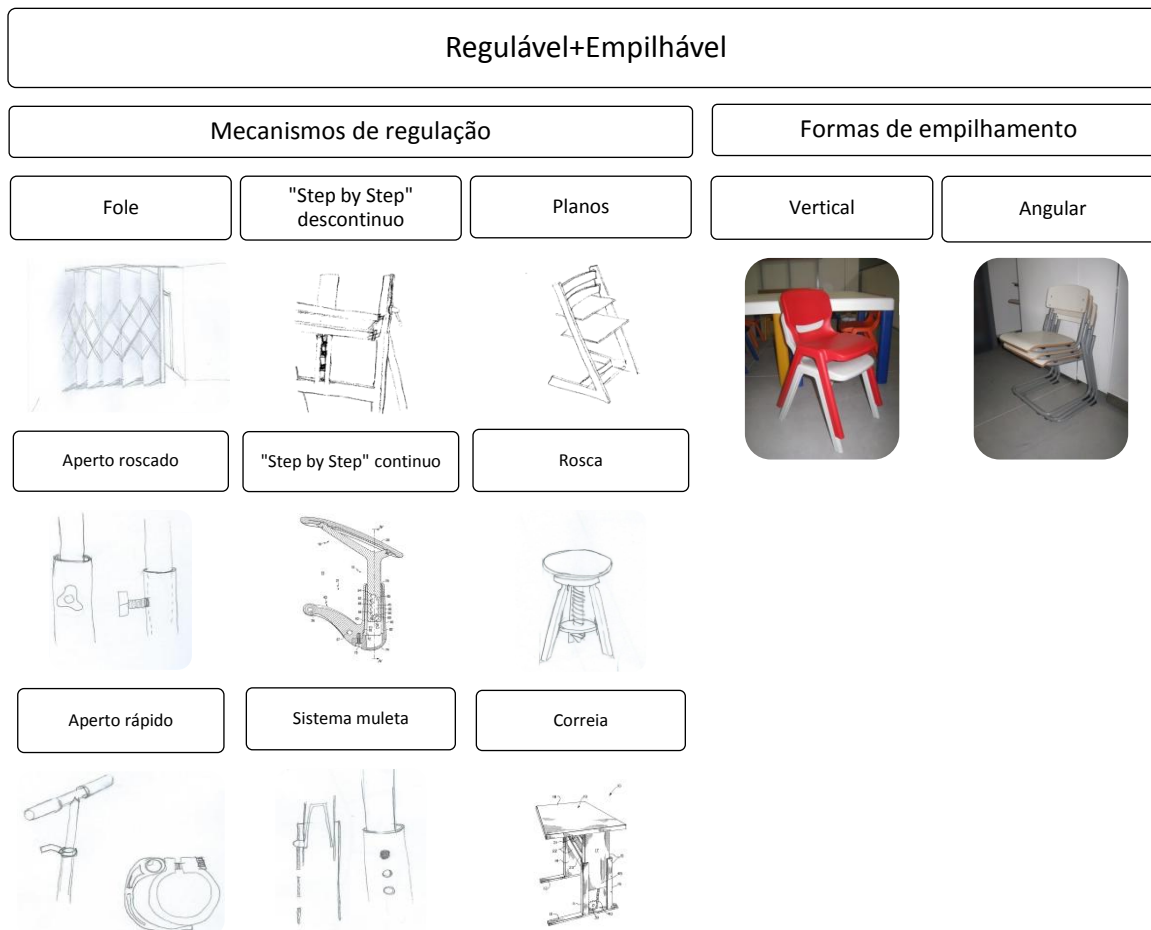


FIGURA 71: SÍNTESE DA PESQUISA DE MECANISMOS DE REGULAÇÃO E FORMAS DE EMPILHAMENTO.

Ao fazer esta análise aprofundada de cada mecanismo foi possível perceber como cada um deles funciona, quais os componentes e materiais que os compõe, os benefícios e desvantagens de cada um deles e problemas que podem vir a trazer futuramente, contribuindo este conhecimento para o desenvolvimento do sistema de regulação da cadeira. Foi também possível perceber que mecanismos se adequam mais à regulação a ser efetuada por crianças e que outros devem ser excluídos.

Analisados todos os sub problemas definiu-se o programa de modo a facilitar a estruturação dos pontos-chave a ter em consideração no desenvolvimento da cadeira (Figura 72).

Produto

- Cadeira e mesa 1º Ciclo regulável e empilhável

Objetivos principais

- Possibilitar regulação em altura pelos alunos
- Possibilitar empilhamento
- Deve ser confortável e leve
- Cadeira de baixo custo

Mercado-Alvo

- Escolas 1º Ciclo (6-10 anos)
- Mercado Nacional/Internacional

Pressupostos e restrições

- Cumprimento das normas aplicadas ao mobiliário escolar
- Comunicação dos atributos chave através do Design
- Construção com base em materiais e tecnologias disponíveis
- Adequação às linhas de produtos existentes na empresa

FIGURA 72: PROGRAMA CONSIDERADO NO DESENVOLVIMENTO DA CADEIRA SEAT&GROW.

Após esta análise, e tendo em consideração o pedido da empresa, chegou-se à conclusão de que se ia optar pela criação de uma cadeira que utilizasse um sistema de regulação manual, para desta forma diminuir o preço do conjunto tornando-o mais acessível. Optou-se por deixar o modo de empilhamento em aberto de modo a investir na definição do mecanismo.

1.3.2. FASE 2 - EXPLORAÇÃO FORMAL DO CONCEITO DA CADEIRA

Elaborados os primeiros esboços, desenvolveram-se algumas modelações rápidas dos conceitos selecionados, de modo a verificar a sua funcionalidade. Para validar o funcionamento e entender que esforços estariam envolvidos aquando da utilização da cadeira, consultaram-se os docentes de engenharia mecânica (Figura 73).

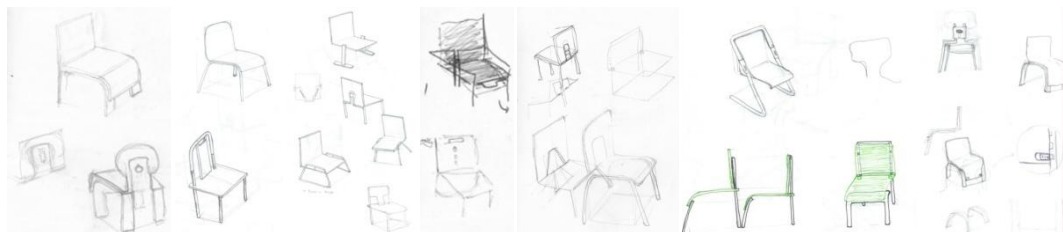


FIGURA 73: PRIMEIROS ESBOÇOS

1.3.2.1. HIPÓTESE 1

Da pesquisa relativa aos produtos semelhantes destacou-se a cadeira ZAZZ da marca NUNA, a qual foi utilizada na criação de um dos conceitos que se destacou. A regulação deste conceito efetua-se a partir do afastamento do casco da estrutura de suporte, levantando-o até ao nível seguinte.

Através da modelação foi possível confirmar que poderia ser empilhável, mas a regulação apresentaria alguns problemas. O facto de ser necessário fazer um movimento angular do casco tornaria a sua base muito frágil, podendo esta quebrar facilmente (Figura 74).

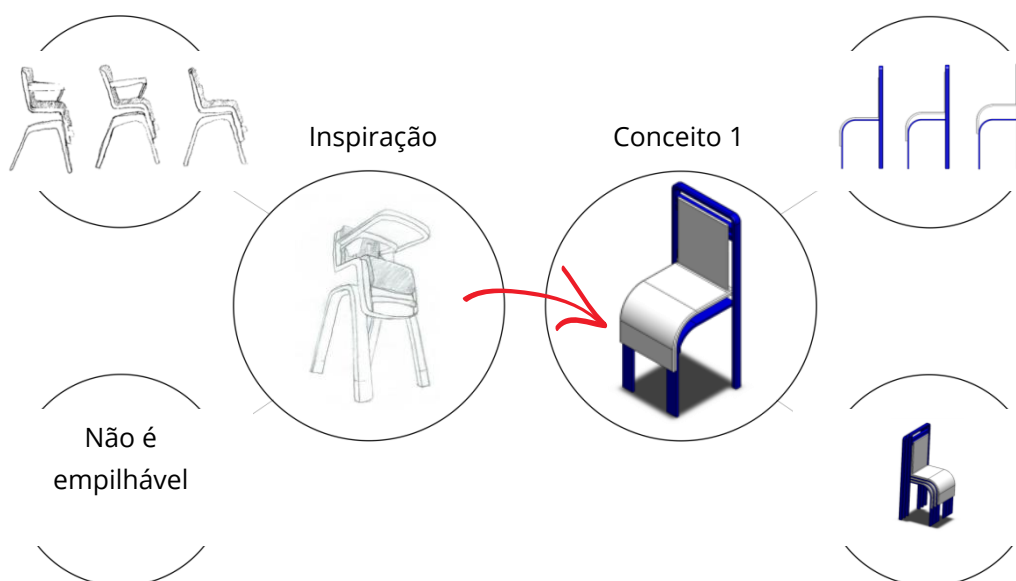


FIGURA 74: INSPIRAÇÃO VS CONCEITO 1.
FONTE: NUNA (151)

1.3.2.2. HIPÓTESE 2

Num segundo momento tomou-se como referência uma cadeira em forma de boneco e para o sistema de regulação, o utilizado no apoio de braço das cadeiras de escritório.

Nesta segunda hipótese, seria utilizado o sistema de regulação nas costas das cadeiras. No entanto, através da modelação verificou-se que apenas seria possível empilhar até 3 cadeiras (Figura 75).

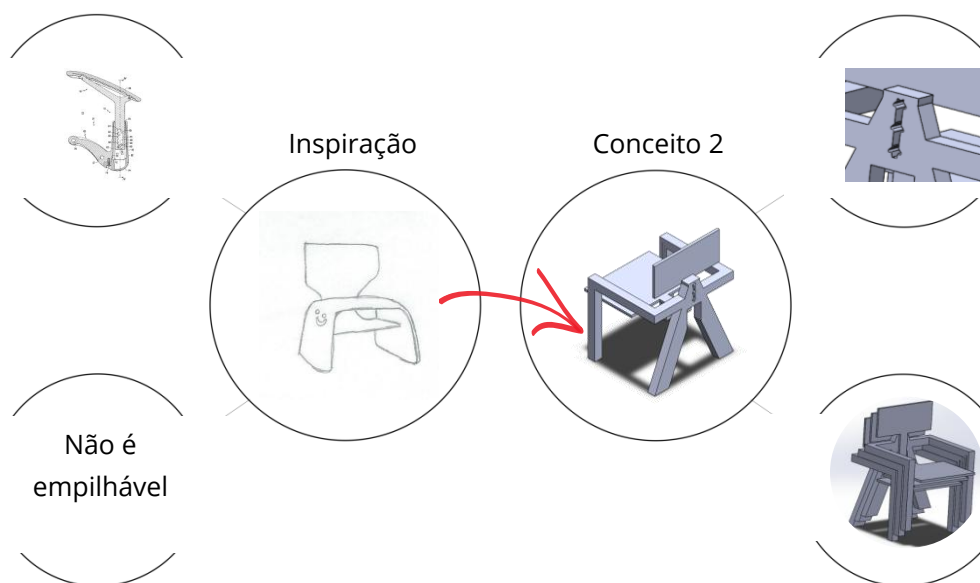


FIGURA 75: INSPIRAÇÃO VS CONCEITO 2.
FONTE: PERA (152)

Depois de exploradas estas hipóteses optou-se pelo sistema de regulação mecânico na estrutura, semelhante à hipótese 1. Selecionado o mecanismo aprofundou-se a conceção do sistema e do desenho da cadeira, ao longo de várias fases, recorrendo ao apoio dos professores de engenharia mecânica e de design. Ao longo dessas fases criaram-se modelações de estudo, esboços, desenhos técnicos, à escala 1:2, e maquetes (Figura 76).

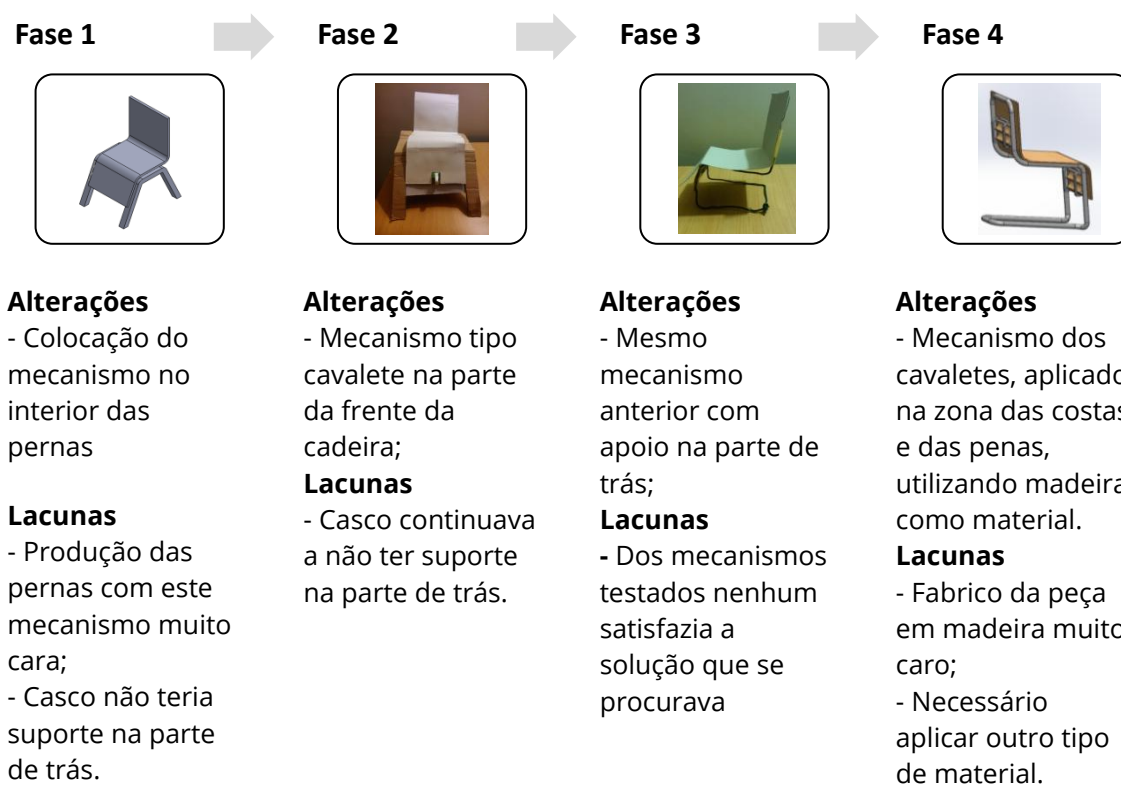


FIGURA 76: FASES DE DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO.

Desta fase de concepção concluiu-se que, para se obter um produto que corresponda aos requisitos impostos, o projeto e o desenho necessitam de passar por diversos aperfeiçoamentos recorrendo a uma procura constante de soluções para os problemas que vão surgindo, com o maior conhecimento do produto.

1.3.3. CONCEITO FINAL

Depois de efetuado todo o processo de concepção iterativo chegou-se a um conceito final (Figura 77).



FIGURA 77: CADEIRA SEAT&GROW.

Tendo em consideração os tamanhos de cadeira, utilizados pela empresa NAUTILUS foram estabelecidos três tamanhos para a cadeira. Sendo que o tamanho 1 corresponde a 355mm de altura, o tamanho dois 405mm e o tamanho 3 a 455mm (Figura 78).



FIGURA 78: TAMANHOS DA CADEIRA SEAT&GROW.

Pensado de modo a que as crianças possam regular a cadeira sozinhas, o sistema de regulação foi criado tendo como inspiração o sistema de regulação do cavalete (Figura 79: a). Para conseguirem efetuar a regulação as crianças apenas têm que seguir os passos demonstrados na Figura 79:b.

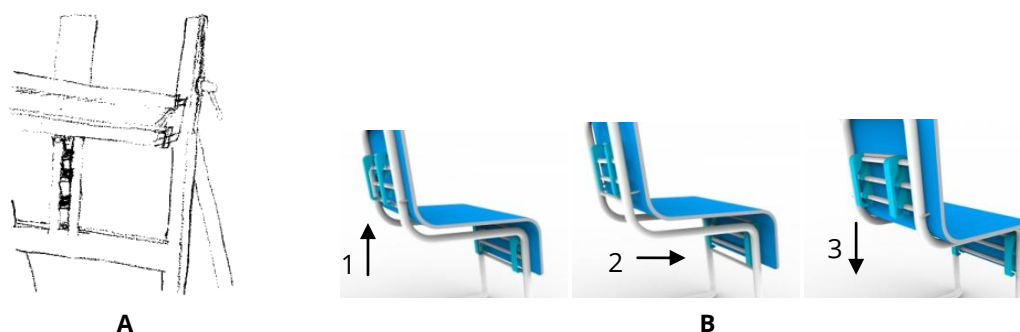


FIGURA 79: A) REGULAÇÃO (INSPIRAÇÃO); B) SEQUÊNCIA DE REGULAÇÃO. 1- DESENCAIXAR; 2- PUXAR; 3- ENCAIXAR.

O seu empilhamento para limpeza nas escolas é efetuado em altura e possibilita um máximo de 5 cadeiras empilhadas. Relativamente ao empilhamento para armazenamento e transporte, este pode ser efetuado como mostra a Figura 80:B.

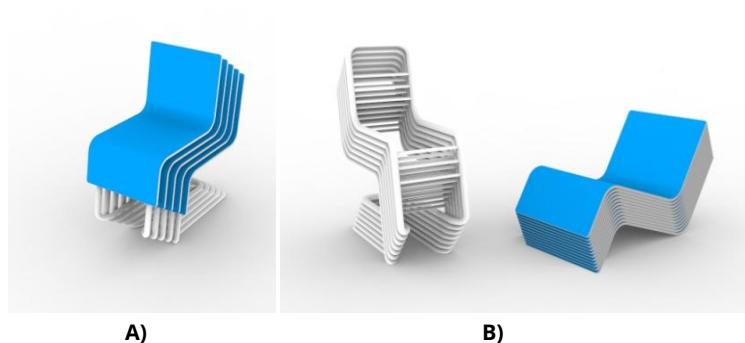


FIGURA 80: A) EMPILHAMENTO NA SALA DE AULA; B) EMPILHAMENTO PARA ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE.

1.3.3.1. MATERIAIS ADOTADOS

A estrutura será fabricada em aço, dada a sua resistência e disponibilidade na empresa. O material a aplicar às peças de regulação trata-se do ABS dado o seu preço baixo e alta flexibilidade.

Como o material a ser utilizado na construção do assento é contraplacado revestido a melamina, propôs-se a aplicação de várias cores e acabamentos. A figura abaixo demonstra 4 exemplos, dando também uma sugestão de cor para o sistema de regulação (Figura 81).



FIGURA 81: SUGESTÃO DE CORES PARA O ASSENTO E REGULAÇÃO.

1.3.3.2. PROCESSO DE FABRICO

| Estrutura

Para a produção da estrutura será necessário o fabrico de três peças distintas, as travessas, a base e o suporte do assento. Ambas as partes poderão ser produzidas recorrendo ao corte e dobragem de tubos. Posteriormente faz-se a soldadura das diferentes peças (Figura 82).

| Assento

O assento como é em contraplacado terá de ser fabricado através de um molde para obter as curvaturas necessárias. Antes da sua moldagem será necessário colar as folhas de melamina ao contraplacado para que estas também sofram o processo de moldagem. Posteriormente, serão criadas as furações para a colocação das porcas rebite, que servirão para a fixação do mecanismo (Figura 82).

| Regulação

As peças que farão a regulação da cadeira poderão ser fabricadas em injeção, uma vez que se tratam de um material plástico. Depois de serem injetadas terão de ser feitas as furações para aplicação nas costas do assento (Figura 82).

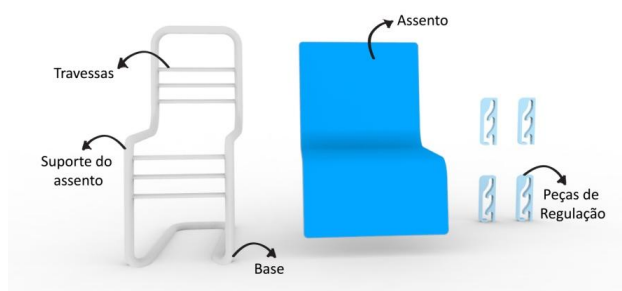


FIGURA 82: COMPONENTES DA CADEIRA SEAT&GROW.

1.3.3.3. MAQUETE FINAL

Devido à impossibilidade de acesso ao equipamento e material necessário à construção da maquete no mesmo material estabelecido para a construção da cadeira, na maquete à escala 1:2 foram utilizados os seguintes materiais: ferro para a estrutura e o assento e a regulação em baquelite (Figura 83).



FIGURA 83: MAQUETE ESCALA 1:2.

1.3.3.4. ANÁLISE CONCLUSIVA DO CONCEITO

Chegando ao final do projeto foi possível afirmar que os objetivos principais estabelecidos inicialmente foram atingidos: a cadeira Seat&Grow é regulável em altura e empilhável (Figura 84).

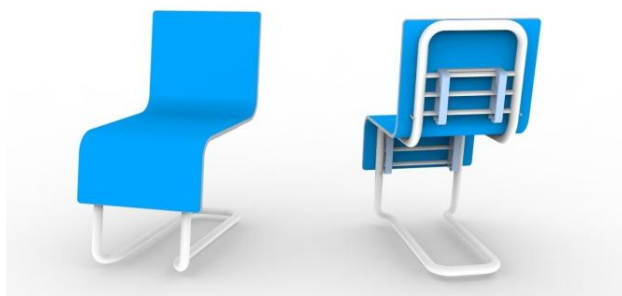


FIGURA 84: CADEIRA SEAT&GROW.

Apesar disso, verificaram-se alguns problemas funcionais que deverão ser aprofundados, nomeadamente no sistema de fixação das peças de regulação (uma vez que é difícil proceder ao seu aparafusamento nas zonas onde foram colocados os furos), e ainda relativamente a questões ergonómicas (dado que o foco principal deste projeto foram as questões ligadas à funcionalidade do mecanismo e ao empilhamento).

Apesar destas condicionantes, o projeto foi selecionado pela empresa NAUTILUS para ser desenvolvido de forma mais aprofundada nas suas instalações.

1.4. NAUTILUS

Sediada na Foz do Sousa, a NAUTILUS é uma empresa de desenvolvimento de mobiliário escolar e de tecnologias de aprendizagem. Sendo líder em Portugal, é já uma empresa de referência a nível europeu, encontrando-se presente em mais de 20 países (153).

O principal foco da NAUTILUS trata-se do mobiliário escolar, por este motivo na sua gama de produtos é possível encontrar mobiliário que se adequa às várias infraestruturas escolares, desde o pré-escolar até à faculdade.

Para compor as salas de aula, esta dispõe de vários modelos de mesas e cadeiras, com várias gamas de tamanhos, reguláveis, em contraplacado ou em polipropileno, quadros de escrita, armários cacifo, armários com tabuleiro, armários de desenho (Figura 85).



FIGURA 85: EXEMPLO DE PRODUTOS NAUTILUS PARA SALAS DE AULA.

Fonte: NAUTILUS (153)

Para as bibliotecas dispõe de estantes, blocos de gavetas, contentores, expositores e para os auditórios, possui uma vasta gama de poltronas e cadeiras de auditório (Figura 86).



FIGURA 86: EXEMPLO DE PRODUTOS NAUTILUS PARA BIBLIOTECAS E AUDITÓRIOS.

Fonte: NAUTILUS (153)

Por fim para as salas interativas, dispõe de armários para colocar os portáteis, mesas para guardar portáteis ou com portáteis incluídos, quadros interativos, impressoras 3D, tudo o que compõe uma escola interativa (Figura 87).



FIGURA 87: EXEMPLO DE PRODUTOS NAUTILUS PARA SALAS DE AULA INTERATIVAS.

Fonte: NAUTILUS (153)

Apesar do seu grande foco se direccionar para o mercado escolar, esta produz também para outros mercados como, espaços de oração, quartéis de bombeiros, museus, entre outros.

Encontra-se ainda ligada a vários projetos de grande envergadura como a Igreja da Santíssima Trindade em Fátima, para a qual fabricou as poltronas, a Casa da Música, compondo a sala 2 com a cadeira Adágio, e tem vindo a dar apoio a arquitetos como o

Arquiteto Fernando Távora, o Arquiteto José Bernardo Távora e o Arquiteto Humberto Vieira (153) (Figura 88).



SALA 2 - CASA DA MUSICA



IGREJA SANTÍSSIMA TRINDADE - FÁTIMA

FIGURA 88: PROJETOS NAUTILUS DE SUCESSO.

FONTE: NAUTILUS (153)

1.4.1. PROCEDIMENTO DE PRODUÇÃO DENTRO DA EMPRESA

Todo o processo de venda inicia-se no Departamento Comercial, que se divide em dois, um que se foca maioritariamente no mercado interno, onde são integrados os países de língua portuguesa, e outro no mercado externo, que trata da venda dos produtos principalmente a nível europeu.

Quando os elementos deste departamento recebem um pedido de orçamento, este é direcionado para o NITEC (Núcleo de Investigação Tecnológica), onde são realizados os orçamentos dos produtos. Os orçamentos têm em consideração as quantidades de materiais utilizados, a mão-de-obra, os tempos de produção associados, o custo de materiais comprados exteriormente e ainda os custos de logística.

Sendo aceite, o orçamento passa para uma ordem de encomenda lançada pelo departamento de Planeamento e Logística. Esta é transmitida para todos os intervenientes no processo desde o NITEC, o Departamento de Gestão da Produção, as Unidades de Produção, o Departamento de compras e ao comercial que vendeu os produtos. No caso de produtos que envolvam tecnologia, a encomenda é enviada ainda para o Departamento de Tecnologia e Informática.

É no NITEC que se inicia o processo de preparação dos elementos necessários para a produção dos produtos, podendo este variar conforme o produto que for vendido. Se se tratar de um produto standard, por norma a modelação do produto já se encontra feita, bem como os desenhos técnicos e por isso, apenas é necessário comunicar ao Departamento de Gestão da Produção, qual a referência do produto e lançar a ordem de produção. Se o produto encomendado consistir numa derivação do produto standard, é necessário realizar-se uma atualização da modelação de modo a que seja possível obter os desenhos técnicos com as alterações que foram pedidas, que geralmente se referem às dimensões dos produtos ou a requisitos estabelecidos pelos clientes. Outro tipo de

encomenda que pode surgir trata-se de produtos novos. Neste caso é necessário definir-se como irá ser o produto e em que materiais, para depois se efetuar a modelação 3D.

Tanto neste último caso, como nos mencionados anteriormente, a modelação considera todas as peças que compõem o produto, desde as que são fabricadas nas unidades fabris da empresa até às que são compradas, sendo as últimas designadas de subsidiários. Efetuada a modelação 3D do produto são feitos os desenhos técnicos, onde se apresentam todas as dimensões necessárias à produção e montagem dos produtos, indicando ainda os materiais a utilizar. No caso dos produtos novos, é habitual que se efetuem protótipos antes de se fazer o produto final, de modo a verificar se os requisitos definidos pelo cliente foram atingidos e se não existe nenhuma lacuna que deva ser corrigida. Efetuados os desenhos técnicos estes são enviados para o Departamento de Gestão da Produção para ser criada a ordem de produção. Esta é posteriormente reencaminhada para os chefes de produção das três unidades fabris, para o Departamento de Compras e para o Departamento de Planeamento e Logística.

Nos casos em que os produtos são produzidos em grandes quantidades é habitual que se faça a árvore do produto. Nesta, são estabelecidas todas as quantidades de material gasto desde a matéria-prima inicial até ao produto final. Além dos materiais são ainda definidas as etapas da produção, desde o corte inicial da matéria-prima até à montagem final, de modo a que no futuro se possam melhorar os tempos de produção e os gastos de material.

O Departamento de Compras trata da compra das matérias-primas e dos componentes considerados subsidiários como tacos, correições, rodas, entre outros, elementos necessários à produção dos diferentes produtos

Relativamente às unidades fabris, são três as que compõem a NAUTILUS:

- A unidade de Jovim, onde se encontra a marcenaria, é a unidade onde são produzidos todos os componentes dos produtos, compostos por derivados de madeira, e na qual a produção é efetuada desde a formação do contraplacado, no caso de este ser o material a utilizar, até ao produto acabado, assentos, encostos, tampos, armários, entre outros. As tecnologias que compõem esta unidade resumem-se numa máquina de costura de folhas, um rolo para impregnar as folhas com resina, uma prensa hidráulica, uma máquina CNC para furação, lixadeiras, orladoras, prensa de vácuo, entre outros equipamentos.

- A unidade da Foz do Sousa, onde se encontram instalados todos os departamentos mencionados anteriormente e ainda uma zona de serralharia. Nesta última zona é efetuado o corte de tubos, dobragem, furação e soldadura, contendo ainda uma zona de armazenamento. É também nesta unidade que é efetuada a montagem dos equipamentos tecnológicos, como quadros interativos, mesas com computadores incorporados (UNI_NET), entre outros produtos.

- Na unidade de Castelo de Paiva encontra-se outra zona de serralharia, onde é efetuada a quinagem de chapas e soldadura. Possui ainda uma linha de pintura epoxy e uma linha de injeção de polipropileno, assistida a gás. É nesta linha que é efetuada a injeção da linha

Ergos, com capacidade para produzir cerca de 2 000 cadeiras ERGOS por dia. E por fim uma zona de montagem, armazenamento e expedição de produto acabado.

Além dos departamentos mencionados anteriormente, a empresa possui ainda um Departamento de Marketing que trata de todas as coisas relacionadas com catálogos, notícias, website, etiquetas, brindes, entre outras coisas. O Departamento de Gestão de Qualidade e Segurança no Trabalho, que garante o planeamento e acompanhamento das auditorias internas e externas, o controlo e monitorização dos processos de gestão de qualidade e ainda identificação, registo e controlo dos acidentes de trabalho.

Por fim existe ainda o departamento Controlo e Gestão de recursos humanos no qual se tratam de todas as contratações, pagamentos a fornecedores e ordenados.

1.4.1.1. LINHA UNI

De modo a conhecer o processo de desenvolvimento, dentro do NITEC, de forma mais aprofundada, apresentar-se-á o processo de preparação da linha UNI para produção, evidenciando pequenos detalhes de desenvolvimento que devem ser considerados na conceção dos produtos dentro da NAUTILUS.

A linha Uni é constituída por uma cadeira e quatro mesas, individual, dupla, trapezoidal e a de professor. Tanto as cadeiras como as mesas, exceto a de professor, possuem cinco tamanhos distintos definidos segundo a EN 1729-1 (85) (Figura 89).



FIGURA 89: LINHA UNI.

FONTE: NAUTILUS (153)

Na primeira etapa define-se a nomenclatura da linha de produtos. Como a linha UNI consiste numa linha standard da empresa, a primeira letra a considerar trata-se do “P”, caso se trata-se de um produto específico para um certo cliente esta seria definida pela letra “E”, referente a especial. Segue-se o número que se dá à linha, que neste caso se trata do 02. Sendo assim todos os produtos referentes à linha que constituem a linha UNI terão a designação inicial de “P02”. Posto isto conforme se for adicionando produtos à linha, é acrescentado um traço seguido do número e nome do produto. Neste caso, como existem vários tamanhos para um mesmo produto é ainda acrescentada a referência do tamanho definida pela norma (Figura 90).

Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
P02-01 - Cadeira UNI AA02	15-07-2015 14:21	Pasta de ficheiros	
P02-02 - Cadeira UNI AA03	10-08-2015 16:52	Pasta de ficheiros	
P02-03 - Cadeira UNI AA04	10-08-2015 16:52	Pasta de ficheiros	
P02-04 - Cadeira UNI AA05	12-08-2015 11:29	Pasta de ficheiros	
P02-05 - Cadeira UNI AA06	12-08-2015 11:29	Pasta de ficheiros	
P02-06 - Mesa individual UNI FA02M	16-06-2015 16:00	Pasta de ficheiros	
P02-07 - Mesa individual UNI FA03M	17-03-2015 18:47	Pasta de ficheiros	
P02-08 - Mesa individual UNI FA04M	17-03-2015 18:46	Pasta de ficheiros	
P02-09 - Mesa individual UNI FA05M	17-03-2015 18:43	Pasta de ficheiros	
P02-10 - Mesa individual UNI FA06M	16-07-2015 18:43	Pasta de ficheiros	
P02-11 - Mesa dupla UNI FB02M	16-07-2015 18:43	Pasta de ficheiros	
P02-12 - Mesa dupla UNI FB03M	17-03-2015 18:48	Pasta de ficheiros	
P02-13 - Mesa dupla UNI FB04M	17-03-2015 18:46	Pasta de ficheiros	
P02-14 - Mesa dupla UNI FB05M	17-03-2015 18:46	Pasta de ficheiros	
P02-15 - Mesa dupla UNI FB06M	17-03-2015 18:48	Pasta de ficheiros	
P02-16 - Mesa trapezoidal UNI FD02M	22-04-2015 16:18	Pasta de ficheiros	
P02-17 - Mesa trapezoidal UNI FD03M	17-03-2015 18:34	Pasta de ficheiros	
P02-18 - Mesa trapezoidal UNI FD04M	17-03-2015 18:33	Pasta de ficheiros	
P02-19 - Mesa trapezoidal UNI FD05M	17-03-2015 18:33	Pasta de ficheiros	
P02-20 - Mesa trapezoidal UNI FD06M	17-03-2015 18:33	Pasta de ficheiros	
P02-21 - Mesa professor UNI FH01	16-07-2015 18:43	Pasta de ficheiros	

FIGURA 90: NOMENCLATURA LINHA UNI.

Determinada a nomenclatura inicial, dentro de cada produto vão sendo acrescentadas numerações aos vários elementos que o constituem, sendo agrupados nas diferentes montagens que o compõem.

Na Figura 91 é possível observar todos os elementos que constituem a cadeira UNI AA02. Esta é constituída pela montagem da estrutura, pelo assento e pelo encosto, que como neste caso são iguais aos da linha Q3, já desenvolvida e com uma nomenclatura própria, não é necessário atribuir código aos mesmos (Figura 91).

Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
P02-01 - Cadeira UNI AA02	23-02-2015 17:33	PDF-XChange Vie...	733 KB
P02-01 - Cadeira UNI AA02	16-02-2015 10:46	Ficheiro XML	3 KB
P02-01	23-02-2015 17:11	PDF-XChange Vie...	200 KB
P02-01	11-02-2015 16:09	SolidWorks Assem...	1 374 KB
P02-01	12-02-2015 10:01	SolidWorks Drawi...	1 051 KB
P02-01-01	23-02-2015 17:11	PDF-XChange Vie...	160 KB
P02-01-01	29-01-2015 15:39	SolidWorks Assem...	729 KB
P02-01-01	20-02-2015 17:14	SolidWorks Drawi...	719 KB
P02-01-01-01	23-02-2015 17:10	PDF-XChange Vie...	161 KB
P02-01-01-01	20-02-2015 17:15	SolidWorks Drawi...	838 KB
P02-01-01-01	29-01-2015 15:35	SolidWorks Part D...	806 KB
P02-01-01-02	23-02-2015 17:10	PDF-XChange Vie...	145 KB
P02-01-01-02	23-02-2015 16:46	SolidWorks Drawi...	923 KB
P02-01-01-02	29-01-2015 15:39	SolidWorks Part D...	532 KB
P02-01-01-03	23-02-2015 17:10	PDF-XChange Vie...	116 KB
P02-01-01-03	12-02-2015 09:05	SolidWorks Drawi...	580 KB
P02-01-01-03	29-01-2015 09:42	SolidWorks Part D...	195 KB

FIGURA 91: NOMENCLATURA DOS COMPONENTES DA CADEIRA UNI AA02.

Para cada um dos elementos, quer as montagens quer as partes, são efetuados os desenhos técnicos e ainda os pdf's, sendo estes posteriormente agrupados e enviados para produção. A cadeira UNI AA02, é constituída por uma estrutura, por um assento e por um encosto (Figura 92).



FIGURA 92: ELEMENTOS QUE COMPÕEM A CADEIRA AA02; A) ESTRUTURA; B) ASSENTO E ENCOSTO.

Para a criação da estrutura, foi necessário considerar o raio de curvatura possível de se efetuar com a máquina CNC de dobrar tubos, sendo este de 60mm, para o caso do tubo de 25mm de diâmetro, normalmente utilizado nas cadeiras e de 80mm para o caso do tubo de 35mm de diâmetro, utilizado normalmente nas mesas. Ainda relativamente à máquina de curvatura, foi ainda necessário considerar o segmento mínimo que esta possibilita efetuar, sendo este de 60mm. Isto deve-se às características da máquina e à matriz utilizada que varia conforme o diâmetro do tubo que se pretende dobrar.

Na Figura 93 é possível observar um esquema ilustrativo da dobragem do tubo. Os elementos 1 e 2 consistem nos componentes da matriz, sendo o componente número 2 o responsável pela formação da curvatura através da sua rotação (Figura 93).

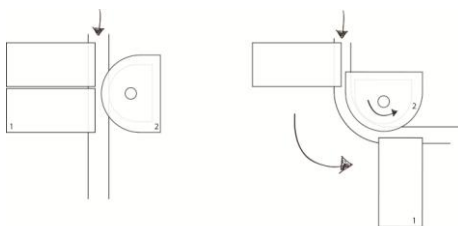


FIGURA 93: PROCESSO DE CURVATURA DO TUBO.

Considerando as dimensões do assento e do encosto, já utilizados pela empresa na linha Q3, os materiais a aplicar a cada um dos elementos e ainda as dimensões estabelecidas pela norma, foram desenvolvidos os modelos 3D dos diferentes componentes da estrutura e efetuada a sua montagem, recorrendo ao programa Solidworks. Efetuada a montagem da estrutura passou-se para a montagem final, com os outros elementos que constituem a cadeira. O assento e o encosto, que são fixos recorrendo a rebites, e as meias canas, que se situam entre estes e a estrutura, e ainda os tacos (Figura 94).



FIGURA 94: MODELAÇÃO DA CADEIRA UNI AA02.

Depois de ter todos os elementos modelados, definiram-se os desenhos técnicos, onde se consideram as cotas fundamentais à produção das diferentes peças. No caso dos elementos tubulares, que necessitam de ser dobrados, além das cotas gerais, são dados os comprimentos dos diferentes segmentos, os raios de curvatura e os raios de rotação, sendo ainda definidas as cotas dos furos e o posicionamento dos mesmos. Nos casos em que é necessário efetuar a dobra do tubo é ainda mencionada, no desenho técnico, uma estimativa da quantidade de tubo necessário para o fabrico da peça, de modo a agilizar o processo de corte dos tubos.

Relativamente aos desenhos de conjunto, nestes são definidas as cotas gerais e algumas cotas de posicionamento, servindo ambas para analisar se as peças ficaram com as dimensões exatas e para que o conjunto final se encontre corretamente dimensionado e montado. No caso da linha UNI, como se tratava de uma atualização das dimensões, de modo a que esta linha passasse a cumprir a norma a EN 1729-1 (85), os desenhos levaram ainda o símbolo de protótipo, uma vez que se tornava necessário verificar se após a produção tudo se encontrava correto.

Nos casos em que após a prototipagem é necessário proceder a correções existem duas opções. Caso a correção afete apenas algumas das peças do conjunto, faz-se as alterações do modelo e acrescenta-se uma tabela de revisão indicando quais as alterações que foram efetuadas. Caso a correção afete todo o conjunto, aí a solução consiste em criar uma pasta com o ficheiro antigo, designada de “Desenvolvimento” e gerar um novo ficheiro, com todas as alterações, colocando-o na raiz da pasta do produto em questão.

Após a criação dos desenhos técnicos estes são revistos e enviados para os departamentos de Planeamento e Logística, Gestão da Produção e de Compras e ainda para as unidades de produção envolvidas. No departamento de Gestão da Produção, é criada uma requisição interna de produção, uma vez que se trata de um protótipo, que serve para o operador que for produzir as diferentes peças, apontar o tempo que cada peça demorou a ser produzida e ainda a quantidade de material utilizado. Esta requisição é entregue nas várias unidades de produção envolvidas, indicando a quantidade de peças a ser produzidas e a data limite de produção. Esta é ainda acompanhada pelos desenhos técnicos das peças que serão produzidas nas diferentes unidades. Caso se trate de uma encomenda, o documento criado por este departamento consiste numa ordem de produção, que contém as quantidades de material a ser produzido.

Posto isto, os protótipos são produzidos e verificados, analisando a sua conformidade com o que foi pedido, caso estejam em conformidade, são validados e é lançada a ordem de produção.

Capítulo 2 - PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DA CADEIRA SEAT&GROW DENTRO DA EMPRESA NAUTILUS

Como foi referido no início desta parte, os projetos académicos tem objetivos e requisitos diferentes dos projetos realizados em ambiente empresarial. O que acontece habitualmente nos projetos de Design, desenvolvidos por alunos nas universidades, é que estes não têm em consideração as informações técnicas dos equipamentos que irão servir para o seu fabrico. Por este motivo, quando se passa, para o contexto industrial, é necessário fazer alterações aos conceitos, antes de se iniciar a produção, de modo que se tornem compatíveis com os processos de fabrico e equipamentos que a empresa tem à sua disposição.

No caso do projeto da cadeira Seat&Grow, apesar de ter sido desenvolvida dentro da universidade, tendo inputs quer a nível técnico, quer ao nível do seu desenho, teve também de passar por este processo. Depois de selecionada, pela empresa NAUTILUS,

para ser desenvolvida, verificou-se que existiam algumas falhas referentes às informações técnicas de fabrico. Além das correções, referentes à sua produção, verificou-se ainda que era necessário complementar o projeto com informações relativas à ergonomia e ainda às normas utilizadas pelas empresas deste setor.

Neste capítulo, será apresentado todo o procedimento de adaptação da cadeira Seat&Grow aos processos produtivos da NAUTILUS, bem como todas as alterações que foram sendo efetuadas à cadeira, ao longo das várias fases de prototipagem. Inicialmente, começou-se por adaptar a cadeira aos requisitos internos da empresa, isto é, às condicionantes produtivas, normativas e de design impostas por esta. Passando de seguida para a fase de prototipagem, onde será apresentado detalhadamente, todo o processo de produção dos diferentes componentes da cadeira, desde a matéria-prima até ao produto final.

Dada a elevada quantidade de encomendas da empresa, no decorrer deste testes e protótipos, ocorreram algumas pausas devido aos tempos de produção da mesma. Apesar disso, seguiu-se um procedimento iterativo de Teste – Avaliação – Prototipagem, até se obter uma solução final. No final serão apresentados alguns testes relativos à utilização da cadeira Seat&Grow por crianças e será realizada uma análise a todo o processo.

2.1. ADAPTAÇÃO DA CADEIRA SEAT&GROW ÀS CONDICIONANTES PRODUTIVAS DA NAUTILUS

As principais correções apontadas pela empresa foram, o método de fixação das peças de regulação e a necessidade de serem consideradas as dimensões da norma no dimensionamento da cadeira.

Apesar de se ter proposto à empresa a utilização do estudo efetuado, com a proposta de um novo dimensionamento para o conjunto cadeira e mesa, de modo a que o mobiliário pode-se ser utilizado em vários países, não foi possível a sua aplicação, devido à obrigatoriedade das empresas em se reger pelas normas, tendo sido considerada a Norma EN 1729-1 (85) que define as dimensões funcionais do mobiliário escolar.

2.1.1. ADEQUAÇÃO À NORMA

A norma considerada pela NAUTILUS para o dimensionamento do mobiliário escolar, é a Norma Europeia EN 1729:2006. Esta encontra-se dividida em duas partes, a parte 1, EN 1729-1 (85), que especifica as dimensões funcionais e as marcações do conjunto cadeira e mesa, tanto para um conjunto regulável como não regulável. E a parte 2, EN 1729-2 (154), define os requerimentos de segurança, apresentando alguns testes que devem ser efetuados aos conjuntos cadeira e mesa, para verificar se os requerimentos exigidos, estão a ser cumpridos.

Para este projeto, como se trata do melhoramento do conceito inicial, apenas se teve em consideração a parte 1 da Norma. Quando finalizados todos os testes ao funcionamento do mecanismo de regulação, deverão ser efetuados os testes apresentados na parte 2 da Norma.

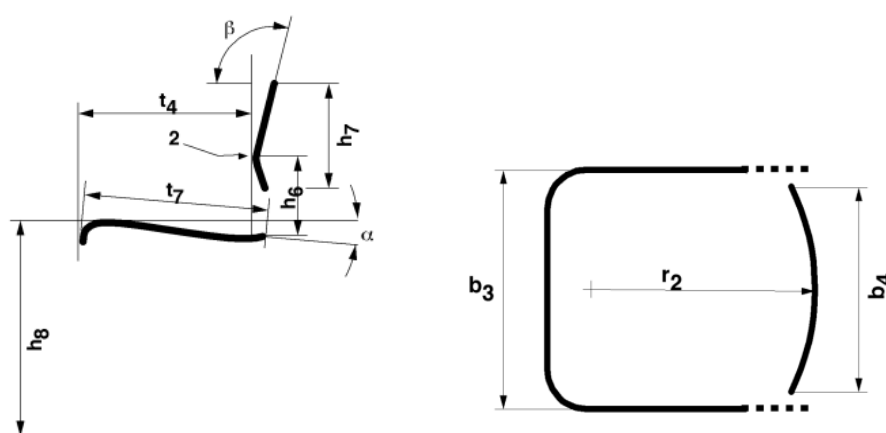
Analisando a parte 1, verifica-se que esta apresenta várias indicações que devem acompanhar o produto quando este for comercializado. Estas indicações referem-se aos dados relativos aos processos de produção, às instruções de utilização e por fim ao dimensionamento do conjunto.

Como ainda nos encontrávamos na fase de prototipagem, o foco centrou-se nas especificações de dimensionamento. Examinando a EN 1729-1 (85) verifica-se que, como se trata de uma cadeira regulável com o assento na horizontal, torna-se necessário analisar o anexo A, onde se apresentavam os dados referentes ao assento com estas características.

Optou-se por manter o assento na horizontal, dada a controvérsia que existe na literatura, relativamente ao ângulo de inclinação mais apropriado para adoção de uma postura correta. Uns autores, referem que as crianças têm preferência por um ângulo anterior e outros, referem que estas preferem um ângulo posterior.

Posto isto, analisaram-se todos os requisitos impostos pela norma, de forma a fazer as alterações necessárias à cadeira.

1. Tanto as bordas do assento, como do encosto devem ser arredondas.
2. Caso o encosto se estenda abaixo do ponto S, este deve ter uma inclinação para trás, de modo a que haja espaço para a criança movimentar as ancas, cerca de 20mm.
3. Relativamente às dimensões, é necessário considerar-se as dimensões indicadas na Figura 95, devendo estas ser medidas no plano mediano da cadeira.



h8 – Altura do assento

h7 – Altura do encosto

h6 – Ponto S

t4 – Profundidade efetiva do assento

r2 – Raio de curvatura do encosto

t7 – Profundidade da superfície do assento.

b3 – Largura do assento

b4 – Largura do encosto

FIGURA 95: DIMENSÕES CONSIDERADAS PELA NORMA PARA O DIMENSIONAMENTO DA CADEIRA.

FONTE: EN 1729-1 (85)

Na reunião efetuada na empresa, ficou definido que o primeiro protótipo teria de abranger os tamanhos 2, 3 e 4, sendo que futuramente poderia ser criada uma segunda cadeira para os tamanhos 5, 6 e 7. Na Tabela 22, é possível observar a análise que foi efetuada para ajustar as dimensões da cadeira às dimensões admissíveis pela norma.

TABELA 22: ANÁLISE DAS DIMENSÕES DA NORMA EN 1729-1 (85).

	Tamanhos	2	3	4	5	6	7	Notas
h8	Altura NORMA (±10)	310	350	380	430	460	510	
	Altura (35 em 35)	310	345	380	415	450	485	Fora da norma
	Altura (40 em 40)	310	350	390	430	470	510	Dentro da norma
t4	Profundidade efetiva NORMA (±10 [nível 2] e ±20)	270	300	340	380	420	460	
	Profundidade (3níveis – 35 em 35)	270	305	340	375	410	445	Dentro da norma
	Profundidade (3níveis – 40 em 40)	270	310	350	390	430	470	
	Profundidade (3 cadeiras diferentes)	280		360		440		Dentro da norma
	Profundidade (2níveis)	280	320		400	440		Dentro da norma
	Profundidade (tamanho único)	305			400			Fora da norma
t7	Profundidade do assento NORMA (min)	t4 menos 20mm						
b3	Largura NORMA (min)	280	320	340	360	380	400	
	Largura	405						Dentro da norma
h6	Ponto S NORMA (-10 a +20)	160	180	190	200	210	220	
	Ponto S	180			210			Dentro da norma
h7	Altura do encosto NORMA (min)	100						
b7	Largura do encosto NORMA (min)	250	270	270	300	330	360	
	Largura do encosto (min)	360						Dentro da norma
r2	Raio horizontal do encosto (min)	300						
β	Inclinação do encosto	95° a 110°						

A regulação em altura da cadeira varia sempre a mesma distância entre cada nível, por este motivo as travessas de regulação devem encontrar-se sempre à mesma distância. Testando com uma variação de 35mm, entre cada nível, verificou-se que desta forma a segunda cadeira, que engloba os tamanhos 5, 6 e 7, encontrar-se-ia fora da norma nos tamanhos 5 e 6. Com uma variação de 40 mm, verificou-se que já era possível obter uma regulação em altura, para as duas cadeiras, dentro dos limites estabelecidos pela norma.

Analisando as profundidades admitidas pela norma, encontrou-se alguma dificuldade em conseguir abranger todas as dimensões, dada a impossibilidade da cadeira ser regulada em profundidade. Fazendo uma análise às profundidades possíveis, existiriam três soluções: possibilitar que a profundidade fosse regulável, em três ou dois níveis; utilizar três cadeiras com profundidades distintas; ou utilizar um tamanho único para cada cadeira.

Apesar de ser possível redesenhar o conceito da cadeira, para que esta tivesse uma profundidade regulável, considerando os inputs da empresa optou-se por colocar esta hipótese de parte dada a complexidade subjacente a esta alteração.

Restavam então duas hipóteses, ou se faziam 3 modelos de cadeiras com profundidades diferentes, ou se colocava uma profundidade única para cada cadeira. Apesar da segunda

opção levar a que a dimensão da profundidade da cadeira ficasse fora da norma nos tamanhos 2, 4 e 7, esta seria a solução mais prática e que é utilizada com mais frequência, por este motivo optou-se por esta solução, para dimensionar a profundidade do assento.

Relativamente à largura da cadeira, como a norma apenas estabelece um valor mínimo para a largura, optou-se por utilizar uma largura de 350mm para a cadeira mais pequena e de 410mm para a cadeira maior.

No que toca ao ponto S, o conceito inicial não considerava esta dimensão. De forma a melhorar este facto, optou-se por definir este ponto no assento da cadeira. Este redesign além de definir o ponto S, permitiu ainda a existência de espaço para a criança movimentar as pernas e as ancas (Figura 96). Analisando as dimensões propostas pela norma, foi possível admitir um ponto S de 180mm, para a cadeira mais pequena, e um ponto S de 210mm, para a cadeira maior, ficando esta dimensão dentro dos limites estabelecidos pela norma em todos os níveis.

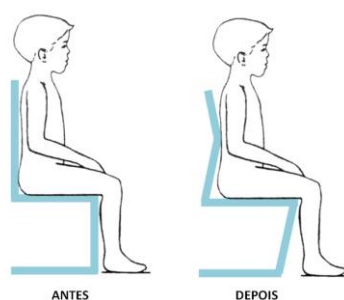


FIGURA 96: ALTERAÇÃO DA FORMA DA CADEIRA PARA INCORPORAR O PONTO S.

Definidas as dimensões, passou-se à análise de cada uma das peças individualmente, analisando os materiais propostos, os processos de fabrico e o design da cadeira (Tabela 23).

TABELA 23: DIMENSÕES DEFINIDAS PARA A CADEIRA.

	Tamanhos	2	3	4	5	6	7
h8	Altura NORMA (±10)	310	350	380	430	460	510
	Altura (40 em 40)	310	350	390	430	470	510
t4	Profundidade efetiva NORMA (±10 [nível 2] e ±20)	270	300	340	380	420	460
	Profundidade (tamanho único)	305			400		
t7	Profundidade do assento NORMA (min)	t4 menos 20mm					
b3	Largura NORMA (min)	280	320	340	360	380	400
	Largura	405					
h6	Ponto S NORMA (-10 a +20)	160	180	190	200	210	220
	Ponto S	180			210		
h7	Altura do encosto NORMA (min)	100					
b7	Largura do encosto NORMA (min)	250	270	270	300	330	360
	Largura do encosto (min)	360					
r2	Raio horizontal do encosto (min)	300					
β	Inclinação do encosto	95° a 110°					

Além destas alterações, foram ainda adicionadas meias canas à estrutura para esta assentar melhor no chão e não deslizar.

2.1.2. ESTRUTURA

A estrutura proposta no projeto inicial, foi projetada utilizando tubo de aço com 25mm de diâmetro para a estrutura e um varão de aço 9mm para as travessas. Ao analisar os tubos utilizados na empresa verificou-se que é usual utilizar-se o tubo de aço com 25mm de diâmetro para as estruturas e por isso manteve-se a sua utilização. Para as travessas optou-se por aplicar um tubo de aço com 12 mm de diâmetro, de modo a diminuir o peso da estrutura. Ambos os tubos teriam espessura de 1,5mm.

Selecionado o material, passou-se para a análise dos processos de fabrico. Tal como mencionado anteriormente, para o fabrico da estrutura apenas é necessário recorrer a três processos: corte do tubo, curvatura recorrendo a uma CNC de dobrar tubos e por fim a soldadura. Inicialmente a estrutura encontrava-se dividida em três peças distintas, a base, suporte do assento e as travessas, existindo neste 6 travessas (Figura 97:A). Nesta, a soldadura era efetuada entre a base e o suporte do assento, como é possível observar na Figura 97:A, e as travessas eram posicionadas e soldadas a partir de furações efetuadas na estrutura.

Na nova proposta optou-se por fazer a divisão das peças da estrutura noutra local, sendo a soldadura dos componentes efetuada abaixo da última travessa (Figura 97:B), e diminuiu-se o número de travessas para 4, uma vez que a terceira travessa, de cada nível, não era necessária e desta forma era possível retirar mais peso à cadeira, mantendo-se o seu posicionamento e soldadura como estava inicialmente.

Nesta nova estrutura foram ainda considerados os raios de curvatura e os segmentos mínimos admitidos pela máquina de CNC de dobrar tubos. Neste caso, como se utilizou um tubo de 25mm de diâmetro, o raio de curvatura a estimar é de 60mm, e o segmento mínimo também de 60mm.

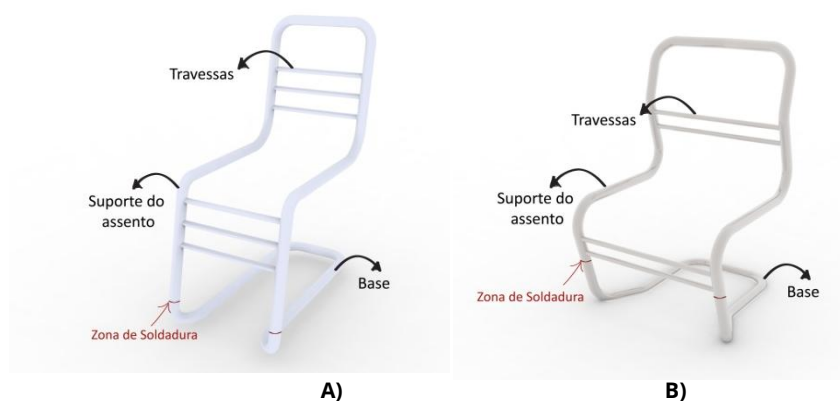


FIGURA 97: COMPONENTES DA ESTRUTURA E ZONA DE SOLDADURA: A) ESTRUTURA INICIAL; B) ESTRUTURA APÓS AS ALTERAÇÕES.

Na estrutura, foram ainda efetuadas duas alterações na base: Alterou-se a curvatura frontal, de forma a permitir o empilhamento, que passou a ser igual à da cadeira Adágio (153), e diminuiu-se a profundidade da base, de modo a ficar alinhada com o ponto mais afastado da cadeira. Após a criação desta primeira estrutura verificou-se que a base estava muito estreita e por isso foi necessário aumentar a sua largura.

2.1.3. ASSENTO

As modificações propostas para o assento foram as que tiveram mais relevância no que toca à adequação da cadeira aos critérios ergonómicos.

A primeira alteração que se efetuou foi ao material que estava proposto, optou-se pelo contraplacado na mesma, mas devido à dificuldade de sobrar a folha de melamina, esta opção teve de ficar de lado. Posto isto, estabeleceu-se que o contraplacado iria ter uma espessura de 12 mm, para conseguir suportar o peso das crianças.

O passo seguinte consistiu em adequar o assento às dimensões e curvaturas impostas pela estrutura e pela norma, o ponto S, e criar uma concavidade na zona das costas de modo que este se ajustasse à curvatura do corpo das crianças (Figura 98).

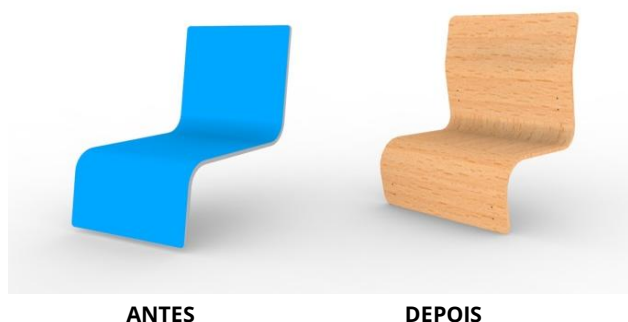


FIGURA 98: ASSENTO ANTES E DEPOIS DAS ALTERAÇÕES PROPOSTAS PELA EMPRESA

De modo a facilitar a fixação das peças de regulação ao casco, optou-se pela aplicação de rebites, método usado com muita frequência em cadeiras escolares. Para a colocação dos rebites foi necessário criar furações no encosto, nas zonas em que serão fixas as peças de regulação.

Sendo os rebites de diâmetro 4,8mm fez-se uma furação de 5mm de modo a ficar com alguma folga, encontrando-se os furos distanciados a 32mm (esta distância de 32mm é considerada standard, devido à existência de máquinas de furação que conseguem fazer vários furos ao mesmo tempo).

Inicialmente, para a produção do assento, pensou-se em utilizar um casco já existente na empresa, mas ao analisar as dimensões do mesmo verificou-se que não era possível adaptá-lo às dimensões que se pretendiam. Por este motivo, optou-se por recorrer à prensa de vácuo para efetuar a moldação de um novo assento.

2.1.4. PEÇAS DE REGULAÇÃO

Por fim foram efetuadas modificações às peças de regulação. A primeira alteração foi na aba de posicionamento da regulação. Segundo o feedback recebido na empresa não existia problema do casco se libertar da estrutura, por este motivo optou-se por eliminar a aba, facilitando desta forma o empilhamento para transporte e a regulação. Outra alteração consistiu no aumento da prisão de encaixe, efetuada pelas peças de regulação, e adequação da furação para a aplicação dos rebites, alterando-se a distância entre furos para 32mm, de modo a ficar em concordância com a furação do assento (Figura 99).

Relativamente ao material, optou-se por aplicar nylon em vez do ABS, dado este ser um material mais flexível e resistente. Para o fabrico destas peças existiam duas opções: Recorrendo à injeção, obtendo-se uma peça completamente finalizada. E recorrendo ao corte por fresa, sendo neste caso necessário proceder à furação das peças posteriormente ao corte. Como se tratava do primeiro protótipo, optou-se por efetuar a produção das peças recorrendo à impressora 3D disponível no NITEC. Desta forma o seu fabrico foi mais rápido, tendo sido produzidas novas peças de regulação sempre que foi necessário.



FIGURA 99: PEÇA DE REGULAÇÃO ANTES E DEPOIS DAS ALTERAÇÕES PROPOSTAS PELA EMPRESA.

2.2. PREPARAÇÃO PARA PROTOTIPAGEM

O primeiro passo para a incorporação de um produto novo no arquivo da empresa consiste na criação da sua nomenclatura. Considerando que está previsto a cadeira ser encarada como um produto standard da empresa, tal como a linha UNI, foi para a pasta standard, sendo denominada pela letra “P”. Seguindo as diretrizes dadas na empresa esta foi incluída na pasta da P04, referente à escola interativa.

Posto isto, foi criada uma pasta onde serão incorporados todos os ficheiros relativos à cadeira Seat&Grow, sendo o código da cadeira “P04-37 - Cadeira Seat&Grow”. Na Tabela 24 é apresentada a nomenclatura utilizada para classificar os ficheiros referentes aos componentes da cadeira.

TABELA 24: NOMENCLATURA DOS COMPONENTES.

Nomenclatura	Componente
P04-37	Cadeira Seat&Grow
P04-37-01	Estrutura
P04-37-01-01	Suporte assento
P04-37-01-02	Base
P04-37-01-03	Travessa
P04-37-02	Assento
P04-37-03	Peça de regulação

O passo seguinte consistiu na criação das modelações considerando as alterações propostas (Figura 100).



FIGURA 100: CADEIRA SEAT&GROW ANTES E DEPOIS DA ADAPTAÇÃO AOS REQUISITOS DA EMPRESA.

Terminada a primeira modelação verificou-se que ainda era possível melhorar o conceito, fazendo pequenas alterações a alguns dos componentes.

- Aumentou-se a largura da base para que a estrutura suporta-se melhor o peso;
- Aumentou-se a espessura dos dentes de encaixe das peças de regulação, para que estes se tornassem mais resistentes;
- A furação para os rebites necessitava de ter cerca de 3 a 4mm de profundidade para que a cabeça do rebite, quando rebitado, não impedisse o encaixe das peças;
- Verificou-se que o encosto nos níveis 2 e 3 ficava sem apoio nas costas e por isso assumiu-se a falta de apoio também no primeiro nível;
- Equacionou-se a colocação de um tubo interior entre as duas partes da estrutura principal para facilitar a soldadura entre as peças e dar mais resistência, mas ao fazer uma análise mais aprofundada verificou-se que este tubo iria impedir a furação para colocação das travessas;

Efetuada a modelação de todos os componentes da cadeira, considerando todas as alterações propostas, passou-se à criação dos desenhos técnicos tendo em atenção as cotas necessárias ao fabrico das diferentes peças e as cotas de verificação.

Após verificação e análise efetuada pelo orientador do projeto, Eng.º Diogo Belindro, procedeu-se ao pedido de produção do 1º protótipo. Este foi realizado através do envio de um email para todos os departamentos envolvidos: Planeamento e Logística, Gestão da Produção, Compras, Unidades de produção, e ainda para todas as pessoas envolvidas no projeto como o Engenheiro Vítor Barbosa e os Designers Pedro Sottomayor e Carlos Matagueira. Neste email foram anexados todos os desenhos técnicos das peças a produzir, onde também se encontram indicados todos os componentes a comprar, nomeadamente, rebites e meias canas.

Posto isto, foi lançada uma requisição interna de produção, que foi entregue nas unidades de produção, onde foram fabricados os componentes da cadeira. Duas foram entregues na unidade de fabrico da Foz do Sousa, uma na serralharia, para a produção da estrutura e outra no NITEC, onde foram produzidas as peças de regulação, recorrendo à impressora 3D. E outra foi entregue na unidade de produção de Jovim, marcenaria, para produção do assento. Esta requisição contém zonas a preencher pelo operador que permitem avaliar quanto tempo foi utilizado na produção daquelas peças e ainda o material gasto (Figura 101).

NAUTILUS - Requisição Interna 2150035

Designação: Objeto: Data Conclusão:

Desenhos:

Designer Responsável:

Matéria-Prima/Componentes		Qtd. Total	Qtd. Utilizada	Qtd. Restante

Operações		Operador	Tempo Total	Tempo Utilizado	Data

Data emissão: Data conclusão:

Validação:

FIGURA 101: REQUISIÇÃO INTERNA.

2.3. PROCESSO DE FABRICO E AVALIAÇÃO DO 1º PROTÓTIPO

Após receber a requisição o operador inicia o processo de produção das diferentes peças. Como se tratava do primeiro protótipo, nesta fase foi necessário proceder a vários ensaios de produção de cada uma das peças. Para a produção da estrutura foi necessário curvar várias vezes as diferentes partes até se obter os componentes com as dimensões pretendidas. Relativamente ao assento, como este tem uma forma complexa, para a sua produção foi necessário estudar qual o melhor processo produtivo disponível na empresa para se conseguir obter um assento com as curvaturas desejadas. Por fim, para as peças de regulação, foi também necessário ponderar qual o processo de fabrico a utilizar na sua

prototipagem. Com a realização deste protótipo pretendeu-se avaliar e verificar os diferentes componentes da cadeira.

Foram vários os intervenientes na produção deste protótipo, desde os funcionários da serralharia até os da carpintaria, contribuindo todos para que fosse possível o fabrico de um protótipo o mais fiável possível. Neste processo foi-se pensando o que seria necessário alterar para que fosse possível a produção em série, no futuro, desde os custos associados aos moldes e materiais, até às dificuldades que se foram encontrando na produção do protótipo.

2.3.1. PRODUÇÃO DA ESTRUTURA

A estrutura é composta por três componentes, o suporte do assento, a base e as travessas. Todos estes são tubulares, sendo o suporte do assento e a base em tubo de diâmetro 25x1,5mm e as travessas de diâmetro 12x1,25mm. Para o fabrico destas peças foram utilizadas três tecnologias, corte (efetuado recorrendo a um serrote), dobra (recorrendo a uma máquina CNC de dobrar tubo) e soldadura (tipo MIG). Sendo a primeira vez que as peças eram fabricadas foi necessário efetuar várias tentativas até se chegar a um componente que cumprisse com as dimensões pretendidas.

A primeira peça a ser produzida foi a base da estrutura. Iniciou-se o processo pelo corte de um tubo com o tamanho de 1200mm, baseado no comprimento estimado do tubo apresentado no desenho técnico (Figura 102).

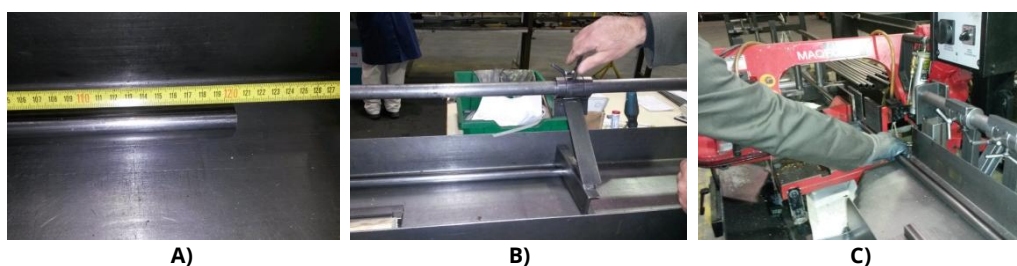
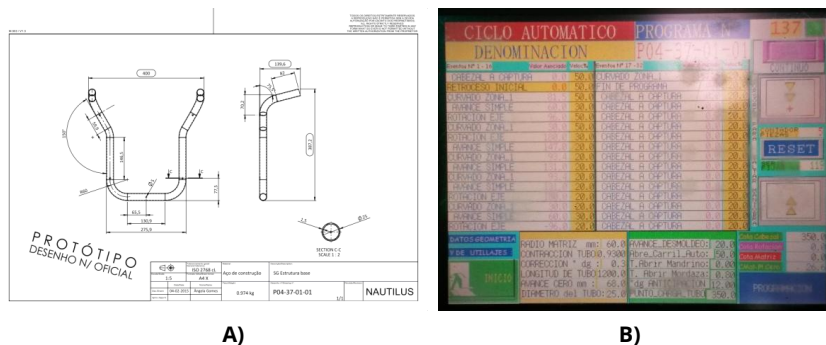


FIGURA 102: FASES PARA CORTE DO TUBO. A) MEDIÇÃO; B) FIXAÇÃO DA POSIÇÃO; C) CORTE DO TUBO.

De seguida programou-se a máquina CNC, com base nos desenhos técnicos, indicando os avanços, rotações e as curvaturas que esta teria de obrigar o tubo a realizar, para no final se obter a base pretendida.

Para que a maquinação fosse programada corretamente foi necessário efetuar alguns ajustes devido às características da máquina. Em todas as rotações foi necessário acrescentar 6° aos ângulos indicados pelo desenho técnico, para que no final os ângulos de curvatura fossem os corretos (Figura 103).



A)
FIGURA 103: A) DESENHO TÉCNICO DA BASE; B) PROGRAMA.

Finalizado o programa efetuou-se a maquinação do tubo (Figura 104).



A)
FIGURA 104: A) INÍCIO DO PROCESSO DE DOBRAGEM; B) FINAL DO PROCESSO.

Produzida a primeira peça cortou-se o excesso de material. Para isso mediu-se o lado que ficou bem dimensionado, 140mm, verificando que se encontrava de acordo com a dimensão referida no desenho e marcou-se essa dimensão na zona onde existia material em excesso, para de seguida se proceder ao seu corte. Posteriormente rebarbaram-se as rebarbas deixadas pelo corte (Figura 105).

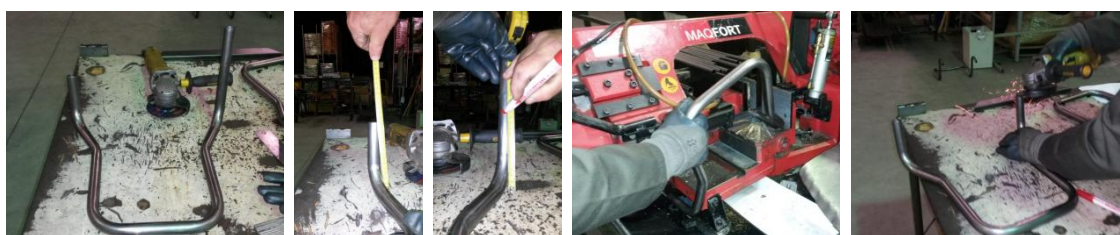


FIGURA 105: SEQUÊNCIA DE CORTE DO MATERIAL EM EXCESSO.

No final verificou-se se esta se encontrava dentro das medidas pretendidas, o que não acontecia na largura. Este desajustamento deveu-se ao facto da peça, ao passar para a outra metade do programa, bater numa das manivelas da máquina. Efetuaram-se outras tentativas até se chegar à peça final com as dimensões pretendidas. Na figura seguinte é possível observar a base final e o programa utilizado para a produção da mesma (Figura 106).



FIGURA 106: BASE FINALIZADA.

Para a produção do suporte do assento seguiu-se o mesmo procedimento que na base. Começou-se por cortar um tubo, desta vez com um comprimento de 2000mm, baseado no comprimento estimado do tubo apresentado no desenho técnico (Figura 107).

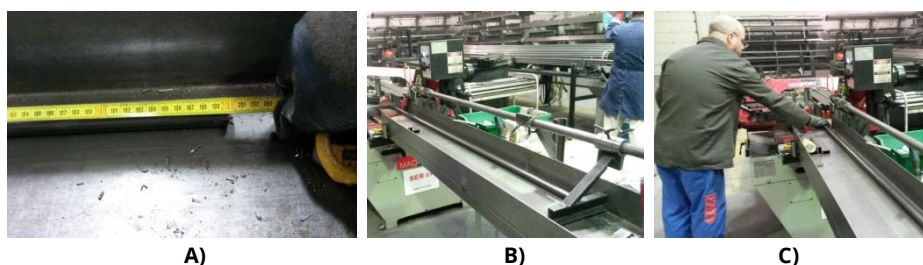


FIGURA 107: FASES PARA CORTE DO TUBO. A) MEDIÇÃO; B) FIXAÇÃO DA POSIÇÃO; c) CORTE DO TUBO.

De seguida efetuou-se a programação da peça na máquina CNC, novamente com base nos desenhos técnicos e indicando todos os dados necessários à sua maquinação (Figura 108).

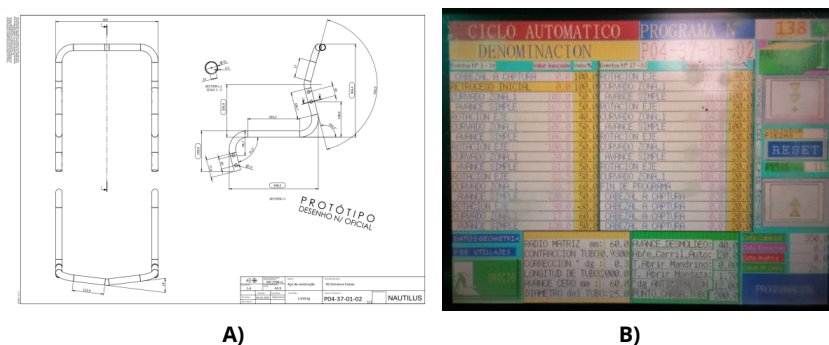
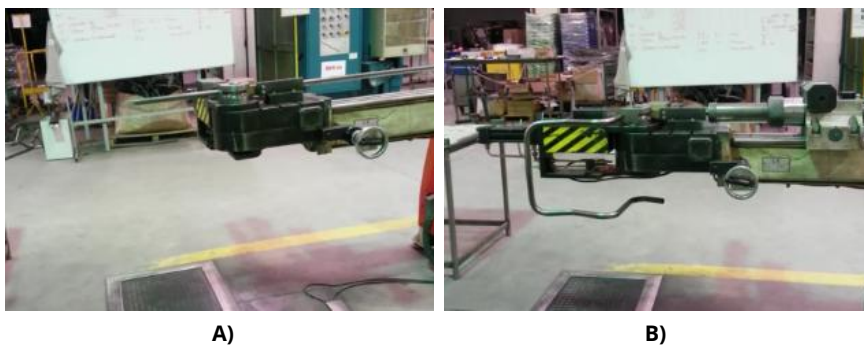


FIGURA 108: A) DESENHO TÉCNICO DO SUPORTE DO ASSENTO; B) PROGRAMA.

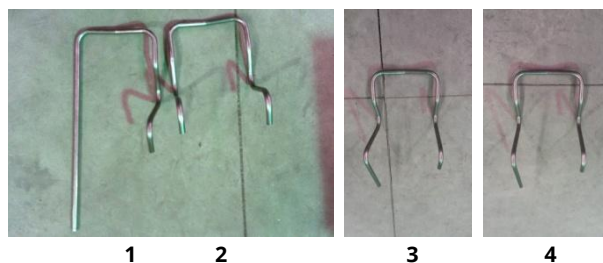
Finalizado o programa efetuou-se a maquinação do tubo (Figura 109).



A)
FIGURA 109: A) INÍCIO DO PROCESSO DE DOBRAGEM; B) FINAL DO PROCESSO.

Como o suporte para o assento possuía uma forma mais complexa que a base, foi necessário fazer mais testes até se chegar a uma peça que cumpria todas as dimensões definidas. Na Figura 110 é possível observar as várias peças produzidas (Figura 110).

Na primeira peça produzida verificou-se que o tubo batia na máquina impedindo que este girasse para fazer a outra metade. O problema foi resolvido aumentando o avanço da peça, fazendo a sua rotação e depois recuando para o avanço original. Na segunda verificou-se que a altura desde a zona de suporte do assento até ao topo não se encontrava de acordo com o desenho, sendo por isso, necessário modificar o programa de modo a obter a dimensão desejada. Esta alteração levou a que a peça seguinte fica-se com o ângulo da perna alterado, havendo necessidade de modificar novamente o programa. Na quarta peça, ao analisar as dimensões, verificou-se que a largura se encontrava com menos 2 mm sendo necessário acrescentar no programa mais 1 mm de cada lado dos segmentos do topo do encosto (Figura 110).



1 2 3 4
FIGURA 110: SEQUÊNCIA DE TENTATIVAS.

No final, após nova verificação, concluiu-se que esta já estava corretamente dimensionada. Na figura seguinte é possível observar o suporte do assento final e o programa utilizado para a produção do mesmo (Figura 111).



FIGURA 111: ESTRUTURA DE SUPORTE DO ASSENTO FINALIZADA.

Por último, cortaram-se as quatro travessas com um comprimento de 360mm e rebarbaram-se as extremidades das mesmas.

Estando todos os componentes, constituintes da estrutura produzidos, passou-se à sua união recorrendo ao processo de soldadura do tipo MIG. O suporte do assento e a base foram posicionadas a partir de dois pontos de soldadura para de seguida se fazer a união completa. Feita a união rebarbou-se a zona de soldadura de modo a que esta não se notasse (Figura 112).

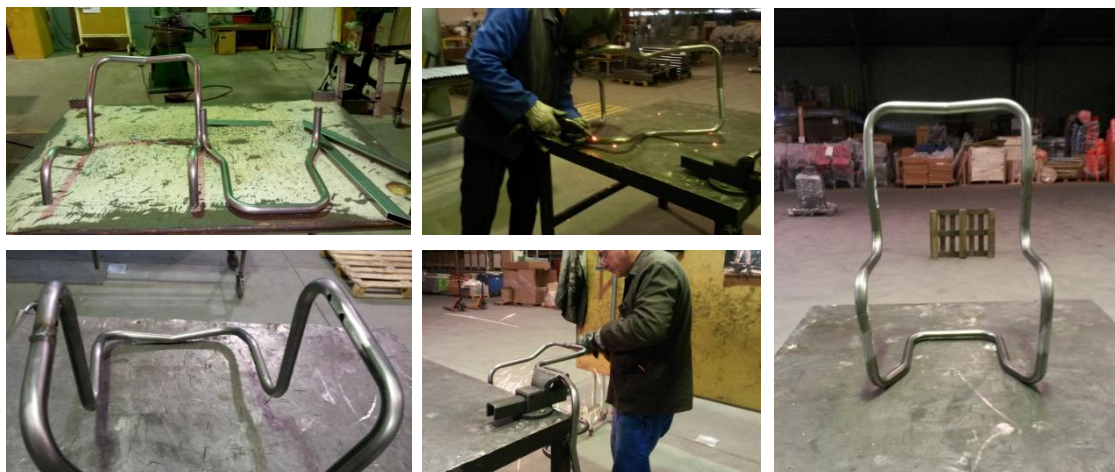


FIGURA 112: SOLDADURA DA ESTRUTURA.

Posto isto, criou-se a furação de posicionamento das travessas. Primeiro fez-se um furo pequeno para marcar a sua localização e de seguida alargaram-se os mesmos. Nesta fase sentiu-se alguma dificuldade em utilizar a furadora de coluna, uma vez que se tornava difícil o operário segurar na estrutura da cadeira sozinho, havendo necessidade de pedir ajuda a outro operário. Para alargar os furos recorreu-se a uma furadora manual (para tornar possível a produção em grandes quantidades será necessário que esta etapa seja melhorada) (Figura 113).



FIGURA 113: FURAÇÃO PARA POSICIONAMENTO DAS TRAVESSAS.

Realizadas as furações, as travessas foram posicionadas e soldadas, obtendo-se de seguida a estrutura completamente soldada (Figura 114).



FIGURA 114: SOLDADURA DAS TRAVESSAS.

Como foram criadas duas estruturas foi possível verificar que estas eram empilháveis, facilitando desta forma o seu transporte e armazenamento (Figura 115).



FIGURA 115: ESTRUTURA FINALIZADA E EMPILHADA.

Após a finalização do protótipo este foi enviado para a unidade de Castelo de Paiva para ser pintada. O processo de pintura utilizado nesta unidade consiste no processo de pintura electroestática a pó. Este tipo de pintura baseia-se no princípio da atração e repulsão de cargas elétricas, de modo a criar um acabamento uniforme e duradouro sobre as peças de metal (155). Para além de ser usado como forma de dar um acabamento protetor às peças metálicas, é também usado como decoração, pois permite a aplicação de várias cores (156).

Este processo de pintura divide-se em três etapas, pré-tratamento, preparação da superfície e polimerização (cura ou secagem) (156). Na fase de pré-tratamento efetua-se a preparação da superfície das peças metálicas, de modo a prepara-las para que estas

possam atrair a tinta em pó. Começa-se por desengordurar o metal, de modo a eliminar todos os óleos, gorduras, poeiras, subjacentes aos processos pelos quais as peças passaram anteriormente (156).

De seguida, procede-se à preparação da superfície, dividindo-se esta etapa em duas fases, fosfatização e passivação. A fosfatização, que tem como objetivo melhorar a aderência da tinta à superfície metálica e dar resistência à corrosão, através da aplicação de uma camada de fosfato sobre a superfície metálica. A passivação, tem como objetivo tapar as porosidades deixadas pela fosfatização, recorrendo a compostos ácidos, que podem ser à base de resinas orgânicas, polímeros sintéticos, cromo ou zircônio, aumentando desta forma resistência à corrosão (157).

Após esta preparação inicia-se o processo de polimerização, sendo para isso utilizada uma pistola electrostática. Esta pistola forma um campo elétrico na sua região frontal, e através de um condutor transfere essa carga elétrica, maioritariamente negativa, para a tinta em pó (157). Posteriormente a tinta é pulverizada sobre as estruturas metálicas, sendo atraída para o objeto, devido a este possuir uma carga oposta à do pó. Terminada a pulverização da tinta, a peça necessita de ser corada através da sua introdução numa estufa, a uma temperatura que pode variar entre os 200°C e os 220°C. É durante esta etapa que os componentes da tinta se fundem e penetram as microporosidades da peça, criando uma película uniforme (157).

2.3.2. PRODUÇÃO DO ASSENTO

O assento é o componente mais complexo desta cadeira, e o que deu mais trabalho na sua produção. Inicialmente tinha-se pensado utilizar um casco já existente na empresa e adaptá-lo às dimensões desejadas, mas verificou-se que a profundidade do assento existente e as costas não correspondiam às dimensões que se pretendiam, por este motivo foi necessário procurar outra solução.

O processo de fabrico, por prensa hidráulica, utilizado nos assentos e encostos da empresa era uma opção. Mas para que isso fosse possível era necessário criar um molde em alumínio, o que nesta altura do projeto não era considerado viável, devido ao custo elevado do molde. Por este motivo optou-se por recorrer à prensa de vácuo existente na empresa. Este processo baseia-se na moldação do material, o contraplacado, sugando o ar existente entre este e o molde, e mantendo a compressão do material sobre o molde durante algum tempo.

O primeiro passo consistiu na criação de um molde (Figura 116). Para isso foi criado um modelo 3D do molde, composto por 16 placas de MDF com 30mm de espessura, a partir do modelo do assento da cadeira (Figura 116).



FIGURA 116: MODELO 3D DO MOLDE EM MDF PARA MOLDAÇÃO DO ASSENTO EM CONTRAPLACADO.

Finalizado o modelo 3D, imprimiram-se duas vistas de corte representativas das curvaturas do encosto e a vista lateral do assento. Estas foram coladas em régua de latex e recortadas de modo a servirem como molde para efetuar o corte da concavidade do assento nas 16 placas de MDF. Ao aplicar a vista lateral na régua de latex aumentaram-se as extremidades, para que houvesse espaço para a colocação dos batentes no molde. Além desta alteração, procurou-se ainda selecionar a posição que melhor aproveitamento dava às placas, tendo em conta a altura máxima do molde permitida pela prensa de vácuo disponível na empresa (Figura 117).



FIGURA 117: A) VISTA LATERAL DO ASSENTO; B) VISTAS DAS CURVATURAS DO ENCOSTO.

Após o corte das régua, segundo a parte exterior do assento, estas foram lixadas na zona recortada para que a concavidade do assento ficasse uniforme (Figura 118).

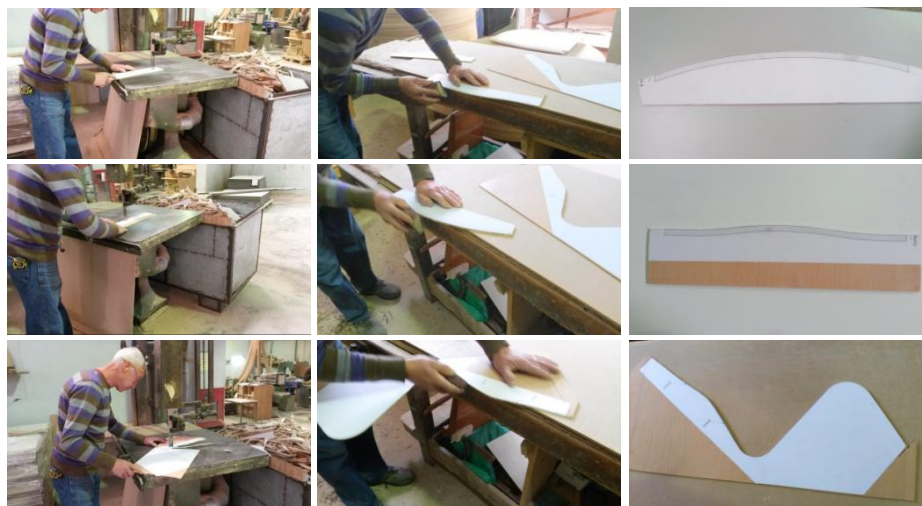


FIGURA 118: CORTE E LIXAGEM DAS VISTAS MODELO.

De seguida utilizou-se a régua para marcar a vista lateral nas 16 placas de MDF, previamente cortadas com 30mm de espessura, 690mm de profundidade e 300mm de altura, para de seguida proceder ao seu corte (Figura 119).

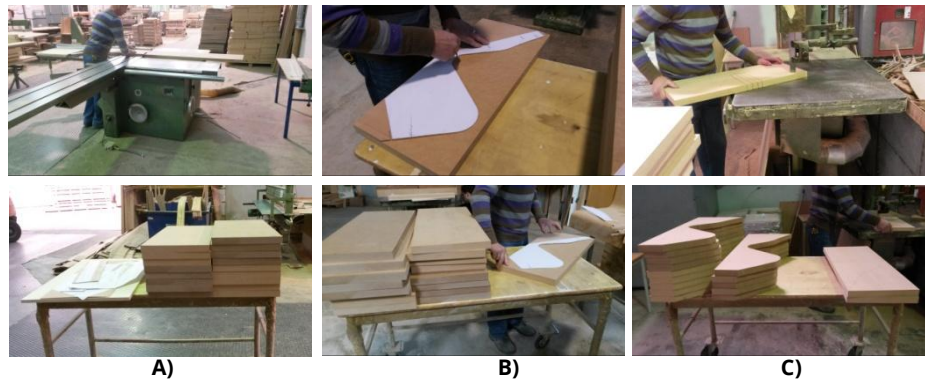


FIGURA 119: A) CORTE DAS PLACAS DE MDF; B) MARCAÇÃO DA VISTA LATERAL NAS PLACAS DE MDF; C) CORTE DAS MARCAÇÕES NAS PLACAS DE MDF.

De modo a que todas as placas ficassem com a concavidade uniforme, criou-se um molde com o formato da vista lateral, que serviu como guia para as lixar (Figura 120).

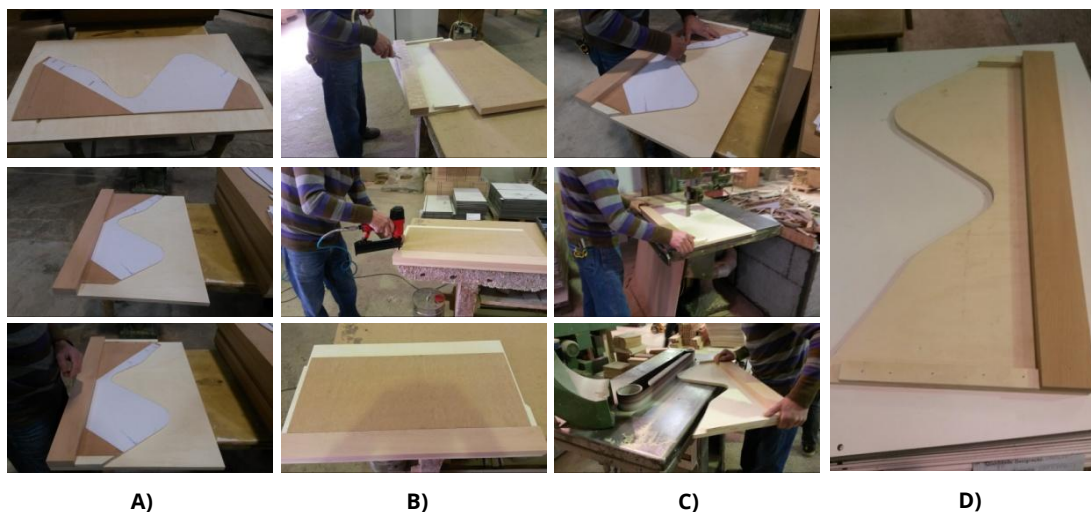


FIGURA 120: A) COMPONENTES DO MOLDE; B) MONTAGEM DO MOLDE; C) MARCAÇÃO, CORTE E LIXAGEM DA VISTA LATERAL; D) MOLDE FINAL.

Após a criação do molde uniformizaram-se as curvaturas, das 16 placas de MDF, recorrendo a uma lâmina fixa a um torno. De modo a que todas as placas ficassem com as mesmas curvaturas usaram-se grampas para as posicionar no molde (Figura 121).



FIGURA 121: A) FIXAÇÃO DOS GRAMPOS AO MOLDE; B) FIXAÇÃO DAS PLACAS AO MOLDE; C) UNIFORMIZAÇÃO DAS PLACAS; D) PLACAS FINALIZADAS.

Posto isto, e como o assento é simétrico, foram impressas sete vistas, referentes às faces laterais das placas que constituem o interior do molde. Estas foram coladas a placas de latex e colocadas numa prensa para que a colagem ficasse uniforme. Posteriormente as placas de latex foram cortadas, lixadas e uniformizadas para servirem como molde para marcar as placas de MDF. De modo que, após o corte das placas de MDF, fosse possível montar o molde corretamente, estas foram numeradas tendo por base a numeração dada às vistas. De seguida cortaram-se as placas de MDF duas a duas, dada a simetria do molde.

Tendo todas as placas cortadas, estas foram lixadas para que a superfície curvada ficasse lisa. No final todas as placas foram furadas em três locais, sendo que, nas placas exteriores, foram feitos furos maiores. Esta furação serviu como meio de passagem para a colocação de três varões que irão ajudar a manter as várias placas unidas (Figura 122).

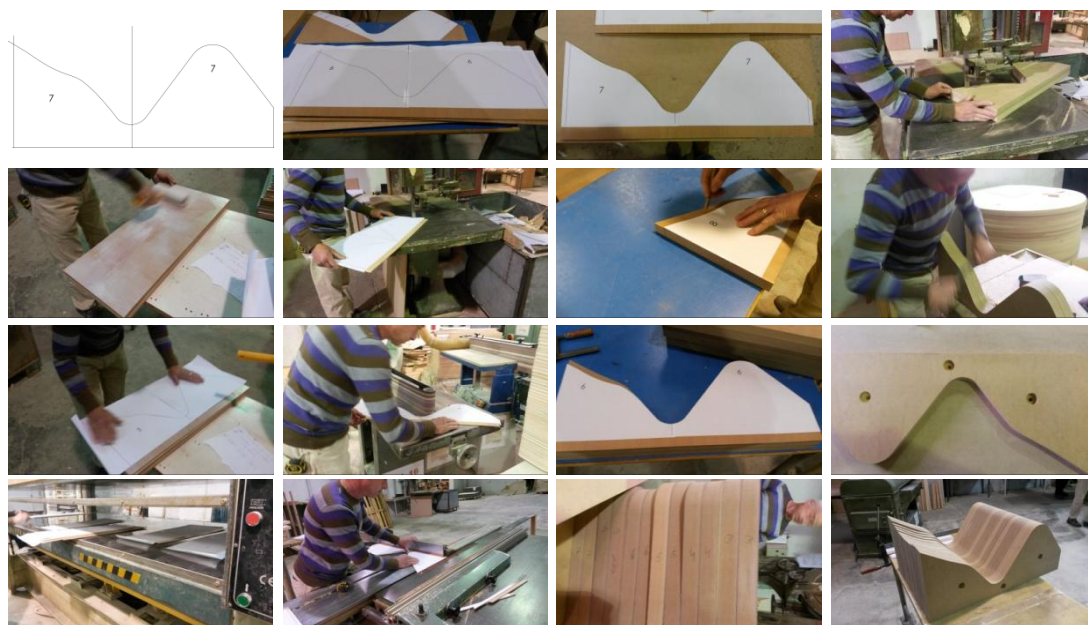


FIGURA 122: PROCESSO DE APERFEIÇOAMENTO DAS CURVATURAS DAS DIFERENTES PLACAS.

De seguida, as placas de MDF foram colocadas umas ao lado das outras, por ordem, de modo a formarem o molde. Desta forma foi possível analisar e marcar a quantidade de material que ainda faltava desgastar para uniformizar a concavidade do assento. Para isso

recorreu-se à vista de cima do assento para marcar a curvatura final e a uma lâmina para retirar o material que se encontrava em excesso (Figura 123).



FIGURA 123: PRIMEIRA FASE DE UNIFORMIZAÇÃO DA CURVATURA DO ENCOSTO.

Estando todas as placas com a concavidade praticamente definida, estas foram unidas recorrendo a três varões roscados e a seis porcas, para garantir o seu posicionamento, e a cola branca para fixar as placas umas às outras. De seguida taparam-se os buracos exteriores, por onde foram aplicados os varões, uma vez que para se colocar o molde na prensa de vácuo era necessário que este não apresentasse nenhum buraco nem nenhuma aresta viva para não danificar a membrana (Figura 124).



FIGURA 124: MONTAGEM FINAL DO MOLDE.

Por fim procedeu-se à uniformização da concavidade do molde. Recorrendo à vista de cima do assento marcou-se a curvatura do mesmo e com o auxílio de um formão, de uma lixa e de uma lâmina, retirou-se o resto dos excessos. Foram ainda arredondadas todas as arestas para não danificar a membrana (Figura 125).



FIGURA 125: FINALIZAÇÃO DO MOLDE.

O passo seguinte consistiu na criação da placa de contraplacado. Para isso foram cortadas sete folhas de faia de 1,5mm de espessura com 670x480mm, quatro com os veios transversais e três com os veios verticais, de modo a que o contraplacado ficasse com mais resistência. Como se tratava apenas de um protótipo, para a sua produção foram utilizados bocados de folha, não procedendo à sua costura. Posteriormente para produção em maiores quantidades as folhas terão de ser cozidas (Figura 126).



FIGURA 126: PREPARAÇÃO DAS FOLHAS DE FAIA.

De seguida, colaram-se as diferentes camadas de folha de faia com cola branca, dissolvida em água, tendo sempre em atenção a direção dos veios (Figura 127).



FIGURA 127: COLAGEM DO CONTRAPLACADO.

Estando o contraplacado pronto, colocou-se fita adesiva à volta do molde para que as folhas não colassem ao mesmo. De seguida, colocou-se o molde dentro da prensa, com a placa de contraplacado por cima, procurando posicioná-la com a devida distância relativamente à parte de cima do encosto. Para manter este posicionamento a placa foi pregada, na parte superior do molde (Figura 128).

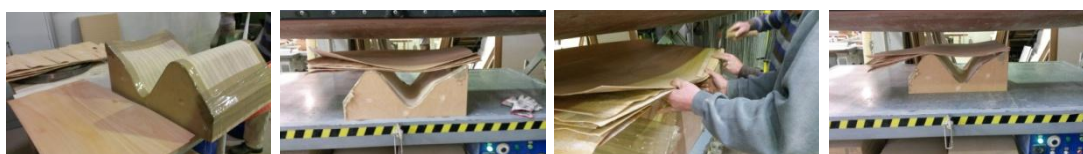


FIGURA 128: PREPARAÇÃO DA PRIMEIRA PRENSAGEM.

De seguida fechou-se a prensa, deixando o conjunto no seu interior durante três horas. Após as três horas dentro da prensa verificou-se que não foi possível formar a curvatura entre o assento e o encosto. Isto deveu-se ao facto da cola já se encontrar seca quando o contraplacado foi colocado na prensa, uma vez que se perdeu algum tempo a posicionar o contraplacado por cima do molde. E ainda, devido à membrana tocar nas extremidades do molde e depois não ter força suficiente para empurrar o contraplacado. Como a membrana bate inicialmente nos pontos mais altos, forma a primeira curva e depois fica sem material para conseguir formar as curvas mais baixas (Figura 129).



FIGURA 129: RESULTADO DA PRIMEIRA PRENSAGEM.

Após a primeira experiência ter falhado optou-se por fazer uma nova tentativa. Criou-se novamente o contraplacado, seguindo os passos mencionados anteriormente. Desta vez antes de se colocar o contraplacado e o molde na prensa, além de se fixar o contraplacado ao molde com pregos recorreu-se a um sarrafo¹ e a grampos para forçar o contraplacado a formar a curvatura entre o assento e o encosto (Figura 130).



FIGURA 130: PREPARAÇÃO DA SEGUNDA PRENSAGEM.

Deixou-se o conjunto dentro da prensa durante duas horas. Ao fim destas duas horas retiraram-se as peças da prensa verificando que desta vez a curvatura entre o assento e o encosto ficou formada. Mas quando se forçou a placa a fazer a curvatura entre o assento e o encosto, deixou-se um pouco de material a mais nessa zona, e durante a prensagem este ficou todo engelhado. Foi possível ainda verificar que o assento ao arrefecer deformou e que a curvatura do encosto não ficou correta. Na produção de um novo molde esta deformação deve ser considerada, sendo necessário dar mais curvatura ao molde (Figura 131).



FIGURA 131: RESULTADO DA SEGUNDA PRENSAGEM.

De modo a melhorar as falhas ocorridas nesta segunda tentativa foram feitas algumas alterações no ensaio seguinte. Optou-se por diminuir o tamanho da folha de faia, de modo a que esta ficasse justa ao molde, e por se acrescentar mais um sarrafo a fixar o

¹ Sarrafo - peça retangular de madeira de muita altura e pouca espessura; fasquia; sobras de madeira cortada. Fonte: <http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/sarrafo>

contraplacado na zona do assento. Na terceira tentativa cortaram-se então folhas de faia com 940x475mm, ficando estas praticamente justas à dimensão do molde. Para a criação do contraplacado seguiu-se o mesmo procedimento que nas experiências anteriores, à exceção de que desta vez a cola branca não foi misturada com água, para que as folhas ficassem melhor coladas.

De seguida colocou-se o conjunto na prensa ficando este no seu interior durante quatro horas e meia, mantendo-se no seu interior, mesmo depois de esta ser desligada (Figura 132).



FIGURA 132: PREPARAÇÃO DA TERCEIRA PRENSAGEM.

Nesta terceira experiência já foi possível obter-se um assento muito semelhante ao que se pretendia. Não ficou exatamente igual, pois este ao arrefecer perdeu algum ângulo na zona de fixação das peças de regulação, aumentando a profundidade do mesmo (passou de 305mm para 316mm). Apesar disso, optou-se por se utilizar na mesma este assento para a realização dos protótipos, uma vez que o ponto S e as restantes dimensões se encontravam de acordo com o estabelecido e era mais fácil e menos moroso ajustar as dimensões da estrutura às dimensões do casco obtido (Figura 133).



FIGURA 133: RESULTADO DA TERCEIRA PRENSAGEM.

De modo a verificar se o raio de curvatura do encosto, o ponto S e a profundidade do assento se encontravam bem dimensionados optou-se por sentar neste duas crianças, uma com 6 anos e outra com 10 anos. Ao analisar a postura das mesmas, sem estas terem nenhuma indicação, verificou-se que estas mantinham uma postura correta. Quando questionadas se o assento magoava as costas estas responderam que não (Figura 134).



FIGURA 134: AVALIAÇÃO DAS CURVATURAS DO ASSENTO COM DUAS CRIANÇAS, UMA COM 6 E OUTRA COM 10 ANOS.

Por fim cortaram-se os excessos do assento moldado e arredondaram-se as arestas, de acordo com os desenhos técnicos fornecidos. Durante a realização do corte verificou-se que o assento se encontrava empenado, sendo necessário considerar-se este facto ao efetuar as furações para os rebites (Figura 135).



FIGURA 135: CORTE E APERFEIÇOAMENTO DO ASSENTO.

2.3.3. PRODUÇÃO DAS PEÇAS DE REGULAÇÃO

Para a produção das peças de regulação optou-se por recorrer ao processo de prototipagem rápida do tipo FDM, dada a rapidez com que era possível obter as peças.

O FDM (Fused Deposition Modeling) consiste na deposição de filamentos, neste caso de PLA, previamente fornecidos a uma extrusora, a partir de uma bobine de fio. No interior da extrusora os filamentos são aquecidos, até ao ponto de fusão, para de seguida serem depositados, numa plataforma. Esta necessita de ter uma temperatura inferior à do material extrudido para que o arrefecimento do mesmo seja mais rápido. Os movimentos em Z, da plataforma, juntamente com os movimentos em X e Y da extrusora, irão permitir que os filamentos se depositem de modo a formarem as peças desejadas (158) (Figura 136).

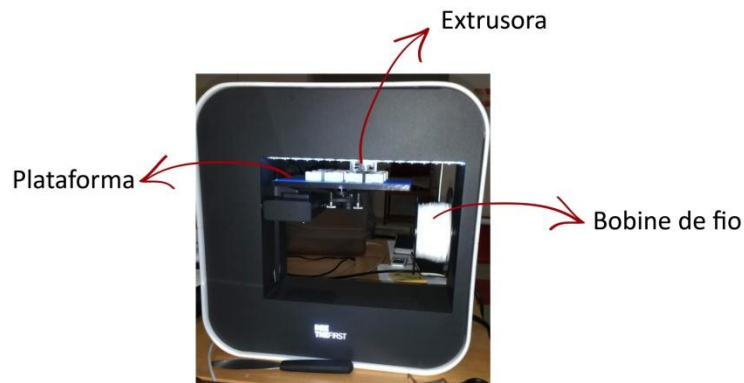


FIGURA 136: COMPONENTES DE IMPRESSORA 3D (FDM).

Após terem sido efetuadas todas as alterações mencionadas anteriormente converteu-se o ficheiro de Solidworks para a extensão “.stl”. Abrindo o ficheiro no programa da impressora, posicionaram-se as peças na placa da mesma e definiu-se uma qualidade alta e uma densidade média de impressão. De seguida fez-se o upload para a impressora, indicando esta uma duração estimada de impressão de cerca de 10h para as quatro peças.

Ao observar o processo de impressão verificou-se que esta começa por demarcar a posição de cada peça na placa, iniciando em seguida a impressão das peças por camadas. Dado que a impressora ficou a trabalhar depois do horário de trabalho, não foi possível verificar se esta demorou mesmo apenas as 10h ou se demorou mais. Finalizado o processo de impressão obtiveram-se as 4 peças de regulação em PLA. Posto isto, testou-se o encaixe das peças num tubo com 12mm de diâmetro concluindo que este encaixava bem (Figura 137).



FIGURA 137: IMPRESSÃO 3D PEÇAS DE REGULAÇÃO.

2.3.4. MONTAGEM 1º PROTÓTIPO

Tendo todas as peças produzidas passou-se à montagem do primeiro protótipo. Para isso, e como foi referido anteriormente, foi necessário produzir-se uma nova estrutura, dada a desadequação do assento produzido relativamente à estrutura que se fabricou inicialmente.

Realizou-se uma atualização da modelação, primeiro do assento, colocando os ângulos e as dimensões reais do mesmo, passando de seguida para atualização da estrutura. De modo a que a modelação do assento ficasse com os ângulos corretos, marcou-se o contorno do assento obtido numa folha e retiraram-se as dimensões (Figura 138).



FIGURA 138: ANOTAÇÃO DAS DIMENSÕES DO ASSENTO.

Após a aplicação das dimensões recolhidas aos modelos 3D, atualizaram-se os desenhos técnicos, acrescentando uma tabela de revisão nos desenhos que sofreram alterações, indicando que alterações é que foram feitas. No desenho de conjunto da estrutura foi dada ainda a indicação de que a soldadura das travessas deveria ser feita pela parte da frente e não por trás, pois desta forma a soldadura ficaria escondida. Finalizados os desenhos, estes foram enviados novamente para a produção.

Seguindo o mesmo processo de fabrico da primeira estrutura produziu-se uma nova estrutura com as novas dimensões. Como o suporte do assento foi o único componente que sofreu alterações foi necessário alterar o programa relativo a este componente. Para os restantes componentes utilizou-se o mesmo programa apresentado anteriormente.

Tendo como base os desenhos técnicos produziu-se o primeiro suporte do assento, mas ao colocar o casco sobre este verificou-se que as dimensões ainda não se encontravam totalmente adequadas, devendo-se em parte esta desadequação à baixa precisão da máquina CNC. Por este motivo realizaram-se diversos ajustes, tendo sempre como meio de comparação o assento moldado, até se obter uma estrutura com ângulos e dimensões semelhantes (Figura 139).



A)
FIGURA 139: A) ENSAIOS SUPORTE DO ASSENTO FALHADOS; B) PROGRAMA E SUPORTE DO ASSENTO FINAL.

Produzida a nova estrutura iniciou-se a montagem da cadeira. Para a sua montagem apenas foi necessário furar o acento e fixar as peças de regulação ao assento e ainda as meias canas à estrutura, recorrendo a rebites disponíveis na empresa. Na realização da furação do assento, para que as peças ficassem alinhadas, pousou-se o assento na estrutura e posicionaram-se as peças na parte de trás do mesmo, encaixando-as à estrutura (Figura 140).



FIGURA 140: APLICAÇÃO DAS MEIAS CANAS E FIXAÇÃO PEÇAS DE REGULAÇÃO.

2.3.5. AVALIAÇÃO DO 1º PROTÓTIPO

Terminada a montagem de todos os componentes iniciou-se o processo de avaliação do 1º protótipo (Figura 141).



FIGURA 141: PRIMEIRO PROTÓTIPO.

De modo a facilitar o processo de avaliação foi criada uma lista de requisitos que deveriam ser verificados, relativamente a cada um dos componentes que compõe a cadeira e relativamente à ótica do utilizador (Tabela 25).

TABELA 25: REQUISITOS A CONSIDERAR NA AVALIAÇÃO DO PRIMEIRO PROTÓTIPO.

Estrutura

- Verificar se a base garante o suporte do peso;
- Verificar se a base não permite balançar de lado;
- Verificar se travessas em tubo são suficientes para suportar o peso;

Assento

- Avaliar a resistência do aglomerado, verificando se o assento suporta o peso no último nível.
- Analisar o balanço do encostos principalmente nos níveis 2 e 3;
- Verificar se existe espaço suficiente para a colocação dos dedos nas laterais do assento para regular o mesmo;
- Verificar se as dimensões se encontram de acordo com as definidas nos desenhos técnicos;

Peças de regulação

- Verificar se espaço deixado para o rebite é suficiente;
- Verificar se a espessura de encaixe da regulação é suficiente;

Ótica do utilizador

- Verificar usabilidade de encaixe da regulação: Fácil de encaixar e desencaixar;
- Analisar espaço para movimentar ancas e para movimentar os pés para trás;
- Aspeto de fixação com rebites;
- Espaço para mãos na parte de trás do encosto, para transportar a cadeira;
- Verificar se é possível de empilhar.

Estabelecidos os requisitos, iniciou-se o processo de avaliação realizando alguns ensaios. Como se tratava apenas da primeira avaliação, optou-se por efetuar os testes usando como cobaia um adulto e não uma criança, de modo a que o ensaio com crianças fosse efetuado com a devida segurança.

A primeira situação consistiu em verificar se a cadeira era fácil de regular, concluindo que existia alguma dificuldade dada a falta de espaço para colocação dos dedos nas extremidades do assento e ao difícil encaixe e desencaixe da estrutura, devido ao excesso de prisão das peças de regulação (Figura 142).



FIGURA 142: SEQUÊNCIA DE REGULAÇÃO.

O passo seguinte consistiu na análise da existência de espaço suficiente para que fosse possível movimentar as ancas e movimentar os pés. Com base nas dimensões de um adulto o espaço para as ancas encontra-se cumprido. Quanto ao movimento dos pés este já não era possível, uma vez que a altura da cadeira não se encontrava ajustada às dimensões do adulto.

Relativamente aos rebites verificou-se que o espaço deixado para a zona a rebitar era suficiente, não influenciando a regulação, e não existindo qualquer problema a nível formal, uma vez que em utilização a parte rebitada ficava escondida.

Em relação ao espaço para colocação da mão para transporte da cadeira verificou-se que este também se encontrava de acordo com as dimensões de um adulto (Figura 143).

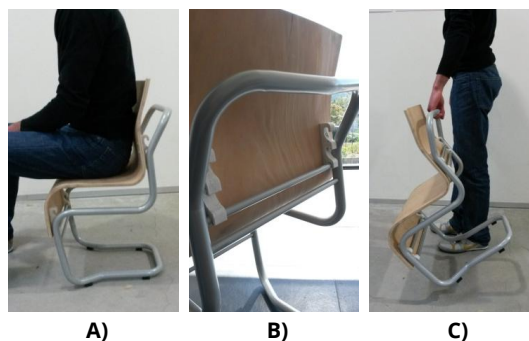


FIGURA 143: A) ESPAÇO PARA ANCAS; B) ESPAÇO PARA REBITES; C) TRANSPORTE DA CADEIRA.

Analisando o protótipo, relativamente aos aspetos mais técnicos, verificou-se que tanto a estrutura com o contraplacado garantiam o suporte do peso de um adulto de 100kg, sentado no nível mais alto, e ainda com uma pessoa de 70kg, em pé também no nível mais alto.

Examinando o balanço dos diversos componentes verificou-se que na zona do encosto apesar de existir algum balanço este não era crítico. Já no que se refere à base da estrutura, o balanço existente era mais acentuado, sendo possível balançar a cadeira tanto para a frente como para trás (Figura 144).

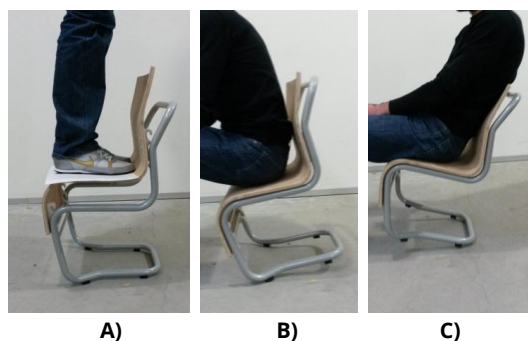


FIGURA 144: A) SUPORTE DO PESO NO ÚLTIMO NÍVEL; B) BALANÇO PARA A FRENTE; C) BALANÇO PARA TRÁS.

Fazendo o confronto das dimensões definidas inicialmente com as adquiridas no primeiro protótipo, verificaram-se apenas três diferenças. Duas relativas à altura da cadeira, não sendo críticas uma vez que se encontravam dentro dos limites estabelecidos pela norma, e uma relativamente à profundidade efetiva do assento que alterou-se devido à modificação do ângulo do encosto, após o arrefecimento do assento (Tabela 26).

TABELA 26: CONFRONTO ENTRE AS DIMENSÕES DEFINIDAS COM AS OBTIDAS NO PROTÓTIPO.

Tamanhos	Definidas			Protótipo		
	2	3	4	2	3	4
Altura NORMA (± 10)	310	350	380	310	350	380
Altura (40 em 40)	310	350	390	320	360	390
Profundidade efetiva NORMA (± 10 [nível 2] e ± 20)	270	300	340	270	300	340
Profundidade (tamanho único)	305			324		
Profundidade do assento NORMA (min)	t4 menos 20mm					
Largura NORMA (min)	280	320	340	280	320	340
Largura	405			405		
Ponto S NORMA (-10 a +20)	160	180	190	160	180	190
Ponto S	180			180		
Altura do encosto NORMA (min)	100			100		
Largura do encosto NORMA (min)	250	270	270	250	270	270
Largura do encosto (min)	405			405		
Raio horizontal do encosto (min)	300			700		
Inclinação do encosto	95° a 110°			97		

Nesta fase como apenas existia um protótipo não foi possível analisar o empilhamento da cadeira.

Passados vários testes de regulação, um dos encaixes partiu, durante a execução dos testes, levando à conclusão de que o PLA não era o material mais indicado para a produção destas peças, uma vez que se trata de um material pouco flexível. Para aumentar a flexibilidade das peças colocou-se a densidade média na impressão o que diminuiu a resistência das peças, acabando estas por partir (Figura 145).



FIGURA 145: ENCAIXE PARTIDO.

Em diálogo com o Engenheiro Diogo Belindro e o Designer Pedro Sottomayor foram discutidas as correções a efetuar de modo a solucionar os problemas encontrados: Para corrigir o balanço da estrutura optou-se por se acrescentar uma meia cana ao centro da zona de trás da base e trocar as meias canas da base, que se encontravam no segmento da frente, por meias canas posteriores, aplicadas na zona da curvatura.

Para facilitar a regulação, optou-se por alargar o assento em 15mm e dar espaço entre o assento e a estrutura no nível mais baixo, permitindo a colocação dos dedos por baixo do

assento para regular e evitando que as crianças entalem os dedos ao ajustarem o assento para este nível.

No que toca às peças de regulação optou-se por se criar três peças diferentes de modo a analisar qual a mais indicada para uma regulação mais acessível. A primeira possuía três encaixes, nos quais a prisão efetuada é igual por todos, a segunda também com três encaixes, mas o do centro não fazia qualquer prisão, e por fim uma terceira peça com apenas um encaixe (Figura 146).



1º PROTÓTIPO 2º PROTÓTIPO
FIGURA 146: MODELO 3D DO 1º E 2º PROTÓTIPO.

2.4. PROCESSO DE FABRICO E AVALIAÇÃO DO 2º PROTÓTIPO

Este segundo protótipo teve como objetivo principal testar as diferentes peças de regulação e a estabilidade da cadeira com diferente número de travessas. Para isso foi necessário criar uma nova estrutura, seguindo os procedimentos do 1º protótipo, mas colocando apenas duas travessas em vez de quatro. Além desta diferença diminuiu-se ainda a sua altura de modo a deixar uma folga de 7mm entre esta e o assento.

Relativamente ao assento apesar de terem sido propostas alterações no que toca à sua largura optou-se por utilizar o mesmo que no protótipo anterior, uma vez que essas alterações eram mínimas e não tinham muita influência nos testes a realizar. Quanto às novas peças de regulação a sua produção seguiu o procedimento apresentado anteriormente (Figura 147).



FIGURA 147: FABRICO DAS PEÇAS DE REGULAÇÃO REFERENTES AOS TRÊS ENSAIOS.

O próximo passo consistiu na realização dos três ensaios conjugando as três peças de regulação com a variação do número de travessas da estrutura. No primeiro ensaio foi utilizada a estrutura com apenas duas travessas e a peça de regulação que garantia a prisão nos três encaixes (Figura 148).

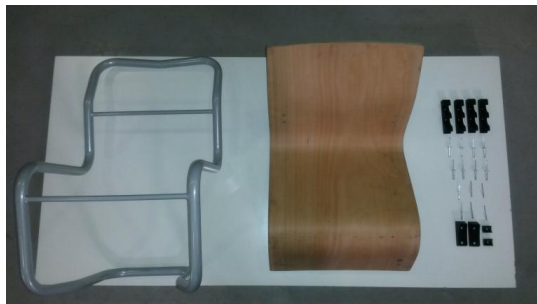


FIGURA 148: COMPONENTES DA CADEIRA PRIMEIRO ENSAIO.

Encontrando-se todos os componentes da cadeira produzidos, testou-se o balanço da estrutura, concluindo que com as meias canas posteriores tanto o balanço lateral como para frente foram corrigidos, já o balanço para trás manteve-se continuando a existir a necessidade de colocação de outra meia cana na parte de trás da base. Antes de se testar a regulação verificou-se se a cadeira com esta estrutura suportava o peso, concluindo que não havia qualquer alteração relativamente à estrutura do primeiro protótipo. Apesar de a cadeira continuar a ser empilhável, não foi possível analisar em que quantidade, uma vez que só existiam duas estruturas (Figura 149).

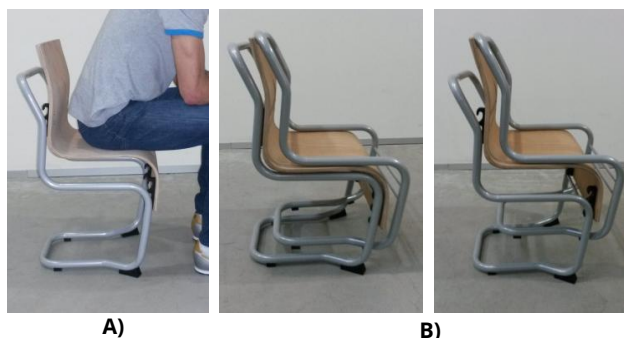


FIGURA 149: A) SUPORTE DO PESO E BALANÇO PARA A FRENTE; B) EMPILHAMENTO: ESTRUTURA COM DUAS TRAVESSAS.

Efetuada os testes concluiu-se que desta forma a regulação era muito mais simples, sendo os encaixes facilmente posicionados, fazendo estes uma prisão suficiente para que o desencaixe fosse fácil e para que o casco não se soltasse facilmente da estrutura (Figura 150).



FIGURA 150: REGULAÇÃO NOS TRÊS NÍVEIS – ENSAIO 1.

De modo a aferir se o assento desencaixava facilmente da estrutura, efetuou-se o teste de segurar a cadeira pelo casco e simular o seu lançamento no ar com um movimento brusco, verificando-se que quando efetuado com muito balanço o casco desprendia-se facilmente.

Durante a realização dos testes, concluiu-se ainda que com a utilização a tinta das travessas ia desgastando, ficando agarrada às peças de regulação, o que não é grave uma vez que essa zona irá ficar sempre tapada pela peça de regulação. Este facto deve-se à rugosidade das peças impressas em PLA, sendo necessário avaliar posteriormente se o mesmo acontece com a utilização do nylon (Figura 151).



FIGURA 151: DESGASTE DA TINTA DA ESTRUTURA.

Em relação ao espaço para colocação dos dedos no último nível, este continuava a não ser suficiente, a solução para facilitar a regulação estará em alargar o casco como já tinha sido referido anteriormente. Outro teste efetuado foi o arrastar da cadeira para a frente, de modo a se ficar sentado mais próximo da mesa, concluindo que este movimento se faz com facilidade.

Para que fosse possível avançar nos testes, no segundo ensaio utilizou-se a estrutura do primeiro protótipo, com quatro travessas, recorrendo desta vez à peça de regulação que garantia a prisão no primeiro e terceiro encaixe e no segundo não efetuava qualquer prisão. Ao utilizar esta peça de regulação verificou-se que a cadeira continuava a ser de difícil encaixe e desencaixe, nos níveis 2 e 3, podendo isto dever-se ao facto de esta ficar presa em oito locais (Figura 152).



FIGURA 152: SEGUNDO ENSAIO.

Como esta estrutura já foi avaliada no primeiro protótipo, achou-se que não era necessário repetir os testes de suporte de peso, de empilhamento, espaço para dedos e balanço, uma vez que os resultados seriam os mesmos.

No terceiro ensaio utilizou-se novamente a estrutura do primeiro protótipo acrescentando apenas a esta duas travessas, uma na zona do encosto e outra na zona das pernas, uma vez que para este teste a peça de regulação possuía apenas um encaixe (Figura 153).



FIGURA 153: COMPONENTES ENSAIO 3.

Comparativamente com os ensaios anteriores, o espaço para dedos e o balanço mantêm-se iguais, uma vez que não foram feitas alterações nem à da estrutura nem ao casco. A nível de empilhamento verifica-se, que encontrando-se a cadeira no nível mais alto o empilhamento não é possível, pois o terceiro tubo faz com que a cadeira de cima escorregue. Já no nível mais baixo o empilhamento é igual ao primeiro teste (Figura 154).



FIGURA 154: EMPILHAMENTO ENSAIO 3.

Quanto à facilidade de encaixe nesta situação, verificou-se que o posicionamento do casco no nível mais baixo e médio torna-se difícil, uma vez que as peças têm que estar alinhadas pelos tubos de cima e de baixo (Figura 155).



FIGURA 155: REGULAÇÃO NOS TRÊS NÍVEIS – ENSAIO 3.

Outro ponto fraco desta situação é o espaço para pés abaixo do assento. Os três tubos no nível médio e no nível mais alto impedem a colocação dos pés para trás. Enquanto no ensaio 1 isso já não acontece.

Fazendo uma análise aos três ensaios conclui-se que a melhor situação é a descrita no ensaio 1. Nesta situação a regulação é mais fácil, a cadeira fica mais leve pois só tem duas travessas, o empilhamento é possível em qualquer nível, até cerca de 3 cadeira e a sua produção e montagem torna-se mais rápida uma vez que apenas é necessário fazer-se 4 furos e apenas é composta por 2 travessas, diminuindo o número de peças a produzir. Também neste ensaio verificou-se que se consegue puxar a cadeira para mais próximo da mesa com alguma facilidade.

Por fim concluiu-se ainda que era necessário repetir-se os testes efetuados até ao momento usando o nylon como material para as peças de regulação, uma vez que as características do material influenciam em muito o correto funcionamento da regulação.

2.5. PROCESSO DE FABRICO E AVALIAÇÃO DO 3º PROTÓTIPO

Neste terceiro protótipo foram utilizados todos os componentes do primeiro ensaio do segundo protótipo, exceto as peças de regulação que foram substituídas por peças fabricadas em nylon.

Para a produção das peças em nylon, existiam duas possibilidades por injeção, obtendo a peça completamente finalizada ou por corte CNC por arranque de apara onde posteriormente ao corte seria necessário efetuar-se a furação. Em ambos os casos era fundamental alterar-se a distância entre furos uma vez que nenhum dos furos pode estar tapado (Figura 156).

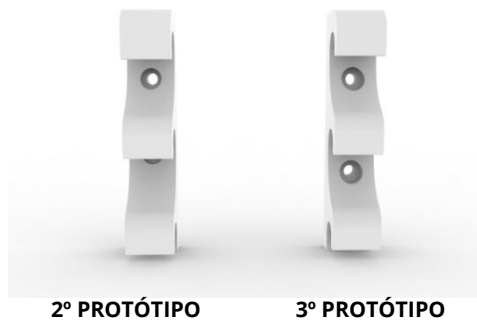


FIGURA 156: ALTERAÇÃO DA FURAÇÃO PEÇAS DE REGULAÇÃO.

De modo a que fosse possível recorrer ao processo de injeção para a produção das peças de regulação, era necessário desenvolver um molde e verificar se as características da máquina de injeção da NAUTILUS possibilitavam a injeção das peças em nylon.

O primeiro passo na criação de um molde consiste num estudo prévio e no desenvolvimento de um desenho-preliminar, em que é desenvolvida a linha de junta da peça, considerando a disposição, o número de peças a produzir para cada injeção e a disposição dos diversos componentes integrantes do molde. Para a criação do preliminar é fundamental considerar vários requisitos impostos pelas características do material, como a viscosidade e a contração, e pela geometria das peças, como os ângulos de desmoldagem e ainda a necessidade de criação de movimentos para a desmoldagem de certas zonas das peças.

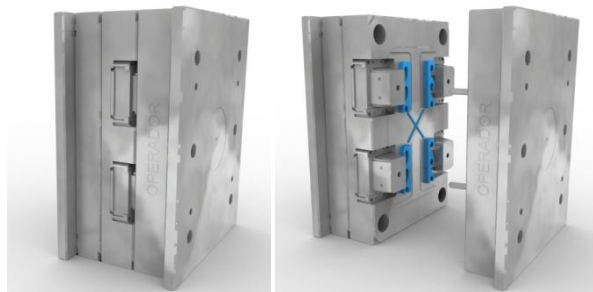


FIGURA 157: PRELIMINAR DO MOLDE.

Uma vez que a peça possui furos, que não ficam orientados em função do sentido de desmoldagem da mesma, é necessário criar um molde com movimentos que permitam formar a peça pretendida.

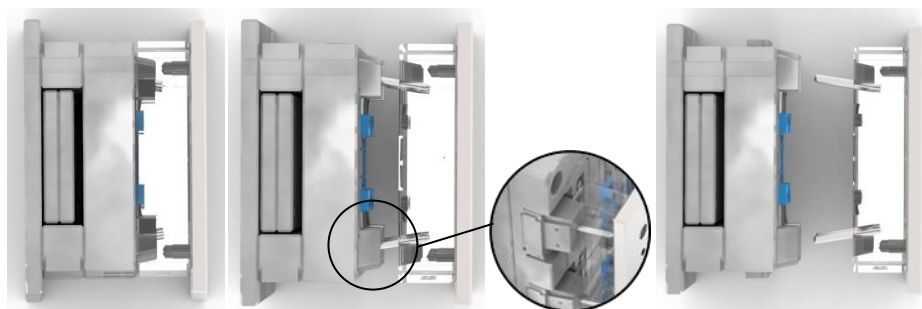


FIGURA 158: MOVIMENTO DO MOLDE.

Ao analisar o preliminar desenvolvido, concluiu-se que além da criação de ângulos de saída na peça, para facilitar a desmoldagem e evitar o aparecimento de raspados na peça, era fundamental proceder-se a algumas alterações na mesma ou estudar outro método para realizar os furos na peça. Uma das alterações a considerar, consiste na localização dos furos da peça, pois verificou-se que, no molde, iria existir uma zona frágil com pouca espessura de material (0,4mm) e que certamente será uma zona de problemas, podendo dificultar o ajuste do movimento entre o macho e o molde e provocar o aparecimento de rebarbas na peça.

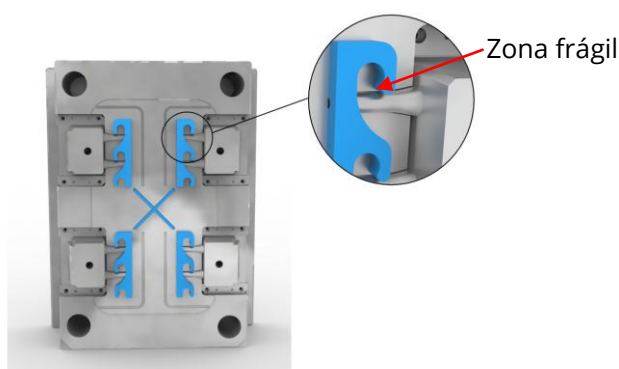


FIGURA 159: ZONA FRÁGIL NO MOLDE.

Para a produção das peças por injeção era necessário algum tempo, para o desenvolvimento e produção do molde, tendo este um custo acrescido, devido à necessidade de movimentos. Por este motivo, optou-se por se fazer a produção das peças recorrendo a uma máquina de corte CNC por arranque de apara, uma vez que se trata de um processo barato e rápido, onde não existe a necessidade de desenvolvimento de novas ferramentas. Este processo baseia-se no desbaste de uma placa de nylon, recorrendo a um movimento contínuo de uma fresa. Este movimento é efetuado pelos contornos limite da peça, que são indicados a partir de coordenadas dadas recorrendo a um programa de controlo numérico, CAM.

2.5.1. PROCESSO DE FABRICO DAS PEÇAS DE REGULAÇÃO EM NYLON POR CORTE POR ARRANQUE DE APARA

Contactaram-se várias empresas do sector de modo a obter orçamentos para o corte das peças. Juntamente com o pedido de orçamento, foi enviado o desenho técnico das peças a fabricar, sem furação. Dos orçamentos obtidos o custo de corte das 4 peças rondava os 30€/h (Anexo A). Contactou-se ainda a empresa Optima, localizada em São João da Madeira, fabricante de máquinas CNC de corte, gravação, fresagem, máquinas laser galvanométrico e de prego decorativo, para verificar a possibilidade de fazer o corte das peças nas suas instalações. Esta disponibilizou-se a fazer o corte das peças sem qualquer custo associado. De modo a fazer o corte das peças na empresa Optima, criou-se um pedido de colaboração, para formalizar a situação (Anexo B).

Em discussão com o Engenheiro Joaquim Silva, dessa empresa, chegou-se à conclusão que seria melhor efetuar o corte de 8 peças em vez de 4, para ter algumas de reserva caso alguma partisse ou ficasse com a furação mal feita.

Para o corte das 8 peças foi necessário comprar uma placa de nylon com 250x200x20mm, uma vez que além das dimensões das peças é ainda importante considerar que estas deveriam ter pontes de ligação entre elas, pois são peças muito pequenas e durante o corte podem soltar-se. Contactou-se então a empresa fornecedora da NAUTILUS, deste tipo de materiais, ficando a placa por 8,12€. Posteriormente foi necessário verificar as medidas exatas da mesma (253x220x20mm) para de seguida se efetuar a programação do corte.

Posto isto, iniciou-se o processo de preparação do CAM. Nesta fase, converteu-se o ficheiro CAD para um desenho vetorial (.dxf). O passo seguinte consistiu na análise das operações necessárias para efetuar o corte da peça, observando ainda quais os raios ou furos mais pequenos, servindo estes furos para determinar qual a fresa que se iria utilizar (nunca se deve utilizar uma fresa com o diâmetro maior que o raio ou furo mais pequeno da peça, esta deve ser de preferência mais pequena). Como o raio dos encaixes era de 6mm optou-se por utilizar uma fresa com essas dimensões. Para a escolha da fresa além de se considerar o raio mais pequeno da peça na escolha do seu tamanho, foi ainda necessário examinar o tipo de material a cortar, a espessura e o acabamento que se pretendia dar à peça. Após a seleção da fresa, as peças foram dispostas pela placa e nylon, deixando entre estas um espaço superior ao diâmetro da fresa, para que esta nunca toque na peça seguinte.

Neste caso, como a fixação da placa ao tampo da máquina foi criada a partir de parafusos e esta não possuía sistema de vácuo, foi necessário manter as peças fixas à placa de alguma forma. Para isso foram criadas pontes de amarração, que são utilizadas usualmente em casos em que a fixação à máquina é deste género ou se o tamanho das peças a cortar for muito pequeno e não permite a fixação por vácuo, durante o processo de corte por arranque de apara, levando a que as peças se soltem. A escolha dos locais onde foram aplicadas as pontes foi ponderada de modo a garantir que as peças não se

soltassem durante o corte, e sua dimensão de modo a que no final fossem fáceis de eliminar (Figura 160).



FIGURA 160: FIXAÇÃO DA PLACA À MESA DE CORTE.

Criado o ficheiro CAM e definida a fresa iniciou-se o processo de corte das peças. Primeiro passou-se o ficheiro CAM para a máquina CNC, de seguida fixou-se a placa à mesa da máquina e definiu-se qual seria o ponto de referência na placa (ponto em que todos os eixos se encontram a zero), para que a máquina conseguisse dar as indicações de corte corretamente. Definida a origem das coordenadas iniciou-se o processo de corte por arranque de apara (Figura 161).



FIGURA 161: PROCESSO DE CORTE DAS PEÇAS DE REGULAÇÃO EM NYLON.

Finalizado o corte, eliminaram-se as pontes de amarração e deu-se acabamento à peça. Como se tratava do primeiro protótipo as peças ficaram com algumas rebarbas, mas com o aperfeiçoamento das velocidades de corte é possível melhorar o acabamento e ao mesmo tempo o rendimento de corte (Figura 162).

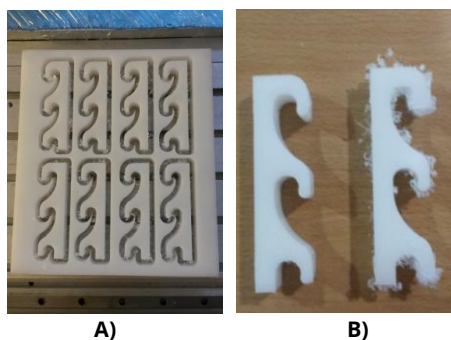


FIGURA 162: A) PLACA COM CORTE DAS PEÇAS FINALIZADO; B) PEÇA DE REGULAÇÃO ANTES E DEPOIS DO ACABAMENTO.

Segundo o orçamento mais barato o corte das peças ficaria por 30€/hora. Tendo em conta que cada peça demorou cerca de 4 minutos a ser cortada, o custo de produção seria aproximadamente de 5€ por peça. Custo que pode diminuir com o aperfeiçoamento das velocidades de corte.

Por fim fez-se a furação nas quatro peças, conforme o desenho estipulado. Neste caso a furação foi criada utilizando um berbequim, fazendo primeiro a furação com o diâmetro mais pequeno e de seguida o furo para a parte rebitada do rebite.

De forma a facilitar o processo de furação, o ideal seria utilizar brocas com diâmetros múltiplos, neste caso com o diâmetro de 5 e 10mm, que normalmente são feitas por medida. Outra solução seria fazer a furação recorrendo novamente a uma fresadora, mas para isso seria necessário utilizar uma fresadora com eixo horizontal. Nas fresadoras deste tipo, em vez de ser a fresa a movimentar-se na horizontal, seriam as peças, de modo a que a furação pode-se ser realizada em contínuo. Nesta situação, seria ainda necessário dispor as peças em fila, sempre com a superfície a furar desimpedida, sendo necessário encontrar-se uma forma de fixar as peças à mesa da máquina, mantendo sempre a mesma distância entre estas (Figura 163).

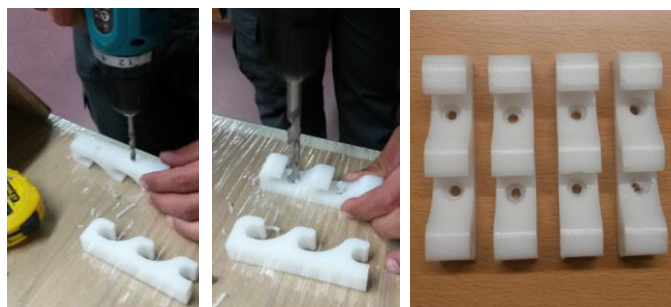


FIGURA 163: FURAÇÃO DAS PEÇAS DE REGULAÇÃO.

Após a produção das peças de regulação iniciou-se o processo de avaliação do terceiro protótipo. Seguindo a mesma metodologia de avaliação dos outros protótipos.

Fazendo uma análise ao encaixe das peças verificou-se que estas encaixavam facilmente e o mesmo acontece quando se pretende desencaixar para mudar de nível. Isto deve-se ao facto do nylon ser um material mais flexível e menos aderente. O facto do casco se encontrar empenado também influencia a facilidade com que as peças encaixam/desencaixam.

Ao fazer o teste de segurar a cadeira pelo casco e simular o seu lançamento no ar com um movimento brusco, verificou-se que o casco se soltava com muita facilidade e por isso as peças de nylon necessitavam de fazer maior prisão. Com a utilização esta situação iria piorar uma vez que os encaixes têm tendência a perder força. Com este teste foi ainda possível concluir que se deveriam ter iniciado os testes recorrendo ao material seleccionado inicialmente, nylon, pois todos os testes que foram realizados terão de ser novamente

repetidos uma vez que como se verificou as características do nylon alteram completamente o funcionamento do mecanismo.

Dada a necessidade das peças de regulação fazerem maior prisão, quando se utiliza o nylon como material, optou-se por se recorrer à modelação inicial, da peça de regulação e voltar a cortar novas peças em nylon.

Seguindo o mesmo procedimento de fabrico que nas peças anteriores obtiveram-se as novas peças em nylon. De modo a diminuir a vibração das peças optou-se por se criar outro ponto de fixação da placa, na zona central da mesma. De modo a melhorar o acabamento das peças, desta vez utilizou-se uma fresa de 8mm e não de 6mm, diminuindo desta forma o número de passagens da fresa, e aumentou-se a velocidade de corte.

Ao realizarem-se estas alterações no processo de corte das peças estas ficaram com um acabamento muito superior ao das peças cortadas anteriormente, sendo apenas necessário eliminar-se as pontes de ligação (Figura 162).

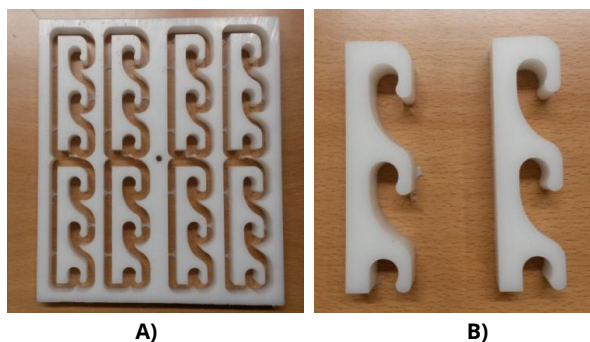


FIGURA 164: A) PLACA COM CORTE DAS PEÇAS FINALIZADO; B) PEÇA DE REGULAÇÃO ANTES E DEPOIS DO ACABAMENTO.

Após o corte das peças estas foram furadas e aplicadas ao assento. Encontrando-se a cadeira montada, repetiram-se todos os testes efetuados no primeiro protótipo, de modo a verificar-se a viabilidade da utilização do nylon como material para as peças de regulação (Figura 165).



FIGURA 165: SEGUNDO ENSAIO: TERCEIRO PROTÓTIPO.

2.5.2. AVALIAÇÃO DO 3º PROTÓTIPO

De modo a facilitar o processo de avaliação, reformulou-se a lista de requisitos efetuada no início, procurando incluir todos os pontos de avaliação que foram sendo acrescentados durante a avaliação dos protótipos anteriores. Estabelecidos os requisitos iniciou-se o processo de avaliação repetindo os testes efetuados anteriormente (Tabela 27).

TABELA 27: PONTOS A AVALIAR DURANTE A EXECUÇÃO DOS TESTES.

Avaliar:

- Usabilidade da regulação: Fácil de encaixar e desencaixar;
- Probabilidade de se soltar;
- Suporte do peso;
- Espaço para movimentar ancas e os pés;
- Espaço para mãos para transporte da cadeira;
- Empilhamento (limpeza/arrumação);
- Movimento da cadeira para a frente;
- Balanço: frente, atrás, lados;
- Resistência das peças de regulação ao uso;
- Desgaste da tinta.

Começando pela avaliação da regulação verificou-se que o guiamento do encaixe e desencaixe das peças de regulação era simples. Ao existirem duas travessas na estrutura, apenas era necessário encostar os encaixes das peças de regulação ao tubo de cima, que as de baixo já ficavam na posição correta, sendo apenas necessário pressionar os quatro pontos de fixação, para efetivar o encaixe. Ao efetuar a regulação da cadeira, verificou-se ainda que os encaixes faziam a prisão necessária para que o casco não se soltasse da estrutura, caso fosse arremessado ao ar. Solucionando este problema, o objetivo da cadeira ser regulada pela criança pode ficar comprometido, havendo necessidade de efetuar o teste de regulação por uma criança (Figura 166).



FIGURA 166: SEQUÊNCIA DE REGULAÇÃO – 3º PROTÓTIPO.

O passo seguinte consistiu na análise do suporte do peso, verificando que a cadeira continuava a suportar, no nível mais alto 65kg em pé e sentado. Relativamente ao espaço para movimentar as ancas e os pés, o espaço para a mão, o empilhamento, o movimento da cadeira para a frente e o balanço, obtiveram-se os mesmos resultados que nos protótipos anteriores (Figura 167).

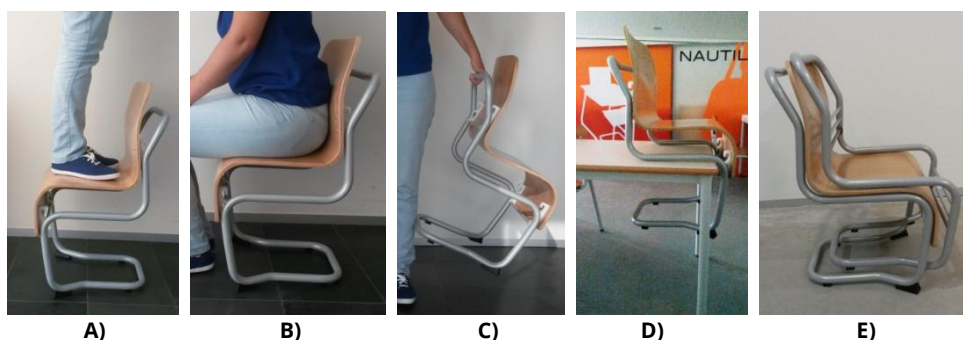


FIGURA 167: A) SUPORTE DO PESO EM PÉ; B) SUPORTE DO PESO SENTADO; C) TRANSPORTE DA CADEIRA; D) EMPILHAMENTO PARA LIMPEZA; E) EMPILHAMENTO PARA ARRUMAÇÃO.

Analisando os dois ensaios efetuados conclui-se que se deveria ter iniciado o processo de testes usando o nylon como material para as peças de regulação, pois as conclusões que foram sendo retiradas dos ensaios, referentes ao funcionamento do mecanismo, efetuados com as peças de regulação em PLA, não foram conclusivos.

TABELA 28: RESULTADOS DA AVALIAÇÃO.

Pontos a avaliar	Resultados
• Usabilidade da regulação: Fácil de encaixar e desencaixar;	Cumpre
• Probabilidade de se soltar;	Cumpre
• Suporte do peso;	Cumpre
• Espaço para movimentar ancas e os pés;	Cumpre
• Espaço para mãos para transporte da cadeira;	Cumpre
• Empilhamento (limpeza/arrumação);	Cumpre
• Movimento da cadeira para a frente;	Cumpre
• Balanço: frente, atrás, lados;	Não cumpre
• Resistência das peças de regulação ao uso;	Cumpre
• Desgaste da tinta.	Cumpre

2.5.2.1. UTILIZAÇÃO POR CRIANÇAS

Encontrando-se a cadeira finalizada, foi necessário testa-la com crianças procurando analisar se está bem dimensionada, se as crianças a conseguem regular sozinhas e se a sua utilização em ambiente de sala de aula não compromete o comportamento das crianças.

Recorrendo à Tabela 27 selecionaram-se os pontos cuja utilização deveria ser avaliada tendo por base a utilização efetuada por uma criança. De modo a tornar a avaliação destes pontos o mais viável possível, recorreram-se a duas crianças, uma que frequenta o 1º ano e outra o 4º ano. Como não foi possível efetuar o teste numa escola procurou-se simular ao máximo o ambiente escolar (Tabela 29).

TABELA 29: PONTOS DE AVALIAÇÃO.

Avaliar:

- Usabilidade da regulação: Fácil de encaixar e desencaixar;
- Espaço para movimentar ancas e os pés;
- Espaço para mãos para transporte da cadeira;
- Movimento da cadeira para a frente;
- Balanço: frente, atrás, lados;

Testando a cadeira com uma criança com 10 anos de idade, verificou-se que apesar de ter alguma dificuldade em desencaixar o encosto esta conseguiu regular a cadeira para o seu tamanho, sendo necessário explicar-lhe quais os passos que deveria seguir para efetuar a regulação (Figura 168).



FIGURA 168: REGULAÇÃO EFETUADA PELA CRIANÇA DE 10 ANOS.

Ao pedir à criança para simular o seu comportamento dentro da sala de aula, esta manteve uma postura correta enquanto escrevia. Ao analisar a postura ao pormenor verificou-se que a cadeira apresentava uma pequena inclinação para a frente. Quando foi pedido à criança para testar o balanço da cadeira verificou-se que esta conseguia inclinar o assento para trás sem grande dificuldade. Quando se pediu para que ela arrasta-se a cadeira para a frente ela fê-lo sem problemas (Figura 169).

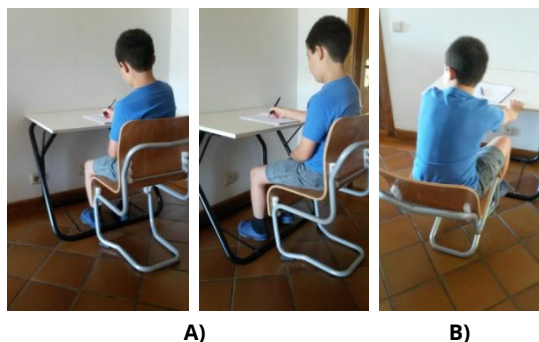


FIGURA 169: A) POSTURA ADOTADA PELA CRIANÇA DE 10 ANOS; B) BALANÇO PARA TRÁS.

Testando a cadeira com uma criança de 6 anos, verificou-se que esta não mantinha uma postura correta, pois para conseguir escrever inclinava-se para cima da mesa. Esta situação pode ter dois motivos, um trata-se das dimensões da mesa não serem as mais adequadas para o seu tamanho, o segundo pode estar relacionado com as dimensões da cadeira, mais propriamente a sua altura e a inclinação para a frente (Figura 170).



FIGURA 170: POSTURA ADOTADA PELA CRIANÇA DE 6 ANOS.

Quando lhe foi pedido para regular a cadeira, esta criança não conseguiu desencaixar o casco da estrutura. Relativamente ao arrastar da cadeira para a frente, também teve algumas dificuldades pois ao tentar puxar a cadeira, como tinha tendência para colocar as pernas para trás o casco batia-lhe nas pernas.

Finalizados os testes concluiu-se que existem alguns problemas na cadeira que devem ser corrigidos. Um deles trata-se do balanço para trás que poderá ser corrigido através da aplicação de meias canas na zona de trás da base ou então na zona da curvatura da mesma. Outra solução trata-se de alterar a configuração da base da cadeira de modo a que esta tenha uma área maior de contacto com o chão.

Outro problema a solucionar consiste na inclinação do assento para a frente, que pode ser corrigida através da alteração do desenho da estrutura nomeadamente na zona de suporte do assento, através da aplicação de alguma inclinação.

Relativamente ao funcionamento do sistema de regulação concluiu-se que neste momento este se encontra bem definido. Apesar de inicialmente se ter proposto que a cadeira seria regulada apenas pelas crianças, durante a realização dos testes, verificou-se que uma criança com 6 anos, não tem força suficiente para a desencaixar e por isso iria necessitar da ajuda de um adulto. A criança com 10 anos não apresentou qualquer dificuldade em

posicionar a cadeira no seu tamanho. Como as crianças mais pequenas ainda não tem a autonomia necessária para definirem qual a melhor altura para elas, assume-se que, nestes casos, a cadeira deve ser regulada pelos professores, para que desta forma as crianças não andem a soltar deliberadamente o assento da cadeira.

TABELA 30: RESULTADOS DA AVALIAÇÃO.

Pontos a avaliar	Resultados
• Usabilidade da regulação: Fácil de encaixar e desencaixar; • Espaço para movimentar ancas e os pés; • Espaço para mãos para transporte da cadeira; • Movimento da cadeira para a frente; • Balanço: frente, atrás, lados;	Cumpre Cumpre Cumpre Cumpre Não cumpre

Conclusão

A primeira parte da dissertação, consistiu na análise dos aspetos teóricos fundamentais para o desenvolvimento de mobiliário escolar impulsionador de boas posturas. Nesta parte foi possível compilar alguma informação útil, que poderá servir como base para futuros projetos de desenvolvimento de mobiliário escolar, principalmente no que se refere aos critérios ergonómicos e ao dimensionamento do mobiliário escolar.

Com o desenvolvimento da proposta de um sistema universal de tamanhos, foi possível encontrar um modelo normativo para apoiar o trabalho de conceção e design do conjunto cadeira e mesa escolar, tornando possível a conceção do conjunto cadeira e mesa adequado ergonomicamente às dimensões antropométricas de crianças entre 6 os 10 anos e possibilitando ainda o dimensionamento do mobiliário escolar para outras faixas etárias, através da utilização da metodologia aplicada neste estudo.

Com o estudo de caso na segunda parte, fez-se a apresentação do processo de desenvolvimento de uma cadeira escolar para crianças dos 6 aos 10 anos, desde a criação do conceito até à fase de prototipagem. Partindo do estudo aprofundado do mecanismo, o desenho da cadeira foi sendo desenvolvido com base em decisões sólidas e tecnologicamente sustentadas. Recorrendo a uma relação de partilha promovida pelo projeto integrado foi possível aprimorar as funcionalidades do produto, apurar a qualidade de produção e assim potenciar a sua criatividade, uma vez que dispondo de um maior número de informações sobre o projeto, o Designer, consegue potencializar a sua criatividade, podendo desta forma solucionar os problemas de forma inovadora.

A cooperação com a NAUTILUS foi fundamental para que o conceito da cadeira Seat&Grow, desenvolvido na unidade curricular de Projeto de Design Industrial, passa-se da teoria para a prática. O acesso aos materiais, tecnologias e processos de fabrico da empresa, permitiram conhecer o universo industrial, ajudando na tomada de decisão durante o aperfeiçoamento do conceito. Além das condicionantes industriais, foi possível também perceber que os tempos de produção influenciam a evolução do desenvolvimento de novos produtos.

A validação da proposta ficou por concluir devido à cadeira não se encontrar totalmente finalizada necessitando de algumas alterações e de ser testada por mais crianças e em ambiente escolar. Além das alterações propostas é ainda necessário refletir sobre os processos de fabrico dos diferentes componentes da cadeira, considerando os custos e tempos de produção, para otimizar a sua produção.

Desenvolvimentos futuros

Com o terminar desta dissertação, verifica-se que existem ainda algumas melhorias que podem ser realizadas à cadeira até que seja possível validá-la.

- A correção de alguns problemas encontrados na última avaliação, como o balanço para trás e a inclinação do assento para a frente;
- A produção de um novo protótipo com um assento mais largo;
- A realização de uma nova avaliação da cadeira, desta vez em ambiente escolar e recorrendo a um maior número de crianças;
- A realização dos testes mencionados na parte 2 da norma;
- Iniciar o processo de pedido de patente.

Em paralelo a este processo, pretende-se também prototipar o conceito da mesa já desenvolvido e testa-lo juntamente com a cadeira.

Referências

1. Perez V. A influência do mobiliário e da mochila escolares nos distúrbios músculo-esqueléticos em crianças e adolescentes [Dissertação de Mestrado]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2002.
2. Domljan D, Grbac I, Vlaovic Z, editores. Pupils' sitting behaviour in relation to design of the school furniture. 3rd International Ergonomics Conference; 2007; Stubicke Toplice, Zagreb, Croatia.
3. Gonçalves MA. Análise das condições ergonómicas das salas de aula do primeiro ciclo do ensino básico [Tese de Doutoramento]. Braga: Universidade do Minho; 2012.
4. Surrador SRB. Mobiliário Escolar Infantil: Recomendações para o seu design [Dissertação de Mestrado]. Porto: Universidade do Porto; 2010.
5. Geldhof E, De Clercq D, De Bourdeaudhuij I, Cardon G. Classroom postures of 8–12 year old children. *Ergonomics*. 2007;50(10):1571-81.
6. Storr-Paulsen A, Aagaard-Hensen J. The working positions of schoolchildren. *Applied Ergonomics*. 1994;25(1):63-4.
7. Troussier B. Comparative study of two different kinds of school furniture among children. *Ergonomics*. 1999;42(3):516-26.
8. Barbosa AF. Avaliação da Influência do Mobiliário Escolar na Postura Corporal em Alunos Adolescentes [Dissertação de Mestrado]. Braga: Universidade do Minho; 2009.
9. Kendall FP, McCrory EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. *Músculos: provas e funções com postura e dor*. 5ª ed. Barueri, São Paulo: Manole; 2007.
10. Iida I. *Ergonomia: projeto e produção*. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher; 2005.

11. Panero J, Zelnik M. Las Dimensiones Humanas En Los Espacios Interiores: Estándares antropométricos. 7 ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili; 1996.
12. Knight G, Noyes JAN. Children's behaviour and the design of school furniture. *Ergonomics*. 1999;42(5):747-60.
13. Cardon G, De Clercq D, De Bourdeaudhuij I, Breithecker D. Sitting habits in elementary schoolchildren: a traditional versus a "Moving school". *Patient Education and Counseling*. 2004;54(2):133-42.
14. Reis PF. Estudo da Interface Aluno-Mobiliário: A Questão Antropométrica e Biomecânica da Postura Sentada [Dissertação de Mestrado]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2003.
15. Moro ARP. Ergonomia da sala de aula: constrangimentos posturais impostos pelo mobiliário escolar. *Revista Digital [Internet]*. 2005; 10(85):[1-6 pp.]. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd85/ergon.htm>.
16. Domljan D, Vlaovic Z, Grbac I. Pupils' working postures in primary school classrooms. *Periodicum Biologorum*. 2010;112(1):39-45.
17. Garcia Molina C, Moraga R, Pozo A, Tortosa L, Verde V. *Ergonomia y Mueble: Guia de recomendaciones para el diseño de mobiliário ergonómico*. Valência: Instituto de Biomecánica de Valencia; 1992.
18. Pequini SM. *Ergonomia aplicada ao design de produtos: um estudo de caso sobre o design de bicicletas* [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo; 2005.
19. Hira DS. An ergonomic appraisal of educational desks. *Ergonomics*. 1980;23(3):213-21.
20. Domljan D, Grbac I, Bogner A, editores. A new approach to the children's work furniture desing in line with the latest ergonomic requirements. 2nd International Ergonomics Conference; 2004; Stubičke Toplice, Zagreb, Croatia
21. Murphy S, Buckle P, Stubbs D. The use of the portable ergonomic observation method (PEO) to monitor the sitting posture of schoolchildren in the classroom. *Applied Ergonomics*. 2002;33(4):365-70.
22. Ferreira SMS, Stadler RdCdL, Pilatti LA, editores. *Recomendações ergonômicas aplicáveis ao mobiliário escolar para prevenção de problemas posturais em alunos com baixa visão*. I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia; 2009; Ponta Grossa, PR: SINECT.
23. Assunção ARM. Efeito do desajustamento das dimensões do mobiliário escolar em relação às características morfológicas de adolescentes com diferentes níveis de maturação na prevalência de sintomas músculo-esqueléticos na coluna

vertebral [Dissertação de Mestrado]: Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa 2011.

24. Carnide MF. Ergonomia Escolar: Recomendações. Programa Nacional de Saúde Escolar. Lisboa: Direção Geral de Saúde; 2006. p. 26. Disponível em: http://www.dgs.pt/ficheiros-de-upload-3/pncdr-recom-ergonomia-escolar_final-out06-pdf.aspx.
25. FIRA. Safe seats of learning: How good school furniture can make a difference. Furniture Industry Research Association, 2008.
26. Castellucci HI, Arezes PM, Molenbroek JFM, Viviani C. The effect of secular trends in the classroom furniture mismatch: support for continuous update of school furniture standards. *Ergonomics*. 2014;58(3):524-34.
27. Domljan D, Grbac I, Hadina J. Classroom Furniture Design - Correlation of Pupil and Chair Dimensions. *Collegium antropologicum*. 2008;32(1):257-65.
28. García-Acosta G, Lange-Morales K. Definition of sizes for the design of school furniture for Bogotá schools based on anthropometric criteria. *Ergonomics*. 2007;50(10):1626-42.
29. Dianat I, Karimi MA, Asl Hashemi A, Bahrampour S. Classroom furniture and anthropometric characteristics of Iranian high school students: Proposed dimensions based on anthropometric data. *Applied Ergonomics*. 2013;44(1):101-8.
30. Panagiotopoulou G, Christoulas K, Papanckolaou A, Mandroukas K. Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school. *Applied Ergonomics*. 2004;35(2):121-8.
31. Castellucci HI, Arezes PM, Viviani CA. Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. *Applied Ergonomics*. 2010;41(4):563-8.
32. Prado-León LR, Avila-Chaurand Ro, González-Muñoz EL. Anthropometric study of Mexican primary school children. *Applied Ergonomics*. 2001;32(4):339-45.
33. Chung JWY, Wong TKS. Anthropometric evaluation for primary school furniture design. *Ergonomics*. 2007;50(3):323-34.
34. Gouvali MK, Boudolos K. Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. *Applied Ergonomics*. 2006;37(6):765-73.
35. Saarni L, Nygård CH, Kaukiainen A, Rimpelä A. Are the desks and chairs at school appropriate? *Ergonomics*. 2007;50(10):1561-70.
36. Molenbroek J, Kroon-Ramaekers Y, Snijders C. Revision of the design of a standard for the dimensions of school furniture. *Ergonomics*. 2003;46(7):681-94.

37. Pheasant S. Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work: Taylor & Francis; 2003.
38. Bendix T, Winkel J, Jessen F. Comparison of office chairs with fixed forwards and backwards inclining, or titable seats. European Journal of Applied Physiology. 1985;54:378-85.
39. Murphy S, Buckle P, Stubbs D. A cross-sectional study of self-reported back and neck pain among English schoolchildren and associated physical and psychological risk factors. Applied Ergonomics. 2007 11//:797-804.
40. Grandjean E, Kroemer KHE. Fitting The Task To The Human, Fifth Edition: A Textbook Of Occupational Ergonomics: Taylor & Francis; 1997.
41. Moro ARP. Análise biomecânica da postura sentada: Uma abordagem ergonômica do mobiliário escolar [Tese de Doutorado]. Santa Maria, RS - Brasil: Universidade Federal de Santa Maria; 2000.
42. Scott Openshaw A, Erin Taylor A. Ergonomics and Design: A Reference Guide. USA: Allsteel Inc.; 2006.
43. Buti LB. Ergonomic Product Design. In: Karwowski W, editor. International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors. 2ª Edição ed. USA: Taylor & Francis; 2006. p. 1590 - 5.
44. IEA - International Ergonomics Association [04.05.2015]. Disponível em: <http://www.iea.cc/whats/>.
45. Council for the Curriculum EaA. Section A: Fact Files - Aesthetics, Ergonomics, Anthropometrics Part 1. CCEA; 2012. Disponível em: <http://www.rewardinglearning.org.uk/qualifications/results.aspx?g=0&t=0&s=87&d=t=0&v=0&f=0&q=196&d=d>.
46. Abrahão J, Sznclwar L, Silvino A, Sarmet M, Pinho D. Introdução à ergonomia: da prática à teoria. 1ª ed. São Paulo: Edgar Blucher Ltda.; 2009.
47. Barnes RM. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 6ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher; 1977.
48. Paschoarelli LC, dos Santos Menezes M. Design e ergonomia: aspectos tecnológicos: SciELO - Editora UNESP; 2009.
49. Domik G. Teaching visualization in multidisciplinary, interdisciplinay or transdisciplinary mode. 2008:11.
50. Fontoura AM. A interdisciplinaridade e o ensino do design. Projética Revista Científica de Design. 2011;2(2):86-95.

51. Ribeiro LF. Design de Mobiliário Adaptável ao Crescimento da Criança [Dissertação de Mestrado]. Porto: Universidade do Porto; 2012.
52. Kail RV. Children and their development. 6th ed. United States of America: Pearson Education, Inc; 2012.
53. Ministério da Saúde do Brasil. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. Saúde da Criança: acompanhamento do crescimento e desenvolvimento infantil. n.11 SCdAB, editor. Brasília: Ministério da Saúde; 2002. 100 p.
54. Vale F. Crescimento, desenvolvimento e maturação. Brasília, Brasil: Fundação Vale, Unesco; 2013.
55. Newman BM, Newman PR. Development Through Life: A Psychosocial Approach. 11 ed. United States of America: Wadsworth, Cengage Learning; 2012.
56. Woodfield L. Physical Development in the Early Years: Bloomsbury Academic; 2004.
57. Ré AHN. Crescimento, maturação e desenvolvimento na infância e adolescência: Implicações para o esporte. Motricidade. 2011;7(3):55-67.
58. Santos GdS. Crescimento e desenvolvimento da criança. 2006. Disponível em: <http://www.ebah.pt/content/ABAAAjZIAA/crescimento-desenvolvimento-crianca>.
59. Machado TG. Ambiente Escolar Infantil [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2008.
60. Veríssimo VUS, Pinazza MA. A organização de ambientes educativos e de recursos materiais: Um estudo comparativo entre duas unidades de educação infantil. Coleção Contextos Integrados de Educação Infantil 2012.
61. Prá FD. A Importância do Espaço/Ambiente na Educação Infantil Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011.
62. Borsa JC. O papel da escola no processo de socialização infantil. Portal dos Psicólogos [Internet]. 2007. Disponível em: <http://www.psicologia.pt/artigos/textos/A0351.pdf>.
63. Marx A, Fuhrer U, Hartig T. Effects of classroom seating arrangements on children's question-asking. Learning Environments Research. 1999;2(3):249-63.
64. Knoplich J. Endireite as costas: Desvios da Coluna - Exercícios e prevenção. 5ª edição ed. São Paulo: IBRASA - Instituição Brasileira e de difusão cultural Ltda.; 1935 1986.

65. Delleman NJ, Haslegrave CM, Chaffin DB. Working Postures and Movements. CRC Press LLC; 2004.
66. Caribbean UROfEiLAat, Chile MdE. Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario escolar. Santiago de Chile: Ministerio de Educación; 2001.
67. Valiati MLS. Ergonomização na construção civil: constrangimentos posturais e problemas na segurança do trabalho. Rio de Janeiro: Universidade Católica do Rio de Janeiro; 2001.
68. Cailliet R. Low back pain syndrome. 3ª ed. Filadélfia: F. A. Davis Company; 1981.
69. Marques NR, Hallal CZ, Gonçalves M. Características biomecânicas, ergonômicas e clínicas da postura sentada: uma revisão. Fisioterapia e Pesquisa. 2010;17(3):270-6.
70. BackCare. Your Back in the Future. BackCare - The Charity for Healthier Backs, 2005.
71. Kapandji AI. Tronco e Coluna Vertebral. Fisiologia Articular. 3. 5 ed. São Paulo: Editorial Médica Panamericana S.S.; 2000.
72. Alexandre NMC, Moraes MAA. Modelo de avaliação físico-funcional da coluna vertebral. Rev Latino-am Enfermagem. 2001;9(2):67-75.
73. Staarink HAM. Sitting posture, Comfort and Pressure: assessing the quality of wheelchair cushions. Netherlands: Delft University Press; 1995.
74. Herman Miller I. Maintaining Concordance as Seated Postures Change: How the Envelop Desk Unites the Two Hemispheres of Work [29.07.2015]. Disponível em: <http://www.hermanmiller.com/research/solution-essays/maintaining-concordance-as-seated-postures-change.html>.
75. Rebelo F. Ergonomia o dia a dia. Lisboa: Sílabo; 2004.
76. Jeong BY, Park KS. Sex differences in anthropometry for school furniture design. Ergonomics. 1990;33(12):1511-21.
77. Parcels C, Stommel M, Hubbard RP. Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: Empirical findings and health implications. Journal of Adolescent Health. 1999;24(4):265-73.
78. Boueri J. Antropometria aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial. São Paulo: Estação das Letas e cores Editora; 2008.
79. Castellucci HI, Arezes PM, Molenbroek JFM. Applying different equations to evaluate the level of mismatch between students and school furniture. Applied Ergonomics. 2014;45(4):1123-32.

80. Paiva RSdA. Contribuição metodológica para a coleta de dados antropométricos visando o mobiliário de informática em escolas públicas, para alunos do Ensino Fundamental. [Monografia]. Minas Gerais: Universidade Federal de Juiz de Fora; 2007.
81. Carranza IAB. El uso de tablas antropométricas en ergonomía 2005 [29.07.2015]. Disponível em: <http://www.ergocupacional.com/4910/35922.html>.
82. Portal Action. 6.2 - Distribuição normal [20.07.2015]. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/probabilidades/62-distribuicao-normal>.
83. Al-Harkan IM, Ramadan MZ, Sharaf MA, Helmy HA. Designing a new School Furniture suitable for Saudi students. The World Academy of Science, Engineering and Technology; Kuala Lumpur, Malaysia 2013.
84. Savanur CS, Altekari CR, De A. Lack of conformity between Indian classroom furniture and student dimensions: proposed future seat/table dimensions. Ergonomics. 2007;50(10):1612-25.
85. EN 1729-1. Furniture - Chairs and tables for educational institutions - Part 1: Functional dimensions. Brussels: European Committee for Standardization; 2006. 27 p.
86. Guat-Lin ET. Anthropometric data and its use for educational building and furniture design. Bangkok: Unesco - Regional Office for Education in Asia and the Pacific; 1984. 12 p.
87. Kane PJ, Pilcher M, Legg SJ. Development of a furniture system to match student needs in New Zealand schools. 16th World Congress on Ergonomics; 10-14 Julho 2006; Maastricht: Elsevier; 2006.
88. Cardon GM, de Clercq DLR, Geldhof EJA, Verstraete S, de Bourdeaudhuij IMM. Back education in elementary schoolchildren: the effects of adding a physical activity promotion program to a back care program. European Spine Journal. 2007;16(1):125-33.
89. Castellucci HI, Arezes PM, Molenbroek JFM. Analysis of the most relevant anthropometric dimensions for school furniture selection based on a study with students from one Chilean region. Applied Ergonomics. 2015;46, Part A(0):201-11.
90. Afzan ZZ, Hadi SA, Shamsul BT, Zailina H, Nada I, Rahmah ARS. Mismatch between school furniture and anthropometric measures among primary school children in Mersing, Johor, Malaysia. Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES); 9-12 Julho; Southeast Asian 2012. p. 1-5.
91. Agha SR. School furniture match to students' anthropometry in the Gaza Strip. Ergonomics. 2010;53(3):344-54.

92. Castellucci HI, Arezes PM, Molenbroek JFM, editores. Applied Anthropometrics in School Furniture Design: Which criteria should be used for standardization? 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics; 2014 19-23 Julho; Kraków, Poland.
93. Reis PF, Reis DCd, Moro ARP. Mobiliário Escolar: Antropometria e Ergonomia da Postura Sentada. XI Congresso Brasileiro de Biomecânica; São João PB: CBB; 2005.
94. UNESCO. International Standard Classification of Education - ISCED 2011. Montreal: UNESCO Institute for Statistics; 2012.
95. Eurydice. Structure of European education systems 2014/15. Brussels: European Commission; 2014.
96. UNESCO International Bureau of Education. World Data on Education Seventh edition 2010/11 Genebra: UNESCO; 2010 [28.10.2014]. Disponível em: <http://www.ibe.unesco.org/en/services/online-materials/world-data-on-education/seventh-edition-2010-11.html>.
97. Center on International Education Benchmarking. Hong Kong Instructional Systems Washington: National Center on Education and the Economy;; 2014 [25.10.2014]. Disponível em: <http://www.ncee.org/programs-affiliates/center-on-international-education-benchmarking/top-performing-countries/hong-kong-overview/hong-kong-instructional-systems/>.
98. Panero J, Zelnik P. Las Dimensiones Humanas En Los Espacios Interiores: Estándares antropométricos. 7 ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili; 1996.
99. Dutch Children [Internet]. Delft University of Technology. 1993 [Acedido a 20.10.2014]. Disponível em: <http://dined.io.tudelft.nl/dined/>.
100. Body dimensions of the Belgian population [Internet]. 2005 [Acedido a 20.10.2014]. Disponível em: <http://www.dinbelg.be/anthropometry.htm>.
101. Nowak E. Atlas antropometryczny populacji polskiej - dane do projektowania. Warszawa: Instytut Wzornictwa Przemysłowego; 2000. Disponível em: <http://biblioteka.zsz.com.pl/dlibra/docmetadata?id=2895>.
102. Pheasant S. Bodyspace: Anthropometric, Ergonomics and the Design of Work. 2 ed. London; Philadelphia: Taylor & Francis; 2003.
103. Domljan D, Grbac I, Hadina J. Classroom furniture design-correlation of pupil and chair dimensions. Collegium Antropologicum. 2008;32(1):257-65.
104. Paschoarelli LC. O Posto de trabalho. Carteira Escolar como Objeto de Desenvolvimento da Educação Infantil: uma Contribuição do Design e da Ergonomia [Dissertação de Mestrado]. Bauru: Universidade Estadual Paulista; 1997.

105. Silva JCP, Paschoarelli LC, Spinoza RMO. Interface Antropométrica Digital: Público Infantil; da Pré-escola ao Ensino Fundamental. Bauru: Laboratório de Ergonomia e Interfaces, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista; 1995.
106. Fuentes AM. Dimensiones antropométricas de población escolar Cubana de 6 a 18 años. In: Chaurand RÁ, Prado-León LR, Muñoz ELG, editors. Dimensiones antropométricas de población Latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile. Colección Modulo. 1 ed. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño; 2001. p. 145-55.
107. Ortiz MRR. Tablas antropométricas infantiles. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes; 2008.
108. Fryar CD, Gu Q, Ogden CL. Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007-2010. Vital and health statistics Series 11, Data from the national health survey. 2012(252):48.
109. Malina RM, Hamil PVV, Lemeshow S. Selected body measurements of children 6-11 years, United States. Vital and health statistics Series 11, Data from the national health survey. 1973(123):48.
110. Canadian Institute of Child Health. Child Anthropometry: A literature Scan of National and International Publications. Ottawa, ON: Transport Canada, Motor Vehicle Safety Directorate; 2007 TP 14774 E.
111. Hafezi R, Mirmohammadi SJ, Mehrparvar AH, Akbari H, Akbari H. An Analysis of Anthropometric Data on Iranian Primary School Children. Iranian Journal of Public Health. 2010;39(4):78-86.
112. Evans WA, Courtney AJ, Fok KF. The design of school furniture for Hong Kong schoolchildren: An anthropometric case study. Applied Ergonomics. 1988;19(2):122-34.
113. Mokdad M, Al-Ansari M. Anthropometrics for the design of Bahraini school furniture. International Journal of Industrial Ergonomics. 2009;39(5):728-35.
114. Lagoa P. Empresas e universidades: o futuro está nas parcerias. 250 maiores empresas do distrito de leiria. 2013.
115. Pereira C. A Cooperação Universidade-Indústria: O caso da Universidade do Minho. Cadernos de Geografia. 2004(21/23):283-93.
116. Costa JV. A universidade na sociedade do conhecimento (III) - A relação com as empresas e as universidades empreendedoras 2002 17-08-2015. Disponível em: <http://jvcosta.net/artigos/empresas.html>.

117. Hasenclever L, Paranhos J, Oliveira S, Silva YF. A relação universidade-empresa e a inovação no Brasil: os casos do Porto Digital, da indústria farmacêutica e da UEG.
118. Pertuzé JA, Calder ES, Greitzer EM, Lucas WA. Best practices for Industry-University collaboration. MITSloan - Management Review. 2010;51(4):83-90.
119. Marques JP, Silva GE, Faustino RA. A Cooperação Universidade-Indústria e a Inovação Científica e Tecnológica: O Caso da Universidade de Coimbra. VII Jornadas da Contabilidade e Auditoria; 19, 20, 21 de Novembro; Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra 1998.
120. Destler B. A new relationship between business and academia. 2007.
121. UPIN. Universidade do Porto Inovação [01.09.2015]. Disponível em: http://sigarra.up.pt/up/pt/web_base.gera_pagina?p_pagina=1006246.
122. UPTec. Parque de Ciências e Tecnologia da Universidade do Porto [01.09.2015]. Disponível em: <http://uptec.up.pt/uptec>.
123. Peixoto H. FEUP e EFACEC vendem patente por 5 milhões de euros. Notícias Universidade do Porto [Internet]. 2015 01.09.2015. Disponível em: <http://noticias.up.pt/feup-e-efacec-vendem-patente-por-5-milhoes-de-euros/>.
124. Fidalgo S. Startup da U.Porto vence Prémio Inovação NOS. Notícias Universidade do Porto [Internet]. 2015 01.09.2015. Disponível em: <http://noticias.up.pt/startup-da-u-porto-vence-concurso-nos-inovacao/>.
125. Bürdek BE. Design history, theory and practice of product design. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser; 2005.
126. Dym CL. Learning Engineering: Design, Languages, and Experiences*. Journal of Engineering Education. 1999;88(2):145-8.
127. Gomes AC, Guedes MdG. Competências empresariais do designer: ensino vs experiência profissional. E_design; 6 e 7 de Novembro; Lisboa 2009.
128. Reginaldo T, Baldessar MJ, editores. O conhecimento disciplinar do Design e suas contribuições para a teoria interdisciplinar. Simpósio Internacional sobre Interdisciplinaridade no Ensino, na Pesquisa e na Extensão – Região Sul; 2013 23-25 Outubro; Florianópolis: SIEPE.
129. Cross N. Engineering Design Methods: Strategies for Product Design. 4 ed. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto: Wiley; 2008.
130. Borrego M, Newswander LK. Characteristics of Successful Cross-disciplinary Engineering Education Collaborations. Journal of Engineering Education. 2008;97(2):123-34.

131. Charyton C, Jagacinski RJ, Merrill JA, Clifton W, DeDios S. Assessing Creativity Specific to Engineering with the Revised Creative Engineering Design Assessment. *Journal of Engineering Education*. 2011;100(4):778-99.
132. Norman D. Why Design Education Must Change 2010. Disponível em: http://www.core77.com/blog/columns/why_design_education_must_change_17993.asp.
133. Ashby F, Johnson K. *Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design*. 2 ed. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo Butterworth-Heinemann; 2010.
134. Bleuzé T, Ciocci M-C, Detand J, De Baets P. Engineering meets creativity: a study on a creative tool to design new connections. *International Journal of Design Creativity and Innovation*. 2014;2(4):203-23.
135. Treball E, García JF, García VL, Viñes JV. *Ergonomía: diseño centrado en el usuario*: Fundación Prodiotec; 2009. 103 p.
136. Dym CL, Agogino AM, Eris O, Frey DD, Leifer LJ. Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*. 2005;94(1):103-20.
137. Crul MRM, Diehl JC, Netherlands. Delft University of Technology. Faculty of Industrial Design Engineering. Design for Sustainability (D4S): A Step-By-Step Approach. Paris: United Nations Environment Program. 128 p.
138. García JF, García VL, Santacoloma S. *Diseño industrial: guía metodológica*: Fundación Prodiotec; 2006. 108 p.
139. Parsons T. *Thinking: Objects - Contemporary Approaches to Product Design*. Suíça: AVA Publishing SA; 2009. 208 p.
140. Ullman DG. *The Mechanical Design Process*. 4 ed. Boston, Burr Ridge, Dubuque, New York, San Francisco, St. Louis, Bangkok, Bogotá, Caracas, Kuala Lumpur, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, Montreal, New Delhi, Santiago, Seoul, Singapore, Sydney, Taipei, Toronto: McGraw-Hill Higher Education; 2010. 433 p.
141. Crilly N. Fixation and creativity in concept development: The attitudes and practices of expert designers. *Design Studies*. 2015;38(0):54-91.
142. Curry T. A theoretical basis for recommending the use of design methodologies as teaching strategies in the design studio. *Design Studies*. 2014;35(6):632-46.
143. Buckland D. How Physicians, Engineers, and Scientists Approach Problems Differently 2012 [29.11.2014]. Disponível em:

<http://www.medgadget.com/2012/08/how-physicians-engineers-and-scientists-approach-problems-differently.html>.

144. Robinson JA. Engineering Thinking and Rhetoric. Journal of Engineering Education. 1998;87(3):227-9.
145. Moreno DP, Hernández AA, Yang MC, Otto KN, Hölttä-Otto K, Linsey JS, et al. Fundamental studies in Design-by-Analogy: A focus on domain-knowledge experts and applications to transactional design problems. Design Studies. 2014;35(3):232-72.
146. Casakin H, Goldschmidt G. Expertise and the use of visual analogy: implications for design education. Design Studies. 1999;20(2):153-75.
147. Zax D. How Steve Jobs's mastery of analogies sent Apple skyrocketing 2014 [26.11.2014]. Disponível em: <http://www.fastcompany.com/3037014/my-creative-life/how-steve-jobs-mastery-of-analogies-sent-apple-sky-rocketing>.
148. Evans R. Design Design: A Theory of Design. International Journal Engineering Education. 2003;19(1):81-93.
149. Baldaia J. INTUINOVARE [Internet]2010. [26.11.2014]. Disponível em: <http://www.josebaldaia.com/intuinnovare/conhecimento/emocoes-analogias-e-criatividade/>.
150. Hey J, Linsey J, Agogino AM, Wood KL. Analogies and Metaphors in Creative Design. International Journal of Engineering Education. 2008;24(2):283-94.
151. nuna. ZAAZ [05.04.2014]. Disponível em: <http://www.nuna.eu/zaaz>.
152. Pera D. Bitá Chair [03.04.2014]. Disponível em: <https://www.behance.net/GALLERY/3513747/BITA-CHAIR>.
153. Nautilus. 2011 [25.09.2014]. Disponível em: <http://www.nautilus.pt/index.php>.
154. EN 1729-2. Furniture - Chairs and tables for educational institutions - Part 2: Safety requirements and test methods. Brussels: European Committee for Standardization; 2006. 24 p.
155. ION Eletroestática [01.09.015]. Disponível em: <http://www.ioneletrstatica.com.br/como-funciona.html>.
156. Pereira AAC. Analisar o Processo de Lacagem a Pó e Identificar as Melhorias a Implementar para a Certificação Qualicoat na STA – Sociedade Transformadora de Alumínios Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; 2012.
157. WEG. Apontamentos Curso Desenvolvimento Tecnológico 13: Pintura Industrial com Tintas em Pó. Disponível em: <http://www.weg.net/br/Media->

Center/Central-de-Downloads/Resultado-da-Busca?keyword=weg+apostila+curso&x=0&y=0.

158. Magalhães LC, Volpato N, Luersen MA. A influência dos parâmetros construtivos no comportamento mecânico de peças fabricadas pela técnica de moldagem por fusão e deposição (FDM). VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica; Campina Grande – Paraíba – Brasil 2010.

Anexos

Anexo A Orçamento para corte CNC



Gravação · Impressão · Sinalética



Exmo.(s) Sr.(s)

Ângela Gomes

Original

Proposta PR 2015/3086

Cliente	V/Nº Contrib.	Requisição	Emissor		
0000	999999990				
Data	Vencimento	Condição Pagamento			
22/09/2015	22/09/2015	Pronto Pagamento			
Descrição	Quant.	Preço Unit.	Desc.	IVA	Total Líquido
Corte de 4 peças em Nylon do cliente de 20mm conforme ficheiro	1,00	60,000	0,00	23,00	60,00

Notas :

Entrega nas n/instalações.

Por transportadora Chronopost mediante Pag. Portes/Kgs

Este documento não serve de fatura / PR 2015/3086 / © PRIMAVERA BSS /

Os artigos/serviços foram colocados à disposição do adquirente nesta data.

Quadro Resumo do IVA

Taxa	Incidência	Total IVA	Motivo Isenção
23,00	60,00	13,80	

Sub-Total	60,00
Descontos Comerciais	0,00
Portes	0,00
Adiantamentos	0,00
IVA	13,80

Total (EUR) 73,80

NIB 0035 0430 00005282330 75
IBAN PT50 0035 0430 00005282330 75
BIC/SWIFT CGDIPTPL

Park Real, Estrada Real, 33 - Edifício D
Campo Raso - 2710-450 Sintra
Portugal

Tel: +351 21 961 48 30
Fax: +351 21 961 48 39
Email: geral@gravoplot.pt

www.gravoplot.pt

Exmos. Senhores,

Conforme consulta efectuada, junto apresentamos o nosso orçamento para:

Descrição	Desenho	Quantidade	Preço Und.
Corte CNC (Material do cliente: Nylon espessura 20mm)	Medidas em milímetros	4 peças	30,00€ (1 hora)

A estes valores acresce o I.V.A. à taxa legal em vigor.

Notas: O ficheiro deverá ser enviado em formato vectorial, caso contrário poderá ser cobrada um taxa de 20,00€ hora.

Cumprimentos,
Carla Sá



Anexo B Pedido de colaboração

Exmo. Senhor
Diretor Geral
TECMACAL, Industrial Solutions
Rua dos Combatentes do ultramar
Zona Industrial, n.º 1
3700-089 S. João da Madeira

Data: 27/07/2015

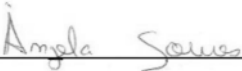
Assunto: Pedido de colaboração

Na sequência do estágio realizado na vossa empresa no ano de 2013 e com a finalidade de concluir a minha dissertação de mestrado, eu, Ângela Marina da Silva Gomes, solicito a V. Ex.ª autorização para a execução do corte de 8 peças em nylon e ainda para assistir ao corte das mesmas, num dia a combinar.

Tratando-se o objetivo principal da minha Dissertação o desenvolvimento de uma cadeira escolar regulável em altura e empilhável, as peças a que me refiro consistem numa parte importante dessa cadeira, uma vez que são fundamentais para a regulação em altura da mesma.

Finalizado o seu corte, estas serão aplicadas ao protótipo da cadeira e servirão para testar o funcionamento da regulação em altura da mesma.

Agradecendo a vossa colaboração, apresento os melhores cumprimentos,


Assinatura