

Cadeira escolar evolutiva.  
Desenvolvimento industrial  
de uma cadeira escolar ajustável  
em altura e profundidade para crianças  
dos 6 aos 10 anos de idade.  
Parceria de I&D com a empresa  
NAUTILUS S.A..

Vitor Carneiro

M

2015



Cadeira escolar evolutiva.  
Desenvolvimento industrial  
de uma cadeira escolar ajustável  
em altura e profundidade para crianças  
dos 6 aos 10 anos de idade.  
Parceria de I&D com a empresa NAUTILUS S.A..  
Vitor Carneiro





## **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

# **20**

20.11.2015



Cadeira escolar evolutiva.  
Desenvolvimento industrial  
de uma cadeira escolar ajustável  
em altura e profundidade para crianças  
dos 6 aos 10 anos de idade.  
Parceria de I&D com a empresa  
NAUTILUS S.A..

Dissertação Orientada por  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Bárbara Rangel, FEUP

Dissertação submetida à Faculdade de Belas Artes e Faculdade de Engenharia da  
Universidade do Porto para a obtenção do Grau de Mestre em Design Industrial e de  
Produto.

Porto, Setembro 2015



# Resumo

Universalmente o conjunto cadeira e mesa é de imediato remetido como integrante do universo escolar, sendo que o elemento cadeira assume um papel primordial uma vez que é neste elemento que se baseia todo o trabalho sentado na sala de aula. Desta forma, o conjunto cadeira e mesa escolar deve ser compatível com as medidas antropométricas do seu utilizador, caso contrário será fomentador de maus hábitos posturais e o principal causador de dores relatadas pelas crianças em idade escolar.

Face às diferenças antropométricas entre crianças do mesmo ano escolar e da mesma idade, só o mobiliário escolar ajustável é capaz de acomodar essas mesmas variações. Numa cadeira escolar é tão fundamental a regulação em altura do assento como a sua profundidade, contudo o mercado apenas disponibiliza cadeiras reguláveis em altura.

Com este trabalho de investigação, através de uma metodologia que tem como base a articulação dimensional das transformações antropométricas da criança, a postura sentada e os requisitos ergonómicos do conjunto cadeira e mesa escolar, procura-se dar um contributo nesta área através do desenvolvimento industrial de uma cadeira escolar ajustável em altura e profundidade, capaz de acomodar as variações antropométricas das crianças do ensino primário com idades compreendidas entre os 6 e os 10 anos de idade e economicamente competitiva no mercado global.

Após um longo processo de desenvolvimento em âmbito industrial na empresa NAUTILUS S.A. foi então possível transformar o que era um conceito num produto. Com a produção das primeiras 550 unidades da cadeira Dual\_Step, a primeira cadeira escolar com assento regulável em altura e em profundidade, foi possível introduzir no mercado um produto inovador, viável e capaz de colmatar uma lacuna latente no mercado de mobiliário escolar e assim contribuir para a promoção de boas práticas posturais na escola.

**Palavras-Chave:** Design; Ergonomia; Desenvolvimento de Produto; Mobiliário Escolar; Cadeira.





# Abstract

Universally, the chair and desk set is immediately sent as a part of the school environment, wherein the chair element plays a major role since it is the main element of the entire work in the classroom made on a sitting position. Therefore, the school chair and desk set must be compatible with the anthropometric measurements of its user, otherwise it will be the cause of bad postural habits and the main source of pain reported by schoolchildren.

Given the anthropometric differences between children in the same school year and the same age, only adjustable school furniture is able to accommodate these anthropometric variations. In a school chair is so important the height adjustment of the seat as its depth, however the actual market only provides adjustable height chairs.

With this research work, through a methodology that is based on the dimensional articulation of anthropometric changes in children, the sitting posture and ergonomic requirements of the school chair and desk set, seeks to give a contribution in this area through the industrial development of a school chair adjustable both in height and depth, able to accommodate the anthropometric variations of children um primary school, aged between 6 to 10 years of old, and economically competitive in the global market.

After a long process of industrial development in NAUTILUS S.A. Company, was then possible to turn what was a concept into a product. With the production of the first 550 units of the Dual\_Step chair, the first school chair with seat adjustable in height and depth, it was possible to introduce in the market an innovative product, viable and able to fill a latent gap in the school furniture market and therefore contribute to the promotion of good postural practices at school.

**Keywords:** Design; Ergonomics; Product Development; School Furniture; Chair.



# Agradecimentos

Concluído este longo percurso é perentório referir e agradecer o contributo das várias pessoas e entidades cujo contributo foi indubitavelmente importante à realização desta dissertação.

À professora Doutora Bárbara Rangel pela sua orientação pautada pela exigência e rigor, disponibilidade total, apoio e dedicação incondicional a este projeto. Com o seu conhecimento e compromisso foi possível fazer mais e melhor.

À empresa NAUTILUS S.A., na pessoa do Eng.º Vítor Barbosa, por acreditar neste projeto integrando-me na empresa e proporcionando-me uma experiência de desenvolvimento industrial, que culminou com a produção da cadeira Dual\_Step, o que representou uma oportunidade ímpar de crescimento pessoal e profissional.

Aos meus orientadores na empresa, Diogo Belindro, Carlos Matagueira e Pedro Sottomayor, pelo seu acompanhamento, motivação e conhecimentos transmitidos. E a todos os colaboradores da empresa cuja intervenção e apoio foram decisivos para transformar o que era um conceito num produto viável e real.

À amiga Maria João Pato, que inicialmente desenvolveu o conceito da cadeira Dual\_Step, por me ter confiado de olhos fechados o seu desenvolvimento na empresa.

À amiga Ângela Gomes pelo seu companheirismo ao longo de todo este processo.

A todos os amigos e colegas, por todo o seu apoio e motivação. São bastantes e infelizmente não os posso citar a todos. Mas eles sabem.

Por último, mas não menos importante, à família pela compreensão, sacrifício e motivação incondicional.



# Índice

Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Agradecimentos.....	ix
Índice.....	xi
Lista De Figuras.....	xv
Lista De Tabelas.....	xxvii
Abreviaturas e Símbolos.....	xxix
Capítulo 1 - <b>Introdução</b> .....	1
1.1. Enquadramento Do Tema.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura Adotada.....	4
<b>Parte I – Investigação: Proposta Metodológica Para o Dimensionamento De Mobiliário Escolar Ajustável Adaptado Às Crianças Dos 6 Aos 10 Anos De Idade.....</b>	<b>7</b>
Capítulo 2 – <b>A Criança e As Implicações Na Utilização Da Cadeira e Mesa Escolar.....</b>	<b>9</b>
2.1. O Processo De Crescimento e Desenvolvimento Da Criança.....	9
2.1.1. Conceitos, Definições e As Diversas Fases.....	10
2.1.2. Fatores Que Afetam o Crescimento e Desenvolvimento.....	14
2.2. A Postura: Aspectos Biomecânicos.....	15
2.2.1. Os Efeitos Da Postura Na Coluna Vertebral.....	16
2.2.2. A Postura Sentada.....	21
2.3. A Postura Em Contexto Escolar.....	25
2.3.1. O Impacto Da Atividade Escolar Na Postura.....	26
2.3.2. O Impacto Do Mobiliário Escolar Na Postura.....	29
2.3.2.1. Cadeira.....	29

2.3.2.2. Mesa.....	32
2.3.3. As Consequência Das Más Posturas .....	34
2.4. Síntese Conclusiva .....	35
<b>Capítulo 3 – Critérios Para o Desenvolvimento Do Conjunto Cadeira e Mesa Escolar.....</b>	<b>37</b>
3.1. A Importância Da Antropometria Aplicada No Dimensionamento De Produtos – Conjunto Cadeira e Mesa Escolar .....	38
3.1.1. Fatores Na Origem Das Variações Das Medidas Antropométricas.....	39
3.1.2. Os Dados Antropométricos e a Sua Aplicação No Dimensionamento De Produtos.....	42
3.1.3. Variáveis Antropométricas Relacionadas Com o Dimensionamento Do Conjunto Cadeira e Mesa Escolar .....	46
3.2. Ergonomia: Critérios de Dimensionamento e Recomendações Para a Conceção Da Cadeira e Mesa Escolar.....	49
3.2.1. Recomendações Ergonómicas.....	50
3.2.1.1. Cadeira.....	51
3.2.1.2. Mesa.....	55
3.2.1.3. Espaço Livre Entre Assento e Mesa .....	56
3.2.1.4. Síntese.....	56
3.2.2. Critérios De Dimensionamento: As Equações De (in)Compatibilidade .....	57
3.2.2.1. Equação 1 – Altura Do Assento (AA).....	59
3.2.2.2. Equação 2 – Profundidade Do Assento (PA).....	59
3.2.2.3. Equação 3 – Largura Do Assento (LAS).....	60
3.2.2.4. Equação 4 e Equação 5 – Altura Do Topo Superior Do Encosto (ASE)....	60
3.2.2.5. Equação 6 – Ponto S (PS) e Equação 7 – Altura Do Topo Inferior Do Encosto (AIE) .....	61
3.2.2.6. Equação 8 – Espaço Livre Entre Assento e Mesa (ELAM) .....	61
3.2.2.7. Equação 9 – Altura Da Mesa (AM) .....	62
3.3. Norma Europeia EN 1729-1:2006 – Cadeiras e Mesas Para Instituições De Ensino....	63
3.3.1. As Dimensões Propostas Pela Norma Europeia e a Realidade Antropométrica.....	67
<b>Capítulo 4 – Proposta Para Um Sistema Universal De Tamanhos De Cadeira e Mesa     Escolar Para Crianças Dos 6 Aos 10 Anos De Idade .....</b>	<b>75</b>
4.1. Material e Métodos .....	77
4.1.1. Amostra.....	77
4.1.2. A Altura Do Poplíteo Como Medida De Prescrição.....	79
4.1.3. Critérios Ergonómicos De Dimensionamento: Equações De (in)Compatibilidade.....	80
4.1.4. Dados/Estudos Antropométricos Encontrados e Utilizados.....	81
4.2. Cálculos.....	85

4.2.1. Cálculo Da Altura Do Assento (AA) .....	88
4.2.2. Cálculo Da Profundidade Do Assento (PA) .....	89
4.2.3. Cálculo Da Largura Do Assento (LAS) .....	90
4.2.4. Cálculo Da Altura Do Topo Superior Do Encosto (ASE).....	91
4.2.5. Cálculo Da Altura Do Ponto S (PS) e Altura Do Topo Inferior Do Encosto (AIE)....	92
4.2.6. Cálculo Do Espaço Livre Entre Assento e Mesa (ELAM).....	92
4.2.7. Cálculo Da Altura Da Mesa (AM).....	93
4.3. Resultados e Discussão .....	94
4.4. Síntese Conclusiva.....	95
<b>Parte II – Desenvolvimento .....</b>	<b>97</b>
<b>Capítulo 5 – Enquadramento Da Investigação.....</b>	<b>99</b>
5.1. Desenvolvimento Do Conceito .....	100
5.2. Desafios e Objetivos Ao Desenvolvimento Industrial e Produção Da Cadeira Dual_Step No Contexto Empresarial Da NAUTLUS S.A.....	105
<b>Capítulo 6 – Projeto De Execução Da Cadeira Dual_Step No Contexto Empresarial NAUTILUS S.A.....</b>	<b>107</b>
6.1. O NITEC e a Metodologia De Desenvolvimento/ <i>Detailed Design</i> Do Produto.....	108
6.2. Desenvolvimento/ <i>Detailed Design</i> Da Cadeira Dual_Step .....	113
6.2.1. Protótipo 1 .....	118
6.2.1.1. Desenvolvimento De Soluções, Melhoria e Ajustamentos Ao Conceito Inicial.....	118
6.2.1.1.1. Soluções Técnicas Para o Mecanismo De Regulação e Ligação Entre a <i>Estrutura Base, Estrutura Do Assento e Estrutura Do Encosto</i> ; .....	119
6.2.1.1.2. Aprimoramento/redesign Do Desenho Da Cadeira.....	124
6.2.1.2. Requisição Interna Para Produção Do Protótipo.....	129
6.2.1.3. Produção Protótipo .....	129
6.2.1.3.1. Marcenaria.....	130
6.2.1.3.2. Serralharia.....	133
6.2.1.3.3. Pintura.....	144
6.2.1.3.4. Montagem.....	146
6.2.1.4. Testes e Avaliação.....	147
6.2.1.5. Novas Soluções, Melhorias e Ajustes Adotados .....	152
6.2.2. Protótipo 2.....	163
6.2.2.1. Produção Protótipo .....	165
6.2.2.2. Montagem.....	167
6.2.2.3. Testes e Avaliação.....	167
6.2.2.4. Novas Soluções e Melhorias Adotadas .....	172

6.3. Propriedade Industrial: Registo Comunitário De Design Da Cadeira Dual_Step .....	177
6.4. A Primeira Encomenda Da Cadeira Dual_Step .....	182
<b>Capítulo 7 – Do Planeamento Pré-Produção À Produção.....</b>	<b>185</b>
7.1. Subcontratação Da Produção De Subcomponentes .....	186
7.2. Gabarits De Furação e Soldadura .....	190
7.2.1. Gabarits De Furação .....	190
7.2.2. Gabarits De Soldadura.....	191
7.2.3. Teste.....	192
7.3. Custeio.....	192
7.4. Produção .....	193
7.4.1. Marcenaria.....	193
7.4.2. Serralharia e Pintura.....	194
7.4.3. Montagem.....	199
7.5. As Primeiras Escolas Equipadas Com a Cadeira Dual_Step .....	202
<b>Capítulo 8 – Conclusão .....</b>	<b>205</b>
Referências .....	209



# Lista De Figuras

Figura 1.1 – Estrutura/Metodologia adotada.....	5
Figura 2.1 – Esquema de atividades e crescimento/desenvolvimento associado à criança. ....	11
Figura 2.2 – Ilustração do processo de crescimento. ....	13
Figura 2.3 – Picos de crescimento desde o nascimento até aos 18 anos. ....	13
Figura 2.4 – Postura estática padrão (a) e desequilíbrios posturais estáticos no plano sagital (b, c, d, e). ....	15
Figura 2.5 – Músculos paravertebrais: Espinhal, Longuíssimo e Iliocostal.....	17
Figura 2.6 – A coluna vertebral: caracterização das diversas partes e respectivas vértebras.....	18
Figura 2.7 – A coluna vertebral na posição ortostática (a) e o seu achatamento como consequência da posição sentada em função da retroversão da cintura pélvica (b)....	19
Figura 2.8 – Os efeitos sobre a curva sacrolombar nas posições em pé (a), sentada (b) e curvada (c). Na imagem (b) e (c) ocorre uma retificação da curvatura lombar. ....	19
Figura 2.9 – Conformação da coluna vertebral a partir de diferentes posições assumidas pelo corpo. ....	20
Figura 2.10 – Mudança da pressão no 3º disco lombar em várias posições. ....	20
Figura 2.11 – Deformações típicas da coluna vertebral resultantes de fatores hereditários, anomalias estruturais e maus hábitos posturais.....	21
Figura 2.12 – Postura sentada padrão de acordo com a literatura. ....	22
Figura 2.13 – Dissipação da pressão no assento.....	22
Figura 2.14 – Estrutura óssea da cintura pélvica. ....	22
Figura 2.15 – Na posição sentada as tuberosidades isquiáticas suportam grande parte do peso do indivíduo. ....	23
Figura 2.16 – Centro de gravidade na postura sentada.....	23
Figura 2.17 – Postura mediana (a), postura anterior (b) e postura posterior (c). ....	24
Figura 2.18 – Pressão nos discos intervertebrais de acordo com o ângulo coxa-tronco na postura sentada. ....	25
Figura 2.19 – Distribuição do tempo sentado por atividade escolar. ....	27

<b>Figura 2.20</b> – Algumas das posturas frequentemente adotadas pelas crianças de acordo com a atividade escolar a realizar: tronco inclinado para a frente com os braços apoiados na mesa em atividades de escrita e leitura (a) e ocasionalmente em atividades como olhar para o quadro (b); postura levemente inclinada para trás, com o tronco mais direito, utilizando o encosto (c).....	28
<b>Figura 2.21</b> – Variáveis mais importantes nas dimensões do mobiliário escolar na faixa etária dos 6 aos 10 anos: altura do assento (AA) e altura da mesa (AM).....	29
<b>Figura 2.22</b> – Dimensões da cadeira que influenciam a postura: largura do assento (LAS), profundidade do assento (PA) e altura do assento (AA).....	30
<b>Figura 2.23</b> – Um assento alto produz a compressão dos músculos posteriores da coxa e irregularidades na circulação sanguínea.....	30
<b>Figura 2.24</b> – Posição semi-sentada.....	30
<b>Figura 2.25</b> – Um assento baixo leva a uma extensão das pernas para a frente e conseqüente perda de estabilidade. Além disso irá provocar um afastamento das costas para longe do apoio lombar. ....	31
<b>Figura 2.26</b> – Um assento muito profundo produz compressão na parte de trás do joelho, dificultando a circulação sanguínea.....	31
<b>Figura 2.27</b> – Um assento pouco profundo origina a falta de um adequado suporte das coxas e a sensação de queda. ....	31
<b>Figura 2.28</b> – Atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos paravertebrais e pressão no disco de acordo com o ângulo coxa-tronco.....	32
<b>Figura 2.29</b> – Conseqüências de uma mesa de trabalho baixa.....	33
<b>Figura 2.30</b> – Conseqüências de uma mesa de trabalho alta. ....	33
<b>Figura 2.31</b> – Uma inclinação do tampo da mesa em 10° provoca uma redução da inclinação do tronco em 9°, melhorando a postura. ....	34
<b>Figura 3.1</b> – Famoso desenho de Leonardo Da Vinci baseado nas obras do arquiteto romano Vitruvius. ....	38
<b>Figura 3.2</b> – Os três Biótipos ou tipos físicos do corpo humano: Endomorfo, Mesomorfo e Ectomorfo. ....	41
<b>Figura 3.3</b> – Alturas médias de meninos de 5 anos de idade de países desenvolvidos e de estratos socioeconômicos alto e baixo. ....	41
<b>Figura 3.4</b> – Principais variáveis usadas em medidas de antropometria estática. ....	42
<b>Figura 3.5</b> – Valores médios de rotações voluntárias da coluna vertebral, pescoço e ombro, na antropometria dinâmica. ....	43
<b>Figura 3.6</b> – A maioria das dimensões humanas retiradas de um grupo com uma distribuição normal adota esta curva gráfica, em cujas extremidades aparece um número reduzido de dimensões sendo que a maioria delas ocupa a zona central. ....	44
<b>Figura 3.7</b> – Gráfico representativo dos percentis das várias dimensões corporais de três indivíduos.....	45
<b>Figura 3.8</b> – Se a altura de um espaço sentado for definido pelo percentil 5 (P5), então este não acomodará os utilizadores com alturas maiores. ....	46
<b>Figura 3.9</b> – Exemplo das relações entre os percentis e ajuste da altura do assento. ....	46
<b>Figura 3.10</b> – Medidas antropométricas estáticas na posição sentada para a concepção de postos de trabalho.....	47
<b>Figura 3.11</b> – Dimensões antropométricas relevantes no dimensionamento do mobiliário escolar de acordo com a literatura e a sua relação com as dimensões do produto, apresentadas na Tabela 3.1.....	48

<b>Figura 3.12</b> – Uma profundidade do assento (PA) igual ao comprimento glúteo-poplíteo (CGP) originará uma compressão na parte de trás do joelho dificultando a circulação sanguínea nas pernas e pés. ....	49
<b>Figura 3.13</b> – Se numa mesa e cadeira ligadas entre si a distância horizontal entre o assento e a mesa é grande a criança não usará o encosto (a), se é pequena dificulta a manutenção de uma posição em pé, assim como a entrada e a saída (b). ....	50
<b>Figura 3.14</b> – Formas corretas e incorretas para o design do assento da cadeira escolar. ....	52
<b>Figura 3.15</b> – Se a extremidade dianteira do assento for arredondada as compressões dos vasos sanguíneos, tendões e nervos são amenizados. ....	52
<b>Figura 3.16</b> – O assento inclinado para trás aumenta a flexão da região lombar (a), enquanto num assento com inclinação para a frente a flexão lombar é reduzida, quanto maior for a inclinação do assento (b, c). ....	53
<b>Figura 3.17</b> – <i>Open hip angle furniture</i> : cadeira com assento inclinado para a frente combinada com uma mesa de tampo inclinado. ....	53
<b>Figura 3.18</b> – Assento com inclinação para trás e mesa com tampo horizontal (a), assento com inclinação para trás e mesa com tampo inclinado (b) e assento e tampo da mesa horizontal (c). ....	53
<b>Figura 3.19</b> – Quando sentada numa postura correta, um indivíduo apresenta uma protuberância para trás, as nádegas, que deve ser tido em conto no perfil do encosto. ....	54
<b>Figura 3.20</b> – Forma correta para o design do encosto separado do assento de uma cadeira. ....	55
<b>Figura 3.21</b> – Num encosto e assento unidos deve existir, na sua zona de ligação, uma curvatura côncava para acomodar as nádegas. ....	55
<b>Figura 3.22</b> – Flexão do Ombro. ....	56
<b>Figura 3.23</b> – Abdução do Ombro. ....	56
<b>Figura 3.24</b> – Dimensões antropométricas relevantes para o dimensionamento do mobiliário escolar, de acordo com as equações de (in)compatibilidade enumeradas na Tabela 3.3, e a sua relação com as dimensões do produto. ....	58
<b>Figura 3.25</b> – Vista em perfil de 4 das 5 possíveis configurações para o assento da cadeira escolar, de acordo com a norma europeia EN 1729-1:2006. ....	64
<b>Figura 3.26</b> – Dimensões-chave da cadeira (vista de cima). ....	64
<b>Figura 3.27</b> – Dimensões-chave de uma cadeira e mesa associada (vista lateral). ....	64
<b>Figura 3.28</b> – Guia de tamanhos da norma europeia EN 1729-1:2006. ....	65
<b>Figura 3.29</b> – Os tamanhos propostos pela norma europeia EN 1729-1:1998 (retângulos) não cobrem corretamente a distribuição das dimensões antropométricas das crianças. ....	68
<b>Figura 3.30</b> – Reprodução esquemática dos resultados da Figura 3.29. É possível observar que para os vários tamanhos propostos pela norma europeia EN 1729-1:1998 a cadeira ou é demasiado alta ou baixa para o intervalo de estatura recomendado. ...	68
<b>Figura 3.31</b> – Sistema europeu de tamanhos proposto por Molenbroek, et al. [17], utilizando a altura do poplíteo como critério de seleção do tamanho da cadeira e mesa. ....	69
<b>Figura 3.32</b> – Um assento com 310 mm de altura é prescrito pela norma europeia EN 1729-1:2006 para crianças com uma estatura de 1200 mm. No entanto, a maioria dessas crianças sentar-se-á numa cadeira demasiado alta. ....	70
<b>Figura 3.33</b> – Diferenças entre as dimensões da altura do assento da norma europeia EN 1729-1:2006 e as dimensões propostas por Gonçalves [5], no seu estudo sobre as medidas ideais da cadeira para as crianças portuguesas do ensino primário. ....	72

<b>Figura 3.34</b> – Reprodução esquemática dos resultados da Figura 3.33. Observa-se que as alturas do assento das cadeiras dos tamanhos 2, 3 e 4 da norma europeia EN 1729-1:2006 são demasiado altos para as crianças portuguesas do ensino primário.....	72
<b>Figura 3.35</b> – Diferenças entre as dimensões da profundidade do assento da norma europeia EN 1729-1:2006 e as dimensões propostas por Gonçalves [5], no seu estudo sobre as medidas ideais da cadeira para as crianças portuguesas do ensino primário.....	73
<b>Figura 4.1</b> – No estudo antropométrico de Gonçalves [5], a crianças Portuguesas dos 6 aos 10 anos de idade, observa-se que para as crianças com uma estatura de 1300mm corresponde um intervalo de altura do poplíteo entre aproximadamente 300 e 400mm.....	79
<b>Figura 4.2</b> – A altura do poplíteo (AP) relaciona-se com a altura do assento (AA). .....	80
<b>Figura 4.3</b> – Exemplo de uma representação esquemática dos gráficos de dispersão estimados da altura do poplíteo (AP) e comprimento glúteo-poplíteo (CGP).....	86
<b>Figura 4.4</b> – 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).....	86
<b>Figura 4.5</b> – Exemplo da determinação das alturas do assento (AA) necessárias para acomodar corretamente todos os envolvidos e conseqüente número de tamanhos. ....	87
<b>Figura 4.6</b> – Representação esquemática de 3 tamanhos sobre a distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e intervalos do comprimento glúteo-poplíteo (GGP) correspondentes.....	87
<b>Figura 4.7</b> – Tamanhos propostos de acordo com a Equação 1 e a sua abrangência.....	89
<b>Figura 4.8</b> – Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e comprimento glúteo-poplíteo (CGP).....	89
<b>Figura 4.9</b> – Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AA) e largura das ancas (LA). ....	90
<b>Figura 4.10</b> – Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e distância ombro-assento (DOA). ....	91
<b>Figura 4.11</b> – Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e espessura coxa (EC). ....	93
<b>Figura 5.1</b> – Conceito da cadeira Dual_Step.....	100
<b>Figura 5.2</b> – Algumas das cadeiras reguláveis escolares presentes no mercado.....	101
<b>Figura 5.3</b> – Conseqüências de uma profundidade única em cadeiras reguláveis: (a) cadeiras reguláveis que utilizam um assento com maior profundidade leva a que as crianças menores não consigam utilizar o encosto; (b) cadeiras reguláveis que utilizam um assento com uma profundidade menor leva à falta de suporte nas coxas nas crianças maiores.....	101
<b>Figura 5.4</b> – As 3 estruturas que compõem a cadeira Dual_Step. ....	103
<b>Figura 5.5</b> – Esquema de operação das 2 dimensões: altura e profundidade do assento. ....	103
<b>Figura 5.6</b> – Mecanismo ligação entre a <i>estrutura base</i> , <i>estrutura do assento</i> e <i>estrutura do encosto</i> possibilitando a regulação simultânea da altura e profundidade do assento.....	103
<b>Figura 5.7</b> – Sistema pino-mola da cadeira UNI_STEP usado na cadeira Dual_Step. ....	103
<b>Figura 5.8</b> – Cadeira UNI_STEP da NAUTILUS S.A. (esquerda) e cadeira Dual_Step (direita). ....	104
<b>Figura 5.9</b> – Cerimónia de entrega do Creativeness in Ergonomics Student of The Year Award a Maria João Pato e Vítor Carneiro.....	105

Figura 6.1 – Mesa interativa UNI_NET (esquerda), estação interativa NETBOARD 2.0 (centro) e estação interativa NETBOARD 2.1 (direita).....	108
Figura 6.2 – Cadeira e mesa UNI AA02.....	109
Figura 6.3 – Linha UNI e código alfanumérico por cada artigo. ....	109
Figura 6.4 – Componentes e subcomponentes da cadeira Uni AA02.....	110
Figura 6.5 – Montagem da cadeira UNI AA02 (esquerda) e respectivo desenho técnico (direita).....	111
Figura 6.6 – Requisição Interna para a produção do protótipo da cadeira UNI AA02.....	112
Figura 6.7 – Metodologia de desenvolvimento/projeto de execução da cadeira Dual_Step no ambiente industrial da empresa NAUTILUS S.A.....	113
Figura 6.8 – Componentes e subcomponentes da cadeira Dual_Step. ....	114
Figura 6.9 – Apoio ao solo em poliamida sugerido para evitar quedas para trás.....	115
Figura 6.10 – O rasgo na <i>estrutura do assento</i> prolonga-se até à zona de curva.....	116
Figura 6.11 – Encosto de uma só curva produzido na empresa NAUTILUS S.A.....	116
Figura 6.12 – O ‘encosto ergonómico’ de dupla curvatura. ....	117
Figura 6.13 – Sugestão proposta para o mecanismo de regulação: perno parcialmente maquinado revestido com espaçador de nylon. ....	117
Figura 6.14 – Porca de rebite sem gola M6.....	119
Figura 6.15 – Perno roscado a uma porca de rebite sem gola M6 rebitada à <i>estrutura do encosto</i> em tubo de 20mm de diâmetro que, por sua vez, deslizará no <i>encaixe base</i> em tubo de 25mm de diâmetro e 2mm de espessura.....	119
Figura 6.16 – Teste realizado à solução proposta na Figura 6.15 onde foi possível observar que a folga entre tubos não permite acomodar a cabeça da porca de rebite sem gola M6.....	120
Figura 6.17 – Perno roscado a uma porca de rebite sem gola M6 rebitada à <i>estrutura do encosto</i> em tubo de 19mm de diâmetro que, por sua vez, deslizará no <i>encaixe base</i> em tubo de 25mm de diâmetro e 2mm de espessura. ....	120
Figura 6.18 – Teste realizado à solução proposta na Figura 6.17 onde foi possível observar que existe espaço entre tubos para acomodar a cabeça da porca de rebite sem gola M6.....	120
Figura 6.19 – Perno roscado a uma porca de rebite sem gola M6 rebitada à <i>estrutura do encosto</i> em tubo de 20mm de diâmetro com o furo escareado e que por sua vez deslizará no <i>encaixe base</i> em tubo de 25mm de diâmetro e 2mm de espessura.....	121
Figura 6.20 – Teste realizado à solução proposta na Figura 6.19 onde foi possível observar que se o furo que recebe a porca de rebite sem gola M6 fosse escareado tal permitia que a cabeça da porca de rebite coubesse na folga entre tubos.....	121
Figura 6.21 – Perno roscado a um furo repuxado no tubo da <i>estrutura do encosto</i> .....	122
Figura 6.22 – Perno roscado diretamente nas paredes do tubo da <i>estrutura do encosto</i> .....	123
Figura 6.23 – Teste realizado à solução proposta na Figura 6.22 utilizando um perno M5 roscado nas paredes do tubo. ....	123
Figura 6.24 – Espaçador de nylon com rosca (a), espaçador de nylon sem rosca (b) e a sua utilização num parafuso (c).....	124
Figura 6.25 – Solução técnica adotada para o mecanismo de regulação e ligação entre a <i>estrutura base</i> , <i>estrutura do assento</i> e <i>estrutura do encosto</i> : perno M5 roscado diretamente nas paredes do tubo da <i>estrutura do encosto</i> com um espaçador de nylon com rosca. ....	124

Figura 6.26 – Utilização do software Solidworks 2011 no processo de desenvolvimento.....	125
Figura 6.27 – <i>Estrutura do assento</i> (2) da cadeira Dual_Step e os respetivos subcomponentes (2A e 2B). .....	125
Figura 6.28 – Com um assento com a profundidade máxima passível de se obter através dos moldes existentes na empresa e com a solução de um <i>suporte assento</i> de duplo U o rasgo onde corre o mecanismo de regulação continuaria a ficar sobre uma zona de curva. ....	126
Figura 6.29 – Com o <i>suporte assento</i> numa configuração de um só U o rasgo onde corre o mecanismo de regulação evita zonas de curva, além de que o assento cobre totalmente este subcomponente. ....	126
Figura 6.30 – Configuração do subcomponente <i>encaixe assento</i> em duas peças simétricas.....	126
Figura 6.31 – Para regular a cadeira Dual_Step nos 3 tamanhos o segmento da <i>base</i> necessita de 153mm. ....	127
Figura 6.32 – Devido à medida do segmento da <i>base</i> necessária para regular os 3 tamanhos, uma solução em que o <i>encaixe assento</i> é um U não era viável porque a zona de curvatura prolongava-se para o interior da <i>base</i> . A zona a vermelho corresponde à área de interferência entre os subcomponentes. ....	127
Figura 6.33 – Solução adotada para a <i>estrutura do encosto</i> receber o encosto.....	128
Figura 6.34 – Fixação do encosto à <i>estrutura do encosto</i> em 4 pontos.....	128
Figura 6.35 – 1ª Página dos desenhos técnicos da cadeira Dual_Step (esquerda) e Requisição Interna para a produção do protótipo 1 da cadeira Dual_Step (direita). ....	129
Figura 6.36 – Máquina a coser as folhas de madeira de faia (esquerda) e duas folhas de madeira de faia cosidas (direita).....	130
Figura 6.37 – Esquema representativo da orientação dos veios das folhas de fuma. ....	131
Figura 6.38 – Processo de impregnação das folhas de fuma (esquerda), a sua sobreposição sobre a folha de madeira de faia cosida (centro) e a colocação da segunda folha de madeira de faia cosida sobre as folhas de fuma (direita). ....	131
Figura 6.39 – Aglomerado de folhas de fuma e de madeira de faia resultante da sua sobreposição.....	131
Figura 6.40 – Colocação do “aglomerado” de folhas de fuma e de madeira de faia no interior dos moldes e fecho da prensa hidráulica. ....	132
Figura 6.41 – Forma em bruto do assento e encosto após a prensagem.....	132
Figura 6.42 – Recorte e furação do assento. ....	132
Figura 6.43 – Furação do encosto.....	132
Figura 6.44 – Acabamento do assento: processo de lixagem. ....	133
Figura 6.45 – Disposição e designação da ferramenta de dobragem de tubo da máquina manual (esquerda) e aplicação da ferramenta na dobragem de tubo de 19mm de diâmetro (direita).....	133
Figura 6.46 – Afinação do ângulo de dobragem e testes de dobragem.....	134
Figura 6.47 – Corte do tubo à medida no serrote elétrico de fita circular. ....	134
Figura 6.48 – Introdução do tubo no mandril, processo de dobragem e verificação das medidas da peça dobrada. ....	134
Figura 6.49 – Processo de prensagem da <i>estrutura do encosto</i> – introdução da peça no molde, fecho do molde e abertura do molde – e verificação das medidas após a prensagem. ....	135
Figura 6.50 – Processo de furação da <i>estrutura do encosto</i> . ....	136

Figura 6.51 – Abertura de rosca com macho.....	136
Figura 6.52 – Verificação do ângulo da peça dobrada.....	136
Figura 6.53 – Processo de furação do <i>encaixe assento</i> .....	137
Figura 6.54 – Corte oblíquo numa das extremidades do <i>encaixe assento</i> .....	137
Figura 6.55 – Disposição e designação da ferramenta de dobragem de tubo da máquina CNC. ...	137
Figura 6.56 – Operador a introduzir as dimensões do <i>suporte assento</i> na interface da máquina CNC de dobrar tubo, testes realizados na calibração das dimensões corretas e programa final para a dobragem do subcomponente.....	138
Figura 6.57 – Processo de dobragem do <i>suporte assento</i> e verificação das medidas da peça dobrada.....	138
Figura 6.58 – Processo de abertura dos rasgos no <i>suporte assento</i> e no qual irão correr o espaçador de nylon que permitirão a regulação da cadeira.....	139
Figura 6.59 – Introdução das dimensões da <i>base</i> na interface da máquina CNC de dobrar tubo, testes realizados para a obtenção das dimensões corretas, programa final de dobragem, processo de dobragem da <i>base</i> e verificação das medidas da peça dobrada.....	140
Figura 6.60 – Processo de furação da <i>base</i> .....	140
Figura 6.61 – Corte do tubo no serrote elétrico de fita circular e verificação das medidas do subcomponente <i>encaixe base</i> .....	141
Figura 6.62 – Abertura de meia cana numa das extremidades do <i>encaixe base</i> e verificação das medidas.....	141
Figura 6.63 – Processo de abertura dos rasgos no <i>encaixe base</i> , no qual irão correr o espaçador de nylon que permitirão a regulação da cadeira.....	141
Figura 6.64 – Subcomponentes da cadeira Dual_Step sendo posicionados para o processo de soldadura a MIG.....	142
Figura 6.65 – Processo de soldadura dos subcomponentes da <i>estrutura base</i> .....	142
Figura 6.66 – Processo de soldadura dos subcomponentes da <i>estrutura do assento</i> .....	142
Figura 6.67 – <i>Estrutura base, estrutura do assento e estrutura do encosto</i> ensambladas após a soldadura.....	143
Figura 6.68 – Requisição Interna da produção do protótipo 1 da cadeira Dual_Step preenchida..	143
Figura 6.69 – Peças a saírem do túnel onde é realizado o tratamento da superfície.....	144
Figura 6.70 – Peças a entrar no túnel de secagem após o tratamento da superfície.....	145
Figura 6.71 – Peças a entrar na cabine de pintura onde dois operadores munidos com pistolas de pulverização eletrostática pulverizam a tinta em pó sobre as peças, cobrindo a sua superfície.....	145
Figura 6.72 – Peças a saírem da estufa de polimerização após o processo de cura da tinta em pó.....	146
Figura 6.73 – Componentes do protótipo 1 da cadeira Dual_Step.....	146
Figura 6.74 – Montagem do protótipo 1.....	147
Figura 6.75 – Protótipo 1 da cadeira Dual_Step.....	147
Figura 6.76 – Protótipo 1 da cadeira Dual_Step alternando nos 3 tamanhos.....	147
Figura 6.77 – Testes efetuados ao movimento de regulação da cadeira. Além do atrito existente, a pintura começou a ficar riscada na <i>estrutura do encosto</i> e <i>estrutura do assento</i> . 148	

<b>Figura 6.78</b> – Operação para empurrar o pino-mola de modo a libertá-lo do furo de bloqueio. Devido à espessura de 2mm do tubo da <i>base</i> , onde se encontram os furos de bloqueio, era necessário empurrar o pino com a ponta do dedo. ....	148
<b>Figura 6.79</b> – Após empurrar o pino-mola é necessário ‘forçá-lo’ de modo a não coincidir com o furo de bloqueio de onde fora empurrado. ....	149
<b>Figura 6.80</b> – Com os pinos-mola retirados do furo de bloqueio de onde foram empurrados, procede-se à regulação da cadeira até que os pinos-mola encontrem os furos de bloqueio seguintes. ....	149
<b>Figura 6.81</b> – Impressão 3D em PLA dos espaçadores sem rosca ( <b>a</b> ) e a sua incorporação no mecanismo de regulação para a realização de testes de melhoria do movimento de rotação do espaçador ( <b>b</b> ). ....	150
<b>Figura 6.82</b> – Protótipo 1 submetido a testes de carga com um indivíduo de 70 Kg em cima do assento.....	150
<b>Figura 6.83</b> – Quando submetida a carga, a cadeira na posição mais baixa apresentava uma ligeira inclinação do assento para a frente ( <b>a</b> ). Na posição mais alta a inclinação para a frente é acentuada ( <b>b</b> ). A inclinação é explicada pela folga existente entre os tubos da <i>estrutura base</i> e da <i>estrutura do assento</i> , sendo a inclinação maior quanto maior é a altura do assento devido ao facto de essas mesmas estruturas estarem mais próximas do fim do curso de regulação ( <b>c</b> ). ....	151
<b>Figura 6.84</b> – Porca autoblocante como meio de bloquear a saída do espaçador de nylon sem rosca do perno M5 roscado nas paredes do tubo da <i>estrutura do encosto</i> .....	152
<b>Figura 6.85</b> – Solução técnica adotada para evitar a saída do espaçador de nylon sem rosca do mecanismo de regulação: parafuso cabeça de queijo sextavado interior M5 roscado diretamente nas paredes do tubo da <i>estrutura do encosto</i> , em detrimento do perno M5. ....	153
<b>Figura 6.86</b> – Posicionamento dos casquilhos internos de poliacetal (POM). ....	153
<b>Figura 6.87</b> – Casquilho em poliacetal da mesa regulável ONE. ....	154
<b>Figura 6.88</b> – Impressão 3D em PLA dos casquilhos exteriores para serem usados em testes de melhoria ao problema de atrito entre estruturas. ....	154
<b>Figura 6.89</b> – Esquema do uso de casquilhos externos. ....	154
<b>Figura 6.90</b> – Testes realizados ao movimento das estruturas na regulação da cadeira já com a incorporação dos casquilhos externos em PLA. ....	155
<b>Figura 6.91</b> – Esquema da espessura do casquilho e folga entre o casquilho e os tubos da <i>estrutura do encosto</i> e <i>estrutura do assento</i> (unidades em mm).....	155
<b>Figura 6.92</b> – Rasgo executado no protótipo 1 da cadeira para testar o uso de um aperto rápido como mecanismo alternativo ao pino-mola no bloqueio da posição da cadeira nos vários tamanhos. ....	157
<b>Figura 6.93</b> – Teste de bloqueio da posição da cadeira através de um aperto rápido. ....	157
<b>Figura 6.94</b> – Manípulo usado nas estantes de partitura reguláveis e desmontáveis.....	157
<b>Figura 6.95</b> – Posicionamento dos manípulos.....	158
<b>Figura 6.96</b> – Protótipo 1 submetido a uma carga de 70 Kg usando os manípulos como mecanismo de bloqueio da posição da cadeira, em alternativa ao pino-mola. ....	158
<b>Figura 6.97</b> – Parafuso de orelhas DIN 316.....	159
<b>Figura 6.98</b> – Esquematização passo a passo da solução para bloquear a saída do parafuso de orelhas do <i>encaixe base</i> . ....	160
<b>Figura 6.99</b> – Execução da solução desenvolvida para bloquear a saída do parafuso de orelhas.....	160



Figura 6.100 – Testes de bloqueio da posição da cadeira através do uso do parafuso de orelhas e da solução desenvolvida para bloquear a saída do parafuso de orelhas.....	161
Figura 6.101 – Parafuso serrilhado usado na impressora 3D BeTheFirst. ....	161
Figura 6.102 - Parafuso serrilhado DIN653. ....	161
Figura 6.103 – Aplicação do parafuso serrilhado como alternativa ao parafuso de orelhas.....	162
Figura 6.104 – Testes de bloqueio da posição da cadeira através do uso do parafuso serrilhado e comparação entre parafuso serrilhado e parafuso de orelhas. ....	162
Figura 6.105 – Com o assento com uma inclinação para trás em 3° (a), este assumirá um alinhamento horizontal quando submetido a carga devido ao efeito mola da <i>estrutura base</i> e da folga entre o casquilho e a <i>estrutura da assento</i> , levando este último a inclinar ligeiramente para a frente (b). ....	163
Figura 6.106 – Amostra do ‘encosto ergonómico’. ....	164
Figura 6.107 – Solução de dupla curvatura da <i>estrutura do encosto</i> para receber o ‘encosto ergonómico’. ....	164
Figura 6.108 – Utilizando a <i>estrutura do encosto</i> desenvolvida no protótipo 1 em conjunto com o ‘encosto ergonómico’ haveria conflito entre ambos. A zona a vermelho corresponde à área de interferência.....	165
Figura 6.109 – Se os cantos do ‘encosto ergonómico’ fossem arredondados (raio 50mm) é então possível utilizá-lo com a <i>estrutura do encosto</i> desenvolvida para o protótipo 1.....	165
Figura 6.110 – Execução da aplicação do parafuso serrilhado com a porca.....	166
Figura 6.111 – Requisição Interna de produção do protótipo 2 da cadeira Dual_Step preenchida...	166
Figura 6.112 – Montagem do protótipo 2: rebitagem do encosto e do assento por meio de um rebitador pneumático e introdução dos casquilhos em poliacetal na <i>estrutura base</i> .....	167
Figura 6.113 – Montagem do mecanismo de regulação.....	167
Figura 6.114 – Protótipo 2 da cadeira Dual_Step e pormenor do parafuso serrilhado como mecanismo de bloqueio da posição da cadeira.....	167
Figura 6.115 – Protótipo 2 submetido a testes de carga com um indivíduo de 70 Kg em cima do assento.....	168
Figura 6.116 – O assento quando submetido a carga assume um alinhamento horizontal, tal como projetado.....	168
Figura 6.117 – Com a posição da cadeira bloqueada e ao realizar o movimento de sentar deixamos cair bruscamente o corpo sobre o assento, as estruturas movimentam-se ligeiramente entre si.....	169
Figura 6.118 – Operação de desbloqueio, regulação e bloqueio da posição da cadeira com o parafuso serrilhado como mecanismo de bloqueio.....	170
Figura 6.119 – A criança não é capaz de desapertar o parafuso serrilhado se este fosse apertado por um adulto com esse propósito. ....	170
Figura 6.120 – Testes efetuados ao movimento de regulação da cadeira permitiram concluir que com o uso do casquilho em poliacetal o atrito entre estruturas é mínimo e os riscos inexistentes.....	171
Figura 6.121 – Mecanismo de regulação e ligação entre as estruturas: parafuso cabeça de queijo sextavado interior e espaçador de nylon sem rosca. ....	171
Figura 6.122 – Estando a <i>estrutura base</i> alinhada pela aresta frontal do assento, quando a criança tenta puxar a cadeira para a frente esta bate imediatamente nos calcanhares impedindo esse movimento. ....	172

Figura 6.123 – Serrilhado na <i>estrutura do encosto</i> sob a forma de cruz.....	173
Figura 6.124 – Serrilhado na <i>estrutura do encosto</i> sob a forma de linhas horizontais.....	173
Figura 6.125 – Descanso de bicicleta regulável.....	174
Figura 6.126 – Serrilhado na <i>estrutura do encosto</i> sob a forma de calotes esféricas.....	174
Figura 6.127 – As duas soluções desenvolvidas para resolver o problema da estrutura base bater nos calcanhares da criança impedindo-a de puxar a cadeira para a frente: (a) <i>base</i> cortada e unida com uma travessa recuada e (b) <i>base</i> recuada em relação à aresta frontal do assento.....	175
Figura 6.128 – Modificações ao protótipo 1 para testar solução da <i>base</i> cortada e unida com travessa recuada.....	175
Figura 6.129 – Modificações realizadas ao protótipo 2 para testar a solução da <i>base</i> recuada....	176
Figura 6.130 – Teste à solução da <i>base</i> recuada em 50mm em relação à aresta frontal do assento.....	176
Figura 6.131 – Página 1 do registo comunitário de design da cadeira Dual_Step.....	178
Figura 6.132 – Página 2 do registo comunitário de design da cadeira Dual_Step.....	179
Figura 6.133 – Página 3 do registo comunitário de design da cadeira Dual_Step.....	180
Figura 6.134 – Página 4 do registo comunitário de design da cadeira Dual_Step.....	181
Figura 6.135 – Protótipo da cadeira Dual_Step produto especial aprovado pelo cliente.....	183
Figura 7.1 – Subcomponentes que necessitam de ferramentas para abertura de rasgos ou corte oblíquo.....	186
Figura 7.2 – Produção subcontratada e interna dos subcomponentes das estruturas da cadeira: (a) à empresa IETA é subcontratado o corte a laser e dobragem do <i>encaixe assento</i> ; (b) à empresa IS3 é subcontratado o corte a laser da <i>base</i> , <i>encaixe base</i> e <i>suporte assento</i> ; (c) a cargo da NAUTILUS S.A. fica a produção da travessa e <i>estrutura do encosto</i> , além da dobragem dos subcomponentes cortados a laser na empresa IS3...	187
Figura 7.3 – Operador colocando o tubo da <i>base</i> no mandril, tendo em atenção o correto alinhamento das furações para se realizar a dobragem do mesmo.....	188
Figura 7.4 – Devido à furação existente na zona de curva o tubo rasgou no processo de dobragem. ..	188
Figura 7.5 – Sem a furação na zona de curva o processo de dobragem ocorre sem problemas....	189
Figura 7.6 – Operador colocando o tubo do <i>suporte assento</i> no mandril, tendo em atenção o correto alinhamento das furações para se proceder à sua dobragem.....	189
Figura 7.7 – Processo de dobragem do tubo do <i>suporte assento</i> e verificação das medidas da peça dobrada.....	190
Figura 7.8 – Gabarit de furação da <i>base</i> . .....	190
Figura 7.9 – Gabarit de furação da <i>estrutura do encosto</i> . .....	191
Figura 7.10 – Gabarit de soldadura da <i>base</i> com o <i>encaixe base</i> .....	191
Figura 7.11 – Gabarit de soldadura da <i>base</i> + <i>encaixe base</i> com a <i>travessa</i> .....	191
Figura 7.12 – Gabarit de soldadura do <i>suporte assento</i> com o <i>encaixe assento</i> . .....	192
Figura 7.13 – Teste aos gabarits de soldadura com a montagem de uma cadeira para validação.	192
Figura 7.14 – ‘Aglomerado’ de folhas de fuma sobrepostas entre duas folhas de termolaminado 166.....	193
Figura 7.15 – Molde do encosto montado no copiadador/fresador de madeiras (a) e a sua utilização (b).....	194

Figura 7.16 – Processo de dobragem da <i>estrutura do encosto</i> na máquina manual e verificação das medidas da peça dobrada. ....	194
Figura 7.17 – Processo de prensagem da <i>estrutura do encosto</i> no balancé. ....	195
Figura 7.18 – Após colocar a peça no gabarit, o operador aperta o grampo (a) e procede à furação do encosto no lado esquerdo da <i>estrutura do encosto</i> (b). ....	195
Figura 7.19 – Com a furação do encosto no lado esquerdo concluída, o operador reposiciona a estrutura do encosto no gabarit, aperta o grampo (a) e procede à furação do encosto no lado direito da <i>estrutura do encosto</i> (b). ....	195
Figura 7.20 – Com a furação do encosto concluída o operador reposiciona a <i>estrutura do encosto</i> (a) para proceder à furação para o mecanismo de regulação no lado esquerdo (b) .	196
Figura 7.21 – Dobragem do <i>suporte assento</i> na máquina CNC e verificação das medidas da peça dobrada. ....	196
Figura 7.22 – Operador a introduzir o tubo da <i>base</i> no mandril tendo em conta o alinhamento da furação, e peça dobrada. ....	197
Figura 7.23 – Processo de furação da <i>base</i> com recurso ao gabarit para esse efeito. ....	197
Figura 7.24 – Abertura de meia-cana da travessa no balancé. ....	197
Figura 7.25 – Processo de soldadura da <i>base</i> e do <i>encaixe base</i> com recurso ao gabarit para esse efeito. ....	198
Figura 7.26 – Processo de soldadura da <i>travessa</i> e da <i>base+encaixe base</i> com recurso ao gabarit para esse efeito, obtendo-se assim o componente <i>estrutura base</i> . ....	198
Figura 7.27 – Processo de soldadura do <i>suporte assento</i> e do <i>encaixe assento</i> com recurso ao gabarit para esse efeito, obtendo-se assim o componente <i>estrutura assento</i> . ....	199
Figura 7.28 – Processo de pintura das estruturas: (a) <i>estrutura do encosto</i> a entrar no túnel para o tratamento da superfície; (b) <i>estrutura do encosto</i> na cabine de pintura onde o operador munido com uma pistola de pulverização eletrostática pulveriza a tinta em pó sobre a peça, cobrindo a sua superfície; (c) <i>estruturas base</i> a saírem da estufa de polimerização após o processo de cura da tinta em pó. ....	199
Figura 7.29 – Operador a rebitar os apoios ao solo e a inserir os tapa-topos na <i>estrutura base</i> . ....	200
Figura 7.30 – Operador a inserir o sistema pino-mola no <i>encaixe assento</i> . ....	200
Figura 7.31 – Operador a proceder à montagem das estruturas com a montagem do mecanismo de regulação. ....	200
Figura 7.32 – Estruturas da cadeira montadas. ....	201
Figura 7.33 – Com as estruturas montadas, na segunda equipa o primeiro operador procede à incorporação dos rebites de repuxo de alumínio e dos elementos de amortecimento no encosto e assento (a) e o segundo operador à rebitagem destes (b). ....	201
Figura 7.34 – Cadeiras Dual_Step montadas e prontas a expedir. ....	202
Figura 7.35 – Cadeira Dual_Step alternando nos 4 tamanhos, como requisitado pelo cliente. ....	202
Figura 7.36 – Cadeira Dual_Step produto especial (a), o seu modo de empilhamento (b) e pormenor do mecanismo de regulação e de bloqueio da posição da cadeira (c). ...	202
Figura 7.37 – Cadeiras Dual_Step equipando uma sala de aula do Centro Escolar de Irivo, Penafiel. ....	203



# Lista De Tabelas

<b>Tabela 2.1</b> – Tempo que alunos passam sentados na escola de acordo com vários estudos. ....	26
<b>Tabela 3.1</b> – Dimensões antropométricas relevantes no dimensionamento do conjunto cadeira e mesa escolar de acordo com a literatura. ....	48
<b>Tabela 3.2</b> – Quadro-resumo das recomendações ergonómicas da cadeira e mesa escolar. ....	57
<b>Tabela 3.3</b> – Quadro-resumo da obtenção das dimensões do conjunto cadeira e mesa através das variáveis antropométricas e respetivas equações de (in)compatibilidade. ....	58
<b>Tabela 3.4</b> – Estatura mínima (P5 – 6 anos) e máxima (P95 – 10 anos) das crianças dos 6 aos 10 anos de Portugal, Bélgica e Holanda.....	65
<b>Tabela 3.5</b> – Dimensões em mm da cadeira para o tamanho 2, 3 e 4 de acordo com a norma europeia EN 1729-1:2006. ....	66
<b>Tabela 3.6</b> – Dimensões ideais da cadeira regulável para crianças portuguesas do ensino primário, dos 6 aos 10 anos de idade, propostas por Gonçalves [5]......	70
<b>Tabela 3.7</b> – Dimensões da norma europeia EN 1729-1:2006 para a cadeira escolar regulável correspondentes aos intervalos propostos por Gonçalves [5]......	71
<b>Tabela 3.8</b> – Equivalência entre os tamanhos propostos por Gonçalves [5] e os tamanhos da norma europeia EN 1729-1:2006, tendo em consideração o intervalo de estaturas correspondentes.....	71
<b>Tabela 4.1</b> – Atribuição dos níveis ISCED por país de acordo com as idades. ....	78
<b>Tabela 4.2</b> – Quadro-resumo das dimensões do conjunto cadeira e mesa através das equações de (in)compatibilidade tendo como referência a variável antropométrica e os percentis.....	81
<b>Tabela 4.3</b> – Dados/estudos antropométricos encontrados e informação disponibilizada.....	82
<b>Tabela 4.4</b> – Valores da tabela de Distribuição Normal Padrão (Z-Value) correspondentes ao percentil.....	84
<b>Tabela 4.5</b> – Estudos antropométricos selecionados.....	85
<b>Tabela 4.6</b> – Cálculo da altura do assento (AA) para o tamanho 1 e 2.....	88
<b>Tabela 4.7</b> – Proposta para um sistema universal de tamanhos para o conjunto cadeira e mesa escolar para crianças dos 6 aos 10 anos.....	94
<b>Tabela 4.8</b> – Altura do poplíteo (AP) mínima (P5 – 6 anos) e máxima (P95 – 10 anos) por país e respetivos tamanhos necessários para abranger adequadamente as crianças dos 6 aos 10 anos de idade.....	95

<b>Tabela 6.1</b> – Códigos dos componentes e subcomponentes da cadeira UNI AA02.....	110
<b>Tabela 6.2</b> – Definição das dimensões da cadeira Dual_Step de acordo com a norma EN 1729-1:2006 e as suas tolerâncias.....	118
<b>Tabela 6.3</b> – Dimensões da cadeira solicitadas pelo cliente, de acordo com a proposta para aquisição de mobiliário escolar adequado ao 1º Ciclo do Ensino Básico enunciada no estudo Melhor Postura Corporal realizado no concelho de Penafiel. ....	182
<b>Tabela 7.1</b> – Custeio da Cadeira Dual_Step.....	193

# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

AELC	Associação Europeia de Livre Comércio
CAD	Computer Aided Design
CEN	Comité Europeu de Normalização
CNC	Computer Numeric Control
CO2/Ar	Dióxido de Carbono/Árgon
d.C.	Depois de Cristo
EN	European Standard
EPM	Erro Padrão Médio
E.U.A.	Estados Unidos da América
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
ISO	International Organization for Standardization
MDIP	Mestrado em Design Industrial e de Produto
NITEC	Núcleo de Investigação Tecnológico
SD	Desvio Padrão
U.C.	Unidade Curricular
UP	Universidade do Porto
UXD	User Experience Design

## Lista de símbolos

$\alpha (-)$	Ângulo do assento de $0^\circ$ a $-5^\circ$ (inclinação para trás)
$\alpha (+)$	Ângulo do assento de $0^\circ$ a $5^\circ$ (inclinação para a frente)

$\mu$	Média
$z_p$	Constante para o percentil considerado, obtido a partir de tabelas de estatística de distribuição normal
$\emptyset$	Diâmetro



# Capítulo 1 - Introdução

## 1.1. Enquadramento Do Tema

A modernidade tem mudado o comportamento do Ser Humano levando-o a estar cada vez mais tempo sentado desde que ingressa na escola primária, onde o trabalho escolar exige que passe longas horas sentado. Teoricamente a postura sentada é mais prejudicial para a saúde dos indivíduos pois desencadeia uma série de regulações funcionais que contribuem para o surgimento de dores ao longo da vida.

Quando na escola primária às longas horas em que as crianças permanecem sentadas se alia o mobiliário inadequado, que não atende às características antropométricas dos seus utilizadores, as consequências podem ser prejudiciais e potencialmente irreversíveis. Além de favorecer a disseminação de patologias e problemas posturais desencadeados por alterações anatómicas, contribuindo para um erróneo crescimento da criança, pode interferir também no seu processo de desenvolvimento e aprendizagem originando desmotivação, falta de concentração, falta de interesse e queda de rendimento em ambiente escolar.

Esta situação provocou um aumento da preocupação com as salas de aula, em particular sobre o estudo e conceção de mobiliário escolar, nomeadamente o conjunto cadeira e mesa, apropriando-o às necessidades dos alunos e às dimensões adequadas de acordo com as suas características antropométricas.

Panagiotopoulou, et al. [1], num estudo com cerca de 200 alunos gregos com idades compreendidas entre os 7 e os 12 anos, demonstram a existência de um desfasamento significativo entre as dimensões do mobiliário escolar e as medidas antropométricas dos alunos. Do estudo salienta-se que as cadeiras utilizadas são demasiado altas e profundas para os seus utilizadores.

Às mesmas conclusões chegaram Gouvali e Boudolos [2], também num estudo realizado na Grécia com crianças dos 6 aos 18 anos. Constataram ainda que a existência de mobiliário

escolar de apenas um tamanho leva a que o mesmo não seja adequado à variabilidade antropométrica observada, mesmo em crianças com a mesma idade.

Parcells, et al. [3] ao estudarem a compatibilidade entre o mobiliário escolar e as medidas antropométricas de alunos norte-americanos entre os 11 e os 13 anos, constataram que esse mesmo mobiliário não é de todo o mais adequado ao verificarem que menos de 20% dos alunos tinham ao seu dispor uma cadeira e mesa compatíveis com as suas dimensões antropométricas.

Já Castellucci, et al. [4], num estudo realizado com crianças chilenas dos 12 aos 14 anos de idade, verificaram que o mobiliário escolar não era adequado à população estudantil, com a altura da cadeira a ser compatível com apenas 14% da amostra.

Em Portugal, Gonçalves [5] demonstra que o mobiliário escolar utilizado pelas crianças dos 6 aos 10 anos de idade possui uma percentagem significativa de incompatibilidade com as suas dimensões corporais. As crianças estão sentadas em cadeiras cujo assento é demasiado alto ou baixo e demasiado profundo.

Deste estudo constata-se que as medidas antropométricas dos alunos são muito variadas quando se confrontam os diferentes anos escolares do ensino primário, mas também entre alunos pertencentes ao mesmo ano e com a mesma idade. Crianças com a mesma idade tem estaturas muito díspares, podendo atingir diferenças de 200 mm. Logo, é pouco provável que a cadeira e mesa escolar com dimensões fixas seja compatível com a grande maioria dos alunos [3, 5-7]. Pode-se concluir que idealmente o mobiliário escolar deve ser ajustável a fim de acomodar as variações antropométricas das crianças [3, 5, 8, 9], para promover o bem-estar e boas posturas. As cadeiras escolares reguláveis que o mercado dispõe apenas permitem a regulação do assento em altura. Todavia, numa cadeira ajustável é tão importante a regulação da altura do assento como a profundidade do mesmo [10].

## 1.2. Objetivos

Com isto formula-se a seguinte questão: Será possível desenvolver uma cadeira escolar ajustável em altura e profundidade capaz de acomodar as variações antropométricas das crianças do ensino primário, com idades compreendidas entre os 6 e os 10 anos de idade e economicamente competitiva no mercado global?

Com este trabalho de investigação pretende-se encontrar uma metodologia de apoio à decisão dos designers de produto no desenvolvimento do conjunto cadeira e mesa escolar. Esta metodologia terá como base a articulação dimensional das transformações antropométricas da criança, a postura sentada e os requisitos ergonómicos do conjunto cadeira e mesa escolar.

Na U.C. de Projeto Design Industrial do 2º Semestre do MDIP 2013/2015 da Universidade do Porto, tendo como referência o Project Based Learning, desenvolveu-se com a empresa NAUTILUS S.A. um projeto que procura encontrar a resposta a esta questão. Da investigação feita durante esse semestre chegou-se a 3 conceitos fundamentais. Concluiu-se que a cadeira deveria ser a principal aposta de desenvolvimento pois a articulação do empilhamento e regulação seria uma fórmula complexa. Percebeu-se que a cadeira deveria mover-se em dois eixos, a altura e profundidade do assento. Para possibilitar a execução de qualquer solução para o mercado desta empresa dever-se-ia indubitavelmente recorrer a métodos e processos de produção já existentes na empresa.

Desta experiência surgiram vários conceitos, dois dos quais foram selecionados pela empresa para serem desenvolvidos industrialmente. O primeiro, desenvolvido pela aluna Ângela Gomes, que tinha como referência o sistema de mecanismo do cavalete. O segundo, inicialmente desenvolvido pela aluna Maria João Pato, procurou enquadrar na cadeira UNI\_STEP, cadeira do portfólio da empresa, o segundo eixo de evolução originado a cadeira Dual\_Step.

Como verificação desta investigação e para dar resposta à última questão colocada, encontrar uma solução economicamente viável, desenvolveu-se com a empresa o conceito da cadeira Dual\_Step.

Nesta dissertação dá-se continuidade a este 2º conceito procurando encontrar uma solução para essa dupla regulação, transpondo-o do ambiente académico para o contexto industrial da empresa. Integrado na empresa, incidir-se-á na vertente construtiva até se alcançar uma solução válida, transformando o que era um conceito num produto exequível e objetivando-se a sua produção e introdução no mercado.

Os objetivos específicos a alcançar são os seguintes:

1. Desenvolvimento de detalhe/projeto de execução do conceito da cadeira Dual\_Step de acordo com o contexto produtivo da empresa;
2. Prototipagem;
3. Testes;
4. Análise dos resultados e validação;
5. Registo Comunitário de Design da Cadeira Dual\_Step;
6. Produção e comercialização.

### 1.3. Estrutura Adotada

A presente dissertação encontra-se dividida em duas partes.

A primeira parte contém a investigação que fundamenta e suporta as opções tomadas no desenvolvimento desta metodologia, ao incidir diretamente sobre questões fulcrais à conceção de mobiliário escolar ajustável. Esta investigação foi realizada em equipa com Ângela Gomes, aluna do MDIP da UP, cuja dissertação incide também sobre o mobiliário escolar.

Num primeiro momento será decomposto e analisado o conjunto cadeira e mesa escolar sobre 3 perspetivas: o utilizador, as atividades que este realiza em ambiente escolar e as posturas que adota no decorrer dessas atividades. Como referem Lueder e Rice [11, p. 190] *'it is helpful to understand the implications of how children develop and mature when designing for children'* de modo a incorporar características, que possam acomodar uma ampla gama de idades, para a adoção de boas posturas.

Num segundo momento serão analisadas as recomendações e critérios ergonómicos para a conceção e dimensionamento de mobiliário escolar e a importância da antropometria aplicada à ergonomia. Será também objeto de análise e reflexão a norma que rege as dimensões das cadeiras e mesas de instituições de ensino na europa, porque *'with the exception of Europe, where the development of school furniture standards has been most actively pursued, [...] there is a lack of standardization for the design of classroom furniture for educational settings in many countries'* [12, p. 746].

Num terceiro momento, e face às conclusões da investigação realizada que apontam para a existência de uma relação deficiente entre o dimensionamento da cadeira e mesa escolar considerado pelas normas e a realidade antropométricas das crianças, procedeu-se à realização de um estudo visando uma metodologia para a criação de um sistema de dimensionamento universal do conjunto cadeira e mesa escolar para crianças dos 6 aos 10 anos de idade. O estudo, submetido para publicação em revista científica da especialidade, foi elaborado em conjunto com a Ângela Gomes e com a Prof.<sup>a</sup> Dr. Bárbara Rangel.

A segunda parte, o caso de estudo de verificação, contém a descrição de todo o trabalho de desenvolvimento da cadeira Dual\_Step assente na investigação realizada e, por sua vez, é composto por 3 fases. Primeiramente é enquadrado o conceito da cadeira Dual\_Step no âmbito da U.C. de Projeto Design Industrial do MDIP, demonstrando qual a sua inovação, vantagens e mais-valias. Com a passagem do projeto do ambiente académico para o ambiente industrial da NAUTILUS S.A. dar-se-á início à segunda fase. Esta centrar-se-á no desenvolvimento de detalhe/projeto de execução da cadeira, demonstrando todo o processo na procura de soluções construtivas adequadas e adaptação aos recursos e processo produtivo da empresa. A validação de tais soluções, assim como do produto em si, ocorrerá com a produção de

protótipos à escala real para a realização de testes. Quer o processo de produção dos protótipos como os consequentes testes e resultados serão demonstrados e analisados.

Com a validação do protótipo e respetivas soluções iniciar-se-á a terceira e última fase, o planeamento da produção. Focar-se-á no custeio do produto, na gama operatória (sequências de operação de produção de cada subcomponente e componente) e no desenvolvimento e construção dos gabarits de soldadura que posteriormente serão usados no processo de soldadura manual durante a fase de produção. Esta fase culmina com a produção da cadeira e a sua introdução no mercado ao ser adquirida para equipar 4 Centros Escolares do concelho de Penafiel (Figura 1.1).

Por fim, serão apresentadas as conclusões deste projeto.

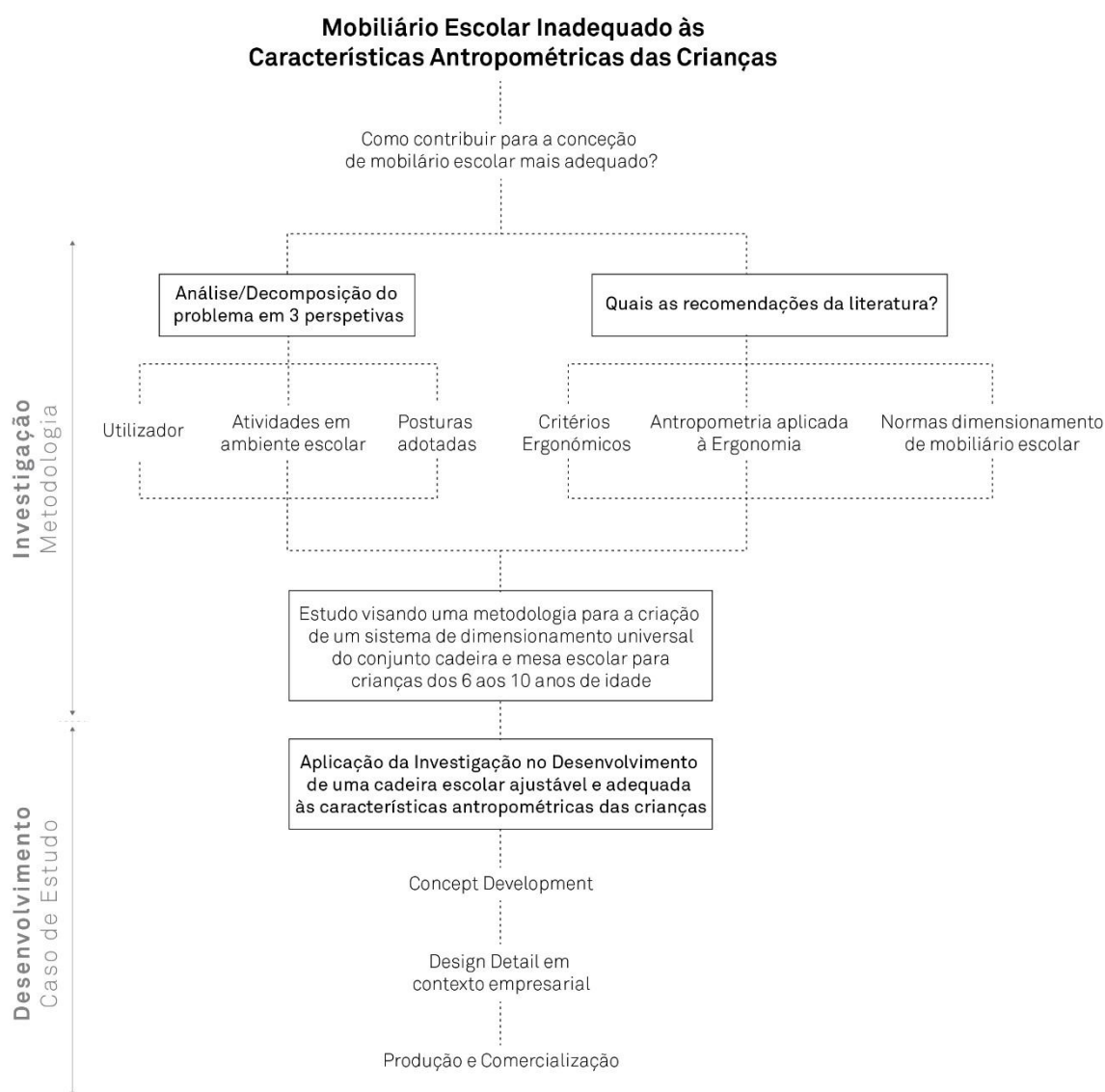


Figura 1.1 – Estrutura/Metodologia adotada.



Parte I – **Investigação:** Proposta  
Metodológica Para o  
Dimensionamento De  
Mobiliário Escolar  
Ajustável Adaptado Às  
Crianças Dos 6 Aos 10  
Anos De Idade





# Capítulo 2 – A Criança e As Implicações Na Utilização Da Cadeira e Mesa Escolar

Reis [6] destaca que universalmente o conjunto cadeira e mesa é de imediato remetido como integrantes do universo escolar, sendo que o elemento cadeira assume um papel primordial uma vez que é neste elemento que se baseia o trabalho sentado na sala de aula [5]. Neste sentido, para um melhor entendimento da problemática do mobiliário escolar, nomeadamente o conjunto cadeira e mesa, este será decomposto e analisado sobre 3 perspetivas interligadas ente si: o utilizador, as atividades que este realiza em ambiente escolar e as posturas que adota no decorrer dessas atividades.

Seguir-se-á, portanto, uma investigação sobre os tópicos acima enunciados através do levantamento do estado da arte, com o propósito de dar suporte à metodologia proposta.

## 2.1. O Processo De Crescimento e Desenvolvimento Da Criança

É durante os 6 e os 10 anos de idade, aquando da frequência no ensino primário, que se constitui a fase inicial de um processo de desenvolvimento e socialização e que ocorre em paralelo a um crescimento, que se inicia desde o nascimento até por volta dos 18 aos 23 anos de idade [5, 13].

O mobiliário escolar do ensino primário é determinante no correto desenvolvimento e crescimento da criança [1, 3, 5, 13-17] porque é a partir deste momento que a criança começa a passar grande parte do dia sentada. O conjunto cadeira e mesa deve ser adaptado às suas características antropométricas, promovendo conforto e boas práticas posturais e assim potencializar um melhor desempenho escolar [3, 5, 9, 18-20].

Por tudo isto, conhecer o processo de desenvolvimento e crescimento da criança é inevitável para conceber corretamente o conjunto cadeira e mesa escolar.

### 2.1.1. Conceitos, Definições e As Diversas Fases

Embora seja habitual utilizar o termo crescimento para apenas representar o aumento físico do corpo, crescer não é apenas tornar-se maior fisicamente. Este crescimento físico integra um desenvolvimento cognitivo que ocorre de forma progressiva e faseada [21]. Assim, crescimento e desenvolvimento na sua conceção fisiológica são dois fenómenos diferentes, paralelos no seu curso e integrados no seu significado. São dois fenómenos num só, mas nem sempre demonstram entre si uma correspondência direta [22, 23], exigindo por isso abordagens distintas para se compreenderem.

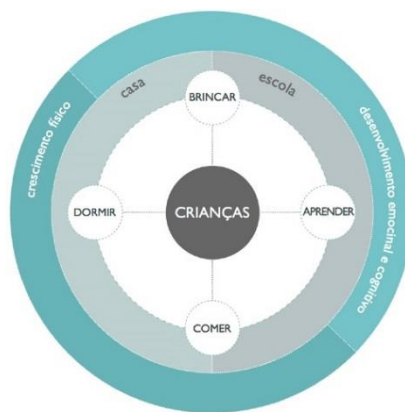
#### **Desenvolvimento**

Jonh Lock, Sigmund Freud, Jean Piaget, Erik Erikson, entre muitos outros, contribuíram para a desmistificação e compreensão do desenvolvimento ao estabelecer novos parâmetros que não eram equacionadas antes do século XIX [13, 14].

Ao passo que o crescimento é quantitativo, ou seja, pode ser medido e ocorre num espaço de tempo definido e limitado, o desenvolvimento, por sua vez, é qualitativo e o seu término só acontece no final da vida de cada indivíduo [22]. O desenvolvimento humano consiste no ganho de novas funções e capacidades e no aperfeiçoamento destas ao longo do tempo. É um processo de mudança nos campos motor, comportamental, cognitivo e emocional, composto por mudanças constantes que acontecem durante toda a vida de uma forma progressiva e dependente de fatores internos, como a genética, e fatores externos aos quais o indivíduo é exposto [23, 24]. É, portanto, um conceito dilatado e bastante abrangente que se refere a uma transformação progressiva que inclui, além do crescimento, a maturação, a aprendizagem e os aspetos psíquicos e sociais.

Quatro atividades principais estão sempre presentes na vida da criança: comer, dormir, aprender e brincar (Figura 2.1). Estas ações, embora não aconteçam exatamente ao mesmo tempo, ocorrem numa determinada ordem. Cada uma das quatro atividades relacionam-se

entre si e são essenciais ao processo de desenvolvimento permitindo que este ocorra de uma forma benéfica. É em casa e na escola onde se realizam todas estas ações [13].



**Figura 2.1** – Esquema de atividades e crescimento/desenvolvimento associado à criança.  
Fonte: Ribeiro [13].

Menon (2008) [citado por 13] afirma que desde cedo é importante brincar para um bom desenvolvimento e aprendizagem da criança. E brincar não é apenas físico, também envolve aspetos de ordem cognitivos, criativos, emocionais e sociais, sendo esta a principal fonte que maioritariamente as crianças utilizam para expressarem as suas necessidades para explorar, experimentar e compreender.

Embora o processo de desenvolvimento ocorra continuamente no tempo, identificam-se 3 fases principais na vida de uma criança, que correspondem respetivamente à 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> infância [21].

A 1<sup>a</sup> infância, que ocorre desde o nascimento até aos 2 anos de idade aproximadamente, é vital para a aquisição de bases ao desenvolvimento humano. Nesta idade o cérebro, *'que se caracteriza por ser o núcleo de todo o processo de aprendizagem e desenvolvimento, expande-se e consolida-se estando assim mais recetivo à experimentação e estimulação'* [25]. A criança desenvolve habilidades físico-motoras, linguagem, descoberta do corpo e do meio ambiente. Até aos 6 meses o bebé é capaz de distinguir o toque, imagens, sons, paladares e cheiros, levanta a cabeça e começa a agarrar objetos [13].

A 2<sup>a</sup> infância, dos 2 aos 6 anos de idade e que abrange o período pré-escolar, caracteriza-se por ser uma fase de organização e consolidação das atividades adquiridas na 1<sup>a</sup> infância. As habilidades alcançadas são desenvolvidas tornando-se mais complexas, como, por exemplo, as habilidades linguísticas desenvolvem-se rapidamente onde o uso de palavras na sua forma completa vai aumentando progressivamente [13, 26]. Neste período são ainda desenvolvidas funções cognitivas que eventualmente resultam no raciocínio lógico e na formulação de conceitos.

Na 3ª infância, dos 7 aos 10 anos de idade e que abrange o período escolar, é expectável que a criança possua toda uma estrutura comportamental assimilada [21].

Portanto, a infância pode ser considerada como o período determinante deste processo de desenvolvimento, quer pelo ritmo acelerado das alterações biológicas, quer pela elevada capacidade de adaptação aos estímulos ambientais. *'É provável que a quantidade e a qualidade dos estímulos presentes neste período influenciem diretamente o desenvolvimento em idades posteriores'* [24, p. 64].

É neste período que o mobiliário escolar é determinante.

## Crescimento

Considera-se o crescimento como o aumento do tamanho corporal causado pelo aumento do tamanho das células, hipertrofia, ou do seu número, hiperplasia [13, 21, 23, 24], e pode ser calculado através de medidas antropométricas como a estatura, massa corporal, dobras cutâneas, entre outras [23]. Embora o crescimento celular ocorra durante toda a vida de um indivíduo, o que aqui se deve analisar são os padrões de crescimento que ocorrem desde o momento do nascimento até ao término da adolescência, na qual o aumento corporal em altura finda [22]. É, portanto, um processo contínuo, mas limitado no tempo, e dinâmico sendo o resultado de interações complexas entre código genético e influências externas, tais como a alimentação, entre outros [13, 14, 24, 27].

O crescimento é considerado como o indicador mais importante de saúde na criança e como tal a sua monitorização ao longo de toda a infância e adolescência deve ser constante [13, 21]. Crescer é um processo complexo que finda com o término do aumento em altura e compreende quatro fases cuja duração é desigual e com características totalmente diversas [21].

A primeira fase ocorre desde a concepção até ao nascimento e é denominado de crescimento intrauterino. Na segunda fase, que compreende a 1ª Infância, o crescimento é rápido mas desacelerado [22]. Na terceira fase, que compreende a 2ª e 3ª Infância, até ao seu término ambos os sexos apresentam um crescimento semelhante não se verificando diferenças significativas [23]. A quarta e última fase, a adolescência, é a fase final do crescimento e está compreendida entre os 10 e os 20 a 23 anos de idade aproximadamente [5, 13]. É na adolescência que as diferenças começam a surgir. Por volta dos 10 anos o crescimento acelera, sendo que no sexo feminino ocorre um maior crescimento entre os 11 e os 13 anos e no sexo masculino entre os 12,5 e os 15,5 anos. Após esta fase acelerada, o crescimento ocorre de forma mais lenta até atingir a estatura final [23]. Durante o crescimento os diversos segmentos do corpo alteram-se de tal modo que a estatura de um recém-nascido representa 3,8 vezes a dimensão da cabeça, ao passo que num adulto é de 7,5 vezes [28]. Assim, o crescimento ocorre principalmente a partir dos ossos longos (Figura 2.2).

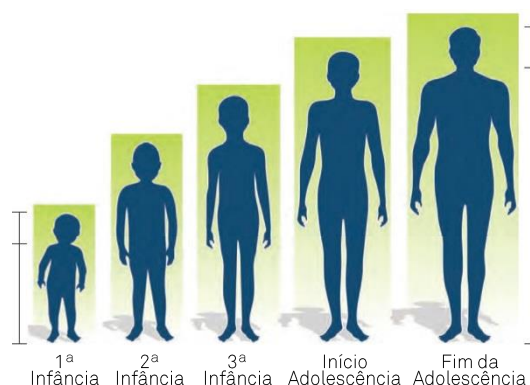


Figura 2.2 – Ilustração do processo de crescimento.

Fonte: Adaptado de AAVV [23].

De acordo com Gonçalves [5], ocorrem dois picos de crescimento, ou saltos de crescimento como refere AAVV [23]. O primeiro ocorre no fim da 2ª infância e início da 3ª infância, entre os 5 e os 7 anos de idade, e em ambos os sexos. O segundo, o maior de todo o período de crescimento, ocorre na adolescência por volta dos 11 aos 13 anos no sexo feminino e entre os 13 e 15 anos no sexo masculino (Figura 2.3).

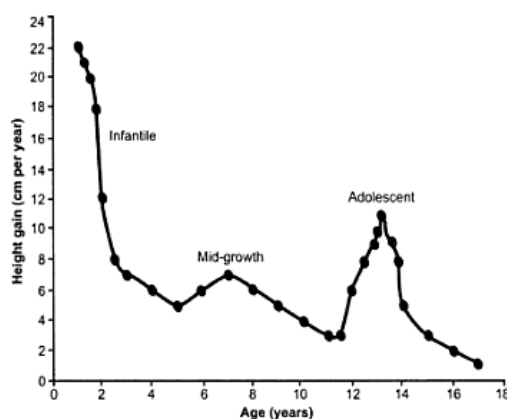


Figura 2.3 – Picos de crescimento desde o nascimento até aos 18 anos.

Fonte: Mukherjee, et al. [29].

É na terceira fase, mais especificamente no fim da 2ª infância e na 3ª infância, na qual se enquadra o utilizador-alvo desta investigação. Na idade escolar, os alunos que frequentam o ensino primário têm um crescimento em média de 60 mm por ano e de 3 a 3,5 kg em termos de peso [5]. Será sobre o crescimento, que representa a alteração corporal da criança e a faz ter necessidades diferentes no que respeita aos objetos com que interage, que se prestará um especial destaque abordando a Ciência da Ergonomia e da Antropometria.

### 2.1.2. Fatores Que Afetam o Crescimento e Desenvolvimento

De acordo com Ministério da Saúde do Brasil [21], a sequência regular e previsível do crescimento físico e desenvolvimento psicomotor sofre várias influências contínuas. Pode ser influenciada por fatores internos e fatores externos ou ambientais, que provocam variações ao longo do processo tornando, em última instância, o curso de desenvolvimento e crescimento de cada criança singular e único.

Entende-se por **fatores internos** a herança genética [22]. A genética é responsável, além da ampla variedade de atributos normais, pela transmissão de genes defeituosos que influenciam negativamente o ritmo de crescimento e desenvolvimento e podem mesmo interferir nas variações relativas aos fatores externos [23]. As influências genéticas tendem a ser mais consistentes em todas as idades porque estarão sempre presentes [13].

Quanto aos **fatores externos ou ambientais**, estes *'ocorrem desde a vida intrauterina quando, a partir de um certo momento, o crescimento do feto é limitado pelo espaço da cavidade intrauterina, [...] e está dependente da saúde, nutrição e estado físico da mãe.'* [21, p. 15]. Neste sentido, fatores ambientais tais como alimentação, cuidados de higiene, acesso à saúde e ensino, estrato social, situação econômica, interação familiar, condições geográficas, atividade física, etc., influenciam diretamente o crescimento depois do nascimento. São estes mesmos fatores os responsáveis pela variação de velocidades no processo de crescimento entre populações [23].

Como refere Newman (2006) [citado por 13, p. 46], *'o meio ambiente em que a criança é criada e educada contribui para a formação integral da sua personalidade e nível de inteligência, podendo mesmo promover ou impedir a evolução de determinadas doenças físicas ou mentais'*.

O mobiliário escolar que a criança utiliza é um fator de influência neste processo de crescimento e desenvolvimento. Quando não é o adequado interfere diretamente e de forma negativa no processo de aprendizagem escolar [5, 7, 9, 16, 19]. Podem tornar-se fomentadores de maus hábitos posturais, levando ao aparecimento frequente de dores com impacto direto no processo de crescimento e que dificilmente serão mudados na adolescência ou na vida adulta [1-3, 5]. E, contrariamente ao senso comum, os problemas músculo-esqueléticos, enquanto quadro clínico, não estão confinados apenas à população adulta [3]. Um número surpreendente de crianças e adolescentes têm reportado problemas ao nível da coluna lombar, cervical, ombros e cefaleias com uma prevalência de 23 a 30% em crianças com idades entre os 6 e os 12 anos [1, 18, 30, 31].

## 2.2. A Postura: Aspectos Biomecânicos

De acordo com José [32], a postura define-se como sendo a *‘posição e orientação dos segmentos corporais no espaço [...] e depende da força, sendo esta, o resultado de um conjunto de contrações musculares que se realizam no sentido de executar uma ação’*. Entende-se, então, por postura como a orientação relativa das diferentes partes do corpo no espaço [28].

Para se manter uma postura ou realizar um movimento, as articulações devem ser mantidas na posição neutra, ou seja, preservando a curvatura natural da coluna vertebral e na qual os músculos e ligamentos, que se estendem entre as articulações, fiquem tensionados o menos possível. As articulações quando estão na posição neutra permitem que os músculos sejam capazes de libertar a força máxima [33].

No momento em que um indivíduo adota uma postura inadequada os seus músculos inspiratórios, os principais são os músculos intercostais externos e o diafragma, mantêm-se constantemente em estado de tensão [33]. Como não há o relaxamento desses mesmos músculos, o movimento de expiração pode ser dificultado comprometendo os movimentos respiratórios [3].

Portanto, as partes do corpo, nomeadamente aquelas que fazem parte do sistema músculo-esquelético, numa resposta aos estímulos recebidos adaptam-se dinamicamente. Fatores como problemas de manutenção do equilíbrio e combate à ação da gravidade estão diretamente ligados à postura adotada pelo indivíduo [5]. De acordo com Langlade (1975) [citado por 5], uma boa postura ocorre quando o sistema músculo-esquelético se encontra em equilíbrio (Figura 2.4a), protegendo as estruturas de sustentação do corpo de lesões ou deformidades progressivas (Figura 2.4b, Figura 2.4c, Figura 2.4d e Figura 2.4e).

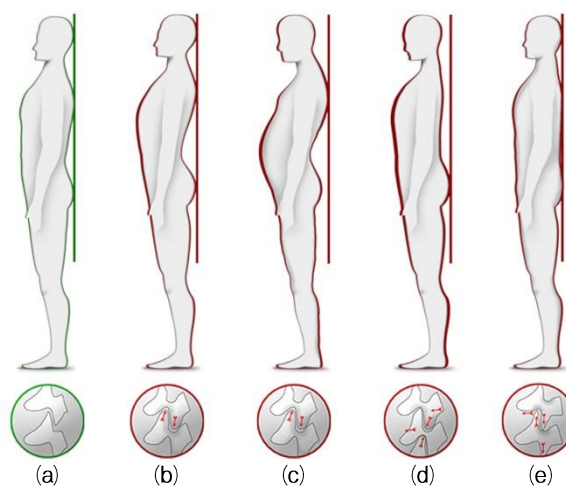


Figura 2.4 – Postura estática padrão (a) e desequilíbrios posturais estáticos no plano sagital (b, c, d, e).

Fonte: Postural Tech [34].

Trabalhando ou repousando o corpo assume três posturas básicas: as posições deitada, sentada e em pé. Em cada uma destas posturas estão envolvidos esforços musculares para manter a posição relativa das partes do corpo [28].

A **postura em pé** [35], também conhecida por ereta [36], ortostática [6] ou neutra [5, 33], é ideal para a realização de tarefas. A coluna vertebral exibe uma curvatura normal e os ossos dos membros inferiores ficam no alinhamento ideal para a sustentação do peso. A região pélvica encontra-se numa posição neutra permitindo um bom alinhamento do abdômen, do tronco e dos membros. O tórax e a parte superior da coluna posicionam-se de modo a que os órgãos respiratórios fiquem favorecidos facilitando a expansão pulmonar e a cabeça ereta e bem equilibrada minimizando a sobrecarga sobre a musculatura da zona cervical, como referem Kendall et al. (1995) e Cailliet (1979) [citados por 5].

Para que a **postura sentada** esteja em equilíbrio há uma grande exigência em termos de atividade muscular tanto na região dorsal como na região abdominal, potenciando o aparecimento de problemas a nível postural, circulatório e respiratório, sendo considerada mais penalizadora quando comparada com a postura ortostática [5].

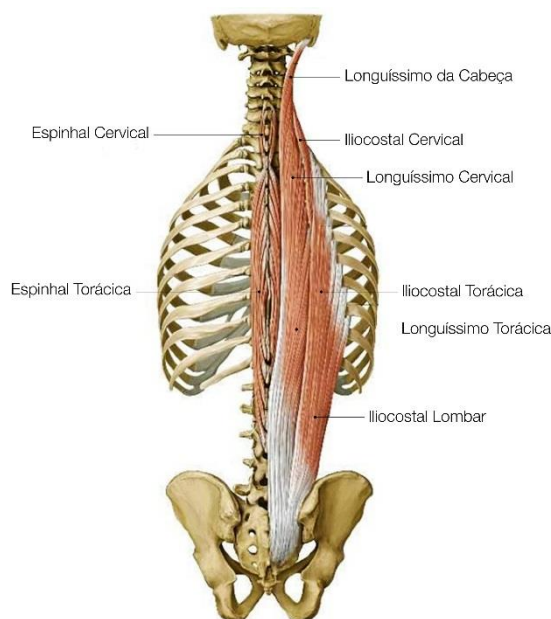
Na **postura deitada** não há concentração de tensão em nenhuma parte do corpo. *‘O sangue flui livremente para todas as partes do corpo, contribuindo para eliminar os resíduos do metabolismo e as toxinas dos músculos, e o consumo energético assume o valor mínimo, aproximando-se do metabolismo basal’* [28, p. 166]. É, portanto, a postura mais recomendada para repouso e recuperação da fadiga.

Resumindo, *‘uma boa postura preserva as curvaturas anatómicas da coluna favorecendo o equilíbrio e sem sobrecarga da coluna vertebral, contrariando a ação da força da gravidade, exigindo um menor esforço muscular por parte do indivíduo e com uma aceitável aparência estética’* [5, p. 17].

### 2.2.1. Os Efeitos Da Postura Na Coluna Vertebral

A coluna vertebral é o principal eixo do corpo humano, justamente pela sua ação constante, possuindo simultaneamente as funções de sustentação e movimentação. Sustentação do organismo desempenhado por ossos, vértebras e discos intervertebrais. Movimentação do corpo executada pelas articulações, ligamentos e músculos paravertebrais (músculos estabilizadores e eretores da coluna) que se desenvolvem em várias camadas nas costas, possuindo também a função de proteção da medula espinhal [5, 28, 33, 36] (Figura 2.5).





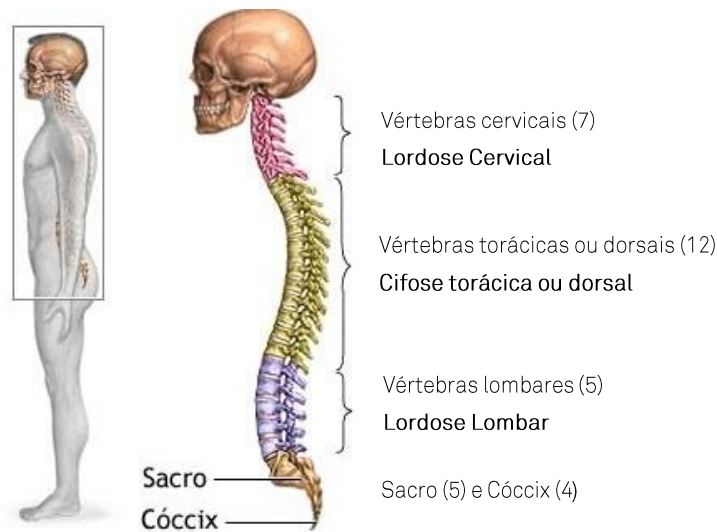
**Figura 2.5** – Músculos paravertebrais: Espinhal, Longuíssimo e Iliocostal.  
Fonte: Adaptado de Martínez [37].

Ferreira, et al. [33, p. 122] refere que *‘a coluna vertebral [...] é constituída por trinta e três vértebras flexíveis. Cada uma delas sustenta o peso de todas as partes do corpo situadas acima dela. As vértebras inferiores são maiores porque sustentam maiores pesos’*. Estas classificam-se em cinco grupos:

1. Vértebras cervicais, composta por 7 vértebras localizadas no pescoço;
2. Vértebras torácicas ou dorsais, composta por 12 vértebras localizadas na região do tórax;
3. Vértebras lombares, composta por 5 vértebras localizadas na região do abdômen;
4. Sacro, composto por 5 vértebras fundidas;
5. Cóccix, composto por 4 vértebras pouco desenvolvidas.

Das 33 vértebras que constituem a coluna vertebral, as vértebras cervical, torácica e lombar são flexíveis ao passo que as do sacro e do cóccix são rígidas [5, 28].

Na posição vertical, de uma vista anterior ou posterior a coluna vertebral bem formada é retilínea, enquanto que no plano sagital apresenta uma curva sinuosa. Segundo Pheasant [38], a região cervical e lombar têm uma curvatura côncava e a região torácica ou dorsal uma curvatura convexa. A curvatura da região lombar e da região cervical denomina-se por lordose, enquanto a curvatura torácica é designada por cifose [28, 35, 38] (Figura 2.6).



**Figura 2.6** – A coluna vertebral: caracterização das diversas partes e respectivas vértebras.  
Fonte: Gonçalves [5].

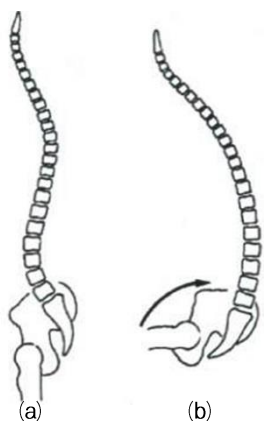
As curvaturas da coluna vertebral possuem uma dupla função:

1. Auxiliam na dissipação das forças verticais compressivas, conferindo-lhe uma resistência dez vezes superior quando comparada a uma coluna retilínea, isto é, sem curvaturas [27, 36];
2. Favorecem a estática do corpo ao permitir que a linha de gravidade passe no polígono de sustentação, que é formado pelas linhas que unem os limites externos dos dois pés, separando a transmissão das forças na coluna em duas direções [36].

As vértebras estão unidas entre si por uma sequência de discos intervertebrais fibrocartilágineos, compostos de uma massa gelatinosa [28], que atuam como amortecedores de impacto e pressões [5, 36], formando um suporte resistente e flexível para o pescoço e para o tronco. Os movimentos da coluna vertebral tornam-se possíveis pela compressão e deformação dos discos e pelo deslizamento dos ligamentos [28]. Devido às posições adotadas os discos intervertebrais encontram-se constantemente submetidos a pressão e, como tal, uma pressão sobre os discos repetitiva e frequente, mesmo que não seja intensa, pode acelerar a degeneração discal levando à perda da propriedade de amortecimento, como refere Knoplich (1986) [citado por 5].

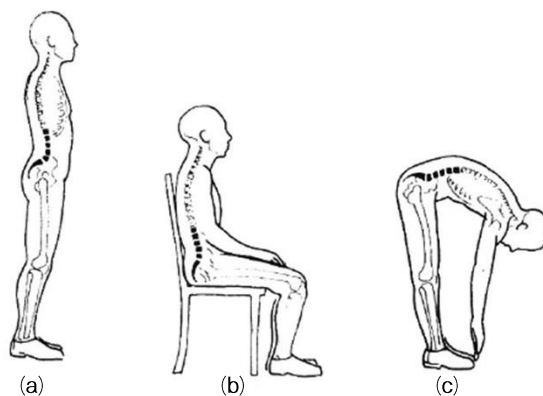
Tal acontece porque os discos fibrocartilágineos não possuem vasos sanguíneos, logo dependem de um processo de difusão dos tecidos vizinhos para receber substâncias nutritivas. Uma contração prolongada dos discos interrompe esse processo nutricional provocando a sua degeneração.

Neste sentido, a postura sentada é consideravelmente mais prejudicial para o organismo humano, particularmente para a coluna vertebral, do que a ortostática. E se for adotada diariamente e por longos períodos de tempo os danos tendem a ser maiores, porque a posição sentada por muito tempo afeta o equilíbrio metabólico da entrada e saída dos nutrientes que abastecem o interior do disco intervertebral, contribuindo para a sua degeneração precoce, como menciona Reis [6]. Isto ocorre porque, de acordo com Gomes Filho (2003) [citado por 33], quando o utilizador está sentado inclina a cintura pélvica para trás (retroversão da cintura pélvica), a coluna curva-se e os discos intervertebrais são comprimidos pelas vértebras lombares provocando tensões desagradáveis e temerárias, como se pode observar na Figura 2.7, Figura 2.8 e Figura 2.9.



**Figura 2.7** – A coluna vertebral na posição ortostática (a) e o seu achatamento como consequência da posição sentada em função da retroversão da cintura pélvica (b).

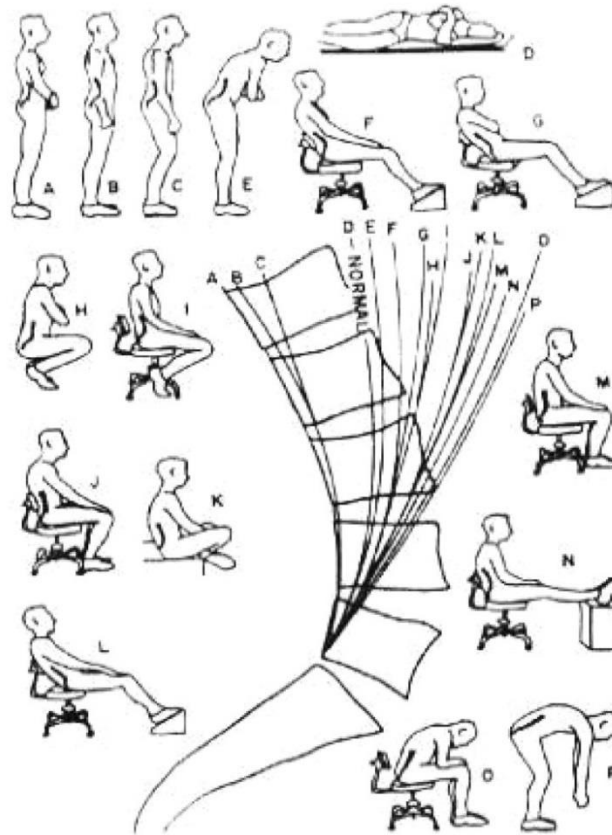
Fonte: Chaffin et al. (1984), retirado de Reis [6].



**Figura 2.8** – Os efeitos sobre a curva sacrolombar nas posições em pé (a), sentada (b) e curvada (c). Na imagem (b) e (c) ocorre uma retificação da curvatura lombar.

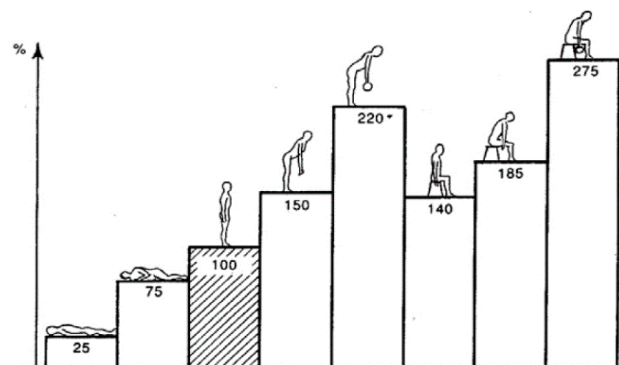
Fonte: Keegan, retirado Pequini [27].

Em consonância com este relato estão Gonçalves [5] e Reis [6] afirmando que ao passar da postura ortostática para a sentada ocorre uma mudança na curvatura lombar, aumentando consideravelmente a pressão interior dos discos intervertebrais e desencadeando uma série de regulações, como a retroversão da cintura pélvica, que contribuem para o surgimento de dores. E quanto menor for o ângulo entre o tronco e a coxa maior será a pressão intradiscal [18, 31] e retificação da curvatura lombar.



**Figura 2.9** – Conformação da coluna vertebral a partir de diferentes posições assumidas pelo corpo.  
Fonte: Bendix (1986), retirado de Reis [6].

Knoplich (1986) [citado por 6, p. 15] demonstra que de acordo com a posição corporal adotada na cadeira os níveis de pressão intradiscal alteram-se significativamente. O autor exemplifica: *'a pressão suportada pelos discos intervertebrais, em especial da vértebra L3 (terceira vértebra lombar), de uma pessoa com 70 kg [...] na posição ortostática é de 100kg e quando sentada com um ângulo de 90° a pressão intradiscal chega a 150 kg podendo, de acordo com a inclinação do tronco, chegar aos 275 kg'* (Figura 2.10).



**Figura 2.10** – Mudança da pressão no 3º disco lombar em várias posições.  
Fonte: Nachemson, retirado de Pequini [27].

Ainda que sentado numa postura padrão a pressão intradiscal é considerada alta em relação à posição ortostática.

Além das pressões intradiscais, que variam de acordo com as posturas adotadas, a coluna vertebral encontra-se também sujeita a diversas deformações que podem ser causadas por fatores hereditários, anomalias estruturais ou resultantes de maus hábitos posturais, como refere Cailliet (1979) [citado por 33].

As principais anomalias da coluna são a hiperlordose, a hipercifose e a escoliose. A **hiperlordose** corresponde à curvatura lordótica exagerada, ao passo que a **hipercifose** corresponde à curvatura cifótica exagerada. A hipercifose é o distúrbio vertebral mais frequente nos adolescentes [36]. Já a **escoliose** é um desvio lateral da coluna. O indivíduo, numa vista anterior ou posterior, pende para um dos lados (Figura 2.11).

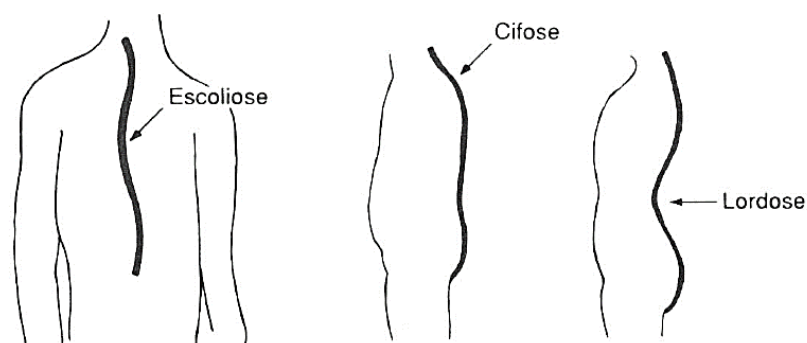


Figura 2.11 – Deformações típicas da coluna vertebral resultantes de fatores hereditários, anomalias estruturais e maus hábitos posturais.

Fonte: Pequini [27].

Sendo a postura sentada mais prejudicial para o organismo humano do que a postura em pé e aquela que é adotada para a realização das atividades escolares, um conhecimento sobre as suas implicações na curva sacrolombar e regulações anatómicas desencadeadas é necessário para um correto desenvolvimento do conjunto cadeira e mesa escolar.

### 2.2.2. A Postura Sentada

O conceito padrão de postura sentada mencionado em Motmans [39] e em Mandal (1981) e Pheasant (1991) [citados por 5] refere-se à postura na qual o indivíduo se encontra sentado numa superfície horizontal com os pés assentes no chão. O tronco está ereto verticalmente produzindo um ângulo de 90° com as coxas, que devem permanecer numa linha horizontal. Os braços devem estar relaxados, formando um ângulo de 90° com o antebraço (Figura 2.12). No mesmo sentido, Geada e Faias (2002) e Cruz (2000) [citados por 6] referem que uma postura confortável deve preservar as três curvaturas naturais da coluna vertebral proporcionando uma

flexão de  $90^\circ$  entre a cintura pélvica, joelhos e pés, sendo que estes deverão estar apoiados no chão e as costas no encosto da cadeira.

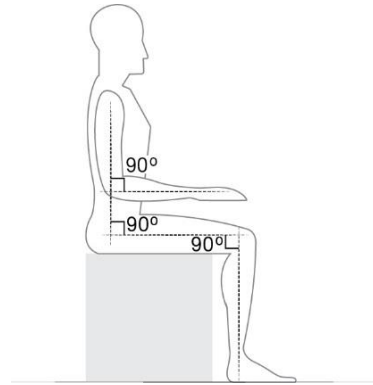


Figura 2.12 – Postura sentada padrão de acordo com a literatura.

De acordo com Branton [citado por 40], na posição sentada o corpo entra em contato com o assento praticamente só através da sua estrutura óssea, sendo que cerca de 75% do peso total de um indivíduo é apoiado em apenas  $26\text{ cm}^2$  (Figura 2.13). Esse contato é feito por dois ossos de forma arredondada, que distam entre si 70 a 120 mm, situados na cintura pélvica e designados de tuberosidades isquiáticas (Figura 2.14). Quando vistos de perfil assemelham-se a uma pirâmide invertida [28]. As tuberosidades isquiáticas são cobertas apenas por uma fina camada de tecido muscular e uma pele grossa adequada para suportar grandes pressões (Figura 2.15).

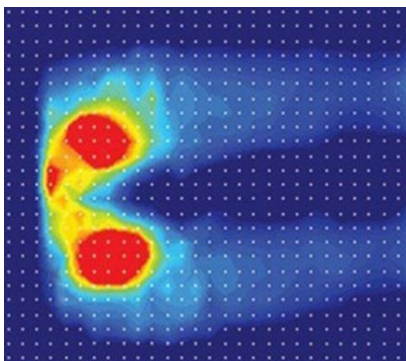


Figura 2.13 – Dissipação da pressão no assento.

Fonte: Dennehy [41].

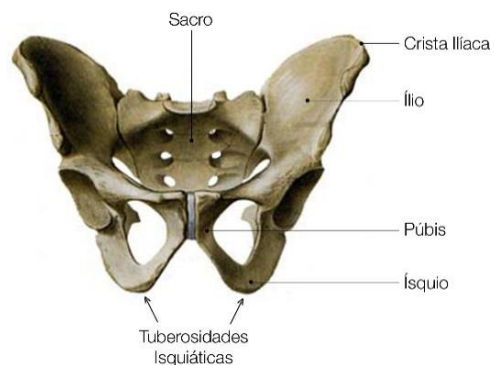


Figura 2.14 – Estrutura óssea da cintura pélvica.

Fonte: Adaptado de Overejo (1985), retirado de Pequini [27].

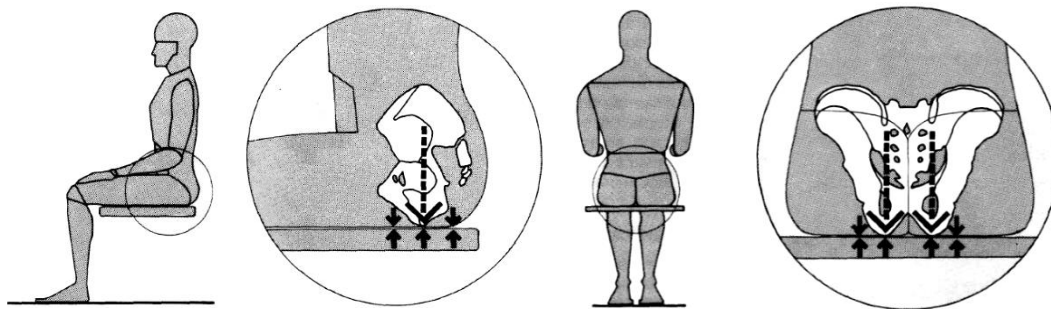


Figura 2.15 – Na posição sentada as tuberosidades isquiáticas suportam grande parte do peso do indivíduo.

Fonte: Panero e Zelnik [40].

Como tal, pode-se definir a **posição sentada** como a posição do corpo na qual o peso corporal é transferido para uma área de suporte, principalmente através das tuberosidades isquiáticas da cintura pélvica e dos seus tecidos moles [5].

Na postura sentada as tuberosidades isquiáticas estruturalmente formam um sistema de suporte de dois pontos inerentemente instáveis. O peso do indivíduo não é projetado sobre o ponto médio [30] porque o centro de gravidade situa-se fora do corpo, a cerca de 25 mm à frente do umbigo [40] (Figura 2.16).

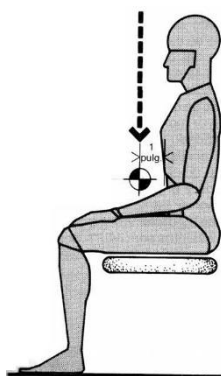


Figura 2.16 – Centro de gravidade na postura sentada.

Fonte: Panero e Zelnik [40].

Isto obriga o indivíduo a recorrer aos membros inferiores e à coluna para garantir a estabilização da postura, que é conseguida quando estas estruturas se apoiam noutras superfícies, como o chão ou apoio de pés e encosto respetivamente [5], porque o assento isoladamente é claramente insuficiente [30].

Em função do peso e do centro de gravidade do tronco sobre as tuberosidades isquiáticas a postura pode ser caracterizada como mediana, anterior e posterior [35] (Figura 2.17). Na **postura mediana**, na qual se insere o conceito padrão de postura sentada acima referido, o peso do corpo repousa unicamente sobre os ísquios (Figura 2.17a). Na **postura anterior** o apoio do tronco realiza-se sobre as tuberosidades isquiáticas e a face posterior do sacro e do cóccix.

A cintura pélvica está em retroversão, ou seja, inclinada para trás, provocando alterações na normal curvatura da coluna vertebral (Figura 2.17b). Na **postura posterior**, na qual o centro de gravidade é transferido para um ponto à frente das tuberosidades isquiáticas, ocorre uma flexão do tronco para frente e uma anteversão da cintura pélvica, ou seja, inclinada para a frente, provocando alterações nas 3 curvaturas da coluna vertebral [5, 6, 35] (Figura 2.17c). Esta postura é considerada por Keegan (1953) [citado por 5] como anatômica e fisiologicamente incorreta.

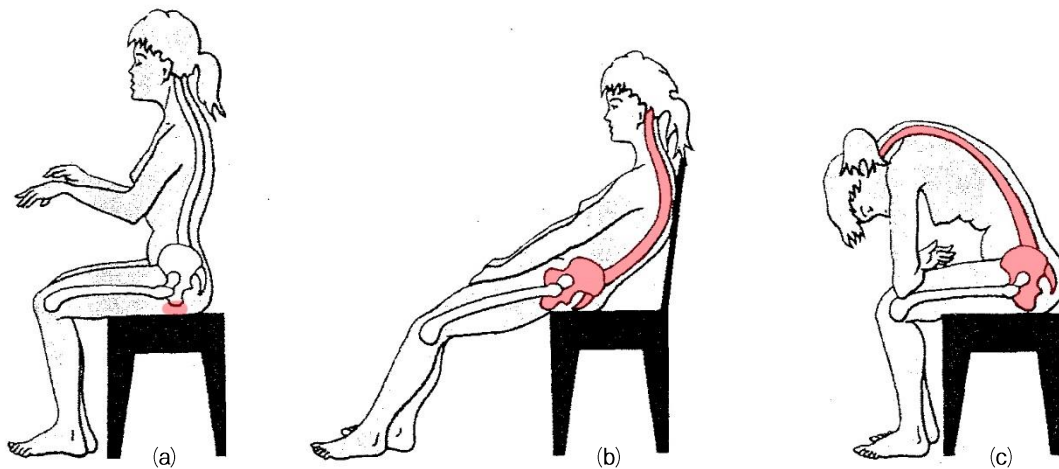


Figura 2.17 – Postura mediana (a), postura anterior (b) e postura posterior (c).

Fonte: Adaptado de Kapandji [35].

Segundo Schobert (1962) [citado por 5], a postura mediana é a posição ideal recomendada para a postura sentada, uma vez que nesta posição todas as estruturas corporais se encontram na posição ótima para o equilíbrio.

No entanto, há fatores que podem condicionar esse equilíbrio. Muito poucos indivíduos conseguem manter a postura mediana durante longos períodos de tempo [31]. Tichauer [citado por 40] observa que a compressão das tuberosidades isquiáticas é estimada em 6 a 7 kg/cm<sup>2</sup>, causando fadiga e desconforto levando a que o indivíduo mude constantemente de posição numa tentativa de aliviar esse mesmo desconforto. Outro fator deve-se ao facto de ocorrer um achatamento da curva lombar e um aumento da pressão sobre os discos da região lombar, sendo que a posição ligeiramente inclinada para trás aproxima-se da curvatura natural da coluna vertebral, diminuindo a solitação dos músculos de sustentação [5, 27].

Nesse sentido, Keegan (1953) [citado por 5] defende que o ângulo formado pela coxa-tronco deve ser superior a 90° admitindo um valor mínimo de 105°, ao contrário do conceito padrão de postura sentada em que ocorre uma angulação de 90° (Figura 2.18).



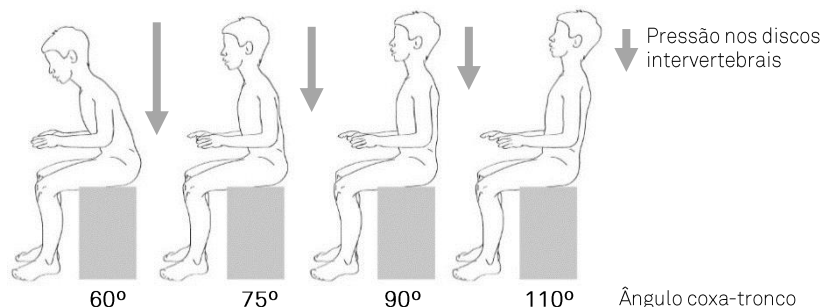


Figura 2.18 – Pressão nos discos intervertebrais de acordo com o ângulo coxa-tronco na postura sentada.

Fonte: Adaptado de Gonçalves [5].

Reis [6] e Moro (1994) [citado por 5] afirmam que na postura sentada não existe apenas uma posição, dada a dificuldade de permanecer parado na mesma posição, existem sim várias posições desde que o corpo preserve o seu equilíbrio. No mesmo sentido, outros autores concordam com a existência de vários padrões posturais aceitos como bons e na qual é pouco provável que o indivíduo venha a sentir qualquer tipo de dor, mesmo que tais posturas sejam mantidas por um período de tempo mais ou menos longo [5].

A falta de movimentos quando sentado prejudica a circulação sanguínea, que sofre uma alteração significativa, onde o retorno do sangue pelas veias até o coração se torna difícil dada a pressão na zona das coxas em contacto com o assento. Simultaneamente produz tensões musculares que podem contribuir para o surgimento e agravamento de dores e, mais tarde, ao aparecimento de úlceras de pressão [5-7, 14]. Carson (1993) [citado por 6] evidencia ainda que caso o indivíduo permaneça sentado por um tempo demasiado prolongado tal poderá favorecer o surgimento de posturas inadequadas, assim como a ocorrência de mudanças fisiológicas que contribuem para o surgimento da fadiga e diminuição de reflexos, como indica Pereira (2003) [citado por 36].

Deste modo, é possível definir má postura sentada *'como sendo aquela que causa incapacidade, dor ou desconforto'* [5, p. 23].

Posto isto e sendo pouco provável a existência de uma postura padrão, verifica-se que a melhor postura sentada é aquela que permite ao indivíduo variações periódicas porque uma frequente alteração da posição ajuda na prevenção da fadiga.

### 2.3. A Postura Em Contexto Escolar

A postura sentada é um pré-requisito na sala de aula porque permite a estabilidade dos segmentos do corpo e a realização das atividades escolares.

É durante a faixa etária dos 6 aos 10 anos de idade, quando as crianças frequentam o ensino primário, que mais se desenvolve o hábito da adoção de posturas incorretas influenciadas quer

pelas dimensões do mobiliário escolar, particularmente o conjunto cadeira e mesa [18, 42], mas também pelas atividades escolares [1, 43, 44]. Tal traduz-se num fator de desconforto interferindo no comportamento dos discentes e refletindo-se no ensino-aprendizagem [1, 5-7, 9, 14, 19].

### 2.3.1. O Impacto Da Atividade Escolar Na Postura

De acordo com a literatura, e embora não haja uma unanimidade quanto ao tempo que as crianças permanecem sentadas durante a atividade letiva, a verdade é que se constata que estas permanecem sentadas durante longos períodos de tempo, pelo menos 66% do tempo, e frequentemente sem intervalos para se levantarem e descomprimir (Tabela 2.1).

**Tabela 2.1** – Tempo que alunos passam sentados na escola de acordo com vários estudos.

<b>Estudos</b>	<b>Amostra</b>	<b>Tempo Sentado na Escola</b>
Aagaard-Hensen e Storr-Paulsen [45]	Crianças do 3º ano escolar	66% (por aula)
Al-Harkan (2005) [citado por 46]	-	5 horas por dia
Castellucci, et al. [4]	-	80% (de um dia na escola)
Dillon (1976) [citado por 47]	Crianças 13 a 16 anos	78,7% (por aula)
Froufe (2005) [citado por 5]	Crianças do 4º ano escolar	70% (por aula)
Geldhof, et al. [43]	Crianças 8 a 12 anos	85% (por aula)

Tal facto leva à prática de posturas inadequadas, uma vez que o ser humano não está anatomicamente preparado para permanecer sentado durante longos períodos de tempo [42]. O corpo humano é criado para se movimentar não para permanecer parado [18].

De acordo com Aagaard-Hensen e Storr-Paulsen [45], a permanência ininterrupta na posição sentada por mais de 45 minutos, sem intervalo e associada a uma reduzida atividade física é, do ponto de vista médico e educacional, altamente nocivo. Na mesma linha de pensamento, Castellucci, et al. [19] evidenciam que estar sentado por longos períodos de tempo no mobiliário escolar está associado a relatos de dor e desconforto músculo-esquelético.

Panagiotopoulou, et al. [1] demonstram que os resultados obtidos no seu questionário revelam que 15 a 23,3% dos estudantes inquiridos sofreram de dores nas costas e 8,3 a 15%

sofreram de dores nas pernas enquanto trabalhavam na posição sentada na escola. Troussier [31] afirma que a posição sentada é considerada a situação mais problemática relacionada com a dor lombar. Dos resultados obtidos no seu estudo, 23% das crianças apresentaram dores nas costas na posição sentada, bem como a sua frequência aumentou com a duração da postura sentada. Tal facto permite ao autor concluir que *'sitting in the same posture for a long time causes an extremely undesirable physiological strain on the muscles, the ligaments and the discs, and that this situation is related to back pain'* [31, p. 522].

Por tudo isto, é recorrente as crianças não estarem concentradas por muito tempo, deixando cair objetos da mesa e mexendo-se constantemente nas cadeiras [5, 6, 9, 14] na tentativa de encontrar uma posição melhor [18]. De acordo com Kramer (1985) [citado por 42], a utilização de intervalos, a possibilidade de se movimentar e mudanças de postura durante as atividades escolares são necessárias para uma boa hidratação do disco intervertebral e assim diminuir o aparecimento de dores nas costas – lombalgias [18].

Do longo tempo que as crianças permanecem sentadas na escola este é maioritariamente distribuído pelas atividades de escrita e leitura, entre 57% a 72% do tempo sentado [5, 45]. O restante é distribuído em atividades como ouvir o professor, olhar para o quadro ou a descansar (Figura 2.19).



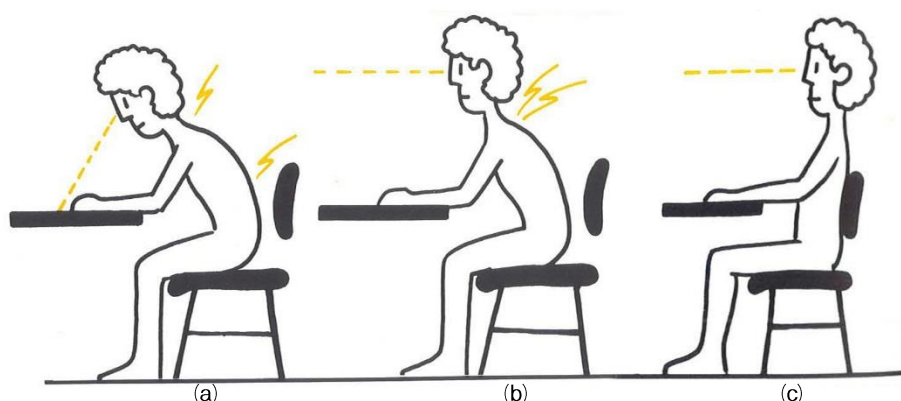
Figura 2.19 – Distribuição do tempo sentado por atividade escolar.

As tarefas educacionais que ocorrem dentro de uma sala de aula, como ler, escrever e interpretar, são complexas e exigem uma alta concentração auditiva, motora e cognitiva do aluno [6]. Logo, é necessário que o mobiliário escolar seja ergonômico, promovendo uma postura equilibrada na realização das tarefas escolares e contribuindo para um bom rendimento escolar, porque se o longo tempo que os alunos permanecem sentados na realização das tarefas as más posturas podem ser uma agravante, para a realização dessas

mesmas atividades 'o mobiliário, em função dos requisitos da tarefa, determina a configuração postural dos usuários' [9, p. 1].

Aagaard-Hensen e Storr-Paulsen [45] e Floyd e Ward (1964) [citado por 5] ao analisarem as posturas adotadas durante a atividade escolar constataram que:

1. Em atividades como ler e escrever as crianças debruçam-se sobre a mesa, inclinando o tronco para frente e apoiando os braços na mesa para conseguir aproximação visual aos elementos de trabalho (Figura 2.20a). Mesmo que as condicionantes da tarefa não o exijam, como olhar para o quadro, este tipo de postura é periodicamente adotada. Como referido anteriormente, a posição sentada com a flexão do tronco para a frente é anatomicamente considerada incorreta e prejudicial (Figura 2.20b);
2. Em atividades como ouvir o professor, olhar para o quadro ou a descansar, além da postura acima referida, normalmente também é adotada uma postura levemente inclinada para trás, com o tronco mais direito (Figura 2.20c);
3. Quando sentadas, as crianças apenas utilizam o encosto quando um braço está apoiado sobre a mesa ou quando ambos os braços não se encontram em contacto com a mesa. De salientar que o uso do encosto é extremamente importante, porque permite o relaxamento da coluna proporcionando uma diminuição da pressão discal [6, 43], proteção dos discos intervertebrais da coluna lombar e a preservação da curvatura natural da coluna vertebral ao oferecer suporte à região lombar [5].



**Figura 2.20** – Algumas das posturas frequentemente adotadas pelas crianças de acordo com a atividade escolar a realizar: tronco inclinado para a frente com os braços apoiados na mesa em atividades de escrita e leitura (a) e ocasionalmente em atividades como olhar para o quadro (b); postura levemente inclinada para trás, com o tronco mais direito, utilizando o encosto (c).

Fonte: Instituto Biomecânica de Valencia [48].

### 2.3.2. O Impacto Do Mobiliário Escolar Na Postura

Os constrangimentos face à postura sentada na escola, além de serem influenciados pela atividade escolar como referido, têm também influência direta no mobiliário utilizado. Logo o mobiliário escolar inadequado afigura-se o principal causador de dores nas costas, pernas, braços, pescoço, ombros e pés [1, 3, 5, 6, 17, 30, 31, 49], referidas pelas crianças em idade escolar, e fomentador de más posturas.

Tal ocorre devido ao facto de a mesa e cadeira não serem apropriadas às características antropométricas e biomecânicas dos alunos, ocasionando vícios posturais [1-3, 7, 13, 14] e dificuldades de aprendizagem, nomeadamente ao nível cognitivo, como a hiperatividade, falta de interesse e conseqüente baixo rendimento na aprendizagem [1, 5-7, 9, 19].

Eitner (1989) e Viel e Esnault (2000) [citados por 6] salientam que as variáveis mais importantes nas dimensões do mobiliário escolar na faixa etária dos 6 aos 10 anos são a altura do assento e da mesa (Figura 2.21). É, portanto, neste contexto que o mobiliário escolar desempenha um papel relevante, nomeadamente na manutenção de uma boa postura.

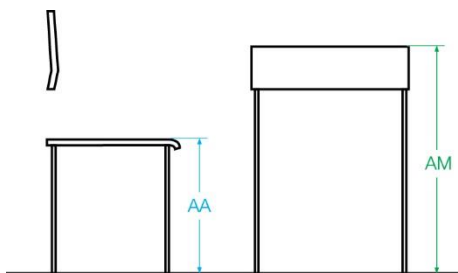
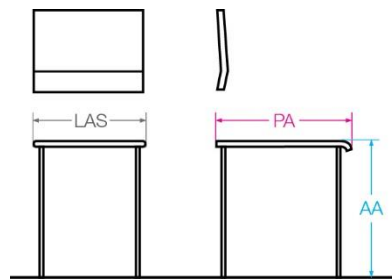


Figura 2.21 – Variáveis mais importantes nas dimensões do mobiliário escolar na faixa etária dos 6 aos 10 anos: altura do assento (AA) e altura da mesa (AM).

#### 2.3.2.1. Cadeira

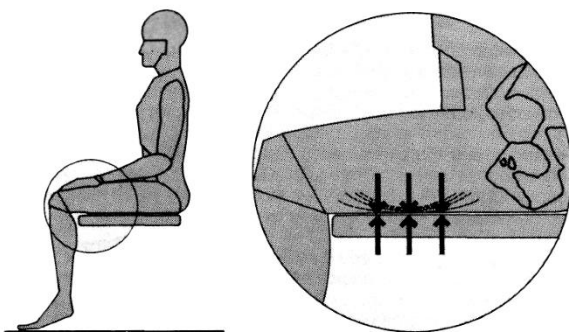
##### a) Assento

O objetivo do assento é proporcionar um suporte estável ao corpo, numa postura que seja confortável por um período de tempo [48], até porque não existe uma cadeira perfeitamente concebida na qual após algum tempo não ocorra fadiga [18]. A altura, a profundidade e a largura do assento são as características que podem influenciar as posturas [3, 5] (Figura 2.22).



**Figura 2.22** – Dimensões da cadeira que influenciam a postura: largura do assento (LAS), profundidade do assento (PA) e altura do assento (AA).

A utilização do assento muito alto resulta na compressão dos músculos posteriores da coxa, dificultando a circulação sanguínea nos membros inferiores e caso os pés não fiquem apoiados o equilíbrio corporal pode ficar diminuído [3, 5-7] (Figura 2.23). Nesta situação, Gonçalves [5], Moro [9], Parcells, et al. [3] e Reis [6] alertam que o indivíduo tenderá a mover as nádegas para a frente, sentando-se na parte da frente do assento, para que os pés toquem no solo ficando numa posição semi-sentada e deixando de utilizar o encosto, o que pode resultar numa postura hipercifótica (Figura 2.24).



**Figura 2.23** – Um assento alto produz a compressão dos músculos posteriores da coxa e irregularidades na circulação sanguínea.  
Fonte: Panero e Zelnik [40].



**Figura 2.24** – Posição semi-sentada.  
Fonte: Panagiotopoulou, et al. [1].

Se ao contrário, a altura do assento for demasiado baixa o utilizador tenderá a flexionar mais a coluna vertebral pois há uma diminuição do ângulo entre a coxa e o tronco, aumentando a pressão intradiscal e provocando o aparecimento de dores nas costas associada às três curvaturas da coluna [1, 5, 6]. Ocorre ainda uma diminuição do ângulo de flexão do joelho [3], que deve ser no mínimo de  $90^\circ$  [17], diminuindo o contato das coxas com o assento e forçando o peso do tronco para a superfície do assento através das tuberosidades isquiáticas favorecendo o surgimento de desconforto. Ou, porventura, as pernas ficam esticadas para a frente formando um ângulo de flexão do joelho superior a  $120^\circ$  deixando os pés sem apoio e diminuindo a estabilidade [5, 17] (Figura 2.25).

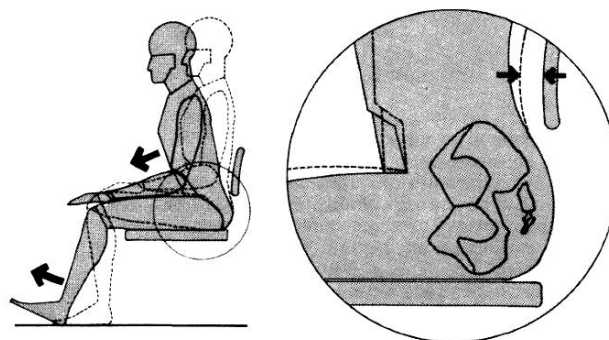


Figura 2.25 – Um assento baixo leva a uma extensão das pernas para a frente e conseqüente perda de estabilidade. Além disso irá provocar um afastamento das costas para longe do apoio lombar.

Fonte: Panero e Zelnik [40].

Considerando a profundidade, se estivermos perante um assento muito profundo verifica-se uma pressão maior na área atrás do joelho (poplíteo) infligida pelo rebordo frontal, o que dificulta a circulação sanguínea nas pernas e nos pés [3, 5, 6] (Figura 2.26). Para aliviar o desconforto o utilizador tenderá a movimentar a zona das nádegas para a frente, ficando desta forma sem apoio para as costas. Uma vez mais, é provável que resulte numa postura hipercifótica. Por seu turno, assentos com pouca profundidade ocasionam a sensação no utilizador de estar a cair para a frente, para além de ocasionar uma falta de suporte na parte inferior das coxas [3, 5, 40] (Figura 2.27).

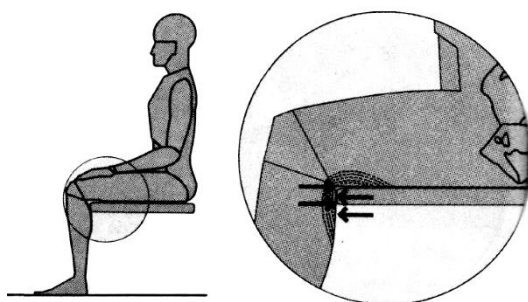


Figura 2.26 – Um assento muito profundo produz compressão na parte de trás do joelho, dificultando a circulação sanguínea.

Fonte: Panero e Zelnik [40].

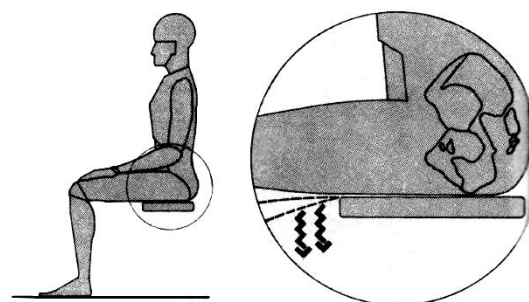


Figura 2.27 – Um assento pouco profundo origina a falta de um adequado suporte das coxas e a sensação de queda.

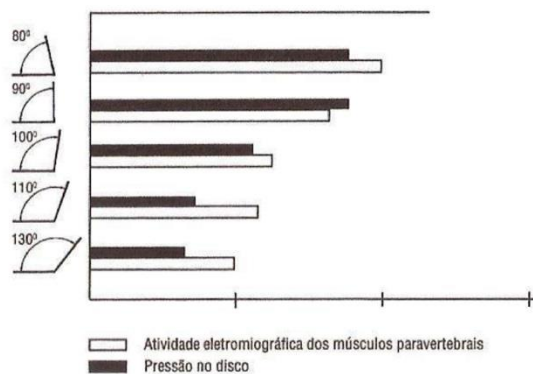
Fonte: Panero e Zelnik [40].

#### b) Encosto

A principal função do encosto é proporcionar uma diminuição da pressão intradiscal através do relaxamento da coluna vertebral e preservar a curvatura natural da coluna vertebral, ao oferecer suporte à região lombar reduzindo, assim, a carga biomecânica interna da coluna

[30]. Segundo Oliver e Middledith (1998) [citado por 6], a postura sentada prolongada por mais de duas horas precisa de relaxamento para amenizar os constrangimentos nos discos intervertebrais e ligamentos, onde o apoio lombar é um importante aliado.

Brandimiller (1999) [citado por 33, p. 128] afirma que *'quanto maior o ângulo entre o encosto e o assento, menor o esforço dos músculos das costas.'* Couto (1995) [citado por 50, p. 16] evidencia que *'com base nos resultados obtidos, chegou-se à conclusão de que ângulos entre os 100° e 110° entre o tronco e a coxa são os que melhor atendem às exigências'* (Figura 2.28).



**Figura 2.28** – Atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos paravertebrais e pressão no disco de acordo com o ângulo coxa-tronco.

Fonte: Couto (1995), retirado de Oliveira [50].

Ressalva-se ainda que um encosto muito alto está significativamente associado às dores sentidas nas costas [5] e limitação de movimentos em virtude da movimentação das escápulas [6].

### 2.3.2.2. Mesa

Gonçalves [5] e Parcells, et al. [3] referem que uma mesa baixa força as crianças a uma inclinação para frente e assim a sobrecarregar as estruturas da coluna provocando dores nas costas (Figura 2.29). Por outro lado, uma mesa de trabalho demasiadamente alta exige uma abdução exagerada dos membros superiores gerando mais stress na musculatura posterior do pescoço, levando ao aparecimento de dores no pescoço e nos ombros e originando uma postura hipercifótica ou, eventualmente, uma escoliose [3, 5, 48] (Figura 2.30).





Figura 2.29 – Consequências de uma mesa de trabalho baixa.

Fonte: Adaptado de Oliver (1999), retirado de Gonçalves [5].



Figura 2.30 – Consequências de uma mesa de trabalho alta.

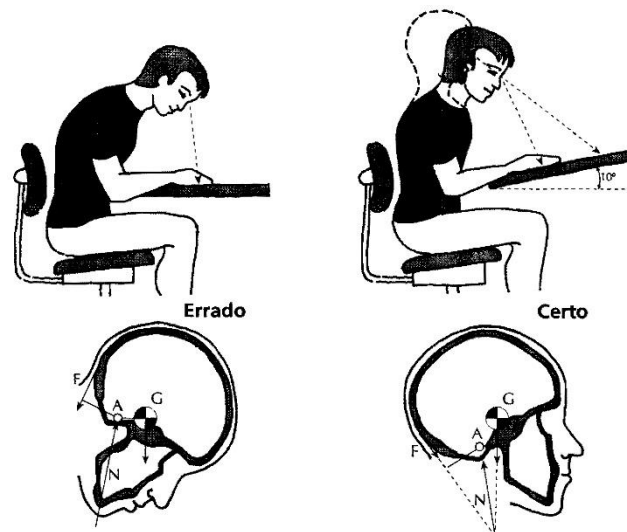
Fonte: Adaptado de Oliver (1999), retirado de Gonçalves [5].

As atividades de leitura e escrita nas mesas de superfície horizontal obrigam a uma acentuada inclinação da cabeça para a frente de modo a permitir uma adequada visualização dos elementos de trabalho. Este tipo de movimento do pescoço é prejudicial para a coluna cervical, tanto mais nocivo quanto maior a flexão da cabeça e pescoço para a frente, originando dores quando a inclinação da cabeça, em relação à vertical, é maior que  $30^\circ$  [5]. Nesse sentido, é muito comum ver as crianças com a cabeça apoiada numa mão de modo a amenizar os efeitos do esforço muscular exigido pela força do peso da cabeça e do tronco projetados para a frente [9, 18]. De acordo com Moro [9], num questionário realizado pelo autor, 53% dos relatos de queixas oriundas de desconfortos ou surgimento de dores durante as atividades letivas executadas no mobiliário escolar apontavam para a região da nuca e do pescoço. Segundo Assunção (2011) [citado por 5], um menor ângulo de flexão do tronco diminuiu a probabilidade de sintomatologias dolorosas na coluna dorsal.

O médico oftalmologista Orlando Alves da Silva, ex-Chefe de Serviço do Hospital de Santa Maria de Lisboa, alega que erros posturais propiciam o aparecimento e o agravamento da dislexia nas crianças em idade escolar, podendo ser recuperado e prevenido com sucesso utilizando o tampo da mesa inclinado [51].

A inclinação da superfície da mesa proporciona, de acordo com Moro [9], uma postura mais ereta em relação à mesa com tampo horizontal. Isto deve-se ao fato da inclinação do tampo da mesa proporcionar uma melhor aproximação do material de trabalho aos olhos do aluno.

De Wall (1991) [citado por 28] refere que num tampo inclinado a  $10^\circ$ , quando comparado com a utilização de tampos horizontais, ocorre uma redução do ângulo de flexão do tronco de  $9^\circ$  no plano sagital (Figura 2.31). Com uma inclinação de  $12^\circ$  a  $24^\circ$  os indivíduos apresentam um menor movimento do tronco, menos fadiga e desconforto e uma melhor postura, como refere Eastman e Kamon (1976) [citado por 5].



**Figura 2.31** – Uma inclinação do tampo da mesa em  $10^\circ$  provoca uma redução da inclinação do tronco em  $9^\circ$ , melhorando a postura.

Fonte: De Wall (1991), retirado de Iida [28].

Um facto curioso é que até às décadas de 1950-60 as mesas escolares tinham o tampo inclinado, no entanto, por razões que não ergonómicas do ponto de vista postural estes foram abandonados [28].

### 2.3.3. As Consequência Das Más Posturas

No início da infância o crescimento desacelera até ao começo da adolescência e volta a acelerar durante esse período, sendo que entre os 7 e os 12 anos de idade se evidenciam as transformações posturais [5, 6, 13, 14]. Neste sentido, os hábitos posturais das crianças são determinantes no desenvolvimento do seu sistema músculo-esquelético [1, 5, 7].

É precisamente durante o intervalo de idade aquando da frequência no ensino primário que a postura da criança sofre uma grande transformação na busca do equilíbrio compatível com as novas proporções de seu corpo [5]. Nesta idade a sua mobilidade é extrema. A postura adapta-se às atividades escolares que estão a desenvolver e ao mobiliário escolar que utilizam contribuindo para a aquisição de maus hábitos posturais e desvios posturais [5, 33], que podem tornar-se permanentes na idade adulta caso não haja intervenção durante a fase de crescimento e estruturação óssea [5-7]. E mais, além de possíveis malformações potencialmente irreversíveis da anatomia e musculatura do corpo, a manutenção de uma postura corporal desconfortável e incorreta é muitas vezes o principal fator de hiperatividade, falta de interesse e queda no rendimento escolar [5, 6, 9, 13, 14, 19] podendo ainda contribuir para o aparecimento ou agravamento de distúrbios como a dislexia [51], afetando claramente o processo de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo.

O mobiliário escolar desempenha assim um importante papel na adoção de posturas sentadas anatomicamente corretas [1]. A exigência das tarefas escolares quando aliada a um errado dimensionamento do mobiliário utilizado está na origem da adoção de más posturas, gerando habitualmente a flexão ou rotação do tronco, costas e pescoço por longos períodos de tempo, e as consequências que este acarreta ao normal crescimento e desenvolvimento das crianças [5]. Como refere Moro [9, p. 1] *'as crianças ao entrarem sadias na escola, saem anos depois com a postura comprometida de alguma forma'*.

É preciso também referir a necessidade de ensinar as crianças a sentarem-se corretamente, sobretudo as mais novas [9, 31], porque conforme relatos de Domljan, et al. [18, p. 43] mesmo quando o mobiliário escolar é ergonomicamente adequado às crianças, ainda assim estas sentam-se incorretamente pois não sabem *'nothing about sitting still or correct sitting posture'*.

A importância na prevenção assume-se como evidente e necessária. E sendo a escola responsável pela formação e parte integrante na educação do indivíduo, este é sem dúvida o melhor local para começar um trabalho educativo e de prevenção de problemas posturais, como refere Zapater et al. (2004) [citado por 42].

## 2.4. Síntese Conclusiva

Aquando do início da frequência no ensino primário as crianças encontram-se num processo de crescimento e desenvolvimento que se caracteriza por mudanças cognitivas, mas também físicas. É também na escola primária que começam a passar grande parte do seu tempo sentadas porque esta postura permite a estabilização do corpo para a realização das tarefas escolares.

Porém, mesmo quando adotada uma boa postura sentada são desencadeadas uma série de regulações anatómicas que a tornam mais prejudicial para o organismo humano do que a posição ortostática, tais como a mudança da curvatura lombar, aumento da pressão dos discos intervertebrais e retroversão da cintura pélvica, contribuindo para o surgimento de dores e desconforto ao fim de algum tempo sentado.

De modo a minimizar os constrangimentos músculo-esqueléticos decorrentes de uma postura sentada é necessário que o mobiliário que utilizam na escola, nomeadamente o conjunto cadeira e mesa, promova boas práticas posturais e seja adequado às dimensões corporais do seu utilizador e aos requisitos das atividades escolares. Caso contrário contribuirá negativamente no normal processo de crescimento da criança, ao fomentar maus hábitos posturais e possíveis malformações irreversíveis da anatomia e musculatura do corpo, assim

como ao seu normal processo de desenvolvimento ao contribuir para o aparecimento ou agravamento da dislexia, falta de interesse e queda no rendimento escolar.

Por tudo isto, tem havido uma crescente preocupação na conceção de mobiliário escolar ergonómico originando um conjunto de regras e recomendações ergonómicas, assim como a criação de normas para o seu correto dimensionamento.

# Capítulo 3 – Critérios Para o Desenvolvimento Do Conjunto Cadeira e Mesa Escolar

O mobiliário escolar deve cumprir a função para o qual foi concebido, isto é, deve ser cómodo, confortável, com superfícies que promovam a aquisição de posturas corretas e permitam mudanças de postura e que facilite a mobilidade no acesso e saída do posto de trabalho [5, 14]. Para o seu desenvolvimento é necessário a adoção de critérios específicos.

A literatura disponibiliza um conjunto de recomendações e critérios ergonómicos para uma correta conceção e dimensionamento de mobiliário escolar. O entendimento e aplicação de alguns desses critérios remete-nos obrigatoriamente para um conhecimento sobre antropometria, na medida em que as dimensões da cadeira e mesa devem ser adequadas às medidas antropométricas dos seus utilizadores. Devem também ser consideradas as normativas que regem o dimensionamento de cadeiras e mesas de instituições de ensino, como a norma europeia EN 1729-1:2006 [52].

Neste capítulo será feita uma análise cuidada sobre as recomendações e critérios ergonómicos para a conceção do conjunto cadeira e mesa escolar, focando na importância da antropometria aplicada à ergonomia.

### 3.1. A Importância Da Antropometria Aplicada No Dimensionamento De Produtos – Conjunto Cadeira e Mesa Escolar

O termo antropometria deriva do grego *antropos*, que significa 'humano', e *metrikos*, que significa 'medida de', sendo creditado ao matemático belga Quetlet a criação e divulgação do termo Antropometria. A origem da antropometria remonta à Antiguidade. Já os Gregos, por motivos de ideal físico e estético, observavam e estudavam a relação dos diversos segmentos do corpo. No Renascimento, Leonardo da Vinci criou o desenho da figura humana (Figura 3.1) baseado nos trabalhos do arquiteto romano Vitruvius, que por volta do ano 15 d.C. escreveu um tratado sobre os estudos de proporção humana [27].

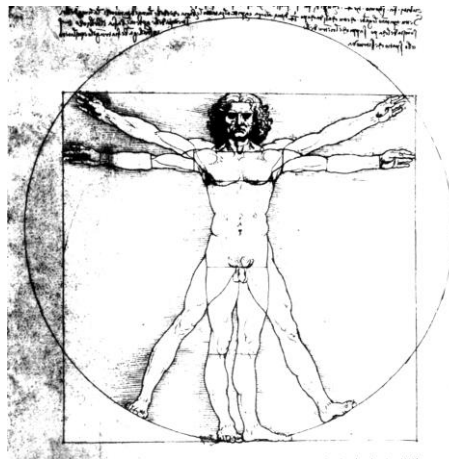


Figura 3.1 – Famoso desenho de Leonardo Da Vinci baseado nas obras do arquiteto romano Vitruvius. Fonte: Panero e Zelnik [40].

A antropometria ocupa-se do estudo das dimensões e proporções do corpo humano tais como peso, alturas, comprimentos, diâmetros e perímetros essenciais na determinação e concepção de postos de trabalho e de qualquer produto. Tal assume-se com principal relevância uma vez que a população mundial é composta por indivíduos dos mais variados tipos e dimensões.

Hrdlička (1939) [citado por 53] refere que os objetivos da antropometria são os seguintes:

1. Assegurar as medições precisas do corpo humano, de forma a obter dados confiáveis e que descrevam realisticamente as características do grupo, raça ou indivíduo para o qual se está a projetar um determinado produto;
2. Publicar os dados obtidos para que os mesmos possam ser prontamente utilizados para comparações e deduções ergonômicas.

Todavia, apenas se tem conhecimento da utilização da antropometria como referência no desenvolvimento de projetos, produtos e postos de trabalho a partir do séc. XIX [27, 54], ganhado principal relevância na década de 40 do séc. XX pelas exigências da produção em massa. *‘Se até então as medidas antropométricas visavam apenas determinar algumas grandezas médias da população, [...] depois passou a determinar variações e alcances de movimentos’* [28, p. 98]. Se por um lado um produto mal dimensionado podia aumentar consideravelmente os custos, por outro foi nesta época que começaram a surgir os sistemas de trabalho complexos para os quais o desempenho humano se tornou um fator crítico [5]. Atualmente, de acordo com Lida [28, p. 98], *‘com o crescente volume do comércio internacional, pensa-se em estabelecer os padrões mundiais de medidas antropométricas para a produção de produtos universais e adaptáveis aos utilizadores’*.

O desenvolvimento de produtos verdadeiramente ergonômicos faz-se recorrendo à aplicação correta das dimensões humanas. Os relatos de Panero e Zelnik [40] mostram a importância do ramo da antropometria na ergonomia no sentido de se manter uma boa postura tendo em conta a interface utilizador-máquina.

No caso do mobiliário escolar deverá haver um perfeito sincronismo para que o próprio ambiente de trabalho não seja propício a desencadear constrangimentos e absentéismo [5, 6]. Prado-León, et al. [15] também destacam que ao projetar produtos é necessário conhecer as dimensões do corpo do potencial utilizador porque, caso contrário, acidentes podem ocorrer devido às incorretas dimensões do produto. E no mobiliário escolar, se este não atender aos requisitos dimensionais das crianças problemas de saúde, tais como constrangimentos músculo-esqueléticos e circulatórios, podem ocorrer.

Um dos grandes desafios que se coloca à indústria do mobiliário escolar é o de conceber ou adaptar o mobiliário escolar à grande diversidade morfológica dos alunos com o objetivo de minimizar e prevenir futuros problemas posturais.

### 3.1.1. Fatores Na Origem Das Variações Das Medidas Antropométricas

Durante as primeiras fases da vida humana o ser humano cresce e desenvolve-se. Daí ser fundamental e vital os estudos antropométricos com crianças para assim se observar as variações ocorridas e os seus comportamentos na interação com os objetos e, em particular, o conjunto cadeira e mesa escolar.

O ser humano apresenta diferentes formatos e tamanhos [13]. As populações são compostas por indivíduos de diferentes tipos físicos, idades e proporções diversas em cada segmento do corpo. As medidas antropométricas das crianças em idade escolar variam não só nos vários anos escolares, mas também no mesmo ano escolar com crianças da mesma idade.

As diferenças antropométricas são influenciadas por fatores internos, que são próprios da pessoa, tais como etnia e raça, sexo, idade e biótipo, e fatores externos como o nível socioeconômico.

**Etnia e Raça.** Diversos estudos antropométricos comprovaram a influência da etnia nas variações das medidas antropométricas. Por exemplo, os pés dos brasileiros são relativamente mais curtos e mais ‘gordos’ em relação aos pés dos europeus que são mais finos e mais longos. Os árabes têm os membros superiores e inferiores relativamente mais longos que os europeus, enquanto os orientais os têm mais curtos [28]. *‘A diferença entre o homem mais alto (sudanês) e o mais baixo (pigmeu) é de 62% em relação ao mais baixo’* [28, p. 101].

**Sexo.** Até o final da infância, 9-10 anos, e início da adolescência ambos os sexos apresentam um crescimento semelhante. A partir daí o crescimento acelera e as diferenças entre sexos começam então a surgir. *‘Nessa fase de pré-puberdade, as meninas geralmente são mais altas, mais pesadas e têm uma superfície corporal maior. Os meninos começam a adquirir maior peso durante a puberdade’* [28, p. 98].

Na fase adulta, quando atingem a estatura final o homem, em geral, tem ombros e tórax mais largos e os braços, pernas, mãos e pés são maiores que na mulher. Esta, por sua vez, tem a cintura pélvica mais larga e inclinada para frente [27]. As diferenças de estaturas entre homens e mulheres são de 6 a 11% [28].

**Idade.** De acordo com Pheasant [38], o ser humano quando nasce pesa em média 3,3 kg, tem 500 mm de comprimento e o tronco representa 70% do corpo. A partir do nascimento até a idade adulta o comprimento do corpo pode aumentar 3 a 4 vezes, o peso aumenta mais ou menos 20 vezes e as proporções lineares do corpo mudam até que na estatura adulta o comprimento do tronco passa a representar 52% da estatura. No entanto, o autor ressalva que *‘the adult condition is by no means stationary – our bodily proportions are modified by our lifestyles and the inevitable processes of ageing’* [38, p. 161].

**Biótipo.** A população humana é composta de indivíduos de diferentes tipos físicos ou biótipos. Sheldon definiu três tipos básicos (Figura 3.2) com características dominantes [27, 28]:

**Endomorfo:** físico de formas arredondadas e com grandes depósitos de gordura. *‘Tem a característica de uma pêra (estreita em cima e larga em baixo)’* [28, p. 104]. O abdômen é grande e em comparação o tórax parece pequeno. A cabeça e os ombros são arredondados e os membros curtos e flácidos.

**Mesomorfo:** físico musculado com ângulos bem demarcados. Possui pouca gordura subcutânea, os ombros predominam, o tórax é largo e o abdômen pequeno.



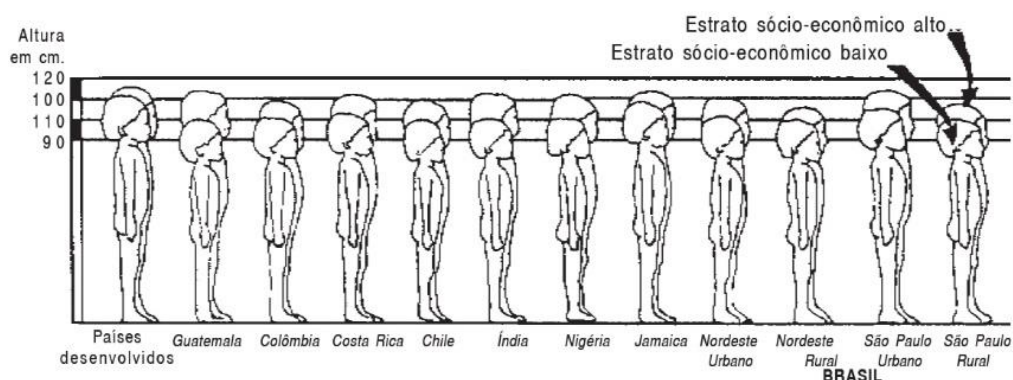
**Ectomorfo:** físico de formas alongadas. Os membros são longos e finos com um mínimo de gordura e definição muscular. O rosto é magro, o pescoço longo e os ombros largos, mas caídos.



**Figura 3.2** – Os três biótipos ou tipos físicos do corpo humano: Endomorfo, Mesomorfo e Ectomorfo.  
Fonte: Adaptado de Andrews [55].

Sheldon observou ainda que as pessoas, de um modo geral, possuem características de dois dos tipos detetados. Na sua amostra, por exemplo, não foi observado ninguém que tivesse o seu corpo com características de um só tipo [27].

**Nível socioeconômico.** As descobertas dos estudos antropométricos realizados em Inglaterra demonstraram que um meio ambiente privilegiado pode produzir um aumento na estatura total de 38 a 51 mm. Enquanto num meio ambiente menos favorecido pode causar uma diminuição da estatura prevista de aproximadamente 38 mm [27] (Figura 3.3).



**Figura 3.3** – Alturas médias de meninos de 5 anos de idade de países desenvolvidos e de estratos socioeconômicos alto e baixo.  
Fonte: Boueri [53].

**Tendência Secular.** Estudos revelam que a população mundial tem crescido ao longo dos últimos séculos, com um crescimento médio entre 7 e 40 mm por década [56]. Tal pode ser explicado pela melhoria na alimentação, serviços de saúde, condição econômica e adoção de

hábitos mais saudáveis [27, 28, 56]. Este fenômeno, que não se restringe apenas a adultos, é designado de tendência secular e pode ser melhor observado em países industrializados.

Assim, ao consultarem-se dados antropométricos publicados deve-se ter em atenção a data a que respeitam esses mesmos dados, porque é possível que as mudanças seculares do aumento de tamanho do Homem possam ser grandes o suficiente para invalidar dados antropométricos das décadas recentes [20].

### 3.1.2. Os Dados Antropométricos e a Sua Aplicação No Dimensionamento De Produtos

As medidas antropométricas são utilizadas no dimensionamento de produtos e postos de trabalho. As tarefas, por sua vez, podem exigir do indivíduo a realização de movimentos corporais e as medidas antropométricas a considerar devem ser distintas. Para uma melhor compreensão e aplicação prática da antropometria adotam-se dois conceitos básicos: a antropometria estática e a antropometria dinâmica.

A **antropometria estática** é aquela em que as medidas se referem ao corpo estático, de acordo com posições fixas e uniformizadas (Figura 3.4). As medições realizam-se entre pontos anatômicos claramente identificados [27, 28, 53]. A antropometria estática aplica-se no desenho de produtos sem partes móveis e que não exigem muitos movimentos, como, por exemplo, o mobiliário escolar.

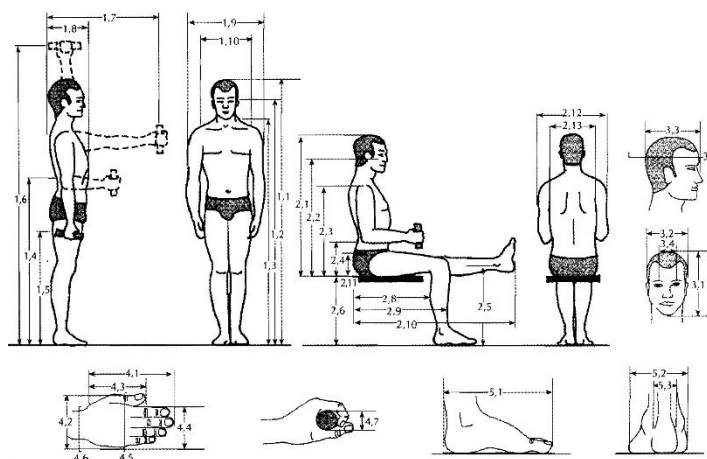


Figura 3.4 – Principais variáveis usadas em medidas de antropometria estática.  
Fonte: Pequini [27].

A **antropometria dinâmica** mede os alcances dos movimentos do indivíduo. Ela envolve o estudo de medidas funcionais do corpo humano, tais como ângulos de conforto e forças de movimentos, considerando os braços e pernas como sistemas de alavanca [27, 28, 53]. 'Por

exemplo, o alcance com as mãos na posição sentada não depende apenas do comprimento do braço, mas é afetado também pelo movimento do ombro, rotação e curvatura do tronco, curvatura das costas e o tipo de manejo a ser executado pela mão' [53, pp. 29-30] (Figura 3.5).

A antropometria dinâmica deve ser aplicada em postos de trabalho e produtos que exigem muitos movimentos corporais, como, por exemplo, o lugar de condução de um automóvel no qual é necessário manipular partes que se movimentam, como volante, caixa de velocidades, etc.

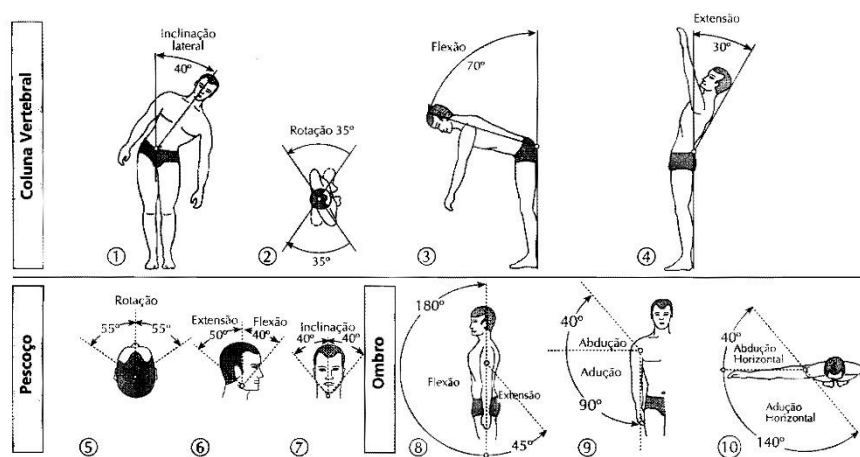


Figura 3.5 – Valores médios de rotações voluntárias da coluna vertebral, pescoço e ombro, na antropometria dinâmica.  
Fonte: Pequini [27].

Supostamente, medir as pessoas seria uma tarefa fácil bastando para isso ter uma fita métrica. Todavia, quando se pretende obter medidas confiáveis de uma população, que é composta de indivíduos dos mais variados tipos e dimensões, não é assim tão simples de se fazer porque as condições em que essas medidas são realizadas influenciam consideravelmente os resultados [28].

Existem metodologias, procedimentos e instrumentos próprios para a aferição das medidas antropométricas. Essas dimensões são publicadas sob a forma de tabelas permitindo-nos um acesso fácil e rápido às dimensões relevantes a ter em conta no desenvolvimento de produtos e sistemas de produtos [54].

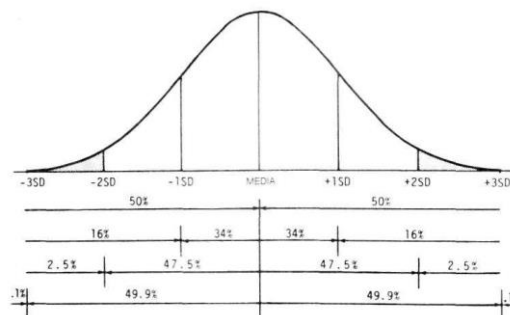
Nas tabelas antropométricas as dimensões são apresentados sob a forma de percentis. De acordo com Pequini [27], os percentis são usados para entender bem uma distribuição porque, segundo Reis [6, p. 9], são uma 'medida da posição relativa de uma unidade observacional em relação a todas as outras'.

A utilização de percentis é um meio de dividir uma distribuição normal desde o valor mínimo até ao máximo segundo uma sequência ordenada. Os percentis extremos, sejam máximos ou mínimos, apresentam uma pequena probabilidade de incidência [27]. De acordo com

Guimarães (2001) [citado por 27, p. 8.18], o conceito de percentil é entendido do seguinte modo: 'o percentil  $x^o$  significa que  $x\%$  das pessoas do levantamento antropométrico considerado tem medidas inferiores ou iguais às deste percentil, e que  $100 - x\%$  das pessoas tem medidas superiores às deste percentil. Por exemplo, o valor do  $95^o$  percentil para estatura demonstra que  $95\%$  da população têm uma medida de estatura menor ou igual ao do  $95^o$  percentil e que  $5\%$  possuem estatura com valor maior. Uma medida do  $5^o$  percentil mostra que  $5\%$  da população possui esta medida com valor menor ou igual a deste percentil e que  $95\%$  possuem esta medida com valor maior. O  $50^o$  percentil corresponde à média'.

Embora um produto deva contemplar  $100\%$  da população do segmento considerado, por exemplo crianças dos 6 aos 10 anos de idade, este tornar-se-ia técnica e economicamente inviável. Nesse sentido, Moraes (1983) [citado por 27] conclui que num projeto a sua adaptação às características dimensionais deve corresponder no mínimo a  $90\%$  dos utilizadores, ou seja, a pessoas cujas dimensões variam entre os percentis 5 e 95, omitindo-se os dois extremos da população.

Na mesma linha de pensamento, Boueri [53, p. 73] afirma que é 'comum e correto a omissão das pessoas que se situam nos extremos da distribuição estatística, porque são pessoas de dimensões extremas, superior ou inferior, na sua grande maioria' (Figura 3.6).



**Figura 3.6** – A maioria das dimensões humanas retiradas de um grupo com uma distribuição normal adota esta gráfica, em cujas extremidades aparece um número reduzido de dimensões sendo que a maioria delas ocupa a zona central.

Fonte: Panero e Zelnik [40].

Um erro muito comum no dimensionamento de produtos e sistemas de trabalho é a utilização das medidas antropométricas do 'homem médio', ou seja, o percentil 50. No entanto, não existe o 'homem médio'. Panero e Zelnik [40] exemplificam tal observação através de um gráfico representativo dos percentis de várias dimensões corporais correspondentes a três indivíduos, demonstrando que se essas mesmas dimensões, para cada indivíduo observado, correspondessem ao mesmo percentil então era originada uma linha reta. No entanto, o que ocorre é justamente o contrário. As linhas têm uma forma irregular porque os indivíduos têm valores de percentil diferentes para cada uma das suas dimensões corporais (Figura 3.7).

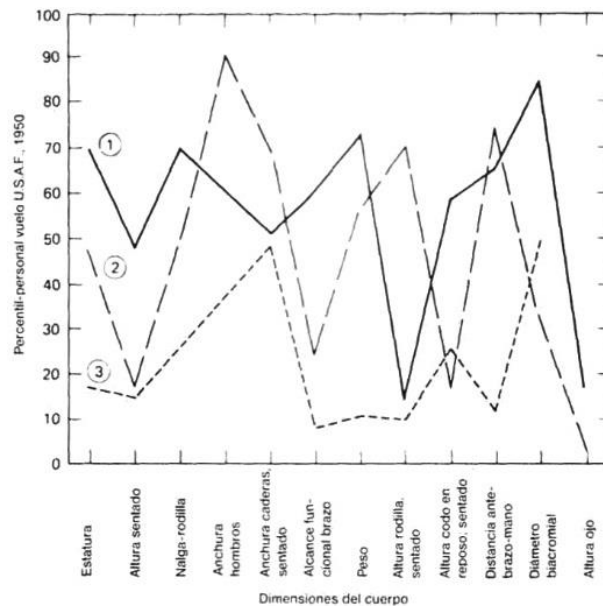


Figura 3.7 – Gráfico representativo dos percentis das várias dimensões corporais de três indivíduos.  
 Fonte: Panero e Zelnik [40].

De acordo com o Dr. H.T.E. Hertzberg, somente 4% da população corresponde à média em relação a três dimensões e apenas 1% da população estará na média ao considerarmos quatro dimensões. Ora, a percentagem torna-se insignificamente pequena à medida que se aumenta o número de dimensões incluídas [27]. Oxford (1989) e Rio (2001) [citados por 6] demonstram que quando se utiliza o ‘homem médio’ as pessoas do percentil 5 e 95 são extremamente prejudicadas pois não se adaptam ao mobiliário ou equipamento em questão.

Deve-se ainda salientar que a seleção do percentil adequado baseia-se na particularidade do problema em questão [27]. Tomemos o seguinte exemplo: se uma tarefa na posição sentada o espaço, em termos de altura, é o principal requisito, então devem ser utilizados os dados do percentil 95 porque tal significa que 95% da população tem uma altura sentada inferior. Logo, se o espaço permite acomodar um utilizador com a maior altura sentada, então obviamente funcionará igualmente para aqueles com alturas sentadas menores (Figura 3.8).

Constata-se, portanto, que considerar o ‘homem médio’ é um erro grave. Nesse sentido, utilizar os dois extremos, percentil 5 e 95, que indicam limites máximos e mínimos de variação, permite prevenir erros potencialmente danosos no projeto de equipamentos, produtos e postos de trabalho [53].

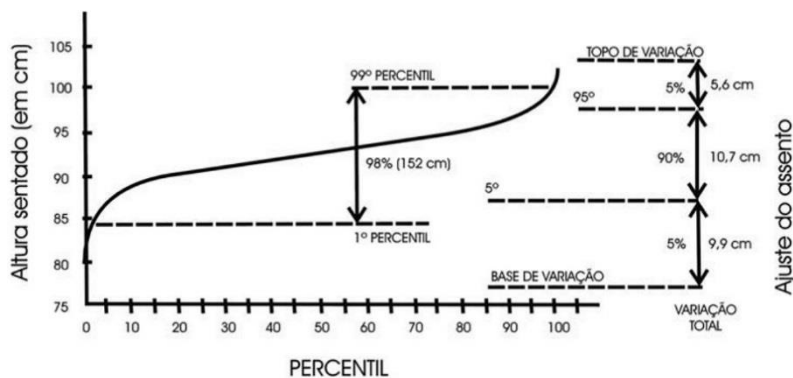


**Figura 3.8** – Se a altura de um espaço sentado for definido pelo percentil 5 (P5), então este não acomodará os utilizadores com alturas maiores.

Fonte: Panero e Zelnik [40].

Sempre que possível no desenvolvimento de produtos deve-se considerar a utilização de sistemas de regulação porque além do produto não abranger 100% dos utilizadores, as diferenças entre os percentis 5 e 95 podem ser consideráveis. Tal pode ser solucionado com a utilização de ajustes, tendo em vista que um produto ajustável aumenta consideravelmente o seu uso por utilizadores de diversas dimensões [27].

A Figura 3.9 mostra um exemplo das relações entre os percentis, o ajuste da altura sentado e o limite de variação de ajustes necessários para acomodar diferentes segmentos da população.



**Figura 3.9** – Exemplo das relações entre os percentis e ajuste da altura do assento.

Fonte: McCormik, retirado de Pequini [27].

### 3.1.3. Variáveis Antropométricas Relacionadas Com o Dimensionamento Do Conjunto Cadeira e Mesa Escolar

Na definição das dimensões da cadeira e mesa escolar devem ser considerados os aspetos antropométricos e estes, por sua vez, devem estar relacionados com as exigências biomecânicas envolvidas porque a estabilização corporal na postura sentada envolve não só a

superfície do assento, mas também as pernas, os pés e as costas em contacto com outras superfícies.

As variáveis antropométricas mais relevantes para a conceção de postos de trabalho sentado, como o mobiliário escolar, estão ilustradas na Figura 3.10 [5, 28, 38] e correspondem a medidas antropométricas estáticas na posição sentada.

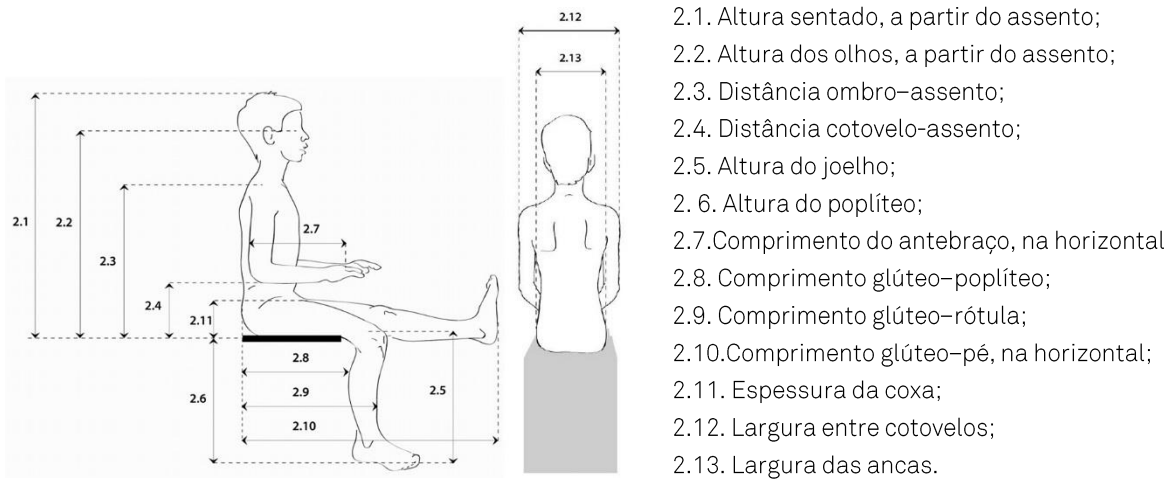


Figura 3.10 – Medidas antropométricas estáticas na posição sentada para a conceção de postos de trabalho.

Fonte: Gonçalves [5].

O conjunto mesa e cadeira, que Reis [6] destaca como de imediato remetido como integrantes do universo escolar, constituem um todo antropométrico composto por relações de medidas [13, 14] de modo a proporcionar uma postura sentada correta [1, 3, 5].

Numa revisão sobre as medidas antropométricas relevantes ao dimensionamento da cadeira e mesa escolar, sumarizada na Tabela 3.1 e Figura 3.11, a literatura é unânime ao referir que a altura, profundidade e largura do assento têm por base as medidas antropométricas altura do poplíteo, comprimento glúteo-poplíteo e largura das ancas, respetivamente. E a altura da mesa tem por base a distância cotovelo-assento. Todavia, quanto ao dimensionamento da altura do topo superior e inferior do encosto, ponto S e espaço livre entre o assento e mesa já não se verifica tal unanimidade. Em alguns casos são referidas duas medidas antropométricas distintas ou quando referida apenas uma, esta é feita exclusivamente por um só autor.

A não referência de medidas antropométricas para o dimensionamento da largura e profundidade da mesa pode ser justificada por estes parâmetros não serem propensos a ter um impacto tão relevante na postura adotada pelos alunos.

Tabela 3.1 – Dimensões antropométricas relevantes no dimensionamento do conjunto cadeira e mesa escolar de acordo com a literatura.

Dimensões Cadeira e Mesa Escolar	Variável Antropométrica					
	Gouvali e Boudolos [2]	Parcells, et al. [3]; Panagiotopoulou, et al. [1]	Molenbroek, et al. [17]	Chung e Wong [57]	Gonçalves [5]; Dianat, et al. [58]	Castellucci, et al. [16]
Altura (AA)	AP	AP	AP	AP	AP	AP
Assento						
Largura (LAS)	LA	LA	LA	LA	LA	LA
Profundidade (PA)	CGP	CGP	CGP	CGP	CGP	CGP
Encosto						
Altura						
Topo superior (ASE)	DOA	–	AE	–	DOA	AE
Topo inferior (AIE)	–	–	AN	–	–	–
Ponto S (PS)	–	–	APL	–	–	–
Altura da Mesa (AM)	DCA	DCA	DCA	DCA	DCA	DCA
Espaço livre entre o assento e mesa (ELAM)	AJ	AJ	EC	AJ	EC	EC

AE - Altura da escápula (ponto mais baixo); AJ - Altura do joelho; AN - Altura da nãdega; AP - Altura do poplíteo; APL - Altura ponto lombar; CGP - Comprimento glúteo-poplíteo; DCA - Distância cotovelo-assento; DOA - Distância ombro-assento; EC - Espessura da coxa; LA - Largura das ancas;

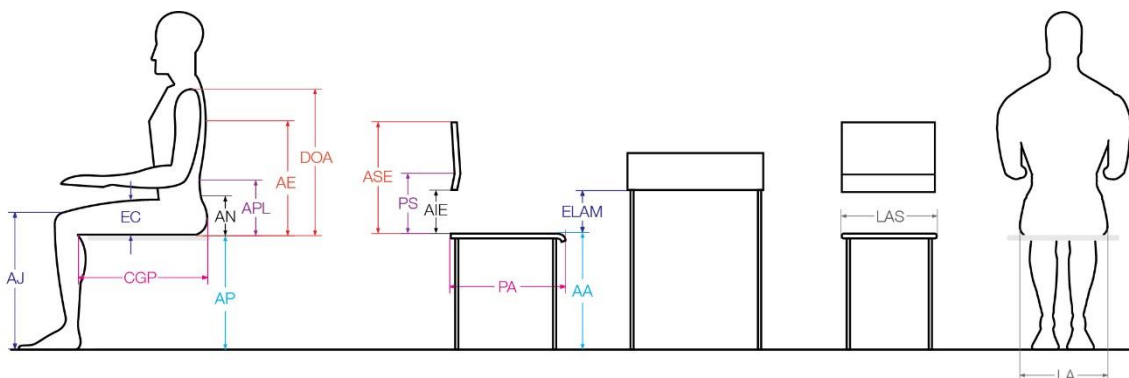
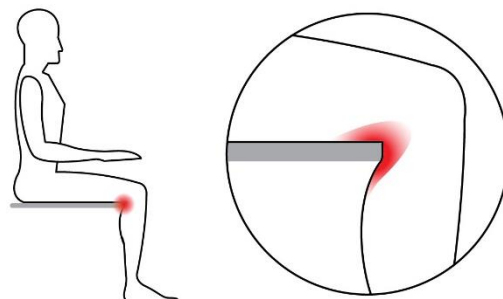


Figura 3.11 – Dimensões antropométricas relevantes no dimensionamento do mobiliário escolar de acordo com a literatura e a sua relação com as dimensões do produto, apresentadas na Tabela 3.1.

Como demonstrado, existe uma relação direta entre as medidas antropométricas e as dimensões do mobiliário escolar, no entanto estas não devem ser traduzidas literalmente para as dimensões do produto. Por exemplo, a profundidade do assento tem por base o comprimento glúteo-poplíteo, mas se a profundidade do assento corresponder à medida exata desta dimensão antropométrica ocorrerá uma compressão na parte de trás do joelho dificultando a circulação sanguínea nas pernas e pés [3, 5, 6] (Figura 3.12). Como tal, é necessária a adoção de critérios ergonómicos de dimensionamento como as equações de (in)compatibilidade, que na sua génese têm em conta as recomendações ergonómicas para a conceção de mobiliário



escolar baseado em princípios biomecânicos e que contemplam a promoção do bem-estar, tal como a eficácia do sistema em que o aluno está envolvido.



**Figura 3.12** – Uma profundidade do assento (PA) igual ao comprimento glúteo-poplíteo (CGP) originará uma compressão na parte de trás do joelho dificultando a circulação sanguínea nas pernas e pés.

### 3.2. Ergonomia: Critérios de Dimensionamento e Recomendações Para a Conceção Da Cadeira e Mesa Escolar

Etimologicamente ergonomia é uma palavra de origem grega que provém de *Ergon*, que significa ‘trabalho’, e *Nomos*, que significa ‘regras, normas, leis’. Ao apoiar-se noutras áreas do conhecimento humano como a antropometria, física, fisiologia, biomecânica, biotipologia, psicologia, sociologia, etc., a ergonomia assume um carácter interdisciplinar [6, 27, 28] e verdadeiramente universal.

Deste modo, no plano prático o objetivo da ergonomia é adaptar ou melhorar o posto de trabalho, os instrumentos, as máquinas, os horários e o meio ambiente às exigências do Homem e não o contrário [5, 28]. Estuda todos os fatores, tais como a postura, movimentos corporais, fatores ambientais, informação, tarefas, entre outros, com influência no desempenho do sistema homem-máquina-ambiente tendo em vista a redução e minimização das consequências nocivas que este pode ter no indivíduo, como stress, fadiga, erros e acidentes [28], proporcionando segurança, saúde e satisfação aos indivíduos durante a realização da atividade [2].

Se o objetivo da ergonomia é a adaptação do posto de trabalho, dos instrumentos, das máquinas, dos horários, do meio ambiente às exigências do Homem, logo a ergonomia em contexto escolar é sobre a interação física e psíquica do corpo discente em relação à estrutura escolar, equipamentos, materiais e ambiente [5], promovendo bem-estar, tal como a eficácia do sistema em que está envolvido. Neste contexto, o posto de trabalho de um aluno é composto pelo conjunto cadeira e mesa utilizado em sala de aula [18].

Durante a última década a investigação em ergonomia conduziu a um interesse crescente sobre a conceção de mobiliário escolar baseado em princípios biomecânicos. O debate tem sido

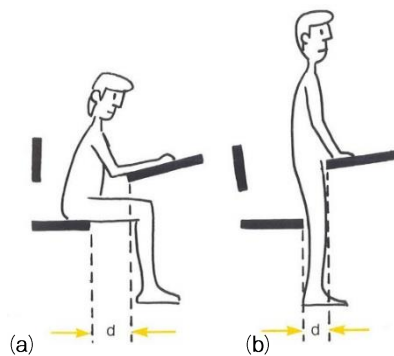
bastante ativo no que respeita às recomendações para a conceção de cadeiras e de mesas escolares [30]. Com os conhecimentos das implicações provocadas na curva sacrolombar durante a postura sentada e identificadas as causas na origem das dores é possível verificar que a literatura apresenta um conjunto de critérios e recomendações ergonómicas para o dimensionamento e conceção de mobiliário escolar, como se apresenta de seguida.

### 3.2.1. Recomendações Ergonómicas

Um princípio fundamental a ter sempre em conta é o de que a uma cadeira deve corresponder a um e apenas um só tamanho de mesa, e vice-versa.

As mesas e cadeiras devem estar separadas e sem qualquer tipo de ligação entre as duas porque, tendo em conta as diferenças antropométricas entre crianças com a mesma idade e do mesmo ano escolar, é claramente difícil projetar uma cadeira e mesa ligados entre si com uma distância adequada para todos. Neste tipo de solução duas situações podem ocorrer. A distância horizontal entre a aresta da mesa e a aresta da cadeira é grande o suficiente para permitir a entrada e saída da criança. Porém, poderá obrigá-la a sentar-se na parte da frente da cadeira para aceder à mesa originando uma flexão acentuada do tronco, o que significa que o encosto não será utilizado [48] (Figura 3.13a). Ou então essa distância é pequena dificultando a manutenção de uma posição em pé, assim como a entrada e a saída (Figura 3.13b).

Por tudo isto, é conveniente o uso cadeiras e mesas separadas de modo a que cada utilizador ajuste a distância de acordo com as suas características pessoais.



**Figura 3.13** – Se numa mesa e cadeira ligadas entre si a distância horizontal entre o assento e a mesa é grande a criança não usará o encosto (a), se é pequena dificulta a manutenção de uma posição em pé, assim como a entrada e a saída (b).

Fonte: Instituto Biomecânica de Valencia [48].

É também importante que os materiais sejam robustos o suficiente para aguentar a (hiper)atividade das crianças e ao mesmo tempo ter em conta a resistência e leveza facilitando o transporte da mesa e da cadeira. O peso deve ser proporcional à força da criança [14]. Rebelo

(2004) [citado por 14] recomenda que se deve evitar arestas ou ângulos perigosos em zonas mais expostas. A existência destas causa não só perigo para a criança, mas também faz com que o material fique mais frágil e se possa deteriorar mais facilmente.

### 3.2.1.1. Cadeira

Uma cadeira adequada deve permitir sempre que os seus utilizadores tenham os pés e as costas em contacto com outras superfícies, proporcionando ao corpo estabilidade sem a necessidade de requerer uma força muscular adicional para manter o equilíbrio [5], porque quanto maior for o grau de força muscular ou controle exigido, maior será a fadiga e o desconforto [40].

Dul e Weerdmeester (2004) [citado por 33] enfatizam que muitas cadeiras permitem a regulação da altura do assento e o ajuste da posição do encosto e, como tal, devem ser reguláveis em movimentos contínuos e suaves. Numa cadeira ajustável é tão importante a regulação da altura do assento como da profundidade do mesmo [10].

#### a) Assento

lida [28] refere três princípios essenciais para o assento:

1. O tipo de assento deve depender do tipo de atividade para o qual ele se destina, ou seja, para cada tarefa existe um assento considerado mais adequado;
2. As dimensões do assento são resultado direto das medidas antropométricas;
3. O assento deve permitir variações frequentes de posturas, possibilitando assim o alívio das tensões sobre os discos vertebrais e os músculos dorsais de sustentação, reduzindo a fadiga.

O assento assume um papel preponderante no mobiliário escolar, uma vez que será com base na dimensão da altura do assento que todo o sistema mesa e cadeira deve ser projetado [5, 16, 17].

O facto de se poder mudar de posição é importante quando a tarefa a realizar necessita de muito tempo na postura sentada [3, 5, 14]. Embora o assento adaptado às formas das nádegas e coxas permita uma melhor distribuição de pressões, quando se pretende mudar de posição causa o efeito oposto e as pressões e desconforto podem aumentar [14]. Assim, os formatos anatômicos com assentos moldados e relevos adaptados à forma do corpo são

desaconselháveis pois dificultam as mudanças de posição [28]. O mesmo pode acontecer com estofamentos altos e volumosos que se podem deformar [33, 48]. Sempre que possível, o assento deve ser estofado para diminuir pressões nas coxas e permitir maior conforto.

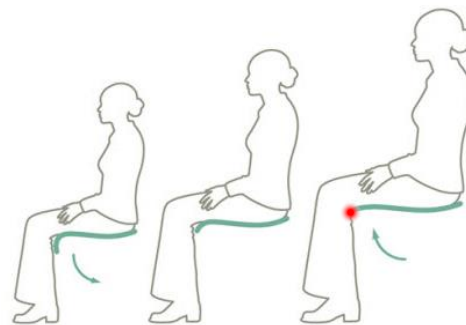
O dimensionamento dos assentos, que resulta das medidas antropométricas, deve permitir sempre que a criança consiga apoiar os pés no chão ou num apoio de pés [5, 16, 17, 19], de modo a eliminar o desconforto devido a pressões desnecessárias na parte inferior das coxas e à limitação do fluxo de sangue às pernas e pés, situação que acontece quando o assento é demasiado alto ou demasiado profundo [5-7, 14, 33, 40, 48].

O correto dimensionamento da profundidade do assento deve permitir, por um lado, que as coxas fiquem completamente apoiadas sem que haja compressão da zona posterior dos joelhos, ou seja, deve haver algum espaço livre entre a parte posterior da perna e a extremidade do assento da cadeira evitando-se assim pressões sobre a musculatura das pernas. A extremidade da frente do assento deve ser arredondada e sem arestas vivas que possam causar traumatismos ou desconforto ao aluno e deve ter um raio mínimo de 40mm [5, 14] (Figura 3.14 e Figura 3.15).



**Figura 3.14** – Formas corretas e incorretas para o design do assento da cadeira escolar.

Fonte: Instituto Biomecânica de Valencia [48].



**Figura 3.15** – Se a extremidade dianteira do assento for arredondada as compressões dos vasos sanguíneos, tendões e nervos são amenizados.

Fonte: Herman Miller Inc. [59].

De acordo com Mandal (1991) [citado por 5], a superfície do assento deve ter uma inclinação para a frente de modo a minimizar a flexão do quadril nas tarefas de leitura e escrita. Desta forma, o ângulo de flexão quadril-tronco diminui quanto maior for a inclinação do assento para a frente, proporcionando à coluna um perfil mais aproximado à postura ortostática (Figura 3.16a e Figura 3.16b) e com uma distribuição da carga mais uniforme nos discos vertebrais. Tal permite diminuir significativamente a tensão do sistema músculo-esquelético [31, 39]. O oposto acontece com um assento inclinado para trás (Figura 3.16a).

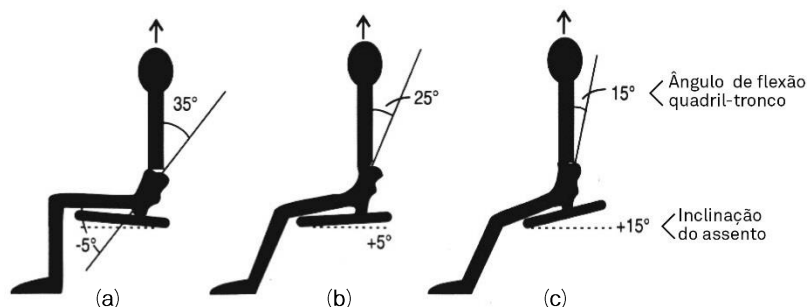


Figura 3.16 – O assento inclinado para trás aumenta a flexão da região lombar (a), enquanto num assento com inclinação para a frente a flexão lombar é reduzida, quanto maior for a inclinação do assento (b, c).

Fonte: Adaptado de Oliver (1998), retirado de Pequini [27].

Se uma cadeira com o assento inclinado para a frente tem um impacto positivo na postura, quando aliado a uma mesa com o tampo inclinado, combinação designada por *open hip angle furniture*, os resultados que lhe advêm são ainda mais benéficos [3].

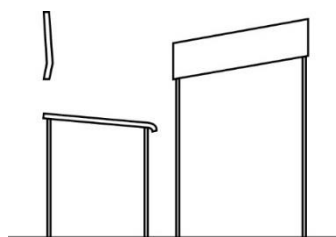


Figura 3.17 – *Open hip angle furniture*: cadeira com assento inclinado para a frente combinada com uma mesa de tampo inclinado.

De acordo com o estudo de Motmans [39] e Gonçalves [5], a combinação de um assento com inclinação para a frente e uma mesa com o tampo inclinado traduziu-se naquele que apresentou as melhores posturas sentado, com menores ângulos de flexão do tronco e pescoço, quando comparado com outras combinações, tais como: assento com inclinação para trás e mesa com tampo horizontal (Figura 3.18a); assento com inclinação para trás e mesa com tampo inclinado (Figura 3.18b); e assento e tampo da mesa horizontal (Figura 3.18c).

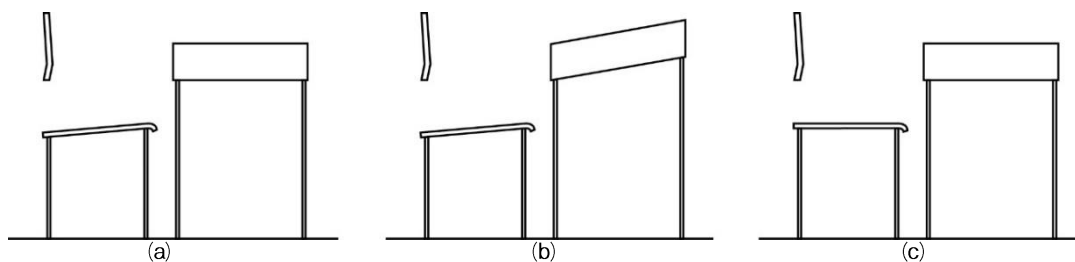


Figura 3.18 – Assento com inclinação para trás e mesa com tampo horizontal (a), assento com inclinação para trás e mesa com tampo inclinado (b) e assento e tampo da mesa horizontal (c).

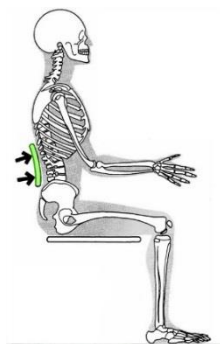
Motmans [39] afirma que a combinação *open hip angle furniture* é claramente percebida como positiva por crianças dos 7 aos 11 anos de idade. Carnide [30] e Parcells, et al. [3] também afirmam que as avaliações baseadas no conforto do aluno indicam uma preferência por um assento com inclinação para a frente de 5°, mas também por um assento horizontal. No entanto, Gonçalves [5] regista opiniões contrárias, isto é, 19 das 20 crianças que participaram no estudo preferiram a combinação do assento com inclinação para trás e mesa com tampo inclinado. Tal disparidade de opiniões pode resultar do ângulo do assento que foi utilizado nos estudos, porque a inclinação do assento para a frente leva à modificação da distribuição das forças do peso corporal, sendo transferidas em parte para os joelhos e pés. Tal pode induzir no utilizador a sensação de escorregamento, como refere Osborne [citado por 27], e a necessidade de um esforço complementar, tanto maior quanto maior o ângulo do assento, para estabilizar a posição. Motmans [39] utilizou um assento com uma inclinação de 10° e Gonçalves [5] 20°.

#### b) Encosto

O encosto da cadeira deve possibilitar a inclinação do tronco para trás, permitindo assim à criança a adoção de uma melhor postura. De acordo com a literatura, conclui-se que o encosto da cadeira deve possibilitar que haja inclinação do tronco para trás entre os 100° e os 110°, permitindo um relaxamento da coluna vertebral e diminuição da pressão intradiscal.

O encosto deve ter uma forma côncava. Encostos de forma plana são desconfortáveis porque entram em contato direto com os ossos da coluna vertebral [28]. Segundo Farrer et al. (1994) [citado por 5], o encosto deve possuir um raio mínimo de curvatura de 300 mm.

O encosto deve proporcionar um bom apoio à região lombar [3, 33, 48], pelo que o perfil do encosto deve ser tido em conta porque uma pessoa sentada apresenta uma protuberância para trás, as nádegas, como é possível observar na Figura 3.19.



**Figura 3.19** – Quando sentada numa postura correta, um indivíduo apresenta uma protuberância para trás, as nádegas, que deve ser tido em conta no perfil do encosto.

Fonte: Panero e Zelnik [40].

Nesse sentido o encosto deve assumir uma de duas configurações. A primeira (Figura 3.20), na qual existe um espaço vazio entre o assento e encosto de aproximadamente 150 a 200mm, como refere lida [28].

A segunda (Figura 3.21) na qual o assento e encosto são um só, devendo para tal existir na zona de ligação entre assento e encosto uma curvatura côncava para assim acomodar corretamente as nádegas.



**Figura 3.20** – Forma correta para o design do encosto separado do assento de uma cadeira.  
Fonte: Instituto Biomecânica de Valencia [48].



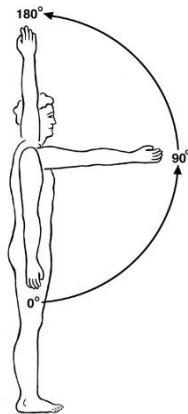
**Figura 3.21** – Num encosto e assento unidos deve existir, na sua zona de ligação, uma curvatura côncava para acomodar as nádegas.  
Fonte: Ahrend [60].

#### 3.2.1.2. Mesa

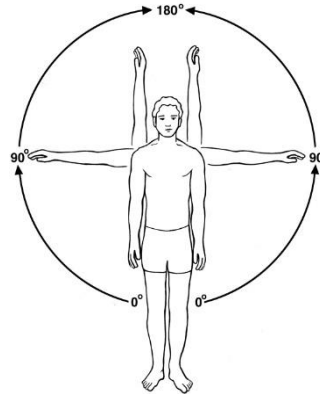
Parâmetros como a largura e a profundidade não tendem a ter um impacto tão relevante como a altura e a inclinação do tampo na postura adotada pelos seus utilizadores [5]. Os cotovelos devem ser capazes de se apoiarem na superfície da mesa e de modo a que não seja necessária uma flexão acentuada do tronco e uma flexão e abdução exageradas do ombro [3, 5, 19].

Chaffin et al. (1991) [citado por 16] e Parcells, et al. [3] recomendam um ângulo de flexão do ombro (Figura 3.22) entre 0° e 25° e um ângulo de abdução (Figura 3.23) entre 0° e 20° na execução das tarefas que são realizadas em mesas de trabalho.

A literatura sugere que sejam utilizadas superfícies de trabalho com uma inclinação na direção do utilizador até ao máximo de 15° [9], para desta forma se conseguir uma redução do ângulo de visão e estimular a posição vertical do tronco. De acordo com Gonçalves [5] as crianças claramente percebem o benefício de uma mesa escolar com o tampo inclinado e não só o preferem como também o defendem.



**Figura 3.22** – Flexão do Ombro.  
Fonte: Uthhoff [61].



**Figura 3.23** – Abdução do Ombro.  
Fonte: Uthhoff [61].

Dado o facto de muitas vezes se realizarem trabalhos de grupo é recomendado que a mesa possua um mecanismo que permita a inclinação do tampo, mas também a sua horizontalidade facilitando este tipo de atividade específico, entre outros.

### 3.2.1.3. Espaço Livre Entre Assento e Mesa


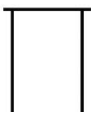
Deve existir um espaço livre entre o assento e a mesa para acomodar as pernas do utilizador, permitindo que este se mova à vontade e efetue mudanças de postura com comodidade [5, 6, 33]. A parte de baixo da mesa deve possuir altura, largura e profundidade suficientes para qualquer movimento das pernas, pelo que não é aconselhável possuir gavetas ou prateleiras no espaço dedicado às pernas, tal como defende Rebelo (2004) [citado por 14].

### 3.2.1.4. Síntese

Em suma, para um correto desenvolvimento e conceção do conjunto cadeira e mesa escolar devem ser tidas em consideração as recomendações ergonómicas enunciadas na Tabela 3.2.



Tabela 3.2 – Quadro-resumo das recomendações ergonômicas da cadeira e mesa escolar.

 <b>Recomendações Ergonômicas</b> 		
<p>As dimensões da cadeira e da mesa têm por base as medidas antropométricas; A cadeira e a mesa não devem estar ligadas entre si; Devem-se evitar arestas ou ângulos perigosos em zonas mais expostas;</p>		
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Numa cadeira ajustável é importante a regulação da altura como a profundidade do assento;</li> <li>2. A cadeira deve ser projetada de modo a que o utilizador tenha sempre os pés em contacto com o chão, ou num apoio de pés, e as costas com o encosto;</li> <li>3. O assento não deve ter formatos anatómicos. Se possível deve possuir estofa, mas não deve ser demasiado alto ou volumoso;</li> <li>4. A extremidade da frente do assento deve ser arredondada, raio mínimo de 40mm, e sem arestas vivas. Entre a extremidade da frente do assento e a parte posterior da perna deve haver algum espaço livre;</li> <li>5. O assento deve ser ligeiramente inclinado para a frente ou horizontal, mas nunca inclinado para trás. Recomenda-se prudência no ângulo inclinado do assento para a frente porque pode induzir no utilizador a sensação de escorregamento.</li> <li>6. Entre o encosto e o assento deve existir um espaço vazio para acomodar as nádegas. Em alternativa, se o assento e encosto forem um só deve existir na zona de ligação entre ambos uma curvatura côncava para acomodar as nádegas;</li> <li>7. O encosto deve ter uma inclinação entre os 100° e os 110°;</li> <li>8. O raio mínimo de curvatura do encosto é de 300mm.</li> </ol> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A altura da mesa e inclinação do tampo são os parâmetros mais relevantes para uma boa postura sentada;</li> <li>2. A altura da mesa não deve originar um ângulo de flexão do ombro superior a 25° e um ângulo de abdução superior a 20°;</li> <li>3. A inclinação do tampo não deve exceder os 15°;</li> <li>4. Sempre que possível a mesa deve possuir um mecanismo que permita a inclinação e horizontalidade do tampo, para que assim possa ser usada noutro tipo de atividades, como por exemplo trabalhos de grupo;</li> <li>5. Deve existir um espaço livre entre a mesa e o assento para acomodar as pernas do utilizador de modo a permitir que este se mova à vontade e efetue mudanças de postura com comodidade;</li> <li>6. A parte de baixo da mesa deve possuir altura, largura e profundidade suficientes para qualquer movimento das pernas, pelo que não é aconselhável possuir gavetas ou prateleiras nesse espaço.</li> </ol> </td> </tr> </table>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Numa cadeira ajustável é importante a regulação da altura como a profundidade do assento;</li> <li>2. A cadeira deve ser projetada de modo a que o utilizador tenha sempre os pés em contacto com o chão, ou num apoio de pés, e as costas com o encosto;</li> <li>3. O assento não deve ter formatos anatómicos. Se possível deve possuir estofa, mas não deve ser demasiado alto ou volumoso;</li> <li>4. A extremidade da frente do assento deve ser arredondada, raio mínimo de 40mm, e sem arestas vivas. Entre a extremidade da frente do assento e a parte posterior da perna deve haver algum espaço livre;</li> <li>5. O assento deve ser ligeiramente inclinado para a frente ou horizontal, mas nunca inclinado para trás. Recomenda-se prudência no ângulo inclinado do assento para a frente porque pode induzir no utilizador a sensação de escorregamento.</li> <li>6. Entre o encosto e o assento deve existir um espaço vazio para acomodar as nádegas. Em alternativa, se o assento e encosto forem um só deve existir na zona de ligação entre ambos uma curvatura côncava para acomodar as nádegas;</li> <li>7. O encosto deve ter uma inclinação entre os 100° e os 110°;</li> <li>8. O raio mínimo de curvatura do encosto é de 300mm.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A altura da mesa e inclinação do tampo são os parâmetros mais relevantes para uma boa postura sentada;</li> <li>2. A altura da mesa não deve originar um ângulo de flexão do ombro superior a 25° e um ângulo de abdução superior a 20°;</li> <li>3. A inclinação do tampo não deve exceder os 15°;</li> <li>4. Sempre que possível a mesa deve possuir um mecanismo que permita a inclinação e horizontalidade do tampo, para que assim possa ser usada noutro tipo de atividades, como por exemplo trabalhos de grupo;</li> <li>5. Deve existir um espaço livre entre a mesa e o assento para acomodar as pernas do utilizador de modo a permitir que este se mova à vontade e efetue mudanças de postura com comodidade;</li> <li>6. A parte de baixo da mesa deve possuir altura, largura e profundidade suficientes para qualquer movimento das pernas, pelo que não é aconselhável possuir gavetas ou prateleiras nesse espaço.</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Numa cadeira ajustável é importante a regulação da altura como a profundidade do assento;</li> <li>2. A cadeira deve ser projetada de modo a que o utilizador tenha sempre os pés em contacto com o chão, ou num apoio de pés, e as costas com o encosto;</li> <li>3. O assento não deve ter formatos anatómicos. Se possível deve possuir estofa, mas não deve ser demasiado alto ou volumoso;</li> <li>4. A extremidade da frente do assento deve ser arredondada, raio mínimo de 40mm, e sem arestas vivas. Entre a extremidade da frente do assento e a parte posterior da perna deve haver algum espaço livre;</li> <li>5. O assento deve ser ligeiramente inclinado para a frente ou horizontal, mas nunca inclinado para trás. Recomenda-se prudência no ângulo inclinado do assento para a frente porque pode induzir no utilizador a sensação de escorregamento.</li> <li>6. Entre o encosto e o assento deve existir um espaço vazio para acomodar as nádegas. Em alternativa, se o assento e encosto forem um só deve existir na zona de ligação entre ambos uma curvatura côncava para acomodar as nádegas;</li> <li>7. O encosto deve ter uma inclinação entre os 100° e os 110°;</li> <li>8. O raio mínimo de curvatura do encosto é de 300mm.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A altura da mesa e inclinação do tampo são os parâmetros mais relevantes para uma boa postura sentada;</li> <li>2. A altura da mesa não deve originar um ângulo de flexão do ombro superior a 25° e um ângulo de abdução superior a 20°;</li> <li>3. A inclinação do tampo não deve exceder os 15°;</li> <li>4. Sempre que possível a mesa deve possuir um mecanismo que permita a inclinação e horizontalidade do tampo, para que assim possa ser usada noutro tipo de atividades, como por exemplo trabalhos de grupo;</li> <li>5. Deve existir um espaço livre entre a mesa e o assento para acomodar as pernas do utilizador de modo a permitir que este se mova à vontade e efetue mudanças de postura com comodidade;</li> <li>6. A parte de baixo da mesa deve possuir altura, largura e profundidade suficientes para qualquer movimento das pernas, pelo que não é aconselhável possuir gavetas ou prateleiras nesse espaço.</li> </ol>	

### 3.2.2. Critérios De Dimensionamento: As Equações De (in)Compatibilidade

Para articular as dimensões antropométricas com as dimensões do produto correspondentes devem ser utilizadas as equações de (in)compatibilidade que se apresentam de duas formas. Equações de (in)compatibilidade de um sentido onde apenas é ponderado um limite mínimo ou máximo, e equações de (in)compatibilidade de dois sentidos no qual os limites mínimos e máximos são ponderados [4].

De acordo com o levantamento de Castellucci, et al. [19] a literatura apresenta um conjunto vasto de equações de (in)compatibilidade, sendo que os autores demonstram que muitas delas são desajustadas, desadequadas ou inapropriadas. Por isso Molenbroek, et al. [17], Castellucci, et al. [19] e Castellucci, et al. [62] propõem que se deva usar preferencialmente as equações apresentadas na Tabela 3.3 por serem aquelas que se baseiam em pressupostos corretos, as mais eficazes e capazes de uma melhor resposta ergonómica.

Tabela 3.3 – Quadro-resumo da obtenção das dimensões do conjunto cadeira e mesa através das variáveis antropométricas e respetivas equações de (in)compatibilidade.

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

\*1 Coeficiente de sola;

\*2 Valor em mm;

\*3 Espessura do tampo e estrutura

Face às equações de (in)compatibilidade acima referidas consideram-se como medidas antropométricas relevantes para o dimensionamento da cadeira a altura do poplíteo (AP), comprimento glúteo-poplíteo (CGP), largura das ancas (LA), altura da escápula (AE) ou distância ombro-assento (DOA), altura do ponto lombar (APL) e altura da nádega (AN). Para respetivamente se obter a altura do assento (AA), profundidade do assento (PA), largura do assento (LAS), altura do topo superior do encosto (ASE), ponto S (PS) e altura do topo inferior do encosto (AIE). Para a mesa é considerada a espessura da coxa (EC) para se obter o espaço livre entre assento e mesa (ELAM) (Figura 3.24).

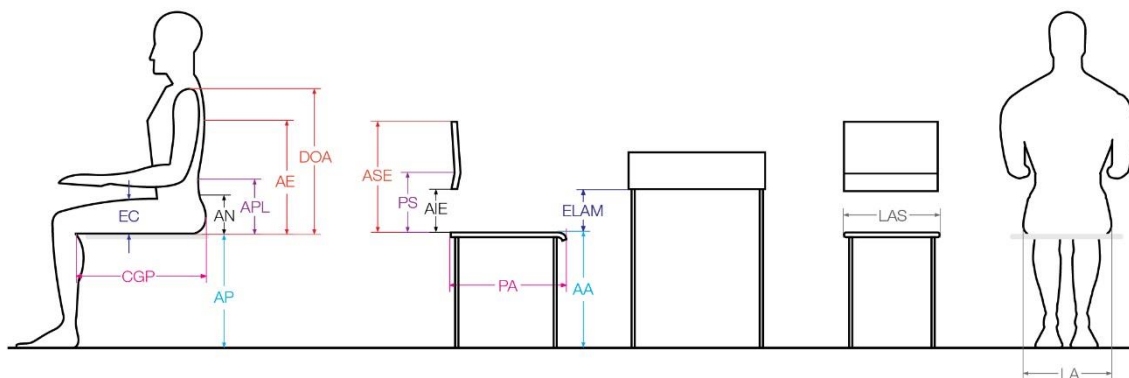
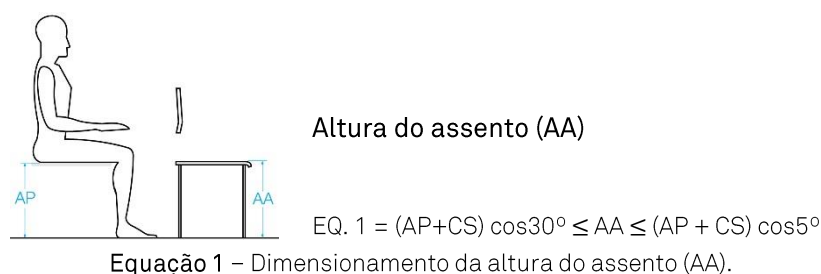


Figura 3.24 – Dimensões antropométricas relevantes para o dimensionamento do mobiliário escolar, de acordo com as equações de (in)compatibilidade enumeradas na Tabela 3.3, e a sua relação com as dimensões do produto.

### 3.2.2.1. Equação 1 – Altura Do Assento (AA)

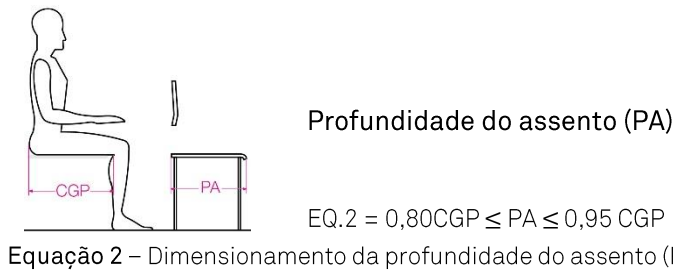
A dimensão altura do assento (AA) é o ponto de partida para o dimensionamento do conjunto cadeira e mesa [16]. A Equação 1 [2, 4, 58, 63, 64] é a única que equaciona a biomecânica do joelho, considerando que a parte inferior da perna forma um ângulo de 5° a 30° em relação à vertical. Esta equação considera também um coeficiente de sola (CS), valor correspondente à espessura da sola do calçado que se adiciona à altura do poplíteo (AP), podendo variar de acordo com a cultura, moda e país. Vários autores referem variações na ordem dos 20 mm, 25 mm até 45 mm [16, 38]. Esta variável é de especial importância uma vez que as medidas antropométricas são coletadas sem o uso de calçado [2, 3, 5, 15, 38, 65].

A equação mostra que a altura do assento (AA) tem que ser maior ou igual que  $\cos 30^\circ$  da altura do poplíteo (AP) adicionando o coeficiente de sola (CS) para evitar uma extensão maior que 30° em relação à vertical na articulação do joelho. Este cuidado é de grande importância porque com uma extensão maior a planta dos pés não será colocada sobre o plano do piso ou as coxas não terão suporte suficiente causando desconforto. Por outro lado, a altura do assento (AA) tem que ser menor ou igual do que  $\cos 5^\circ$  da altura do poplíteo (AP) mais o coeficiente de sola (CS) para garantir que o aluno ficará com ambos os pés apoiados no chão sem comprimir a região da nádega [16, 17, 19].



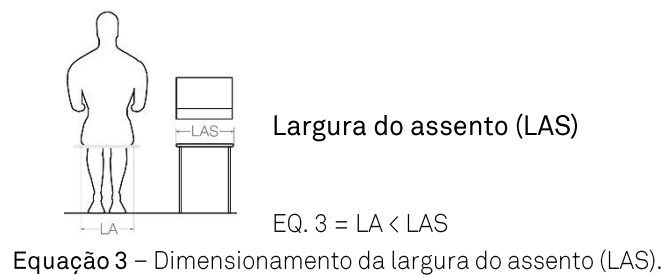
### 3.2.2.2. Equação 2 – Profundidade Do Assento (PA)

O que diferencia as duas equações apresentadas pela literatura é o valor máximo limite do comprimento glúteo-poplíteo (CGP). De acordo com Castellucci, et al. [19], se se optar pela alternativa à Equação 2, que considera um limite máximo maior, o espaço entre a parte de trás do joelho e o assento será manifestamente pouco. Tendo por base medidas antropométricas de crianças Chilenas dos 6 aos 18 anos de idade, o autor demonstrou que essa folga seria de uns escassos 3 a 6 mm não estando em consonância com as recomendações ergonômicas. Portanto, a Equação 2 [1, 3, 4, 58, 63, 64] assume-se como melhor.



### 3.2.2.3. Equação 3 – Largura Do Assento (LAS)

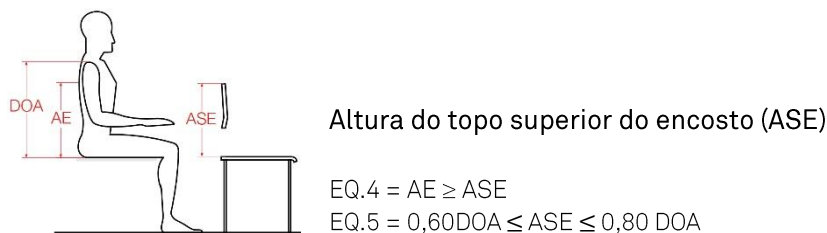
Para a definição da largura do assento (LAS) considera-se a Equação 3 [4, 63] que não equaciona apoio de braços, uma vez que a cadeira escolar não se configura com essa característica [19].



### 3.2.2.4. Equação 4 e Equação 5 – Altura Do Topo Superior Do Encosto (ASE)

De acordo com a literatura, a altura do topo superior do encosto (ASE) deve preferencialmente ficar abaixo da escápula ou no limite na linha da escápula. Logo, para o dimensionamento da altura do topo superior do encosto (ASE) utiliza-se a Equação 4 [4] pois esta recorre diretamente à altura da escápula (AE).

Porém, nem sempre os estudos antropométricos apresentam a variável antropométrica da altura da escápula (AE). Apenas nesses casos deve ser usada a Equação 5 [2, 58, 63, 64], que considera a distância ombro-assento (DOA).



**Equação 4 – Dimensionamento da altura do topo superior do encosto (ASE) através da altura da escápula (AE).**

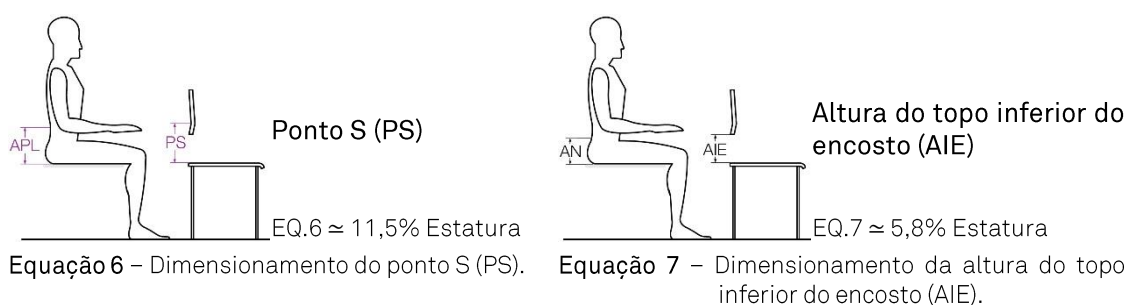
**Equação 5 – Dimensionamento da altura do topo superior do encosto (ASE) através da distância ombro-assento (DOA).**

### 3.2.2.5. Equação 6 – Ponto S (PS) e Equação 7 – Altura Do Topo Inferior Do Encosto (AIE)

Para a determinação do ponto S (PS) e da altura do topo inferior do encosto (AIE), apesar de lhes corresponderem uma medida antropométrica nomeadamente a altura do ponto lombar (APL) e a altura da nádega (AN) respetivamente, a literatura não apresenta nenhuma equação específica [19]. Os estudos antropométricos realizados e publicados raramente incluem a medição da altura do ponto lombar (APL) e da altura da nádega (AN) dada a sua difícil execução e precisão, pois são confinadas a pontos muito específicos do corpo humano de difícil avaliação visual por não apresentarem fronteiras bem definidas.

Desde os tempos de Vitruvius estabeleceu-se uma relação quase linear entre a estatura e as restantes dimensões antropométricas através de rácios [20]. Molenbroek, et al. [17] dizem-nos que a dimensão da altura do ponto lombar (APL) e da altura da nádega (AN) podem ser calculadas através da estatura, recorrendo à Equação 6 e à Equação 7.

Apesar da aplicação deste método não ser totalmente correto dado que a obtenção das medidas antropométricas não devem ser baseadas na estatura, porque como demonstra Panero e Zelnik [40] indivíduos com a mesma estatura não têm as mesmas dimensões nas restantes variáveis antropométricas, trata-se, no entanto, da única forma de se obter este valor. Sendo o ponto S (PS) e a altura do topo inferior do encosto (AIE) dados importantes para o dimensionamento da cadeira e verificando que Molenbroek, et al. [17] usou este método na sua proposta para um sistema de tamanhos europeu de mobiliário escolar, tendo como critério de seleção a altura do poplíteo (AP), considera-se relevante a inclusão destas equações.

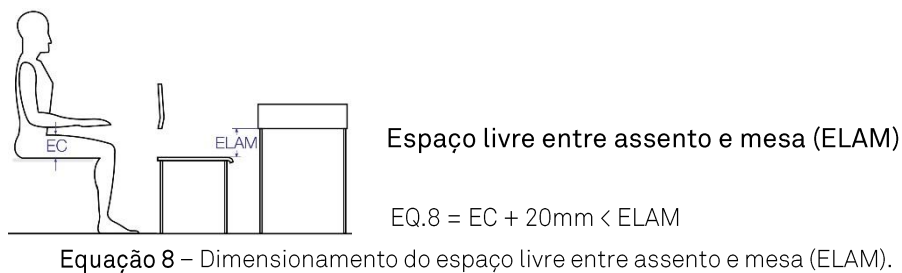


### 3.2.2.6. Equação 8 – Espaço Livre Entre Assento e Mesa (ELAM)

Para se obter esta dimensão a literatura diz-nos que podemos recorrer às variáveis antropométricas altura do joelho (AJ) ou espessura da coxa (EC). Porém, Castellucci, et al. [19,

p. 1128] demonstra que as equações que utilizam a altura do joelho ‘seem to be based in the erroneous assumption that  $KH^1$  is higher than  $SH^2 + TT^3$ ’.

Assim, a Equação 8 [2, 4] é aquela que melhor responde às recomendações ergonômicas porque considera que o espaço livre entre assento e mesa (ELAM) deve estar relacionado com a espessura da coxa (EC), adicionado de uma folga de pelo menos 20mm [17, 28] para permitir que o indivíduo se possa levantar, sentar e realizar mudanças de postura.



### 3.2.2.7. Equação 9 – Altura Da Mesa (AM)

Para determinar a altura da mesa (AM) a literatura apresenta diversas equações baseadas em critérios ergonômicos, considerando por isso fatores como a variável antropométrica distância cotovelo-assento (DCA) e a biomecânica do ombro e cotovelo (ângulos de flexão e abdução) não tendo, porém, em conta o espaço livre entre assento e mesa (ELAM). De acordo com Castellucci, et al. [62, p. 7] com o uso destes critérios ‘[...] it is not possible to define a convincing equation or special criteria for  $DH^4$ ’ porque ‘[...] the interrelation between the criteria for  $DH$  and  $SDC^5$  can be contradictory, even in ideal conditions’.

Como alternativa o autor propõe a Equação 9 que considera a altura do assento (AA), o espaço livre entre assento e mesa (ELAM) e a espessura do tampo e estrutura (T). A sua formulação é justificada, primeiro, com o facto de o ponto de partida do dimensionamento do conjunto cadeira e mesa escolar ser a altura do assento (AA). Segundo, é necessário um espaço livre entre assento e mesa (ELAM) suficiente para permitir que o indivíduo se possa levantar, sentar e realizar mudanças de postura. Por fim, é necessário considerar a espessura do tampo e estrutura (T). Para atenuar o problema dos indivíduos utilizarem uma altura da mesa (AM) elevada, os autores recomendam o uso de valores baixos para a espessura do tampo e estrutura (T).

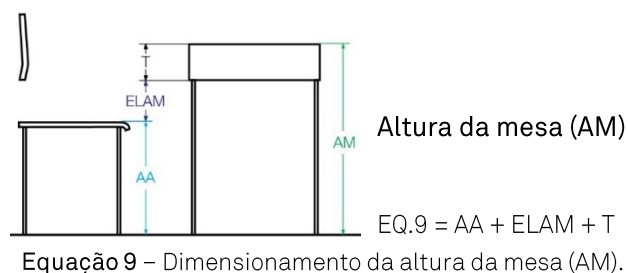
<sup>1</sup> KH é a abreviatura de *Knee Height*, ou seja, altura do joelho.

<sup>2</sup> SH é a abreviatura de *Seat Height*, ou seja, altura do assento (AA).

<sup>3</sup> TT é a abreviatura de *Thigh Thickness*, ou seja, espessura da coxa (EC).

<sup>4</sup> DH é a abreviatura de *Desk Height*, ou seja, altura mesa (AM).

<sup>5</sup> SDC é a abreviatura de *Seat Desk Clearance*, ou seja, espaço livre entre assento e mesa (ELAM).



### 3.3. Norma Europeia EN 1729-1:2006 – Cadeiras e Mesas Para Instituições De Ensino

É possível constatar um aumento da preocupação sobre a concepção de mobiliário escolar adequado às necessidades dos alunos, com dimensões apropriadas às suas características antropométricas. Um marco importante nesta crescente preocupação foi a publicação da norma europeia que determina as dimensões e algumas características da cadeira e mesa escolar para toda a população europeia [65]. *'With the exception of Europe, where the development of school furniture standards has been most actively pursued, [...] there is a lack of standardization for the design of classroom furniture for educational settings in many countries'* [12, p. 746].

Como tal, há a necessidade de tomar consciência da regulamentação/normas existentes quanto às suas dimensões funcionais, requisitos de segurança e métodos de testes.

A norma para as cadeiras e mesas de instituições de ensino que vigora nos 28 Estados-Membros da União Europeia e em 3 dos 4 Estados Membros da AELC, com a exceção do Liechtenstein, é a norma EN 1729 de 2006 elaborada pelo CEN. À data encontra-se sob aprovação uma atualização da referida norma. A norma encontra-se dividida em duas partes. A primeira, a EN 1729-1:2006, diz respeito às dimensões funcionais da mesa e cadeira. A segunda, a EN 1729-2:2006, é referente aos testes e requisitos de segurança.

Na normativa EN 1729-1:2006 são indicadas todas as dimensões necessárias para o correto dimensionamento das mesas e cadeiras a utilizar em instituições de ensino. O princípio fulcral no qual esta se baseia *'is that chairs and tables, intended for use in educational institutions for general-purpose education, should be designed to encourage good postures'* [52, p. 4].

Inicialmente são referidos e explicados alguns termos e definições, que acompanharão a norma, para um correto entendimento e assim evitar interpretações dúbias. Em alguns casos essas explicações são acompanhadas de esquemas. A título de exemplo, é definido que se entende por mobiliário regulável *'furniture that can be adjusted from a seated position by the users (pupils), without the need for tools or excessive force'* [52, p. 6]. É ainda descrito as 5 possíveis configurações do assento:

1. Assento horizontal, paralelo ao chão;
2. Assento inclinado para trás, com um ângulo negativo máximo até  $-5^\circ$  ( $\alpha^-$ ) (Figura 3.25a);
3. Assento inclinado para a frente, com um ângulo positivo máximo até  $+5^\circ$  ( $\alpha^+$ ) (Figura 3.25b);
4. Assento que permite alternar entre uma inclinação para a frente e para trás,  $-5^\circ$  a  $+5^\circ$  ( $\alpha^-$  e  $\alpha^+$ ) (Figura 3.25c);
5. Assento de dupla inclinação (apenas para cadeiras com apoio para pés): uma inclinação para a frente até  $+15^\circ$  ( $\alpha^+$ ) e uma inclinação para trás até  $-5^\circ$  ( $\beta^-$ ) (Figura 3.25d).

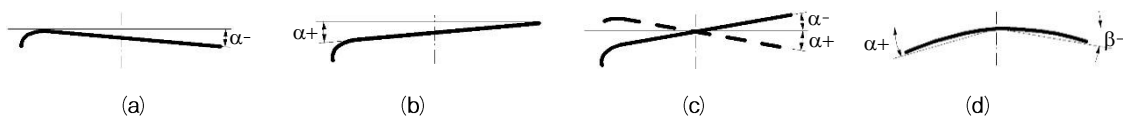
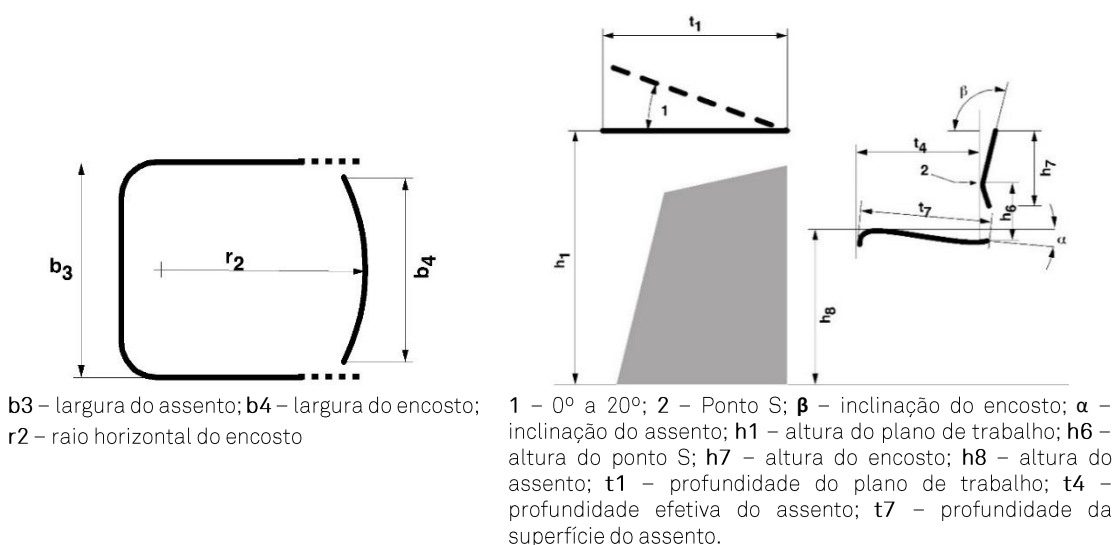


Figura 3.25 – Vista em perfil de 4 das 5 possíveis configurações para o assento da cadeira escolar, de acordo com a norma europeia EN 1729-1:2006.

Fonte: CEN [52].

Na secção seguinte são indicadas quais as dimensões funcionais necessárias ao correto dimensionamento da cadeira e mesa, a sua nomenclatura e qual o procedimento correto para a sua aferição. São exemplificados alguns esquemas que facilitam o seu entendimento (Figura 3.26 e Figura 3.27).



$b_3$  – largura do assento;  $b_4$  – largura do encosto;  $r_2$  – raio horizontal do encosto

1 –  $0^\circ$  a  $20^\circ$ ; 2 – Ponto S;  $\beta$  – inclinação do encosto;  $\alpha$  – inclinação do assento;  $h_1$  – altura do plano de trabalho;  $h_6$  – altura do ponto S;  $h_7$  – altura do encosto;  $h_8$  – altura do assento;  $t_1$  – profundidade do plano de trabalho;  $t_4$  – profundidade efetiva do assento;  $t_7$  – profundidade da superfície do assento.

Figura 3.26 – Dimensões-chave da cadeira (vista de cima).

Fonte: CEN [52].

Figura 3.27 – Dimensões-chave de uma cadeira e mesa associada (vista lateral).

Fonte: CEN [52].



Posteriormente são apresentados 8 tamanhos (size marks), a que corresponde uma cor e um número para uma fácil identificação, com as respetivas dimensões funcionais necessárias para a conceção e elaboração de cadeiras com assento horizontal, de inclinação única, de dupla inclinação e ajustáveis e de mesas para uso sentado ou em pé e ajustáveis.

Para uma correta consulta da tabela e das respetivas dimensões deve-se ter em conta que é através da estatura que estes tamanhos estão definidos, ou seja, é a estatura do indivíduo que define qual o tamanho da cadeira e mesa adequado ao utilizador em questão (Figura 3.28).

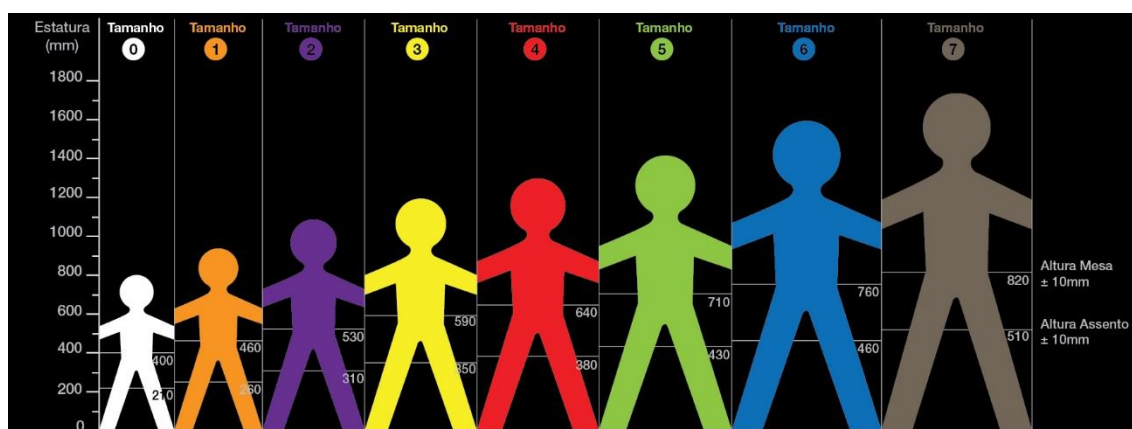


Figura 3.28 – Guia de tamanhos da norma europeia EN 1729-1:2006.  
Fonte: Adaptado de Bof [66].

Analisando os tamanhos da norma e tendo em conta a estatura das crianças europeias (Tabela 3.4) constata-se que as dimensões da cadeira e mesa para o público-alvo em questão, crianças dos 6 aos 10 anos de idade, corresponde às dimensões do tamanho 2 ao 4.

Tabela 3.4– Estatura mínima (P5 – 6 anos) e máxima (P95 – 10 anos) das crianças dos 6 aos 10 anos de Portugal, Bélgica e Holanda.

Autor(es) do Estudo	País	Estatura (mm)	
Motmans e Ceriez [67]	Bélgica	1085	1507
Steenbekkers, et al. [68]	Holanda	1147	1576
Gonçalves [5]	Portugal	1135	1497

Legend: P5 - 6 anos (orange), P95 - 10 anos (grey)

Desta forma, e de acordo com a norma europeia EN 1729-1:2006, as dimensões funcionais para o tamanho 2, 3 e 4 estão indicadas na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Dimensões em mm da cadeira para o tamanho 2, 3 e 4 de acordo com a norma europeia EN 1729-1:2006.

	Tamanho			
	2	3	4	
Cor	Violeta	Amarelo	Vermelho	
Intervalo de estatura	1080-1210	1190-1420	1330-1590	
h8 – altura do assento ±10mm	Assento horizontal e de inclinação única	310	350	380
	Assento com dupla inclinação	310 + 270 (Tan2 $\alpha$ )	350 + 300 (Tan2 $\alpha$ )	380 + 340 (Tan2 $\alpha$ )
t4 – profundidade efetiva do assento ±10mm (0-2) ±20mm (3-7)	270	300	340	
b3 – largura do assento (mín.)	280	320	340	
t7 – profundidade da superfície do assento (mín.)	t4 – 20mm	t4 – 20mm	t4 – 20mm	
h6 – altura do ponto s -10 a + 20mm	160	180	190	
h7 – altura do encosto (mín.)	100	100	100	
b4 – largura do encosto (mín.)	250	270	270	
r2 – raio horizontal mínimo do encosto	300	300	300	
$\beta$ – inclinação do encosto	95° a 110°	95° a 110°	95° a 110°	

No que se refere a cadeiras e mesas ajustáveis, a norma define os seguintes requisitos:

1. O mobiliário ajustável desenhado para vários tamanhos deve cumprir com os requisitos dimensionais para cada tamanho;
2. O mobiliário ajustável deve abranger dois ou mais tamanhos e deve ser possível identificar os tamanhos ou os respetivos códigos de cor;
3. O ajustamento pode ser feito em modo contínuo ou 'step by step';
4. Os mecanismos de ajuste devem ser:
  - a) Facilmente acessíveis ao utilizador;
  - b) Fáceis de operar sem necessidade de uso excessivo da força ou de ferramentas;

É ainda importante referir que os requisitos da norma permitem várias interpretações ao nível da forma, isto é, não especifica o design, mas apenas aquelas dimensões que promovem uma boa postura para qualquer altura fixa ou ajustável. Os requisitos dimensionais da norma permitem que *'[...] customs, educational practices, technical and financial circumstances of individual countries can be satisfied'* [52, p. 4].

A normativa EN 1729-2:2006 [69] especifica quais os requisitos de segurança, assim como os métodos pelos quais se devem proceder os testes à cadeira e mesa para verificação dos critérios de segurança, estabilidade e durabilidade. É precisamente com a indicação dos requisitos de segurança que o mobiliário concebido deve respeitar que esta normativa se inicia. Destes destacam-se:

1. Os cantos, tanto do assento, do encosto como das mesas devem possuir arestas arredondadas com, pelo menos, 2mm de raio;
2. Os componentes tubulares devem estar devidamente protegidos;
3. Os equipamentos não devem ser desmontáveis sem o uso de ferramentas apropriadas para o efeito;
4. O acabamento da superfície do tampo da mesa deve ser fosco para minimizar reflexões da luz.

Posteriormente é mencionado como devem ser realizados os testes de estabilidade das cadeiras e mesas, quais as forças a aplicar e como e onde deve ser aplicada essa mesma força, tanto para a cadeira como para a mesa.

### 3.3.1. As Dimensões Propostas Pela Norma Europeia e a Realidade Antropométrica

A interface aluno–mobiliário escolar a partir de parâmetros ergonómicos, antropométricos e biomecânicos da postura sentada evidenciam uma discrepância entre a recomendação normativa europeia e a realidade antropométrica dos seus utilizadores.

Através de uma metodologia de elipses, referentes a dados antropométricos relevantes ao dimensionamento do conjunto cadeira e mesa, Molenbroek, et al. [17] evidenciam que os tamanhos propostos pela norma europeia EN 1729-1:1998 demonstrava desajustes em relação às dimensões antropométricas dos seus utilizadores, tal como indica a Figura 3.29.

Quando os tamanhos do mobiliário escolar são dados não pode haver equívocos na escolha desse mesmo tamanho quando este é baseado na estatura [17]. Como consequência pode ser escolhida uma cadeira muito alta para uma criança com pernas relativamente curtas ou uma cadeira demasiado baixa para uma criança com pernas relativamente compridas, originando um ângulo superior a 30° em relação à vertical na articulação do joelho, considerado o ângulo máximo de conforto na Equação 1.

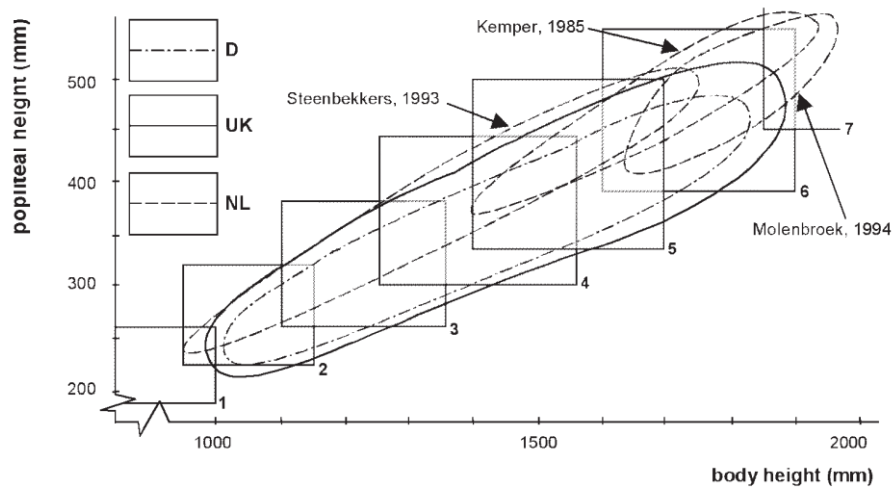


Figura 3.29 – Os tamanhos propostos pela norma europeia EN 1729-1:1998 (retângulos) não cobrem corretamente a distribuição das dimensões antropométricas das crianças.

Fonte: Molenbroek, et al. [17].

Uma vez que a norma utilizava a estatura como critério de seleção dos tamanhos e sendo estes intervalos não sequenciais, foi possível verificar no estudo do autor a ocorrência deste problema, como é evidenciado na Figura 3.30.

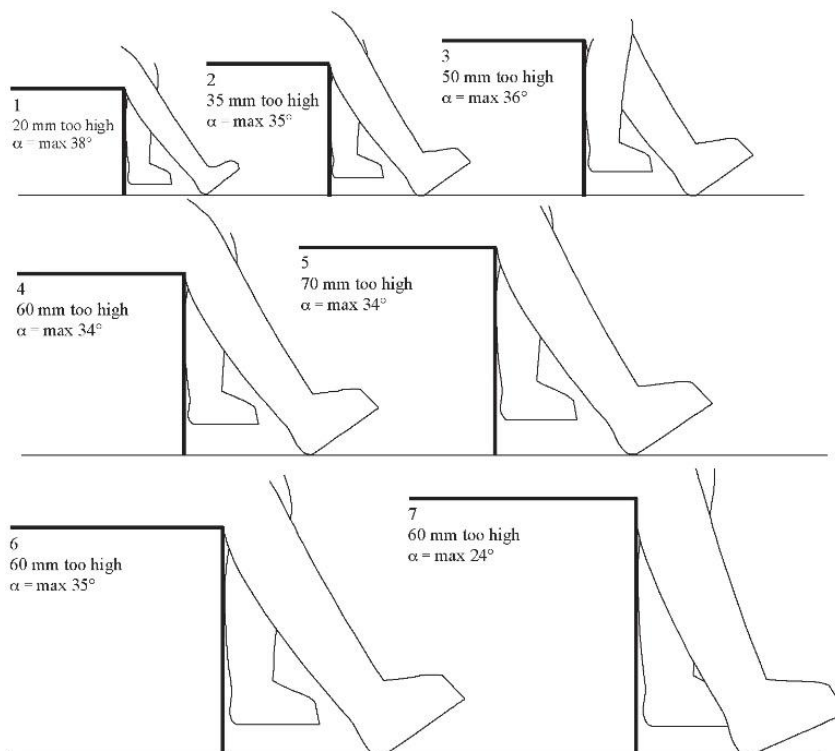


Figura 3.30 – Reprodução esquemática dos resultados da Figura 3.29. É possível observar que para os vários tamanhos propostos pela norma europeia EN 1729-1:1998 a cadeira ou é demasiado alta ou baixa para o intervalo de estatura recomendado.

Fonte: Molenbroek, et al. [17].

Este problema é completamente eliminado quando o tamanho é baseado na altura do poplíteo em vez da estatura [16, 17].

Posto isto, Molenbroek, et al. [17] propuseram um sistema europeu de tamanhos de cadeira e mesa capaz de abranger de forma otimizada as crianças dos 4 aos 20 anos e na qual o critério de seleção do tamanho é a altura do poplíteo (Figura 3.31).

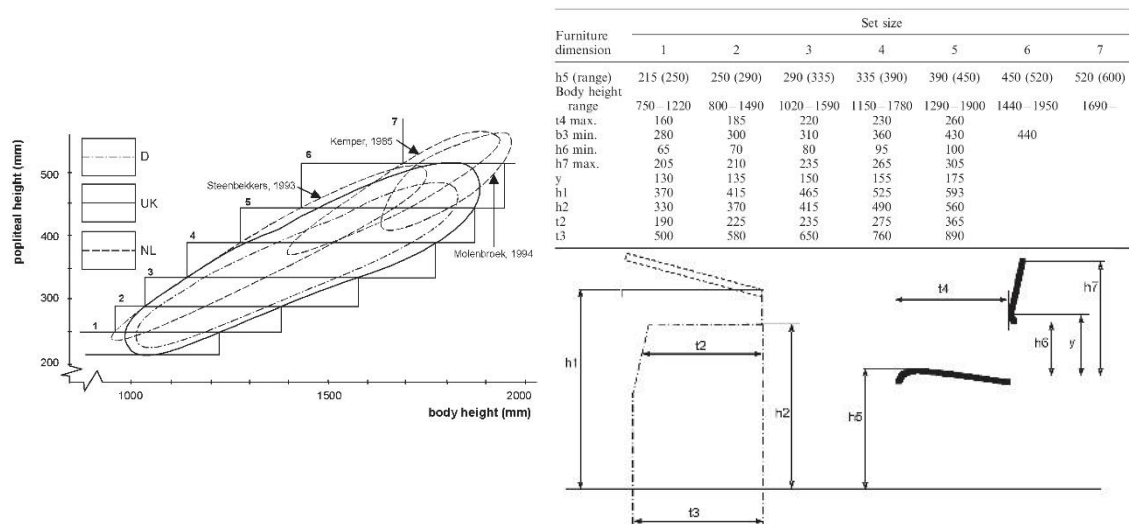
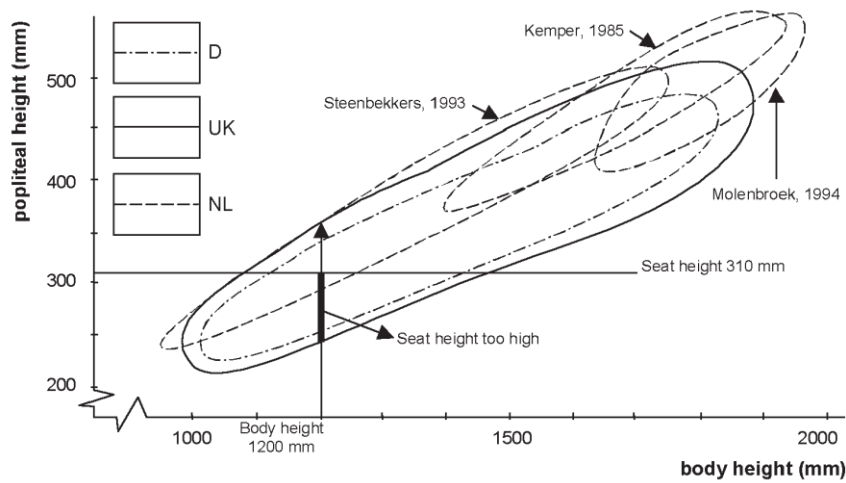


Figura 3.31 – Sistema europeu de tamanhos proposto por Molenbroek, et al. [17], utilizando a altura do poplíteo como critério de seleção do tamanho da cadeira e mesa.

Fonte: Molenbroek, et al. [17].

Todavia, e apesar de já haverem vários estudos publicados em que se demonstra que a altura do poplíteo é a medida antropométrica mais indicada para prescrever o tamanho da cadeira e mesa [16, 17, 19], a norma vigente EN 1729-1:2006 continua a usar a estatura como critério de seleção dos tamanhos do conjunto cadeira e mesa. Além de que continua a não abranger de forma adequada as crianças europeias, demonstrando que não fora alvo de uma revisão adequada. Como se pode observar na Figura 3.32, a norma EN 1729-1:2006 continua a prescrever para crianças com uma estatura de 1200 mm uma cadeira com uma altura do assento de 310 mm, tal como recomendava em 1998. Já então Molenbroek, et al. [17] advertiam que como consequência a maioria das crianças com uma estatura de 1200 mm iam sentar-se numa cadeira muito alta, podendo ocorrer uma diferença de 70 mm entre a altura do assento e a altura do poplíteo.



**Figura 3.32** – Um assento com 310 mm de altura é prescrito pela norma europeia EN 1729-1:2006 para crianças com uma estatura de 1200 mm. No entanto, a maioria dessas crianças sentar-se-á numa cadeira demasiado alta.

Fonte: Molenbroek, et al. [17].

Recentemente Gonçalves [5] realizou um estudo antropométrico em várias escolas do ensino primário do grande Porto e definiu, tendo por base os critérios ergonómicos de dimensionamento, quais as dimensões da cadeira regulável escolar adequada para as crianças portuguesas do ensino primário, dos 6 aos 10 anos de idade, tendo a estatura como medida de prescrição (Tabela 3.6).

**Tabela 3.6** – Dimensões ideais da cadeira regulável para crianças portuguesas do ensino primário, dos 6 aos 10 anos de idade, propostas por Gonçalves [5].

Intervalo Estatura	Tamanho	Altura Assento	Profundidade Assento	Largura Assento
<1200	1	270	290	333
1200-1300	2	290	315	
1300-1400	3	315	340	
>1400	4	345	360	

Medidas em mm

Quando comparadas as dimensões dos tamanhos propostos por Gonçalves [5] com as dimensões dos tamanhos equivalentes da norma EN 1729-1:2006 (Tabela 3.7) rapidamente se verificam algumas diferenças e discrepâncias de valores.

**Tabela 3.7** – Dimensões da norma europeia EN 1729-1:2006 para a cadeira escolar regulável correspondentes aos intervalos propostos por Gonçalves [5].

Intervalo Estatura	Tamanho	Altura Assento	Profundidade Assento	Largura Assento
1080-1210	2	310	270	
1190-1420	3	350	300	340
1330-1590	4	380	340	

Medidas em mm

Salienta-se que existe uma diferença nos intervalos da estatura usados como referência para a escolha dos tamanhos, quer no número de intervalos, quer no tipo de sequência, ou seja, se este é ou não sequencial. Gonçalves [5], em função dos dados recolhidos e analisados, estabeleceu 4 intervalos de estatura sequenciais, <1200 mm, 1200-1300 mm, 1300-1400 mm e >1400 mm. Por seu turno, a norma EN 1729-1:2006 apresenta intervalos não sequenciais e, tendo em conta os intervalos definidos por Gonçalves [5], esta possui 3 intervalos equivalentes, 1080-1210 mm (tamanho 2), 1190-1420 mm (tamanho 3) e 1330-1590 mm (tamanho 4).

Na Tabela 3.8 é possível observar quais os tamanhos da norma EN 1729-1:2006 equivalentes aos tamanhos propostos por Gonçalves [5], tendo em conta o intervalo de estatura correspondente. Verifica-se que aos tamanhos 1, 2 e 4 propostos por Gonçalves [5] equivalem respetivamente os tamanhos 2, 3 e 4 da norma. Para o tamanho 3 proposto pela autora corresponde os tamanhos 3 e 4 da referida norma.

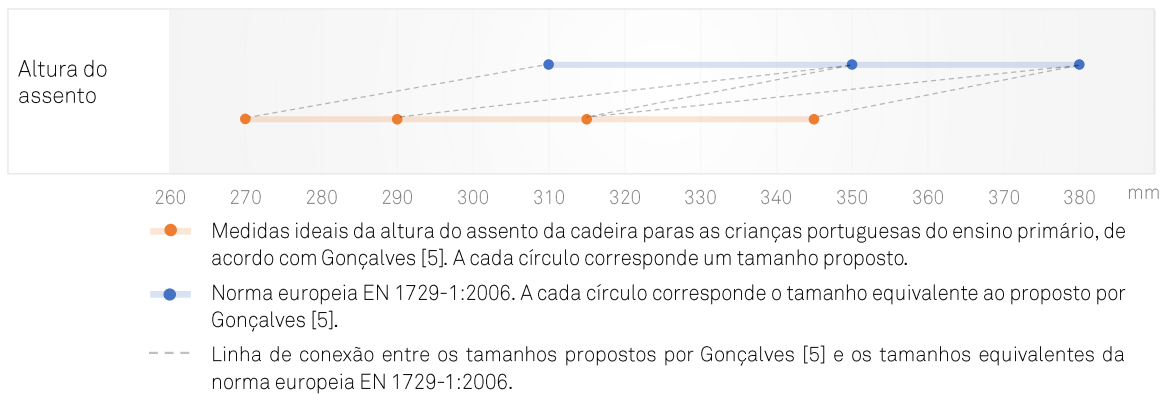
**Tabela 3.8** – Equivalência entre os tamanhos propostos por Gonçalves [5] e os tamanhos da norma europeia EN 1729-1:2006, tendo em consideração o intervalo de estaturas correspondentes.

Gonçalves [5]		Norma EN 1729-1:2006	
Tamanho	Intervalo Estatura (mm)	Intervalo Estatura (mm)	Tamanho
1	<1200	1080-1210	2
2	1200-1300	1190-1420	3
3	1300-1400	1190-1420	3
		1330-1590	4
4	>1400	1330-1590	4

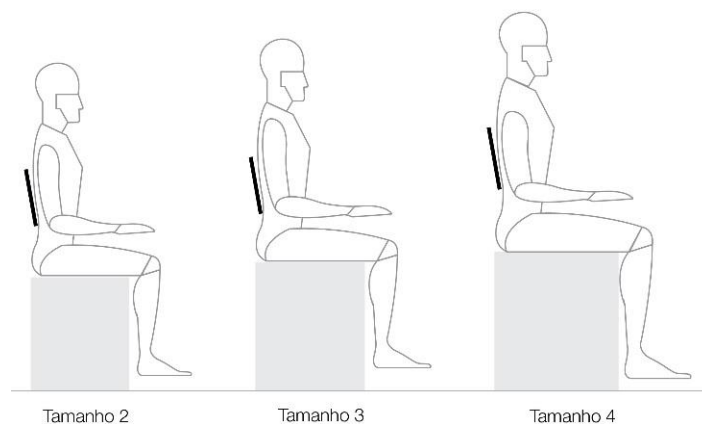
Quando comparadas as alturas do assento da cadeira a diferença de valores é significativa, sendo que a norma apresenta constantemente valores superiores. A diferença mínima registada, de 40 mm, ocorre no tamanho 1 proposto por Gonçalves [5] quando comparado com o tamanho equivalente da norma, o tamanho 2. No entanto esta diferença pode atingir o valor

máximo de 65 mm quando comparado o tamanho 3 proposto por Gonçalves [5] com o tamanho equivalente da norma, o tamanho 4 (Figura 3.33 e Figura 3.34).

As consequências do uso de uma cadeira demasiado alta são nefastos ao correto desenvolvimento e crescimento da criança, como referido no Subcapítulo 2.3.2.1.



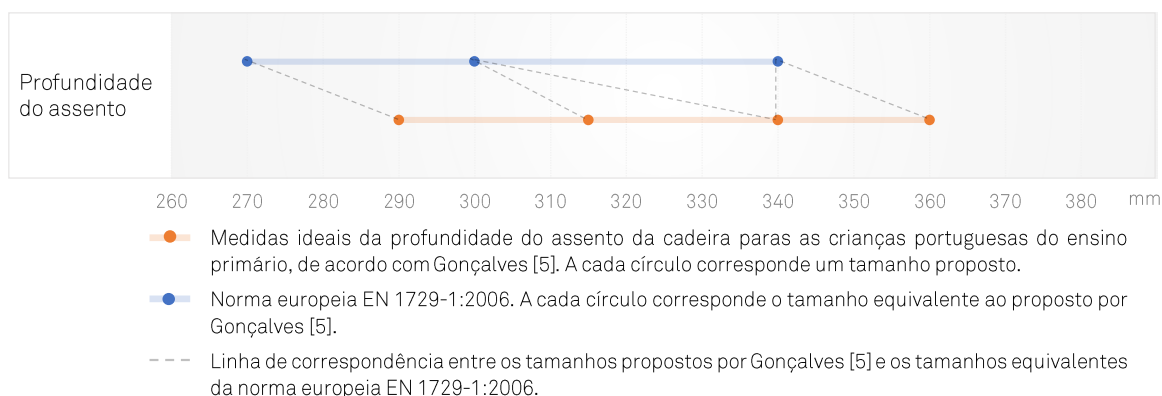
**Figura 3.33** – Diferenças entre as dimensões da altura do assento da norma europeia EN 1729-1:2006 e as dimensões propostas por Gonçalves [5], no seu estudo sobre as medidas ideais da cadeira para as crianças portuguesas do ensino primário.



**Figura 3.34** – Reprodução esquemática dos resultados da Figura 3.33. Observa-se que as alturas do assento das cadeiras dos tamanhos 2, 3 e 4 da norma europeia EN 1729-1:2006 são demasiado altas para as crianças portuguesas do ensino primário.

Tão importante como a altura do assento é a profundidade do mesmo e embora as disparidades ocorram regista-se uma diferença máxima de 40 mm entre o tamanho 3 proposto por Gonçalves [5] e o tamanho equivalente da norma, o tamanho 3, com a norma a apresentar valores inferiores. Embora o uso de assentos com profundidade baixa proporcione malefícios ao seu utilizador as diferenças registadas são aceitáveis (Figura 3.35).





**Figura 3.35** – Diferenças entre as dimensões da profundidade do assento da norma europeia EN 1729-1:2006 e as dimensões propostas por Gonçalves [5], no seu estudo sobre as medidas ideais da cadeira para as crianças portuguesas do ensino primário.

Apesar do objetivo das normas ser a proteção do consumidor/utilizador ao especificar critérios e requisitos que aferem o desempenho do produto/serviço, ao fixar padrões de qualidade que têm em conta as necessidades dos utilizadores, padronizando produtos, processos e procedimentos, estabelecendo parâmetros consensuais entre produtores, consumidores e especialistas e colocando os resultados à disposição da sociedade, conclui-se que objetivo da norma europeia EN 1729-1:2006 não é atingindo. Esta apresenta tamanhos/dimensões que não se coadunam à realidade antropométrica dos seus utilizadores, com especial relevância para a altura do assento que possui um impacto direto e, porventura, irreversível no crescimento e desenvolvimento saudável da criança, contrariando assim o princípio fundamental no qual supostamente se baseia: *'chairs and tables, intended for use in educational institutions for general-purpose education, should be designed to encourage good postures'* [52, p. 4].

Uma revisão à norma europeia é necessária e indubitavelmente indispensável, quer quanto ao critério utilizado na escolha do tamanho adequado, quer quanto às dimensões de cada tamanho. Não se compreende como regularmente a norma não se coaduna à realidade tendo em conta os vários estudos realizados e propostas de revisão apresentadas por autores como Molenbroek, et al. [17].

Tal discrepância entre norma e realidade antropométrica apenas dá mais ênfase às palavras de Kroemer e Grandjen [citado por 33], ao referirem que tal pode acontecer porque a maioria das especificações normalizadas é elaborada por comitês, retratando diferentes interesses de fabricantes, associações, indústrias, sindicatos e empresários.



# Capítulo 4 – Proposta Para Um Sistema Universal De Tamanhos De Cadeira e Mesa Escolar Para Crianças Dos 6 Aos 10 Anos de Idade

No decorrer desta investigação houve a necessidade de aprofundar o estudo do dimensionamento do conjunto cadeira e mesa escolar. O estudo que se apresenta neste capítulo foi submetido para publicação em revista científica da especialidade.

Os constrangimentos relativos à postura sentada, considerada mais prejudicial para o organismo humano do que a ortostática, têm influência direta nas dimensões do mobiliário utilizado.

Como defendem vários autores dedicados às questões antropométricas das crianças [1, 3, 5, 16, 17], o mobiliário escolar deve ser adaptado às transformações antropométricas que acontecem no crescimento. O objetivo primordial do mobiliário escolar, em particular da cadeira e mesa, é promover o conforto e boas práticas posturais e assim potenciar o desempenho escolar [3, 5, 9, 18-20].

De entre os demais objetos, a cadeira é quem mais contribui para uma postura incorreta na criança devido ao facto de não serem apropriadas às suas características antropométricas e biomecânicas. Numa sala de aula do ensino primário de qualquer país, crianças com a mesma idade tem estaturas muito díspares podendo atingir diferenças de 200 mm, sendo comum usar-se o mesmo tamanho de cadeira para todos os alunos na mesma sala o que é claramente insuficiente. Conceber mobiliário escolar que possa acompanhar essas variações torna-se um desafio para a ergonomia e para o design.

Apesar de vivermos numa aldeia global, que pretende uma aproximação de mercados, a verdade é que muitas vezes cada país ou bloco económico tem as suas próprias normas regulamentares, o que torna inviável para a indústria fazer produções específicas para cada país. No que se refere ao mobiliário escolar, os países da União Europeia regem-se pela normativa EN 1729-1, no Brasil pela NBR-14006 e NBR 14007 [6, 7], nos E.U.A. pela ISO 5970 [70]. Além destas diferenças, cada uma dessas normas nem sempre se coaduna com a realidade antropométrica dos seus utilizadores. Autores como Gonçalves [5] e Molenbroek, et al. [17] demonstraram que a norma europeia não se coaduna à realidade antropométrica das crianças europeias ao demonstrar lacunas no dimensionamento. Parcells, et al. [3] conclui que o mobiliário utilizado em algumas escolas norte americanas não é de todo o mais adequado, ao verificar que menos de 20% dos estudantes têm ao seu dispor uma cadeira e mesa compatíveis com as suas dimensões antropométricas.

Conclui-se, portanto, que há uma relação deficiente entre as reais medidas antropométricas de cada país e o dimensionamento considerado pelas normas. Como demonstrado nos estudos de Gouvali e Boudolos [2], Castellucci, et al. [16] e Molenbroek, et al. [17], entre outros, as medidas antropométricas estão diretamente relacionadas com as dimensões da cadeira e mesa.

Quando competitividade e limitação de recursos são fundamentais para a viabilização de qualquer produto, torna-se prioritário desenvolver uma metodologia de dimensionamento que suporte a conceção do conjunto cadeira e mesa escolar verdadeiramente universal, que acompanhe o crescimento das crianças dos 6 aos 10 anos em qualquer país. Além de que, *'given the anthropometric diversity of many countries, the development of an international standard could be of benefit'* [12, p. 746]. Tendo como referência a metodologia de elipses e o estudo do dimensionamento de mobiliário escolar europeu de Molenbroek, et al. [17], as equações de (in)compatibilidade mencionadas por Molenbroek, et al. [17], Castellucci, et al. [19] e Castellucci, et al. [62], e os dados antropométricos de vários países propõe-se a criação de um sistema de dimensionamento universal do conjunto cadeira e mesa escolar.

## 4.1. Material e Métodos

O critério de seleção de idades adotado neste estudo, entre os 6 e os 10 anos de idade, tem como referência as idades escolares de acordo com o ISCED 1 de 2011 [71] de vários países. A altura do poplíteo (AP) foi tida como critério de prescrição adotado para a seleção do tamanho adequado da cadeira e mesa, como recomenda Castellucci, et al. [16] e Molenbroek, et al. [17].

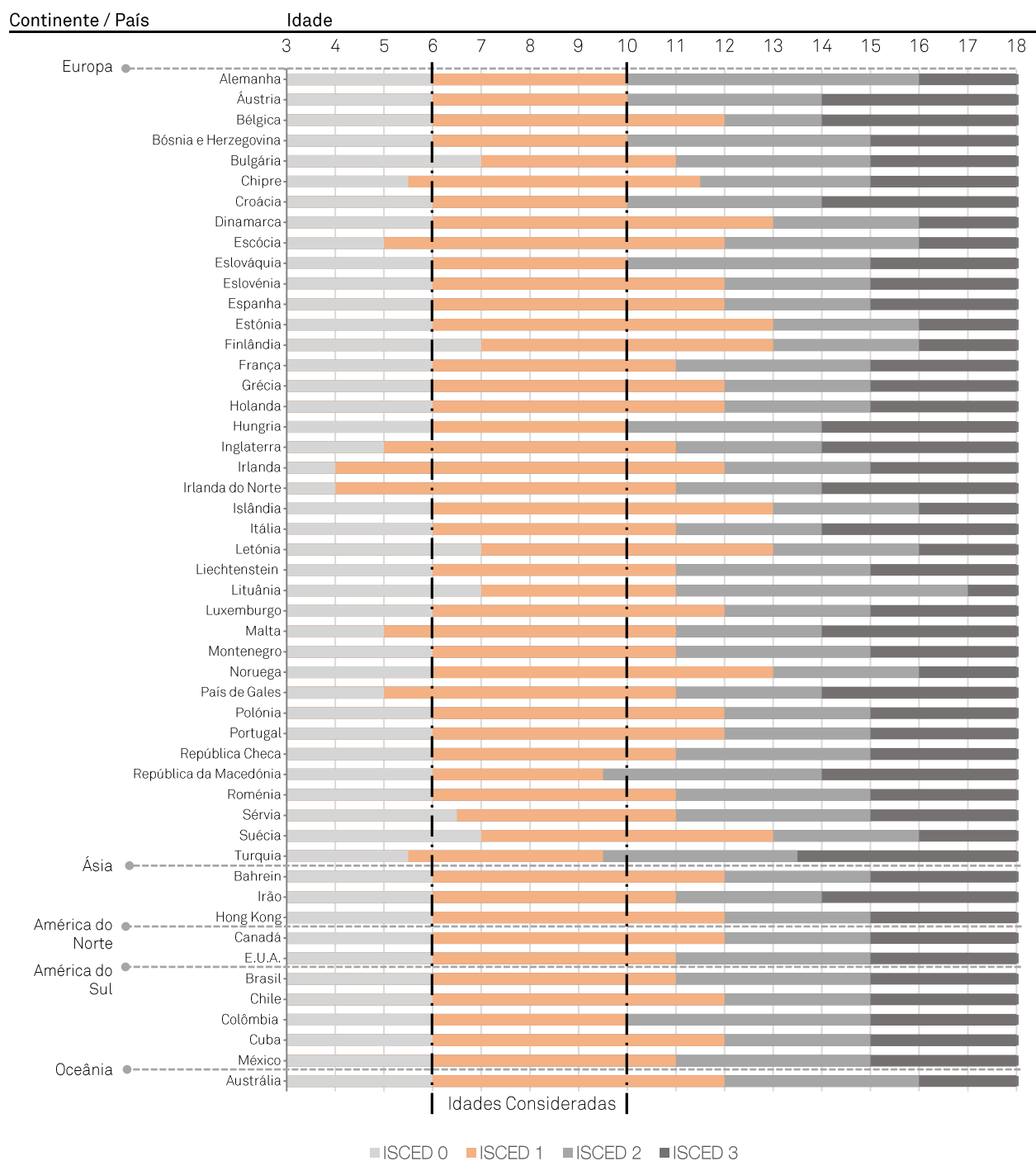
A aplicação das equações de (in)compatibilidade para o dimensionamento da cadeira e mesa requer dados antropométricos. Como tal, foram procurados dados/estudos antropométricos publicados em diferentes países, tendo em consideração as medidas antropométricas necessárias para o dimensionamento do conjunto cadeira e mesa.

Aos dados/estudos antropométricos aplicou-se o método de elipses de Molenbroek, et al. [17] para a determinação de quantos tamanhos seriam necessários para abranger a amostra considerada. A partir do número de tamanhos obtidos, e em função dos restantes dados antropométricos, foram conseguidos os valores antropométricos dentro do limite definido pelos percentis 5 e 95 de cada tamanho. Aplicando-se os valores dos limites obtidos às equações de (in)compatibilidade selecionadas estabeleceram-se os valores ótimos para o sistema universal de tamanhos de cadeira e mesa escolar para crianças dos 6 aos 10 anos.

### 4.1.1. Amostra

Tendo como referência o International Standard Classification of Education de 2011 [71] é no ISCED 1, ensino primário, que as crianças têm o primeiro contacto com a escola [72]. Em diferentes países o início da sua frequência 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 (Tabela 4.1). 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 4.1).

**Tabela 4.1 – Atribuição dos níveis ISCED por país de acordo com as idades.**  
 Dados recolhidos de: Eurydice [72], UNESCO International Bureau of Education [73] e Center on International Education Benchmarking [74].



#### 4.1.2. A Altura Do Poplíteo Como Medida De Prescrição

Atualmente a maioria das normas de mobiliário escolar sugerem a estatura como medida de prescrição, justificado pelo coeficiente de Correlação de Pearson [16]. Este coeficiente demonstra que há uma correlação positiva forte entre a estatura e as restantes variáveis antropométricas, permitindo estabelecer uma relação constante entre os diversos segmentos do corpo e a estatura através de rácios [20]. No entanto, autores como Molenbroek, et al. [17] e Castellucci, et al. [16] consideram que este não é de todo o critério mais fiável. Molenbroek, et al. [17] demonstram que quando é utilizada a estatura como critério de prescrição pode existir ambiguidade na escolha do tamanho. Para a mesma estatura pode corresponder mais do que um tamanho e como consequência pode ser escolhida uma cadeira alta para crianças com uma altura de poplíteo (AP) baixa, e vice-versa. Tal acontece pois para indivíduos com a mesma estatura não corresponde unicamente uma altura de poplíteo (AP), mas antes um intervalo porque, como explica Panero e Zelnik [40], as várias dimensões antropométricas de um indivíduo correspondem a diferentes percentis (Figura 4.1).

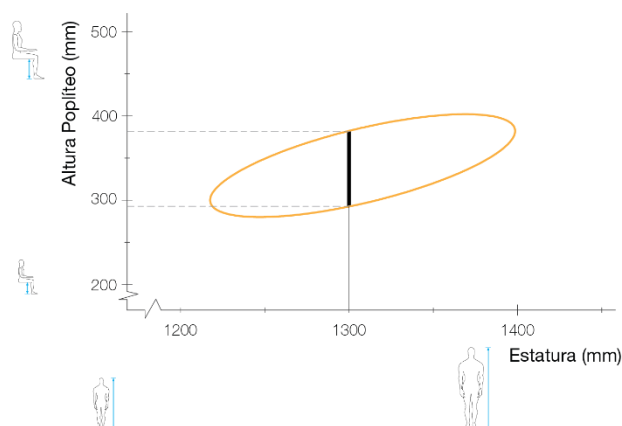


Figura 4.1 – No estudo antropométrico de Gonçalves [5], a crianças Portuguesas dos 6 aos 10 anos de idade, observa-se que para as crianças com uma estatura de 1300mm corresponde um intervalo de altura do poplíteo entre aproximadamente 300 e 400mm.

Castellucci, et al. [16, p. 209] 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 porque apresenta '*better cumulative fit (or match)*'. É importante realçar que o ponto de partida para o dimensionamento do conjunto cadeira e mesa é a altura do assento (AA) [4, 16, 17] e a altura do assento (AA) é definida pela altura do poplíteo (AP) (Figura 4.2).

Nas escolas, ao contrário da estatura, o conhecimento sobre a medição da altura do poplíteo encontra-se ausente [17]. No entanto, como demonstra Castellucci, et al. [16], a sua medição não é mais difícil e/ou demorada do que a da estatura quando recorrendo a simples

estratégias como o 'Peter lower leg', sendo por isso a sua aprendizagem de fácil compreensão. Tal disposição técnica simples pode impedir a escolha errada de um tamanho. Molenbroek, et al. [17] recomenda a medição da altura do poplíteo (AP), pelo menos, duas vezes por ano letivo.

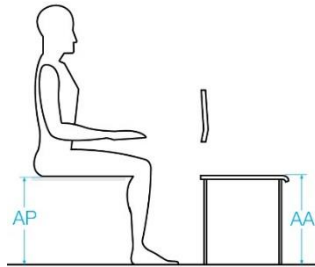


Figura 4.2 – A altura do poplíteo (AP) relaciona-se com a altura do assento (AA).

#### 4.1.3. Critérios Ergonómicos De Dimensionamento: Equações De (in)Compatibilidade

Para a conceção de um sistema de tamanhos para mobiliário escolar a adoção de critérios ergonómicos é necessária. Neste processo de desenvolvimento as dimensões do mobiliário relacionam-se com as dimensões antropométricas das crianças tendo em conta equações de (in)compatibilidade.

Uma vez que os dados antropométricos são dados em função de percentis e é sobre estes que se aplicam as equações, é necessário ter em conta os percentis de referência [17, 62]. Considerou-se como percentis extremos o percentil 5 (P5) e o percentil 95 (P95), abrangendo as características dimensionais de 90% dos utilizadores porque, como mencionado no Subcapítulo 3.1.2, é correto omitir pessoas que se situam nos extremos da distribuição estatística, uma vez que são pessoas de dimensões extremas, superior ou inferior. O P5 determinará as dimensões do produto que são definidas pelo utilizador mais baixo, por exemplo, a altura do assento (AA). O P95 define as dimensões do produto que são definidas pelo utilizador mais alto, por exemplo, a largura do assento (LAS).

Para o dimensionamento do produto é então necessário ter em conta a medida antropométrica e a correspondente equação de (in)compatibilidade, enunciada no Subcapítulo 3.2.2, e o percentil adequado (Tabela 4.2).



Tabela 4.2 – Quadro-resumo das dimensões do conjunto cadeira e mesa através das equações de (in)compatibilidade tendo como referência a variável antropométrica e os percentis.

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

\* De acordo com Molenbroek, et al. [17].

\*1 Coeficiente de sola;

\*2 Valor em mm;

\*3 Espessura do tampo e estrutura

Ressalva-se que:

1. Na equação 1 – Altura do Assento (AA) foi considerado um coeficiente de sola (CS) de 20 mm por se tratar de crianças.
2. Na equação 4 e Equação 5 – Altura do Topo Superior do Encosto (ASE) a escolha da equação a aplicar fica pendente dos dados/estudos antropométricos encontrados.
3. Na equação 9 – Altura da Mesa (AM) foi considerada uma espessura do tampo e estrutura (T) de 65mm porque habitualmente os tampos das mesas escolares, em aglomerado de partículas, possuem uma espessura de 22mm e são fixos a estruturas com 40mm.

#### 4.1.4. Dados/Estudos Antropométricos Encontrados e Utilizados

No desenvolvimento do estudo para um sistema universal de tamanhos de cadeira e mesa escolares para crianças dos 6 aos 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 [16], e/ou dados sobre o intervalo de idades considerado. Na Tabela 4.3 mostram-se os países em que foi possível obter os dados antropométricos e quais as variáveis disponibilizadas.

Tabela 4.3 – Dados/estudos antropométricos encontrados e informação disponibilizada.

Estudos Antropométricos	Desvio Padrão (SD)	Média ( $\mu$ )	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
<b>Portugal</b> Gonçalves [5]	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-
<b>Holanda</b> Steenbekkers, et al. [68]	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-
<b>Bélgica</b> Motmans e Ceriez [67]	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	
<b>Polónia</b> Nowak [75]	-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	
<b>Reino Unido</b> Pheasant [38]	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	
<b>Croácia</b> Domljan, et al. [76]	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	-	-	-	-	
<b>Chile</b> Castellucci, et al. [16]	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	
<b>Brasil</b> Paschoarelli [77]	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	•	•	-	-	•	-	-	
<b>Brasil</b> Silva, et al. [78]	•	•	•	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	
<b>México</b> Prado-León, et al. [15]	•	•	-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	
<b>Cuba</b> Fuentes [79]	•	•	-	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	-	•	•	•	
<b>Colômbia</b> Ortiz [80]	-	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	
<b>E.U.A.</b> Fryar, et al. [81]	•*	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	-	-	-	
<b>E.U.A.</b> Malina, et al. [82]	•*	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	
<b>Canadá</b> Canadian Institute of Child Health [83]	•	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	
<b>Irão</b> Hafezi, et al. [84]	•	•	-	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	
<b>Hong Kong</b> Evans, et al. [8]	•	•	-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	-	•	-	-	
<b>Bahrein</b> Mokdad e Al-Ansari [85]	•	•	-	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	-	-	-	

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

• Dados não utilizados porque são apresentados por anos escolares.

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

• Dados utilizados após cálculos para agrupar sexos num só conjunto.

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

• Dados utilizados sem necessidade de cálculos adicionais.

• Sim - Não •\* É disponibilizado o Erro Padrão Médio (EPM) sendo possível o cálculo do Desvio Padrão (SD)

Os países indicados a vermelho foram excluídos por não apresentarem dados antropométricos relativos ao intervalo definido ou a variável antropométrica altura do poplíteo (AP). Os países a amarelo não disponibilizam 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 escolar, as reprovações escolares originam discrepâncias entre idades enviesando a amostra. Por exemplo, o 4º ano escolar em Portugal é tipicamente frequentado por crianças com 9-10 anos. No entanto, devido a reprovações em anos anteriores ou nesse mesmo ano, é possível encontrar crianças com idade superior a 10 anos [5].

Nos países a laranja o desvio padrão (SD) e os percentis indicados não correspondiam entre si. De acordo com Moraes (1983) [citado por 27, p. 8.24], *‘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 ( $\mu$ ) 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 [83], na variável altura do poplíteo (AP) para os 6 anos de idade, a média ( $\mu$ ) é de 301,7 mm, o desvio padrão (SD) de 18,3 mm e o P95 indicado é de **315,5 mm**. No entanto  $301,7 + 2 \times 18,3 = 338,3$  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 [23], a separação dos dados por sexo não faria sentido para o presente estudo. Nesse sentido, e sabendo a dimensão da amostra, o desvio padrão e a média é possível agrupar os dados num só conjunto recorrendo a duas equações [67]. Com a Equação 10 obtém-se o desvio padrão do conjunto e com a Equação 11 a média do conjunto.

$$SD^2_{A+B} = \%A \times SD^2_A + \%B \times SD^2_B + \%A \times \%B \times (\mu_A - \mu_B)^2 \quad \text{EQ.10}$$

$$\mu_{A+B} = \%A \times \mu_A + \%B \times \mu_B \quad \text{EQ.11}$$

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

**Equação 10** – Cálculo do desvio padrão (SD) do conjunto.

**Equação 11** – Cálculo da média ( $\mu$ ) do conjunto.

O cálculo dos percentis é obtido aritmeticamente a partir do desvio padrão e da média sendo que a cada percentil corresponde um valor da tabela de Distribuição Normal Padrão (Z-Value) [27, 67]. Os percentis inferiores ao P50 têm um Z-Value negativo e acima de P50 positivo [67] (Tabela 4.4).

**Tabela 4.4** – Valores da tabela de Distribuição Normal Padrão (Z-Value) correspondentes ao percentil.

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

Com o Z-Value e o desvio padrão e o valor da média do conjunto podemos calcular os percentis como indica a Equação 12.

$$P_p = \mu + SD \times Z_p \quad \text{EQ.12}$$

Onde:  $z_p$  – constante para o percentil considerado, obtido a partir da tabela de Distribuição Normal Padrão.

**Equação 12** – Cálculo dos percentis.

Os países indicados a azul-claro encontram-se na mesma situação dos países a azul-escuro, ou seja, apresentavam as dimensões antropométricas individualizados por sexo. Porém, não apresentavam dados como a dimensão da amostra, o desvio padrão e/ou a média impossibilitando o cálculo do conjunto, 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 4.5. Salvaguarda-se que os estudos de Cuba e Hong Kong, ao contrário dos restantes, apresentam apenas a variável antropométrica altura da escápula (AE) sendo por isso não utilizados apenas para definir a altura do topo superior do encosto (ASE). Os dois estudos do Brasil, realizados no mesmo ano, complementam-se sendo por isso agrupados num único conjunto. O fato 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 assento e mesa (ELAM). Por último, e embora os estudos antropométricos de Cuba de 1977 e dos E.U.A. de 1965 possam estar invalidados tendo em conta a tendência secular do crescimento do Homem [20, 21], 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 4.5 – Estudos antropométricos selecionados.

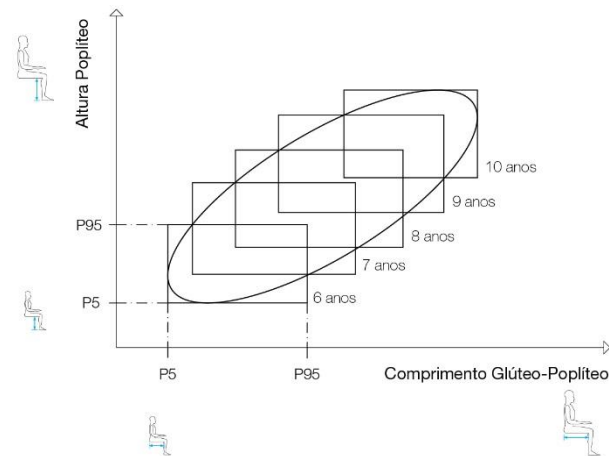
País	Autor(es)	Ano do Estudo
Portugal	Gonçalves [5]	2012
Holanda	Steenbekkers, et al. [68]	1993
Bélgica	Motmans e Ceriez [67]	2005
UK	Pheasant [38]	1986
Chile	Castellucci, et al. [16]	2010
Brasil	Paschoarelli [77]	1995
	Silva, et al. [78]	1995
México	Prado-León, et al. [15]	2001
Cuba	Fuentes [79]	1977
E.U.A.	Malina, et al. [82]	1965
Hong Kong	Evans, et al. [8]	1982

## 4.2. Cálculos

A metodologia proposta assenta em dois pressupostos definidos por Molenbroek, et al. [17] e Castellucci, et al. [16]:

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 (AA), sendo esta definida pela altura do poplíteo (AP).

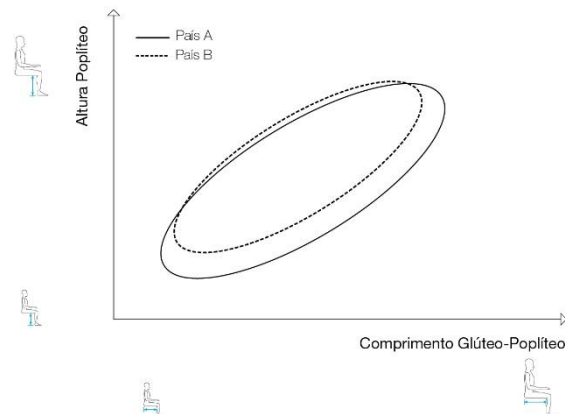
Para determinar o sistema de tamanhos foram usadas as equações de (in)compatibilidade aliadas ao método de elipses utilizado por Molenbroek, et al. [17]. Neste método, gráficos de dispersão são estimados para os dados antropométricos dos diferentes países encontrados. Através dos dados do P5 e P95 da altura do poplíteo (AP) (eixo y) e das restantes medidas antropométricas (eixo x) necessárias ao 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 4.3).



**Figura 4.3** – 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. [17].

Obtidas as elipses de cada país, estas são agregadas em gráficos únicos de acordo com as suas variáveis (Figura 4.4).



**Figura 4.4** – 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. Recorrendo à Equação 1, que tem em conta a altura do poplíteo (AP) máxima e mínima confortável, determinam-se as alturas do assento (AA) necessárias para acomodar corretamente todos os envolvidos e conseqüentemente o número de tamanhos (Figura 4.5).

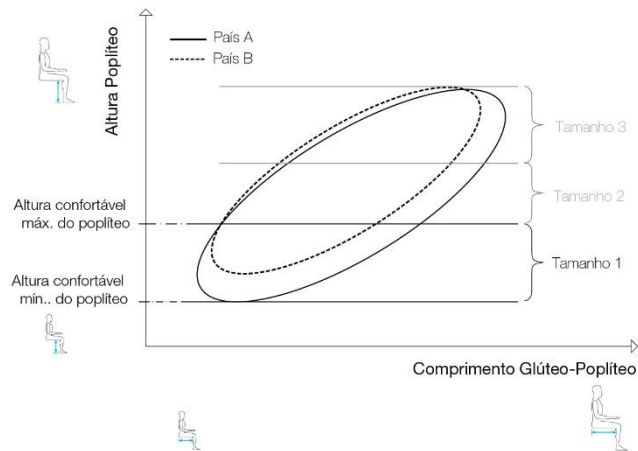


Figura 4.5 – Exemplo da determinação das alturas do assento (AA) necessárias para acomodar corretamente todos os envolvidos e consequente número de tamanhos.

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 4.6, no tamanho 1 o ponto A representa a altura mínima confortável para o poplíteo e o correspondente menor (P5) comprimento glúteo-poplíteo (CGP). 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 Equação 2 para determinar a profundidade do assento para o tamanho 1. O processo é repetido para os seguintes tamanhos.

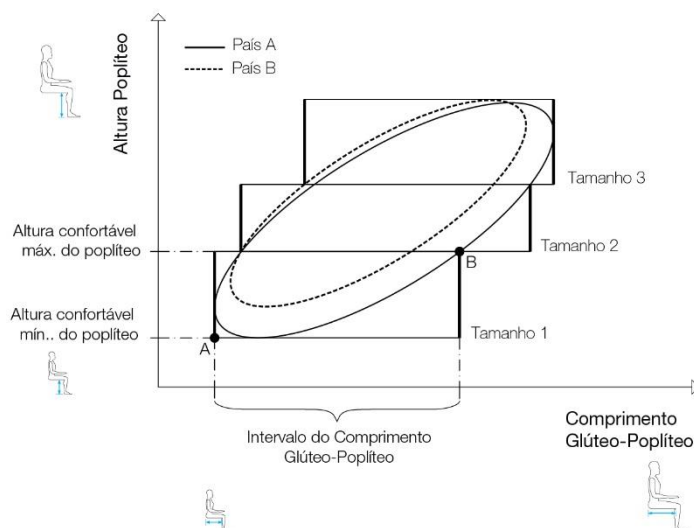


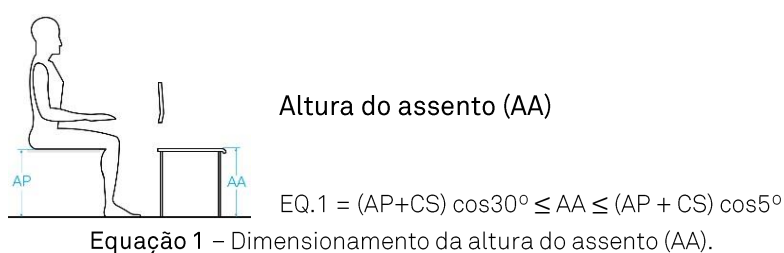
Figura 4.6 – Representação esquemática de 3 tamanhos sobre a distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e intervalos do comprimento glúteo-poplíteo (GGP) correspondentes.

Fonte: Adaptado de Molenbroek, et al. [17].

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

#### 4.2.1. Cálculo Da Altura Do Assento (AA)

A Equação 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.



Para o cálculo desses valores aplicou-se a Equação 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 [17]. Sabendo esta altura do assento (AA) e usando o limite máximo da Equação 1 invertido é calculada a altura do poplíteo (AP) correspondente. Determinada a altura do poplíteo (AP), esta é aplicada ao limite mínimo da Equação 1 para calcular a altura do assento (AA) máxima e assim definir o tamanho 2 (Tabela 4.6). O cálculo é repetido até se estabelecer todas as alturas do assento (AA) e tamanhos necessários.

Tabela 4.6 – Cálculo da altura do assento (AA) para o tamanho 1 e 2.

Tamanho	Altura poplíteo (AP) P5 (mm)	Altura assento (AA) (mm)		Limite máximo invertido da Equação 1	Limite mínimo da Equação 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 4.7, que relaciona a altura do poplíteo (AP) e 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.

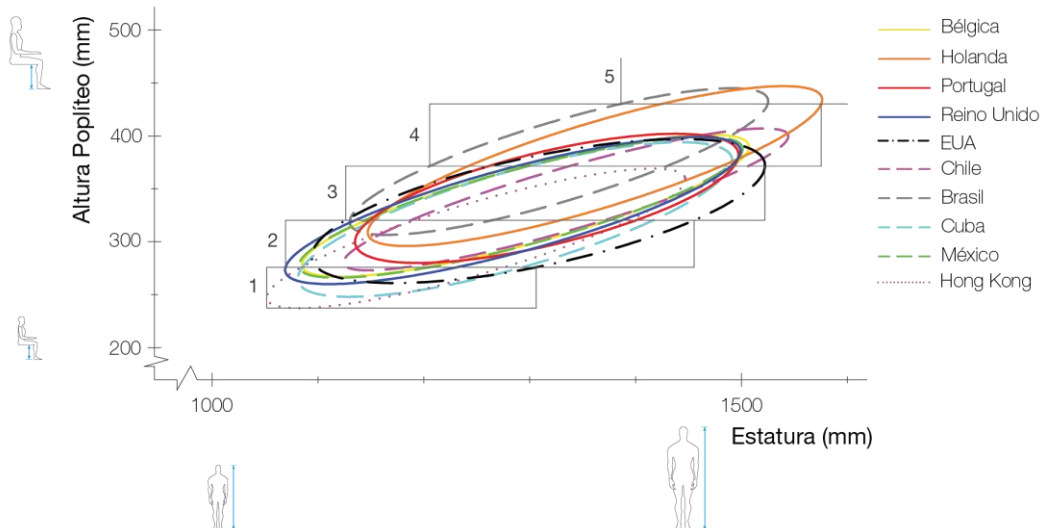


Figura 4.7 – Tamanhos propostos de acordo com a Equação 1 e a sua abrangência.

#### 4.2.2. Cálculo Da Profundidade Do Assento (PA)

A Equação 2 definida para o cálculo da profundidade do assento (PA) 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 4.8).

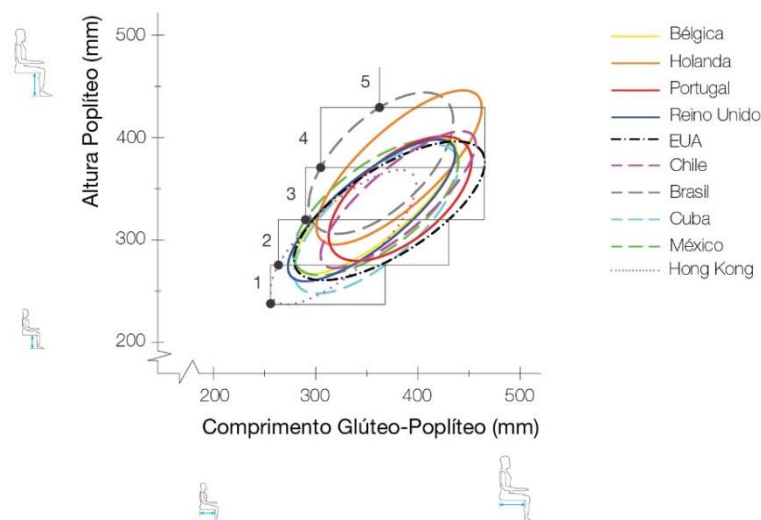
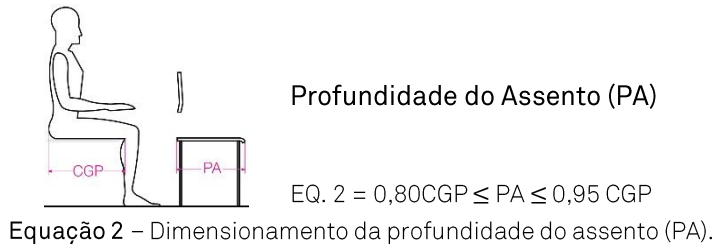


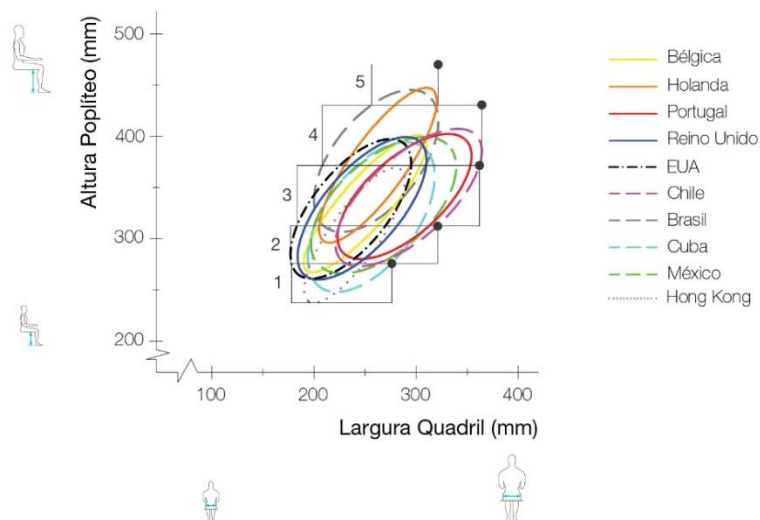
Figura 4.8 – Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e comprimento glúteo-poplíteo (CGP).

Obtidos os valores de P5, aplica-se sobre estes a Equação 2 para a obtenção da dimensão ideal da profundidade do assento (PA) nos 5 tamanhos propostos.



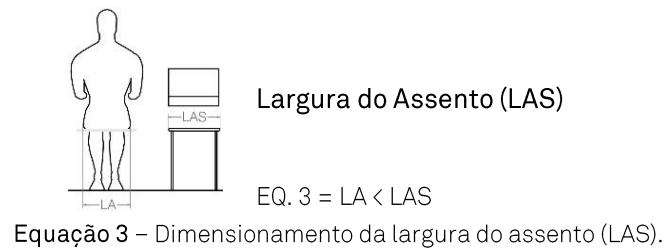
#### 4.2.3. Cálculo Da Largura Do Assento (LAS)

A Equação 3 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 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 4.9).



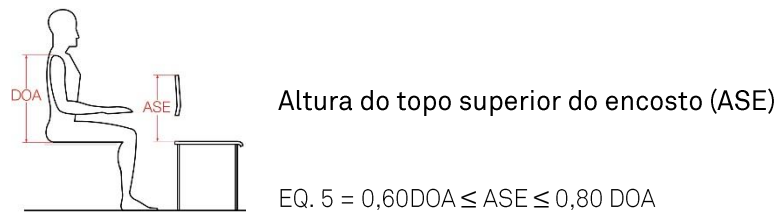
**Figura 4.9** – Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AA) e largura das ancas (LA).

Obtidos os valores de P95 em cada tamanho aplica-se a Equação 3 para a obtenção da dimensão ideal da largura do assento (LAS) nos 5 tamanhos propostos.



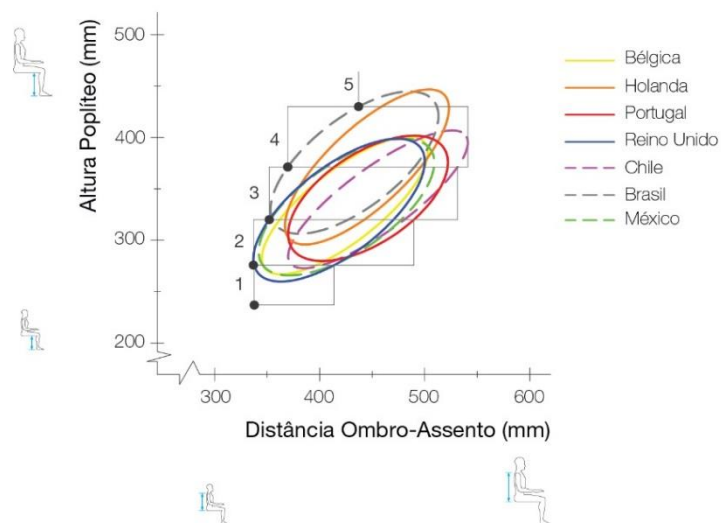
#### 4.2.4. Cálculo Da Altura Do Topo Superior Do Encosto (ASE)

Dado o facto de que quase todos os dados/estudos antropométricos seleccionados disponibilizarem apenas a distância ombro-assento (DOA), foi utilizada a Equação 5 para a determinação da altura do topo superior do encosto (ASE).



**Equação 5** – Dimensionamento da altura do topo superior do encosto (ASE) através da distância ombro-assento (DOA).

No gráfico seguinte é apresentada a relação entre a altura do poplíteo (AP) e 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 4.10).

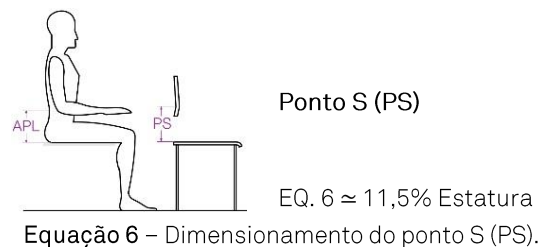


**Figura 4.10** – Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e distância ombro-assento (DOA).

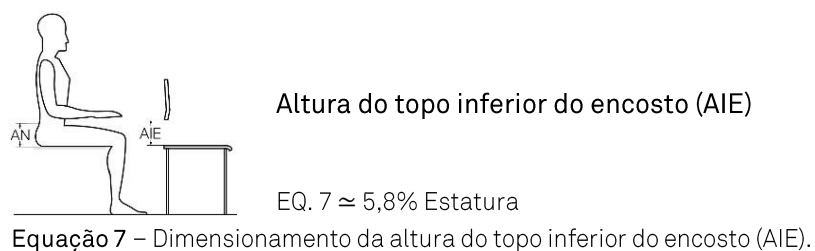
Sobre os valores de P5 foi aplicada a Equação 5 para a obtenção do valor ideal da altura do topo superior do encosto (ASE) nos 5 tamanhos propostos.

#### 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 (Figura 4.7). Obtido este valor para cada tamanho foi aplicada a Equação 6 para a obtenção do valor ideal do ponto S (PS) nos 5 tamanhos propostos.



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 (Figura 4.7). Obtido este valor para cada tamanho foi aplicada a Equação 7 para a obtenção do valor ideal da altura do topo inferior do encosto (AIE) nos 5 tamanhos propostos.



#### 4.2.6. Cálculo Do Espaço Livre Entre Assento e Mesa (ELAM)

Para o cálculo do espaço livre entre assento e mesa (ELAM) considera-se a Equação 8 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 4.11).

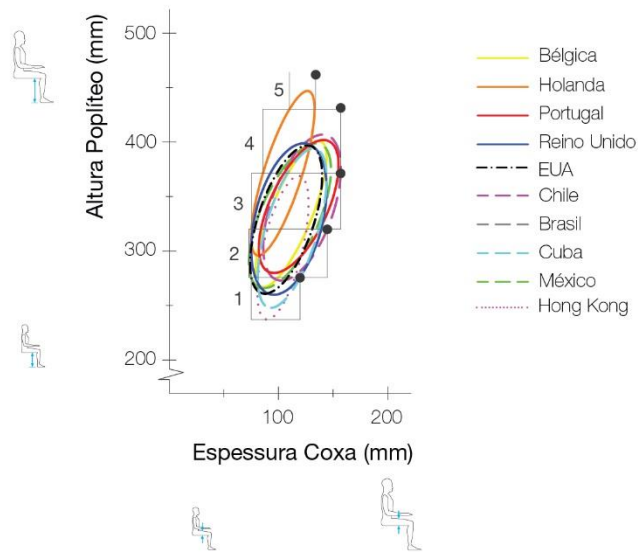
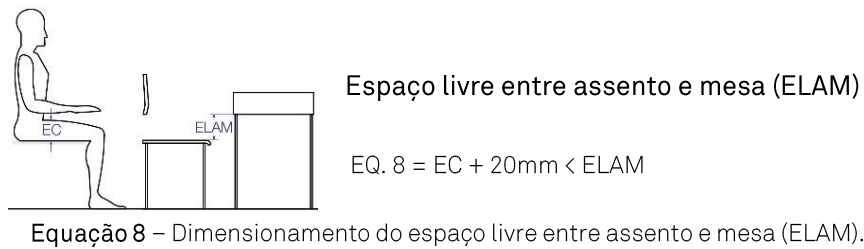


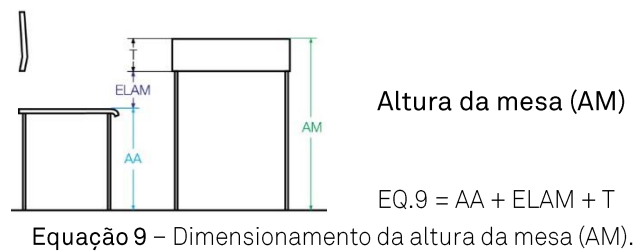
Figura 4.11 – Representação dos 5 tamanhos propostos sobre uma distribuição bivariável da altura do poplíteo (AP) e espessura coxa (EC).

Sobre os valores de P95 aplica-se a Equação 8 para a obtenção do valor ideal do espaço livre entre assento e mesa (ELAM) nos 5 tamanhos propostos.



#### 4.2.7. Cálculo Da Altura Da Mesa (AM)

Para o cálculo da altura da mesa (AM) considera-se a Equação 9 que tem em conta a altura do assento (AA), o espaço livre entre assento e mesa (ELAM) obtido pela Equação 8, e a espessura do tampo e estrutura (T).



### 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 4.7). 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-se definir as medidas universais para o mobiliário escolar, conjunto cadeira e mesa, para crianças dos 6 aos 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 4.7).

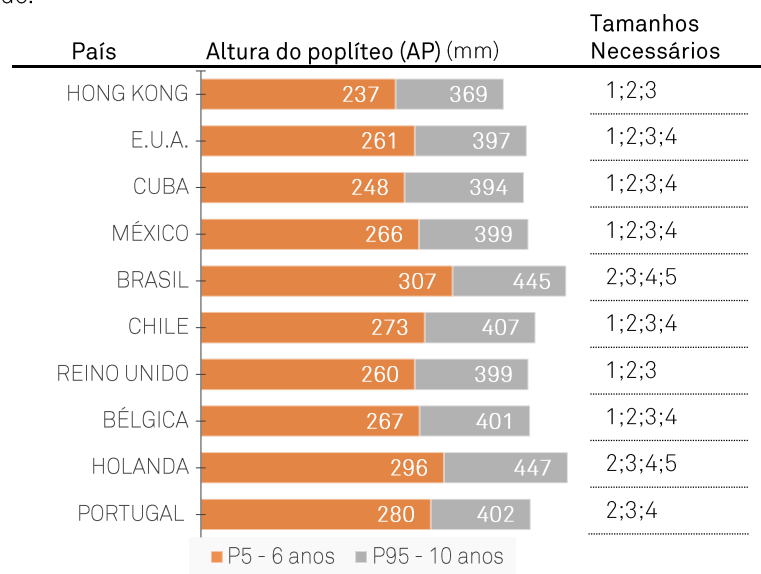
**Tabela 4.7** – Proposta para um sistema universal de tamanhos para o conjunto cadeira e mesa escolar para crianças dos 6 aos 10 anos.

Dimensão do mobiliário		Tamanho				
		1	2	3	4	5
AP	Altura do poplíteo (intervalo)	<b>237-275</b>	<b>275-320</b>	<b>320-371</b>	<b>371-430</b>	<b>430-497</b>
	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 assento e mesa (mín.)	140	165	177	177	177
AM	Altura da mesa	461	525	581	632	690

Medidas em mm.

Dada a grande variação de alturas de poplíteo (AP) nos vários países, não se torna necessário que em cada um deles se adotem todos os tamanhos propostos para abranger adequadamente as crianças dos 6 aos 10 anos (Tabela 4.8).

**Tabela 4.8** – Altura do poplíteo (AP) mínima (P5 – 6 anos) e máxima (P95 – 10 anos) por país e respetivos tamanhos necessários para abranger adequadamente as crianças dos 6 aos 10 anos de idade.



É ainda uma evidência 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 dos 4 aos 20 anos de idade.

#### 4.4. Síntese Conclusiva

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 capital para garantir esse conforto dentro da sala de aula. Desde os 6 anos de idade 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 [1, 5-7, 9, 19]. 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 resposta à maior parte das necessidades.

Para se 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 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 dos 6 aos 10 anos de cada país.



## Parte II – Desenvolvimento



# Capítulo 5 – Enquadramento Da Investigação

No Mestrado de Design Industrial e de Produto da Universidade do Porto tem sido adotada como metodologia de trabalho o Project Based Learning, no qual problemas reais são trazidos para o ambiente académico a fim de serem pensados e resolvidos. Nos projetos desenvolvidos, as empresas procuram o DesignStudio da FEUP para desenvolver novos projetos de investigação sobre temas específicos da sua atividade, o que na rotina diária de uma empresa muitas vezes não é possível acontecer. Para os estudantes, esta relação direta com problemas reais tem vindo a ser extremamente enriquecedora, onde o envolvimento com as empresas parceiras permite perceber as rotinas da produção, os problemas e as dificuldades inerentes a cada tarefa. Para as empresas, consegue-se ter um conjunto de pessoas a refletir sobre questões e projetos que iriam estar na gaveta durante anos.

No âmbito da U.C. de Projeto Design Industrial do 2º semestre do ano letivo 2013/2014, a NAUTILUS S.A., empresa Portuguesa de mobiliário escolar e tecnologia de educação, lançou o desafio para o desenvolvimento de uma cadeira escolar empilhável e capaz de acompanhar o crescimento de cada criança, dos 6 aos 10 anos de idade, durante o ensino primário. Um desafio complicado, sobretudo quando se pretende entrar num mercado altamente competitivo onde o preço é o fator dominante de decisão de compra. Como tal, o preço de produção foi bastante evidenciado pela empresa que tinha como expectativa a comercialização de um produto viável e inovador.

Delineados os requisitos do projeto, as propostas dos estudantes seguiram caminhos distintos, sempre acompanhadas e validadas por docentes com diferentes competências e técnicos da empresa. De todas as soluções a empresa selecionou duas propostas para serem desenvolvidas na empresa, num ambiente multidisciplinar composto por administradores, engenheiros mecânicos e técnicos de produção, com o objetivo de proceder à sua produção e

introdução no mercado. Um dos conceitos selecionados foi a cadeira Dual\_Step, uma cadeira ajustável ao crescimento das crianças com um assento regulável em altura e em profundidade num só movimento (Figura 5.1).

O conceito da cadeira Dual\_Step surge pela mão da aluna Maria João Pato. Todavia, por motivos de incompatibilidade laboral e com a concordância da aluna, da docente da U.C. e da empresa, coube ao autor da presente dissertação acompanhar todo o processo de desenvolvimento de detalhe do conceito e produção e entender não só como se concretiza o desenho, mas também entender todas as vicissitudes do processo industrial. É precisamente sobre este processo de desenvolvimento em contexto empresarial, apoiada por um processo prévio de investigação, que versará a segunda parte deste trabalho de investigação.

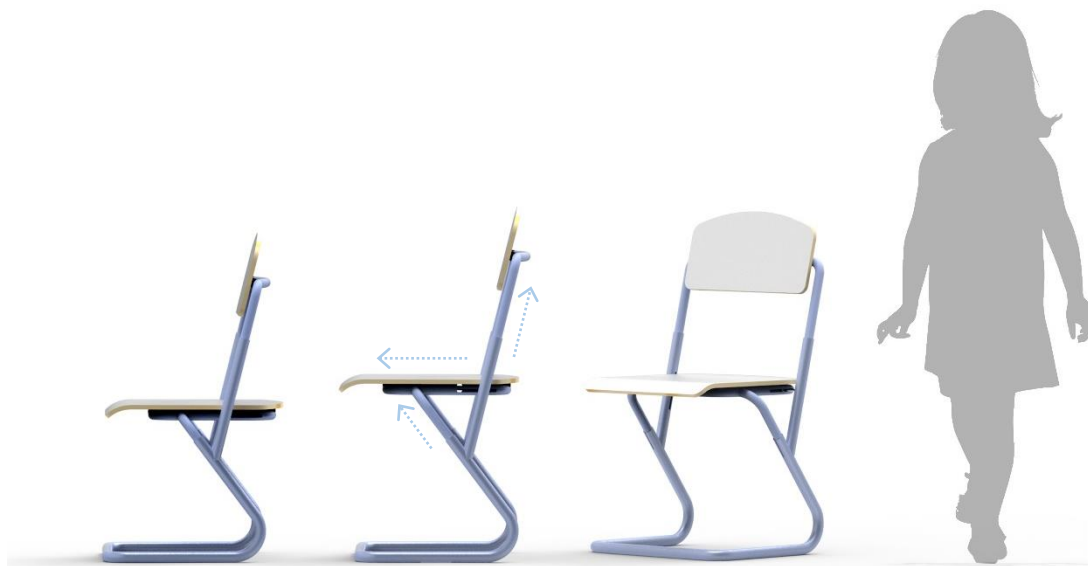


Figura 5.1 – Conceito da cadeira Dual\_Step.

## 5.1. Desenvolvimento Do Conceito

O conceito patente no projeto surge com a análise da norma europeia para a conceção de mobiliário escolar, EN 1729-1:2006, e a perceção das variações das dimensões nos tamanhos necessários para acomodar as crianças do ensino primário. Entre o tamanho 2 e o tamanho 4, proposto pela referida norma, a altura e profundidade do assento podem variar 80 mm.

A partir destes requisitos presumia-se que a altura do assento tinha um grande impacto em termos ergonómicos, o que explicaria o porquê das cadeiras escolares ajustáveis em altura possuírem uma profundidade do assento fixa, como foi possível verificar na pesquisa de mercado efetuada (Figura 5.2).

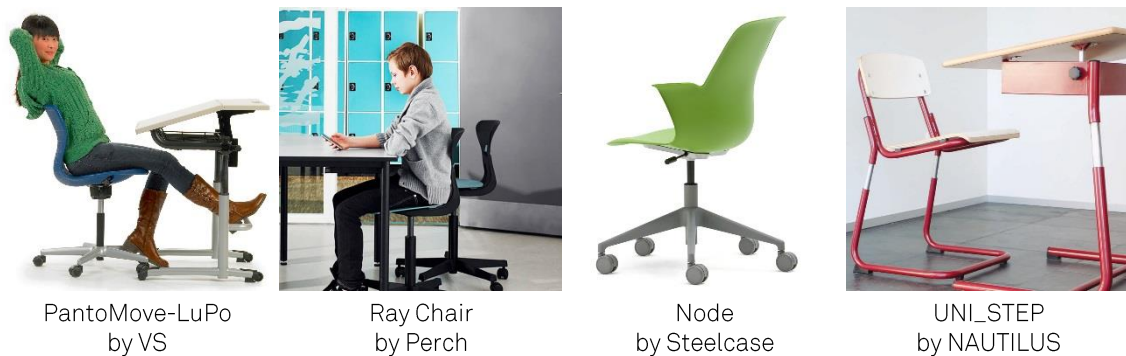


Figura 5.2 – Algumas das cadeiras reguláveis escolares presentes no mercado.

Fonte: VS [86], Perch [87], Steelcase [88], NAUTILUS [89].

No entanto, numa cadeira ajustável em altura e com uma profundidade única duas situações podem ocorrer, tal como já abordado no Subcapítulo 2.3.2.1. Se é utilizada uma profundidade maior as crianças com um comprimento glúteo-poplíteo mais pequeno não conseguem utilizar corretamente o encosto (Figura 5.3a). Se é utilizado uma profundidade menor pode originar nas crianças com um comprimento glúteo-poplíteo maior a falta de um adequado suporte das coxas (Figura 5.3b).

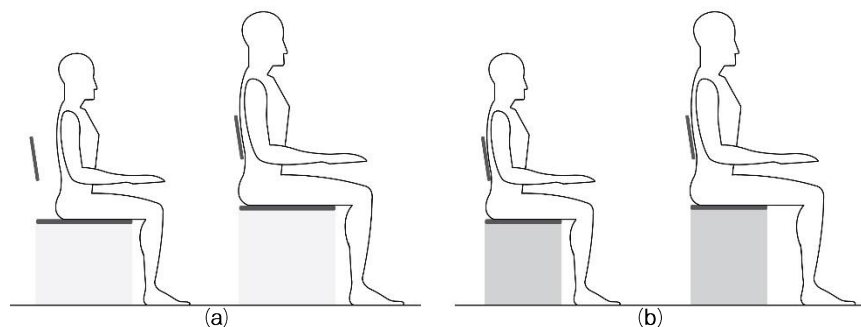


Figura 5.3 – Consequências de uma profundidade única em cadeiras reguláveis: (a) cadeiras reguláveis que utilizam um assento com maior profundidade leva a que as crianças menores não consigam utilizar o encosto; (b) cadeiras reguláveis que utilizam um assento com uma profundidade menor leva à falta de suporte nas coxas nas crianças maiores.

Como refere Bennett [10, p. 583], *'finding a chair that fits several people of different sizes equally well is not easy. Modifications are typically necessary to make an available chair fit a child. A chair that adjusts for seat height and depth is best'*. Porque, como refere Castellucci, et al. [16, p. 201], *'it is important to remember that student growth differ with ages. For example, before puberty, the legs grow more rapidly than the trunk'*.

Por tudo isto decidiu-se incluir um outro requisito ao projeto de modo a melhorar os aspetos ergonômicos de uma cadeira escolar: a altura e profundidade do assento devem ser passíveis de ajuste, preferencialmente através de um só movimento. A possibilidade de mudar ambas as

dimensões simultaneamente permitirá que as crianças aprendam desde cedo aquela que deve ser a postura correta quando sentada.

A NAUTILUS S.A. tem já no seu portfólio a UNI\_STEP, uma cadeira empilhável e com ajuste em altura do assento, no entanto, a regulação da profundidade do assento não é considerada. Um desafio extra foi imposto quando foi proposto redesenhar esta cadeira apostando numa inovação incremental do produto existente.

Na definição do conceito colocaram-se as seguintes questões:

### 1. É possível ter um mecanismo de ajustamento mudando simultaneamente em 2 dimensões?

Ao analisar outras empresas que desenvolvem e produzem mobiliário escolar identificou-se um compromisso em melhorar a User Experience Design (UXD), no entanto tem sido focado apenas na regulação da altura do assento e respetivos mecanismos de ajuste. Através da análise da literatura existente e de estudos antropométricos conclui-se a importância que a profundidade do assento possui na adoção de uma boa postura sentada.

Na sequência desta análise era necessário mover dois eixos simultaneamente, para que desta forma as crianças pequenas tenham a altura e profundidade do assento no tamanho mais baixo, e à medida que vão crescendo o assento possa ser simultaneamente ajustado para uma altura e profundidade maior.

Tal foi conseguido através das seguintes decisões de design:

1. A cadeira é composta por 3 estruturas: *estrutura base*, *estrutura do assento* e *estrutura do encosto* (Figura 5.4).
2. A *estrutura do assento* dispõe-se longitudinalmente pelo interior da *estrutura base* permitindo um movimento telescópico e num ângulo de 45° originando uma deslocação simultânea em dois eixos: horizontal e vertical. A *estrutura do encosto* encontra-se também disposta longitudinalmente pelo interior da *estrutura base* permitindo um movimento telescópico mantendo sempre o mesmo ângulo de inclinação do encosto (Figura 5.5);
3. A *estrutura do encosto* e a *estrutura do assento* são independentes, mantendo no entanto um mecanismo de ligação entre si (Figura 5.6). Tal mecanismo possibilita a regulação simultânea da altura e profundidade do assento e a elevação do encosto, mantendo a mesma distância entre o encosto e assento.



Figura 5.4 – As 3 estruturas que compõem a cadeira Dual\_Step.

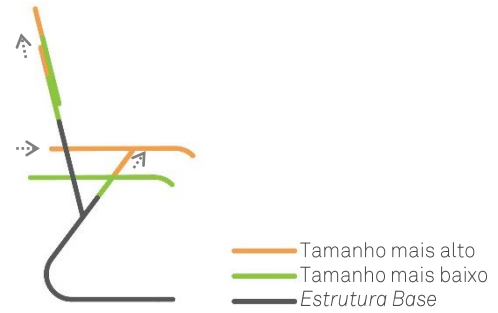


Figura 5.5 – Esquema de operação das 2 dimensões: altura e profundidade do assento.

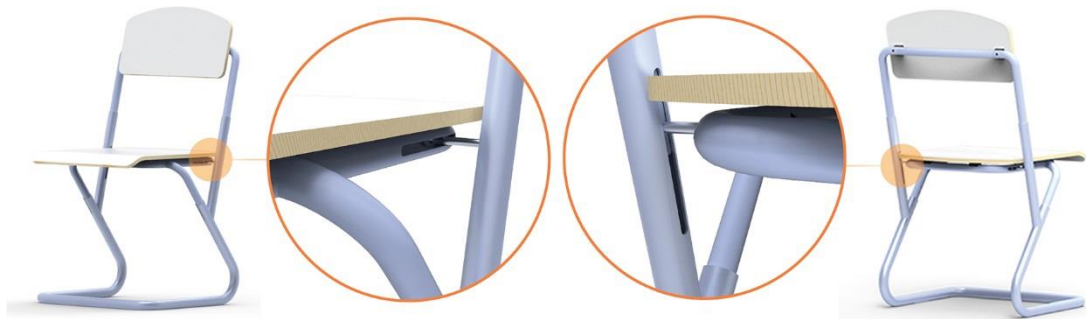


Figura 5.6 – Mecanismo ligação entre a *estrutura base*, *estrutura do assento* e *estrutura do encosto* possibilitando a regulação simultânea da altura e profundidade do assento.

Como mecanismo de bloqueio da posição da cadeira nos vários tamanhos é utilizado um sistema pino-mola, colocado no interior da zona da *estrutura do assento* em contacto com a *estrutura base*. A posição é bloqueada quando o pino encaixa num de vários furos posicionais que se encontram na *estrutura base*. Uma vez que este mecanismo representa a parte mais sensível do projeto optou-se por utilizar o mesmo mecanismo da cadeira UNI\_STEP, por ter sido já utilizado pela empresa e por permitir reduzir os riscos de segurança (Figura 5.7).



Figura 5.7 – Sistema pino-mola da cadeira UNI\_STEP usado na cadeira Dual\_Step.

## 2. É possível adaptar o dimensionamento e mecanismo de ajuste para uma cadeira existente?

De acordo com Zimmerman [90], em alguns casos a melhor resposta pode não ser o resultado de um novo produto, mas sim adicionar valor a um produto existente. Desta forma, e tendo em conta o facto de o custo do produto variar de acordo com os materiais e processos de fabrico utilizados, decidiu-se desenvolver esta cadeira com base no redesenho da cadeira UNI\_STEP da NAUTILUS S.A. O procedimento foi assim a transferência de conhecimentos, componentes e materiais. O encosto e assento serão também em contraplacado de faia e a estrutura em aço de baixo carbono. O processo de fabrico deverá ter apenas ligeiras diferenças (Figura 5.8).

Com esta abordagem conseguiu-se combinar o melhor dos dois mundos. A primeira cadeira escolar ajustável em duas dimensões permitindo alcançar uma regulação apropriada com apenas um movimento. E um produto de qualidade com baixo custo de produção, logo, acessível às escolas.



**Figura 5.8** – Cadeira UNI\_STEP da NAUTILUS S.A. (esquerda) e cadeira Dual\_Step (direita).  
Fonte (imagem da esquerda): NAUTILUS [89].

Tal contributo foi evidenciado pelo Institute of Industrial Engineers (IIE) e GOErgo, que no âmbito da 18th Annual Applied Ergonomics Conference 2015, que decorreu em Nashville nos Estados Unidos da América, premiou a cadeira Dual\_Step com o Creativeness in Ergonomics Student of The Year Award (Figura 5.9). Este prémio reconhece conquistas na investigação e aplicação da ergonomia, incluindo melhoria de processos, instrumentação aplicada e desenvolvimento de produto.





Figura 5.9 – Cerimónia de entrega do Creativeness in Ergonomics Student of The Year Award a Maria João Pato e Vitor Carneiro.

Fonte: Institute Of Industrial Engineers [91].

## 5.2. Desafios e Objetivos Ao Desenvolvimento Industrial e Produção Da Cadeira Dual\_Step No Contexto Empresarial Da NAUTILUS S.A.

Reconhecendo o carácter inovador, os seus claros benefícios e a viabilidade económica da cadeira Dual\_Step, a NAUTILUS S.A. demonstrou interesse em avançar com o projeto em contexto empresarial, integrando o aluno na sua equipa multidisciplinar de desenvolvimento. Tal pressupunha um conjunto de desafios e objetivos inerentes à concretização do conceito num produto final:

1. Conhecer o processo de desenvolvimento e produtivo da empresa;
2. *Detailed Design* – projeto de execução da cadeira Dual\_Step;
  - 2.1. Adaptar o projeto ao processo produtivo da empresa;
3. Produção e Comercialização;
4. Registo Comunitário de Design da Cadeira Dual\_Step.

Sendo o aluno uma parte interveniente neste processo, a adaptação à empresa foi o primeiro desafio. Para um desenvolvimento e produção em consonância com o processo produtivo da NAUTILUS S.A., é necessário conhecer a empresa, particularmente todo aquele que é o seu processo próprio de desenvolvimento de produto e metodologias de trabalho inerentes. Não obstante, o conhecimento do parque industrial tal como processos, maquinaria e ferramentas disponíveis e as suas limitações é igualmente primordial pois estes devem-se refletir no desenvolvimento do produto.

Uma vez absorvidos estes conhecimentos só então será possível desenvolver o projeto numa ótica de *detailed design*. Transformar o conceito num produto melhorando e adaptando-o de modo a refletir as vicissitudes do processo produtivo da empresa. Aprofundando cada aspeto do projeto através de modelação 3D, desenhos técnicos, especificações de materiais e tolerâncias, bem como a produção de protótipos, respetivos testes e potenciais melhorias se necessário.

Já na empresa, e face às conclusões enunciadas na primeira parte da presente dissertação, particularmente que a norma europeia EN 1729-1:2006 se encontra desajustada da realidade antropométrica dos seus utilizadores, objetiva-se a aplicação das dimensões resultantes do estudo de uma proposta para um sistema universal de tamanhos de cadeira e mesa escolar para crianças dos 6 aos 10 anos de idade no dimensionamento da cadeira Dual\_Step.

Alcançada a definição final do projeto o objetivo seguinte foi a sua produção. Nesta fase o principal desafio incidiu diretamente com o seu planeamento, particularmente com a construção dos gabarits de furação e de soldadura, com a gama operatória, na qual são definidas as sequências de operação de produção, e com o custeio do produto, no qual é determinado o custo de produção.

De modo a salvaguardar a propriedade intelectual do produto objetiva-se o registo comunitário de Design da cadeira Dual\_Step.

# Capítulo 6 – Projeto De Execução Da Cadeira Dual\_Step No Contexto Empresarial NAUTILUS S.A.

Neste capítulo será descrito todo o processo de desenvolvimento da cadeira dentro da empresa.

A NAUTILUS S.A., empresa portuguesa de mobiliário escolar e tecnologias de educação fundada em 1996, surge com a missão de dar uma resposta eficaz e eficiente às necessidades de equipamento de estabelecimentos de ensino e de todas as instituições que possuam necessidades de mobiliário similares, como bibliotecas, centros de recursos educativos, centros de formação, museus, etc., tanto no âmbito de instituições públicas como de instituições privadas.

É através da aposta na inovação e oferta que a NAUTILUS S.A. pretende tornar-se uma referência no mercado europeu de mobiliário escolar e tecnologias de educação. Esta posição tem sido consolidada ao vencer 3 vezes consecutivas o maior prémio internacional de inovação nas tecnologias de educação, o Worlddidac Award. Em 2006 foi premiada a mesa interativa

UNI\_NET, em 2008 a estação interativa NETBOARD 2.0 e em 2010 a estação interativa NETBOARD 2.1 (Figura 6.1). Os produtos premiados surgem como uma resposta da empresa antecipado as necessidades do mercado e a evolução do paradigma das escolas modernas, ao aliar tecnologia a produtos tradicionais.



Figura 6.1 – Mesa interativa UNI\_NET (esquerda), estação interativa NETBOARD 2.0 (centro) e estação interativa NETBOARD 2.1 (direita).

Fonte: NAUTILUS [92].

Atualmente a NAUTILUS S.A. conta com três unidades industriais, pelas quais se encontram distribuídos os seus recursos humanos. Uma unidade de injeção e de pintura em Castelo de Paiva, uma indústria de marcenaria em Jovim, Gondomar, e uma indústria de serralharia e o complexo administrativo em Zebreiros, Gondomar.

É precisamente no complexo administrativo que se encontra o ‘cérebro’ da empresa composto por diversos departamentos: NITEC, Engenharia de Processos, Compras, Marketing e Comunicação do Produto, Comercial, Planeamento e Logística, Qualidade, Contabilidade, Direção Financeira e Administração.

O NITEC, Núcleo de Investigação Tecnológica, além de criar novos produtos escolares, os produtos standard, que figuram no catálogo de produtos da empresa também desenvolve soluções personalizadas, os produtos especiais, através de uma estreita colaboração com arquitetos, designers e instituições de ensino. O departamento é constituído por dois designers, Pedro Sottomayor e Carlos Matagueira, e um engenheiro mecânico, Diogo Belindro.

## 6.1. O NITEC e a Metodologia De Desenvolvimento/*Detailed Design* Do Produto

O NITEC possui uma metodologia própria de desenvolvimento de detalhe/projeto de execução certificada ao nível da conceção, desenvolvimento e produção pela norma ISO 9001:2008 e que se encontra relacionada com o departamento de Engenharia de Processos e com a Produção. A assimilação desta metodologia é fundamental e necessária para o projeto

de execução da cadeira Dual\_Step. Para exemplificar tal processo utilizar-se-á a cadeira UNI AA02 da Linha UNI como referência (Figura 6.2), uma vez para assimilar tal processo coube ao autor, em conjunto com outro elemento, a atualização da referida linha de acordo com a normativa EN 1729-1:2006 que substitui a EN 1729-1:2001 e pela qual se rege a linha mencionada.



Figura 6.2 – Cadeira e mesa UNI AA02.  
Fonte: NAUTILUS [89].

Este processo inicia-se com a atribuição de um código alfanumérico ao produto. Se for um produto especial o código inicia-se por ‘E’, enquanto num produto standard inicia-se por ‘P’. Após a letra é introduzido um número de dois dígitos correspondente à ordem em que o produto é introduzido no sistema. No caso da linha UNI o código é P02. Uma vez que a linha UNI é composta por 21 artigos é necessária fazer essa distinção, acrescentando mais dois dígitos separados do anterior por hífen. Exemplificando, à cadeira UNI AA02 corresponde o código P02-01 (Figura 6.3).

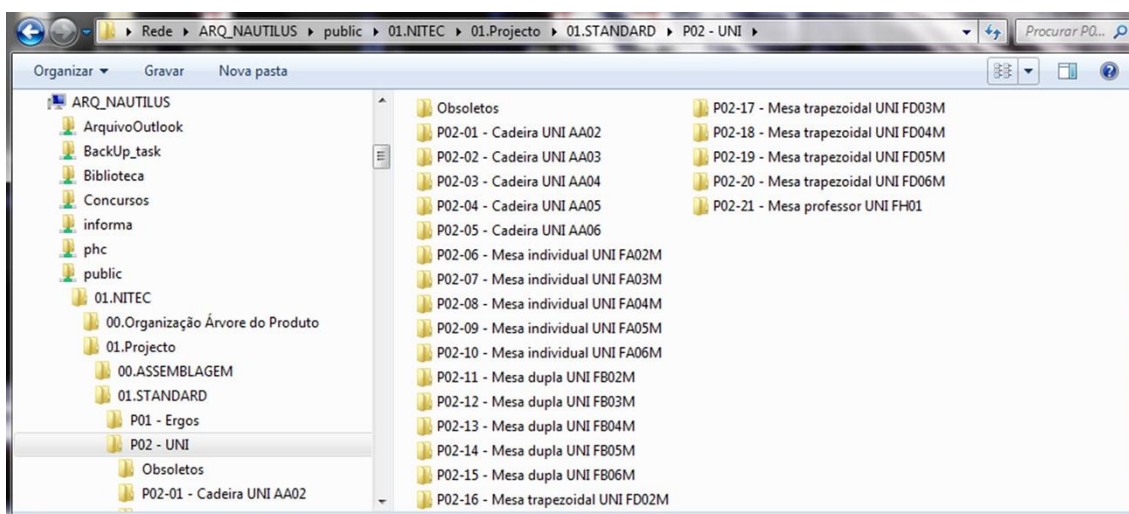


Figura 6.3 – Linha UNI e código alfanumérico por cada artigo.

Atribuído o código ao produto segue-se a decomposição do produto nos seus respetivos componentes e subcomponentes de acordo com a lógica linear de produção, ou seja, como efetivamente o produto, os seus componentes e subcomponentes serão produzidos e montados nas unidades de produção, para se realizarem as respetivas modelações 3D e desenhos técnicos com recurso a software CAD.

Assim, a cadeira UNI AA02 além dos subsidiários, isto é, rebites de repuxo de alumínio, apoios ao solo e tapa-topos que são comprados a fornecedores, possui 3 componentes distintos: o encosto (1), o assento (2) e a estrutura (3). Este último é composto por 3 subcomponentes: estrutura base (3a); estrutura assento/encosto (3b) e esticador (3c) (Figura 6.4).

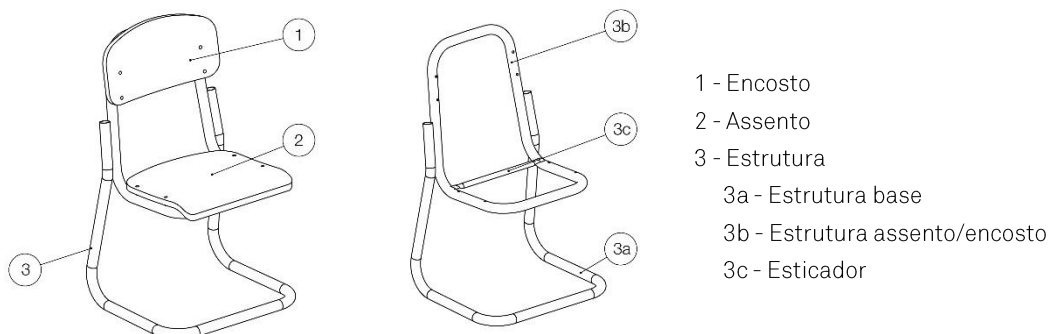


Figura 6.4 – Componentes e subcomponentes da cadeira Uni AA02.

A cada um destes componentes e subcomponentes é atribuído de acordo com a hierarquia um código, tendo por base o código do produto. Aos componentes ou subcomponentes que são de outro produto ou linha, como é o caso do encosto e do assento, é utilizado o código que já possuem (Tabela 6.1).

Tabela 6.1 – Códigos dos componentes e subcomponentes da cadeira UNI AA02.

Código Peça	Descrição
P02-01-01	Estrutura
P02-01-01-01	Estrutura base
P02-01-01-02	Estrutura assento/encosto
P02-01-01-02	Esticador
P01-13-02-03	Assento
P01-13-02-04	Encosto

Recorrendo ao software SolidWorks é então realizada a modelação e os desenhos técnicos dos diversos componentes e subcomponentes da cadeira e das respetivas assemblagens.



Realizadas as modelações 3D e validados os respetivos desenhos técnicos dos subcomponentes, componentes e produto final é solicitado um pedido de produção de protótipo. Neste processo, um dos elementos do NITEC comunica por e-mail ao departamento de Engenharia de Processos, com o conhecimento do diretor/responsável de produção e dos departamentos de Compras e Planeamento e Logística, requerendo a produção do protótipo com os respetivos desenhos técnicos anexados.

Cabe agora ao departamento de Engenharia de Processos agilizar o processo. Primeiro, preenchendo a Requisição Interna de produção do protótipo contendo a designação do produto, quantidades a produzir, data de emissão e data limite da conclusão da sua produção (Figura 6.6). Uma vez preenchida e acompanhada dos respetivos desenhos técnicos deve fazer-la chegar às unidades de produção para que se execute o seu fabrico de acordo com o planeamento definido pelo departamento de Planeamento e Logística. Em segundo verificar o stock dos subsidiários necessários ao produto de acordo com o especificado no desenho técnico para, em caso de algum estar em falta, comunicar às Compras para proceder à sua aquisição.

**UZ UJ UP**

NAUTILUS

**Requisição Interna**

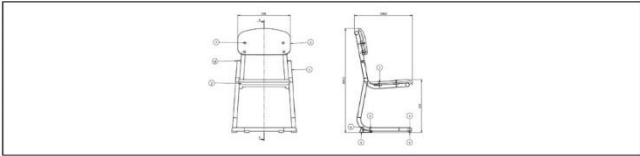
Protótipo  Gabarit

Amostra  Equipam.

Designação	Qtyd.	Data Conclusão
Cadeira UNI AA02 [P02-01]	1	09-02-2015

Obs: Consultar DESENHO TÉCNICO  
Norma EN 1729-1:2006:E

**Desenho**



Matéria-Prima/Componentes				
Código	Descrição	Qtyd. TOTAL	Qtyd. UNID	Data

Operações				
Descrição	Operador	Tempo TOTAL	Tempo UNID	Data

**Data emissão**  **Data conclusão**

**Validação**

<input type="text" value="(Carlos R.)"/>	<input type="text" value="(Maria J.)"/>	<input type="text" value="(Pedro Brás)"/>	<input type="text" value="(Nitec)"/>	<input type="text"/>
Produção	Qualidade	Dir. Industrial	Desenvolvimento	Outros

Figura 6.6 – Requisição Interna para a produção do protótipo da cadeira UNI AA02.



Durante a produção do protótipo os operadores registam, na folha da Requisição Interna, para cada componente e subcomponente a matéria-prima utilizada, as operações realizadas, o tempo por operação, quantidades e outra informação adicional relevante à sua produção.

Produzido e montado o protótipo este é testado e sujeito aprovação pelos elementos do NITEC. Se não se encontrar em conformidade são trabalhadas soluções alternativas e reiniciado o ciclo de desenvolvimento. Caso seja aprovado é comunicado ao departamento de Engenharia de Processos para que este possa realizar a gama operatória, ou seja, a descrição da matéria-prima utilizada e as sequências de operação de produção de cada subcomponente e componente, tendo por base a Requisição Interna resultante da produção do protótipo. Acompanhadas da gama operatória serão depois emitidas as ordens de produção para dar resposta a encomendas.

## 6.2. Desenvolvimento/*Detailed Design* Da Cadeira Dual\_Step

Uma vez integrado no contexto empresarial da NAUTILUS S.A. e assimilado o processo e metodologia de desenvolvimento de produto do NITEC, é então possível começar a pensar mais diretamente na cadeira Dual\_Step e no seu processo de desenvolvimento e melhoria tendo em vista a sua produção e introdução no mercado, como é ilustrado na Figura 6.7.

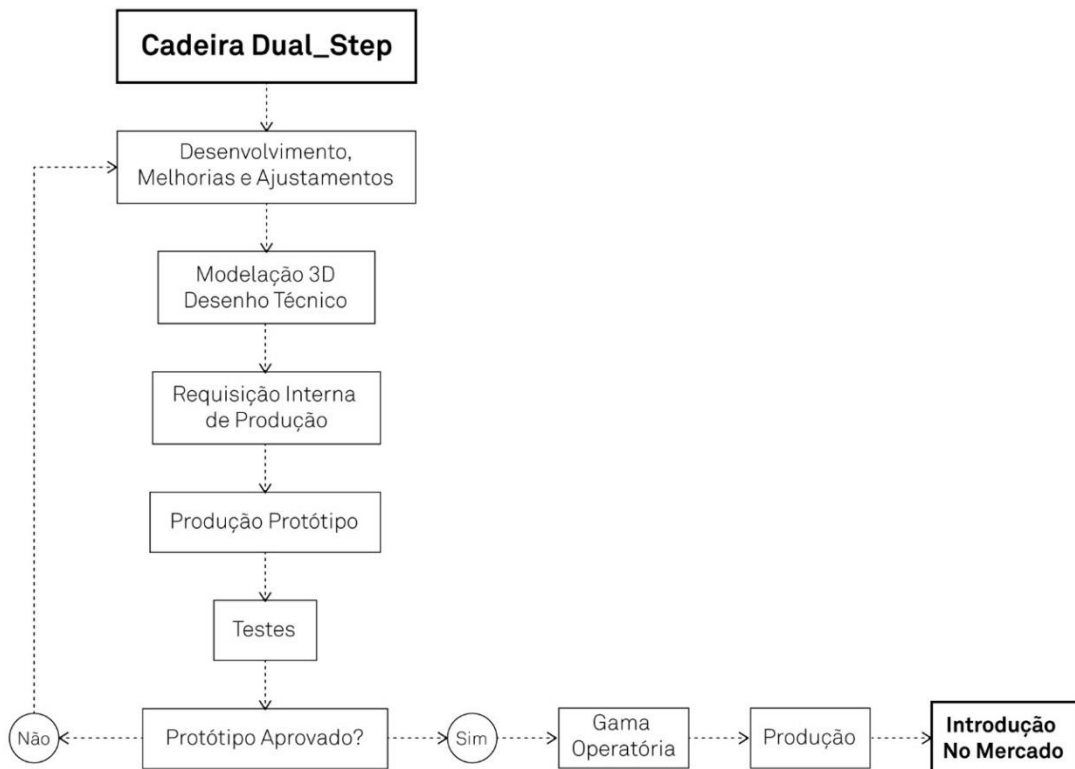
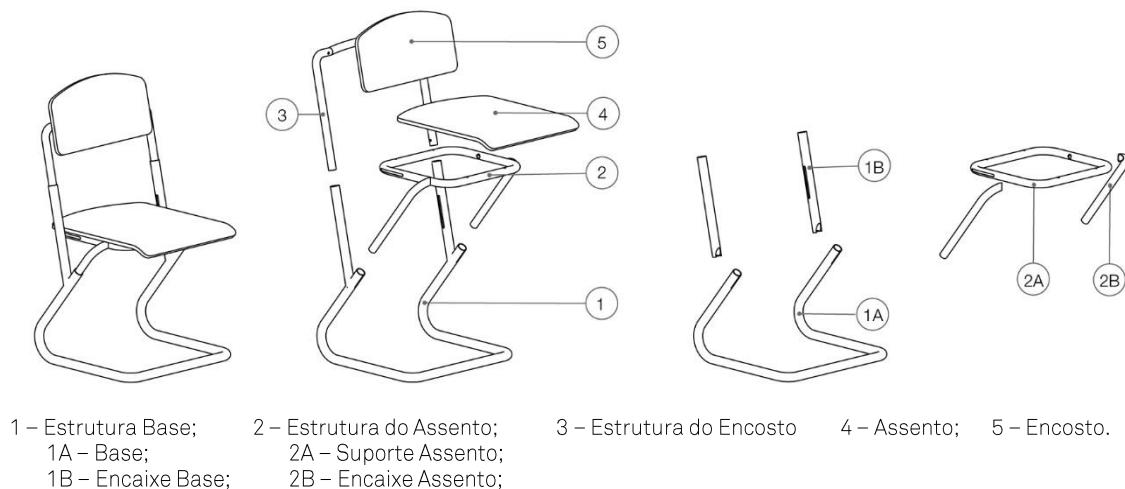


Figura 6.7 – Metodologia de desenvolvimento/projeto de execução da cadeira Dual\_Step no ambiente industrial da empresa NAUTILUS S.A.

Inicialmente foi realizada uma reunião com todos os elementos do departamento para se proceder a uma análise crítica, objetivando-se orientações e indicações para as etapas que se seguiam, quer na resolução de alguns problemas técnicos, quer no aprimoramento de algumas soluções.

Ficou desde logo patente a necessidade de adaptar o desenho da cadeira e as suas soluções técnicas aos recursos da empresa. No entanto, se tal fosse necessário investir em ferramenta ou equipamento para alcançar determinada solução tal seria possível, desde que fosse economicamente viável. Uma vez que o fator mais decisivo na compra de mobiliário escolar é o preço, esta foi uma tônica bastante focada e que pode ser influenciada por vários fatores, sendo as soluções técnicas adotadas aquelas que mais contribuem.

Por tudo isto seria necessário proceder a alterações técnicas ao projeto inicial e ao melhoramento de determinadas soluções para posteriormente se proceder à realização do 1º protótipo e testá-lo. Neste sentido a cadeira Dual\_Step foi decomposta nos seus componentes e subcomponentes permitindo uma análise mais detalhada (Figura 6.8).



**Figura 6.8** – Componentes e subcomponentes da cadeira Dual\_Step.

Da análise realizada foram apontadas as seguintes indicações a considerar no desenvolvimento da cadeira:

1. Necessidade de um apoio ao solo em poliamida na zona de trás da *estrutura base* da cadeira para evitar quedas (Figura 6.9).



Figura 6.9 – Apoio ao solo em poliamida sugerido para evitar quedas para trás.

2. No componente *estrutura base* todos os seus subcomponentes devem ser em tubo de 25mm de diâmetro. No subcomponente *base*, devido à curva acentuada de 45° quando vista de perfil e para evitar oscilações na estrutura devido à flexibilidade do material, optou-se por utilizar um tubo com 2mm de espessura. A geometria deste subcomponente devia também ter em consideração as limitações da máquina CNC de dobrar tubo: raio de curvatura de 60mm e segmento mínimo entre curvas de 60mm.

3. No componente *estrutura do assento*, o subcomponente *suporte assento*, no qual será fixado o assento, deve ser em tubo de 25mm de diâmetro e cuja geometria deve considerar as limitações da máquina CNC de dobrar tubo. A espessura do tubo deve ser de 2mm devido à existência do rasgo que, através do correr o mecanismo de regulação e ligação entre as 3 estruturas da cadeira, permitirá o ajuste em altura e profundidade do assento.

Esses mesmos rasgos terão de ser executados, em termos produtivos, com recurso ao balancé sendo por isso necessária uma matriz a colocar no interior do tubo, para evitar que este amasse durante o processo, e um punção para proceder ao corte. Por estas razões é necessário evitar que este rasgo fique numa zona de curva como estava projetado (Figura 6.10).

O subcomponente *encaixe assento*, que deslizará pelo interior do subcomponente *base* da *estrutura base*, deve ser em tubo de 20mm de diâmetro para permitir uma folga de 0,5mm entre tubos. Embora a máquina CNC de dobrar tubo não possuísse ferramentas para tubo de 20mm de diâmetro, a empresa encontra-se em fase de aquisição de tais ferramentas pelo que este não será um problema. Como tal a sua geometria deveria já equacionar as limitações da máquina CNC de dobrar tubo.



Figura 6.10 – O rasgo na estrutura do assento prolonga-se até à zona de curva.

4. A estrutura do encosto, que também deslizará dentro da estrutura base mais precisamente pelo subcomponente *encaixe base*, deve ser em tubo de 20mm de diâmetro e com 2mm de espessura resultando numa folga de 0,5mm entre tubos. Como o encosto não pode estar fixo em apenas dois pontos de contacto é necessário um redesign deste componente, de modo a obter uma solução na qual o encosto seja fixo através de 4 pontos de contacto. Foi sugerido observar as soluções que a empresa tem utilizado nas suas cadeiras.
5. Nesta primeira fase, em termos projetuais, ter-se-ia como referência o único modelo de encosto produzido na empresa que se caracteriza por apenas possuir um curva longitudinalmente (Figura 6.11).

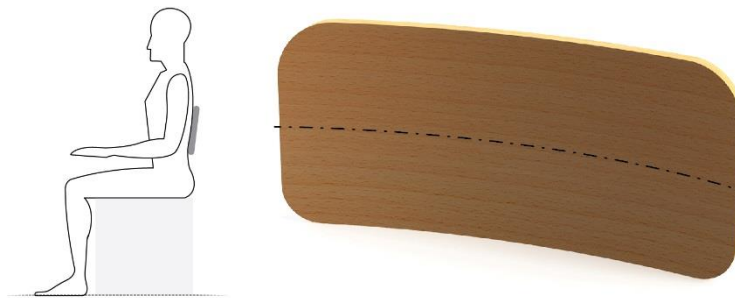


Figura 6.11 – Encosto de uma só curva produzido na empresa NAUTILUS S.A..

No entanto, o mercado indo de encontro às recomendações ergonómicas começa cada vez mais a exigir o designado ‘encosto ergonómico’ que possui uma dupla curvatura, ou seja, longitudinalmente e transversalmente (Figura 6.12). Uma vez que a empresa está em fase de aquisição de um molde para produção deste tipo de encosto, a cadeira Dual\_Step deveria equacionar a utilização deste encosto.

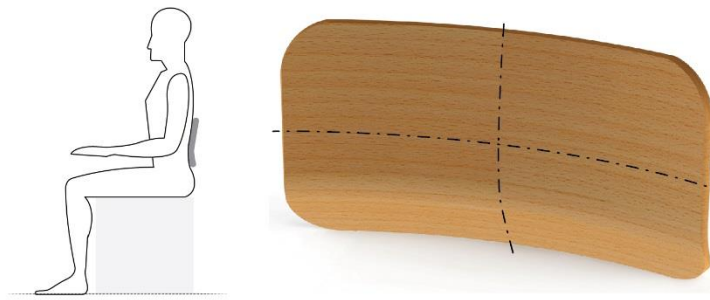


Figura 6.12 – O 'encosto ergonómico' de dupla curvatura.

6. Um dos elementos que requeria mais atenção era o mecanismo de regulação e de ligação entre a *estrutura base*, *estrutura do assento* e *estrutura do encosto*, por ser o ponto fulcral que permite a regulação em profundidade do assento quando ajustada a sua altura, mantendo sempre a mesma distância entre o encosto e assento. Como potencial solução para o mecanismo de regulação foi sugerido um perno parcialmente maquinado e revestido com um espaçador de nylon (Figura 6.13). Era no entanto fundamental desenvolver soluções para bloquear o perno na *estrutura do encosto*. O uso do espaçador de nylon permitiria um movimento suave e sem atrito nos rasgos.

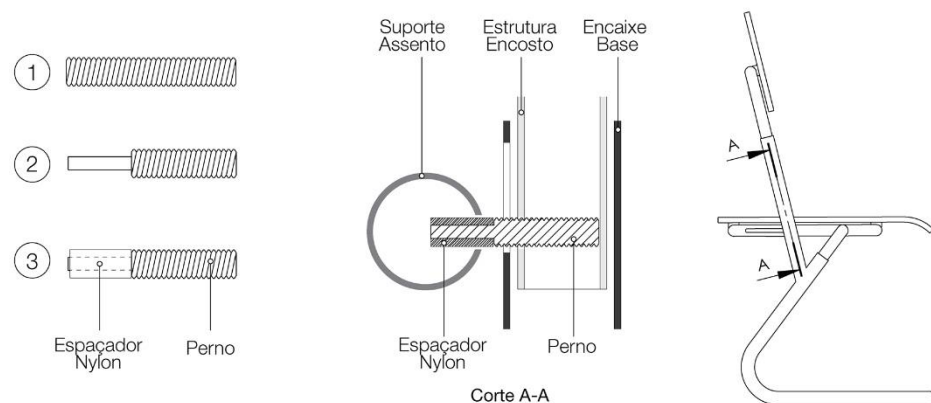


Figura 6.13 – Sugestão proposta para o mecanismo de regulação: perno parcialmente maquinado revestido com espaçador de nylon.

7. Uma outra questão fundamental que se levantou nesta reunião foi a de dimensionar a cadeira Dual\_Step de acordo com o sistema universal de tamanhos de cadeira e mesa escolar para crianças dos 6 aos 10 anos de idade elencado no Capítulo 4. Todavia, tal não foi possível uma vez que a NAUTILUS S.A., como empresa certificada e creditada no mercado, os seus produtos têm de se reger pela normativa europeia. Apenas e só a pedido de um cliente é que é produzido

mobiliário com especificações que possam não corresponder à referida norma, sendo catalogados como produtos especiais.

Neste seguimento, e tendo em conta que se pretendia uma cadeira dirigida a crianças do ensino primário com idades compreendidas entre os 6 e os 10 anos de idade, a cadeira deveria assim corresponder aos tamanhos 2, 3 e 4 da norma europeia EN 1729-1:2006. Analisando as dimensões relevantes da cadeira e as suas tolerâncias nos tamanhos mencionados na referida norma, foram definidas as dimensões finais que a cadeira deveria possuir (Tabela 6.2).

**Tabela 6.2** – Definição das dimensões da cadeira Dual\_Step de acordo com a norma EN 1729-1:2006 e as suas tolerâncias.

Dimensões da Cadeira		Medidas Norma EN 1729-1:2006 (mm)			Avanço entre tamanhos
		Tamanho 2	Tamanho 3	Tamanho 4	
Altura do assento	Norma	310 ( $\pm 10$ )	350 ( $\pm 20$ )	380 ( $\pm 20$ )	40/30
	Definida	310	345	380	35/35
Profundidade efetiva	Norma	270 ( $\pm 10$ )	300 ( $\pm 20$ )	340 ( $\pm 20$ )	30/40
	Definida	270	310	350	40/40
Altura do Ponto S	Norma	160 (-10 +20)	180 (-10 +20)	190 (-10 +20)	20/10
	Definida		180		
Largura	Norma	280	320	340	20/20
	Definida		340		

### 6.2.1. Protótipo 1

Com a análise dos problemas ao projeto da cadeira Dual\_Step que deveriam ser alvo de um desenvolvimento mais profundo, elencadas e focadas determinadas questões sobre o projeto que necessitavam de ser refinadas sem esquecer o contexto produtivo da empresa, definidas as dimensões da cadeira e tendo sempre em conta a investigação realizada deu-se início ao processo de desenvolvimento/projeto de execução da cadeira Dual\_Step com vista à produção do protótipo 1 e respetivos testes.

Demonstrar-se-á o desenvolvimento, melhorias e ajustes ao conceito inicial do projeto, a produção do protótipo 1 e os testes realizados e respetivas ilações.

#### 6.2.1.1. Desenvolvimento De Soluções, Melhoria e Ajustamentos Ao Conceito Inicial

Neste processo de *detailed design* da cadeira Dual\_Step, de modo a alcançar um produto economicamente viável e passível de ser produzido na empresa, trabalhou-se em duas frentes para responder às alterações técnicas e formais sugeridas e necessárias:

1. Procedeu-se ao desenvolvimento de soluções técnicas para o mecanismo de regulação e ligação entre a *estrutura base*, *estrutura do assento* e *estrutura do encosto*;
2. Procedeu-se ao aprimoramento/redesign do desenho da cadeira, de acordo as observações elencadas no subcapítulo anterior.

#### 6.2.1.1.1. Soluções Técnicas Para o Mecanismo De Regulação e Ligação Entre a *Estrutura Base*, *Estrutura Do Assento* e *Estrutura Do Encosto*;

Nas soluções desenvolvidas para o mecanismo de regulação teve-se como ponto de partida a sugestão referida, isto é, um perno parcialmente maquinado e revestido com um espaçador em nylon. Neste sentido procurou-se um modo eficaz de bloquear o perno à *estrutura do encosto*, tendo também como referência os diâmetros e espessuras dos tubos das estruturas sugeridos.

a) Perno roscado a uma porca de rebite rebitada na *estrutura do encosto*.

Nesta solução, como meio de bloquear o perno era proposto uma porca de rebite sem gola M6 (Figura 6.14) rebitada à *estrutura do encosto* (Figura 6.15). No entanto, não se configurou como uma solução adequada para os diâmetros e espessuras de tubo propostos porque, como foi possível confirmar com um teste (Figura 6.16), não existia folga suficiente entre os tubos da *estrutura base* e a *estrutura do encosto* para acomodar a cabeça da porca de rebite.



Figura 6.14 – Porca de rebite sem gola M6.

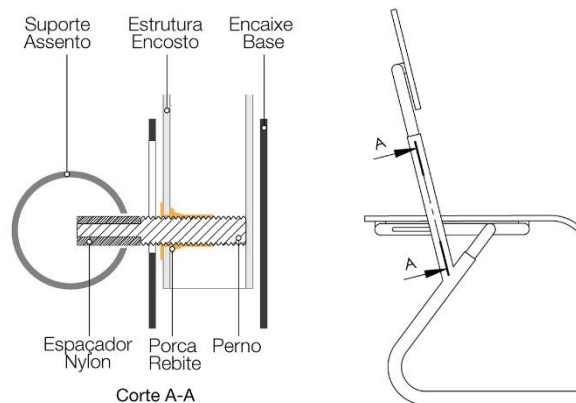


Figura 6.15 – Perno roscado a uma porca de rebite sem gola M6 rebitada à *estrutura do encosto* em tubo de 20mm de diâmetro que, por sua vez, deslizará no *encaixe base* em tubo de 25mm de diâmetro e 2mm de espessura.



Figura 6.16 – Teste realizado à solução proposta na Figura 6.15 onde foi possível observar que a folga entre tubos não permite acomodar a cabeça da porca de rebite sem gola M6.

Porém, se alterássemos o diâmetro do tubo da *estrutura do encosto* de 20mm para 19mm, já havia espaço suficiente entre tubos para acomodar a porca de rebite permitindo que a *estrutura do encosto* deslizasse pelo interior do *encaixe base* sem qualquer problema. Tal alteração técnica levava a que a folga entre os tubos fosse grande o suficiente para que fosse necessário usar um casquilho (Figura 6.17 e Figura 6.18). No entanto, a folga entre tubos obrigaria a que a parede do casquilho fosse demasiado fina, ou seja, menor que 1mm.

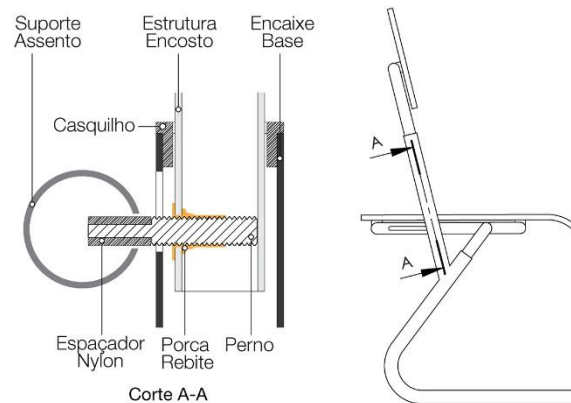


Figura 6.17 – Perno roscado a uma porca de rebite sem gola M6 rebitada à *estrutura do encosto* em tubo de 19mm de diâmetro que, por sua vez, deslizará no *encaixe base* em tubo de 25mm de diâmetro e 2mm de espessura.



Figura 6.18 – Teste realizado à solução proposta na Figura 6.17 onde foi possível observar que existe espaço entre tubos para acomodar a cabeça da porca de rebite sem gola M6.



Para evitar tal situação ponderou-se se a *estrutura do encosto* em tubo com 20mm de diâmetro, como proposto inicialmente, e se o furo que era feito nesse mesmo componente para receber a porca de rebite fosse escareado seria suficiente para que a cabeça da porca de rebite coubesse na folga entre tubos. Nos testes realizados verificou-se que tal acontecia mostrando-se assim como uma potencial solução (Figura 6.19 e Figura 6.20).

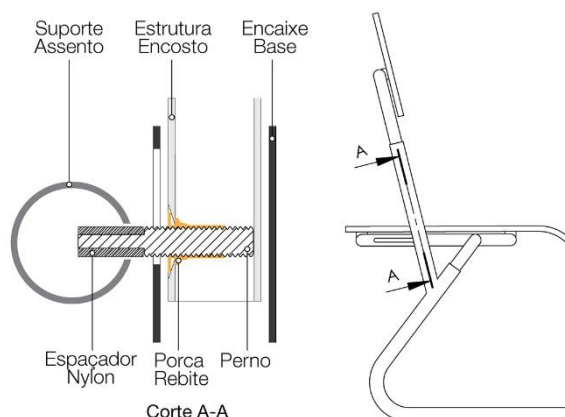


Figura 6.19 – Perno rosado a uma porca de rebite sem gola M6 rebitada à *estrutura do encosto* em tubo de 20mm de diâmetro com o furo escareado e que por sua vez deslizará no *encaixe base* em tubo de 25mm de diâmetro e 2mm de espessura.



Figura 6.20 – Teste realizado à solução proposta na Figura 6.19 onde foi possível observar que se o furo que recebe a porca de rebite sem gola M6 fosse escareado tal permitia que a cabeça da porca de rebite coubesse na folga entre tubos.

Embora se tenha desenvolvido e encontrado uma solução utilizando a porca de rebite sem gola como meio de bloquear o perno, algumas desvantagens surgiam com a utilização desta mesma solução. A primeira prendia-se com o facto de que com o uso a porca de rebite pudesse laquear, isto é, perder a força de aperto ao tubo da *estrutura do encosto* e começar a ganhar folga. Uma outra desvantagem eram os demasiados passos, tempo despendido e a necessidade de mais um componente, ou seja, necessidade de abrir um furo, escarear, e rebitar a porca de rebite. Neste sentido, continuou-se o desenvolvimento e procura de uma solução mais eficiente.

b) Perno roscado nas paredes do tubo da *estrutura do encosto*.

Nesta solução objetivava-se bloquear o perno roscando-o diretamente nas paredes do tubo da *estrutura do encosto*. Esta solução surgiu numa das idas à produção na qual foi possível observar a existência de uma solução semelhante para uma encomenda em curso, designada de furo repuxado. Nesta solução é aberto um furo através de uma broca cônica a quente o que origina o repuxo da parede do tubo para o interior. Posteriormente procede-se à abertura de rosca através de um macho (Figura 6.21).

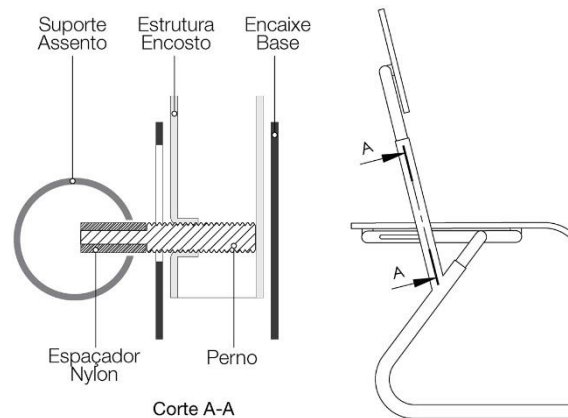


Figura 6.21 – Perno roscado a um furo repuxado no tubo da *estrutura do encosto*.

Apesar de se configurar como uma boa solução técnica, até porque não precisa de um componente extra e não tem o problema de laquear com o uso como acontece com a porca de rebite, esta solução acabou por não ser utilizada. A empresa não tem equipamento para realizar o processo, sendo necessário recorrer a subcontratação. Não obstante, a solução de utilizar o perno roscado nas paredes do tubo da *estrutura do encosto* não foi abandonada, mas antes trabalhada chegando-se a uma alternativa à solução acima mencionada.

Aquilo que se propunha era o seguinte: através de uma broca a abertura de um furo vazando transversalmente o tubo da *estrutura do encosto* e posteriormente a abertura de rosca nas paredes do furo. Neste sentido todo o processo era passível de se realizar na empresa (Figura 6.22).

Esta solução sugeria um cuidado especial na escolha do diâmetro do perno, isto é, uma vez que a espessura da parede do tubo é de apenas 2mm, o perno teria de ter um passo pequeno para assim ter um maior número de filetes em contacto com a parede do tubo. Por esta razão optou-se por utilizar um perno M5. Nos testes realizados verificou-se que a utilização de um perno M5 roscado nas paredes do tubo configurava-se como uma boa solução, ao demonstrar

resistência ao esforço, tendo o aval da equipa do NITEC como solução a adotar e a testar no protótipo (Figura 6.23).

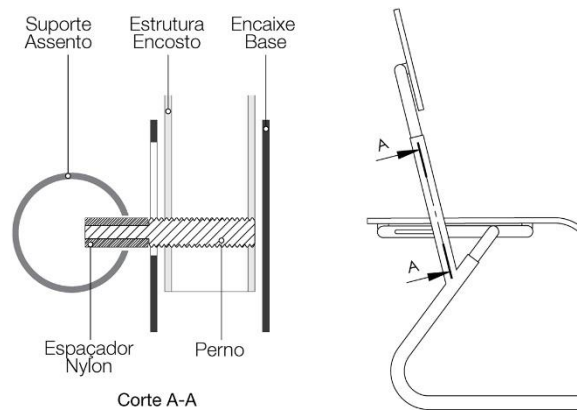


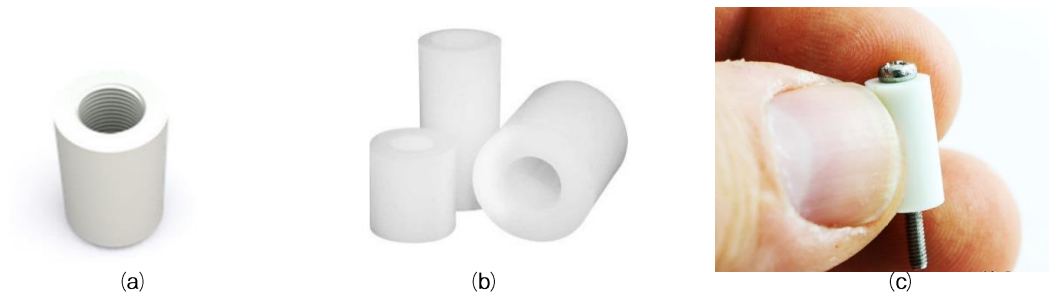
Figura 6.22 – Perno roscado diretamente nas paredes do tubo da *estrutura do encosto*.



Figura 6.23 – Teste realizado à solução proposta na Figura 6.22 utilizando um perno M5 roscado nas paredes do tubo.

Definido o modo como o perno seria bloqueado à *estrutura do encosto*, faltava detalhar o modo como o espaçador de nylon iria trabalhar no perno. Numa primeira abordagem foi equacionado um perno maquinado para depois receber um espaçador de nylon. Com um perno de diâmetro por si só já reduzido, para evitar uma fragilização do mesmo e a necessidade de o ter de maquinar procedeu-se a uma pesquisa sobre espaçadores de nylon que pudessem ser incorporados diretamente no perno sem necessidade de operações adicionais.

Desta pesquisa foi possível constatar a existência de espaçadores de nylon com medidas standard, podendo estes conter rosca no seu interior (Figura 6.24a) ou serem simplesmente vazados (Figura 6.24b) para serem incorporados diretamente em pernos e parafusos (Figura 6.24c).

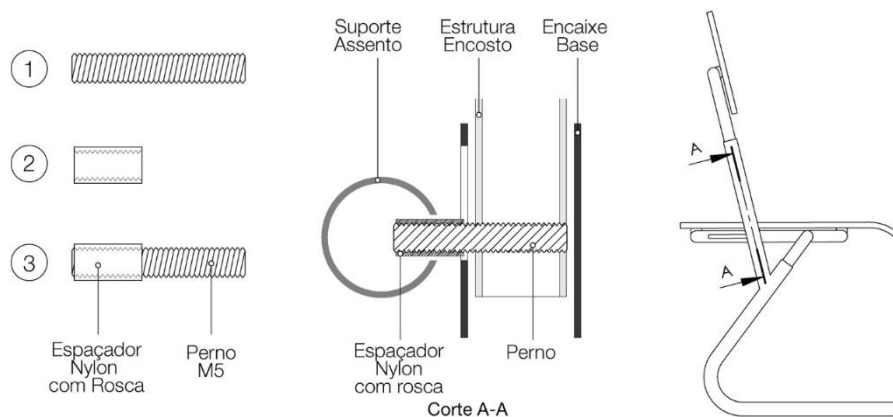


**Figura 6.24** – Espaçador de nylon com rosca (a), espaçador de nylon sem rosca (b) e a sua utilização num parafuso (c).

Fonte: (a) ISCPlastics [93]; (b) Essentra Components [94].

Para evitar que com o uso o espaçador de nylon pudesse sair do perno, levando a que este último entrasse em contacto com os rasgos na *estrutura do assento* e na *estrutura base* originando atrito e dificultando o movimento de regulação da cadeira, optou-se por utilizar um espaçador de nylon com rosca.

Em suma, a solução técnica para o mecanismo de regulação e ligação entre a *estrutura base*, *estrutura do assento* e a *estrutura do encosto*, consistia num perno M5 roscado diretamente no tubo da *estrutura do encosto* e num espaçador de nylon com rosca com um diâmetro exterior de 9,5mm (Figura 6.25).



**Figura 6.25** – Solução técnica adotada para o mecanismo de regulação e ligação entre a *estrutura base*, *estrutura do assento* e *estrutura do encosto*: perno M5 roscado diretamente nas paredes do tubo da *estrutura do encosto* com um espaçador de nylon com rosca.

#### 6.2.1.1.2. Aprimoramento/redesign Do Desenho Da Cadeira.

No redesign e aprimoramento do desenho da cadeira e dos respetivos componentes e subcomponentes vários fatores foram tidos em conta e trabalhados simultaneamente, tais como, dimensões da norma, desenho/geometria da cadeira, limitações técnicas das ferramentas e maquinaria existentes na empresa, etc. Como meio auxiliar neste processo foi

utilizado o software SolidWorks 2011 que permite observar em tempo real como se configuram potenciais soluções tendo em conta esses mesmos fatores.

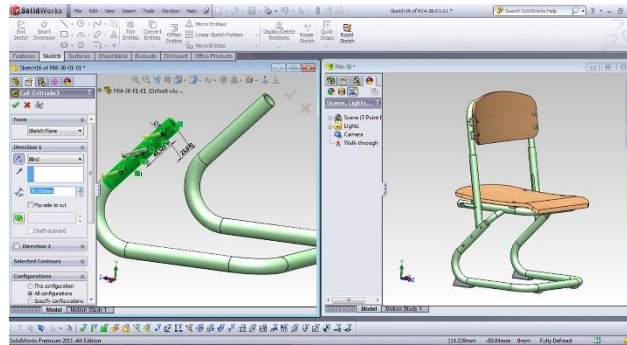
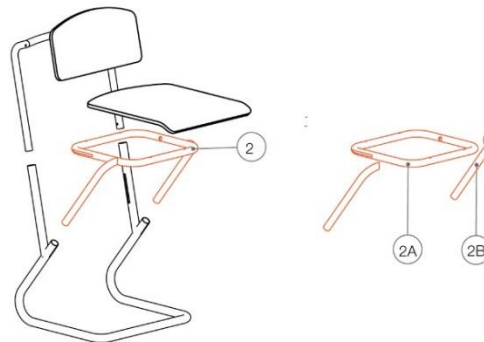


Figura 6.26 – Utilização do software Solidworks 2011 no processo de desenvolvimento.

A *estrutura do assento* e a *estrutura do encosto* eram aquelas que mais trabalho de desenvolvimento necessitavam, ao passo que a *estrutura base* carecia apenas de afinações.

#### a) Estrutura do Assento

A *estrutura do assento* proposta inicialmente era composta por dois subcomponentes: o *suporte assento* e o *encaixe assento* (Figura 6.27).



2 – Estrutura do Assento; 2A – Suporte Assento; 2B – Encaixe Assento;

Figura 6.27 – Estrutura do assento (2) da cadeira Dual\_Step e os respetivos subcomponentes (2A e 2B).

De modo a cumprir com as dimensões propostas na norma europeia para os tamanhos 2 ao 4, aliado às dimensões do assento produzido pela empresa e restringidas pelo molde de alumínio, ao raio de curvatura e à restrição do rasgo onde corre o mecanismo de regulação ter que evitar zonas de curva, o subcomponente *suporte assento* configurava-se obrigatoriamente como um único U ao invés de um duplo U.

Na solução de duplo U, mesmo optando por um assento com a profundidade máxima possível de se obter nos moldes metálicos de modo a ocultar o *suporte assento*, o rasgo

continuaría a ficar sobre a zona de curva (Figura 6.28). Já com um *suporte assento* num único U o rasgo nunca ficaria sobre a zona de curva (Figura 6.29).



Figura 6.28 – Com um assento com a profundidade máxima possível de se obter através dos moldes existentes na empresa e com a solução de um *suporte assento* de duplo U o rasgo onde corre o mecanismo de regulção continuaria a ficar sobre uma zona de curva.

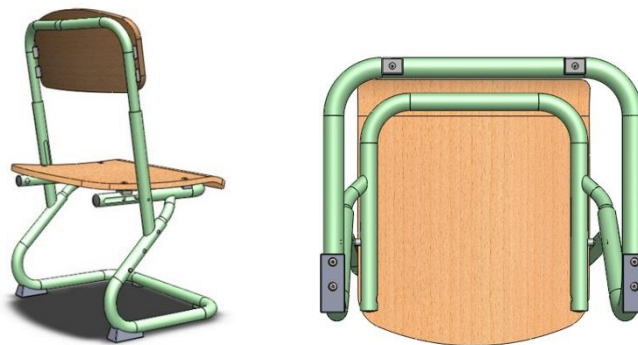


Figura 6.29 – Com o *suporte assento* numa configuração de um só U o rasgo onde corre o mecanismo de regulção evita zonas de curva, além de que o assento cobre totalmente este subcomponente.

No mesmo sentido, e para os tamanhos acima mencionados, o subcomponente *encaixe assento* configurava-se obrigatoriamente como duas peças simétricas (Figura 6.30), não sendo possível configurar-se como apenas um U o que em termos produtivos seria vantajoso.

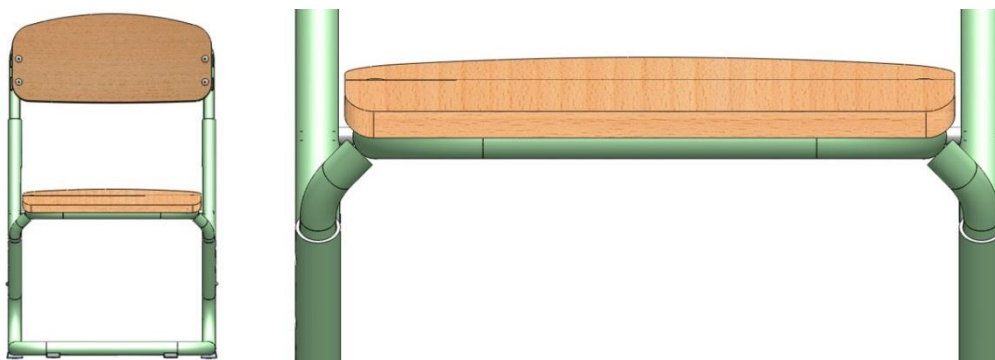


Figura 6.30 – Configuração do subcomponente *encaixe assento* em duas peças simétricas.

Tendo em conta os raios de curvatura e a própria geometria da cadeira Dual\_Step, tal disposição técnica justifica-se com o facto de o subcomponente *base*, da *estrutura base*, no qual irá correr o subcomponente *encaixe assento* necessitar de um segmento de 153mm para que seja possível a cadeira regular nos 3 tamanhos (Figura 6.31). Ora se o subcomponente *encaixe assento* fosse um único U, tal obrigava a que esse mesmo segmento fosse menor que 153mm permitindo apenas regular a cadeira em dois dos três tamanhos (Figura 6.32).

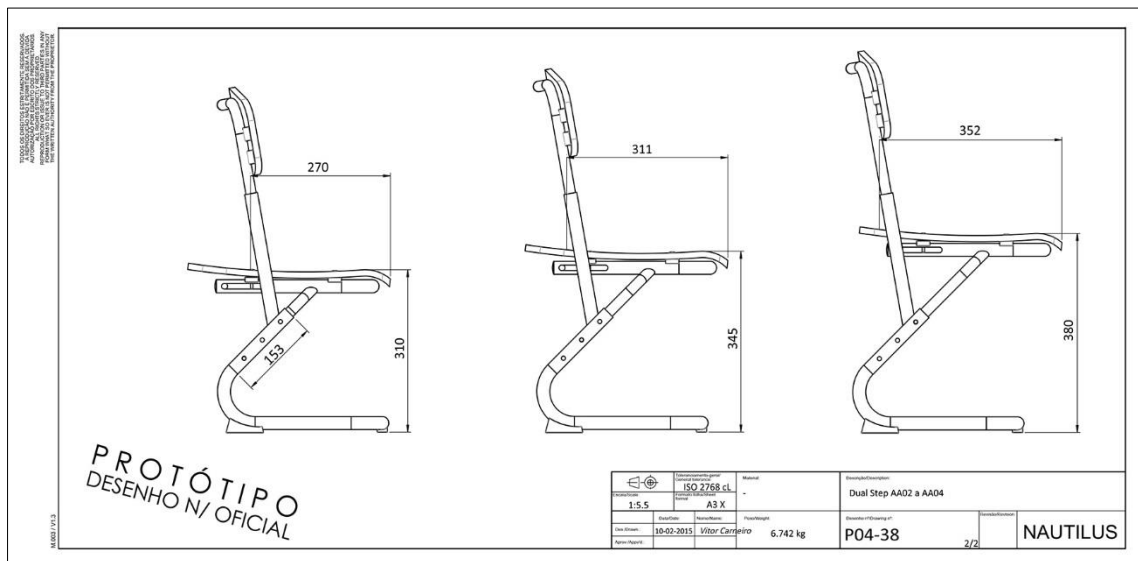


Figura 6.31 – Para regular a cadeira Dual\_Step nos 3 tamanhos o segmento da *base* necessita de 153mm.

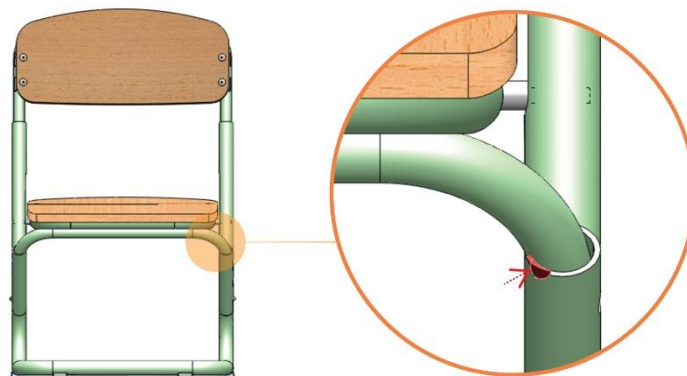


Figura 6.32 – Devido à medida do segmento da *base* necessária para regular os 3 tamanhos, uma solução em que o *encaixe assento* é um U não era viável porque a zona de curvatura prolongava-se para o interior da *base*. A zona a vermelho corresponde à área de interferência entre os subcomponentes.

Assim, as alterações à *estrutura do assento* configuravam-se maioritariamente como técnicas, tendo sido trabalhadas para se obter uma melhor configuração formal.

### b) Estrutura do Encosto

Era necessário adequar a geometria do componente, nomeadamente a curva que recebe o encosto, de acordo com os processos existentes na empresa. Nesse sentido, através de uma análise aos produtos da empresa e em idas à produção para saber especificamente como é feita a curvatura do tubo para receber o encosto foi possível estabelecer uma solução final, ao aplicar o mesmo processo utilizado na linha CMM. Nesta solução a *estrutura do encosto* acompanha a curvatura longitudinal do encosto (Figura 6.33). O processo para a obtenção desta solução será detalhado com mais ênfase na produção do protótipo, no Subcapítulo 6.2.1.3.2.

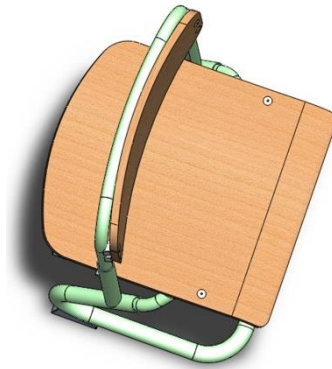


Figura 6.33 – Solução adotada para a *estrutura do encosto* receber o encosto.

De modo a resolver os escassos dois pontos de fixação do encosto à *estrutura do encosto*, e uma vez que não era possível mexer em termos formais na disposição da *estrutura do encosto* devido a questões técnicas de regulação do assento patentes no conceito adotado, a solução passou por utilizar um encosto com uma largura igual à *estrutura do encosto* obtendo-se os quatro pontos de fixação (Figura 6.34).

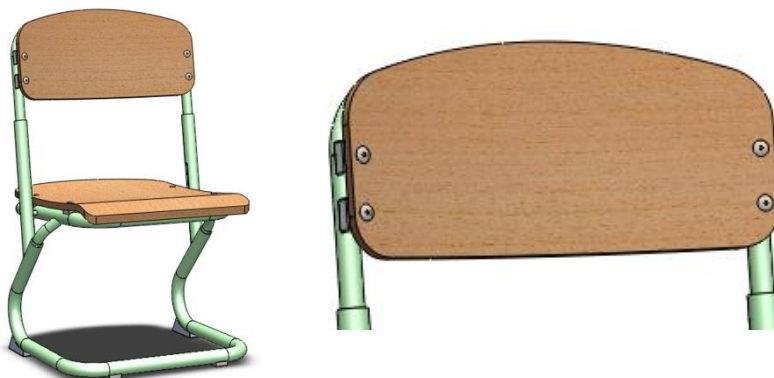


Figura 6.34 – Fixação do encosto à *estrutura do encosto* em 4 pontos.





componentes ocorreu nas 3 unidades industriais da empresa. Na unidade de marcenaria em Jovim procedeu-se à produção do encosto e assento, assim como aos seus acabamentos. Paralelamente, na unidade de serralharia de Zebreiros produziu-se a estrutura da cadeira desde o corte da matéria-prima, passando pela dobragem do tubo, abertura de furos e rasgos até à soldadura dos subcomponentes. O acabamento da estrutura, ou seja, a sua pintura, foi realizado posteriormente na unidade de Castelo de Paiva. Por ser tratar de um protótipo a sua montagem foi depois executada na unidade de Zebreiros, em vez de Castelo de Paiva, permitindo à equipa de desenvolvimento acompanhar o processo.

Segue-se uma explanação detalhada do processo de produção do protótipo 1 da cadeira Dual\_Step.

#### 6.2.1.3.1. Marcenaria

Na empresa a produção do assento e do encosto em contraplacado ocorre de forma semelhante, mas com ligeiras diferenças entre si. Este processo iniciou-se com o corte das folhas de madeira de faia em tiras e de acordo com a profundidade do molde. Depois, as folhas de madeira de faia foram cosidas com cola e num movimento em ZigZag, sendo que a costura tem que ser feita colocando simetricamente as folhas de madeira de faia para que os veios fiquem alinhados. Para o assento foram cosidas três folhas e para o encosto duas (Figura 6.36).



**Figura 6.36** – Máquina a coser as folhas de madeira de faia (esquerda) e duas folhas de madeira de faia cosidas (direita).

As folhas de madeira de faia cosidas foram usadas apenas nas faces do assento e encosto. No seu interior foram usadas folhas de fuma, que tal como as folhas de madeira de faia foram cortadas em tiras e posteriormente cosidas pelo mesmo processo. Posto isto, foi colocada uma folha de madeira de faia cosida a servir de base, sendo acrescentadas folhas de fuma impregnadas com uma cola formada por resina+catalisador+farinha. As folhas de fuma foram sobrepostas por cima da folha de faia e de forma intercalada, ou seja, com os veios orientados ora na horizontal ora na vertical de modo a dar uma maior resistência ao assento e encosto

(Figura 6.37). Se porventura as folhas de fuma fossem dispostas com os veios sempre na mesma orientação o assento e o encosto ficariam flexíveis.

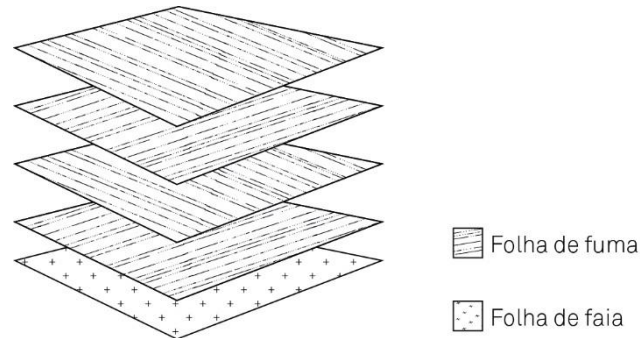


Figura 6.37 – Esquema representativo da orientação dos veios das folhas de fuma.

Tanto para o encosto como para o assento foram colocadas 7 folhas de fuma de 1,5mm de espessura. Após a última folha de fuma foi colocada por cima uma folha de madeira de faia cosida (Figura 6.38 e Figura 6.39).

O facto de o número de folhas de fuma utilizadas quer para o encosto quer para o assento ser em número ímpar não é mera coincidência. Tal permite que a face superior e inferior fiquem casadas, ou seja, com a mesma orientação dos veios permitindo assim evitar empenos.



Figura 6.38 – Processo de impregnação das folhas de fuma (esquerda), a sua sobreposição sobre a folha de madeira de faia cosida (centro) e a colocação da segunda folha de madeira de faia cosida sobre as folhas de fuma (direita).



Figura 6.39 – Aglomerado de folhas de fuma e de madeira de faia resultante da sua sobreposição.

Posteriormente este ‘aglomerado’ de folhas de fuma e de madeira de faia foi colocado na prensa hidráulica, nomeadamente nos três moldes de alumínio: dois para o assento e um para o encosto. O molde do encosto tem a particularidade de produzir dois encostos de uma só vez, permitindo que a produção de assentos e encostos seja realizada sempre aos pares, dois assentos e dois encostos por ciclo. Uma vez colocados sobre os moldes a prensa hidráulica foi fechada, compactando o ‘aglomerado’ de folhas de fuma e de madeira de faia durante 7 minutos a uma pressão de 150 bars e com os moldes aquecidos entre 90°C a 95°C (Figura 6.40).



**Figura 6.40** – Colocação do “aglomerado” de folhas de fuma e de madeira de faia no interior dos moldes e fecho da prensa hidráulica.

Após o fim do ciclo foram retirados os assentos e encostos na sua forma em bruto (Figura 6.41). Após cada prensagem, devido à libertação de alguma da cola, os moldes foram limpos para evitar imperfeições nos próximos assentos e encostos a serem prensados.

Retirado o assento e encosto foi necessário proceder ao seu corte e furação. O assento foi furado e recortado na máquina CNC de madeiras (Figura 6.42). Já o encosto foi recortado na serra de fita ao invés do copiador/fresador de madeiras, como acontece na produção em cadência, porque para tal é necessário um molde, não se justificando para o protótipo. A furação do encosto foi depois realizada na máquina multifuradora (Figura 6.43).



**Figura 6.41** – Forma em bruto do assento e encosto após a prensagem.



**Figura 6.42** – Recorte e furação do assento.



**Figura 6.43** – Furação do encosto.

Por fim seguiu-se o processo de acabamento. Inicialmente todas as arestas foram lixadas e quebradas na lixadora e, quando necessário, o contorno do encosto e do assento foram

retocados (Figura 6.44). Para finalizar procedeu-se ao envernizamento e polimento do encosto e do assento.



Figura 6.44 – Acabamento do assento: processo de lixagem.

#### 6.2.1.3.2. Serralharia

Na produção dos três componentes metálicos do protótipo da cadeira Dual\_Step, ora foram utilizados os mesmos processos produtivos da produção em cadência, ora foram utilizados processo mais tradicionais porque não se justificava o investimento em ferramentas, gabarits de furação e soldadura e outros exclusivamente para a produção de um protótipo.

Este processo iniciou-se com a produção da *estrutura do encosto*. Dado o facto de este componente ser em tubo de 20mm de diâmetro e de ainda se encontrar em fase de aquisição a ferramenta para tubo de 20mm de diâmetro para a máquina CNC de dobrar tubo, recorreu-se à máquina manual de dobrar tubo. Ao contrário da máquina CNC em que para determinado diâmetro de tubo tem de ser usada ferramenta específica de acordo com esse diâmetro, a máquina manual permite uma maior liberdade, na medida em que foi usado um mandril de 14mm diâmetro e uma mordaza, carril e matriz de 22mm diâmetro (Figura 6.45).

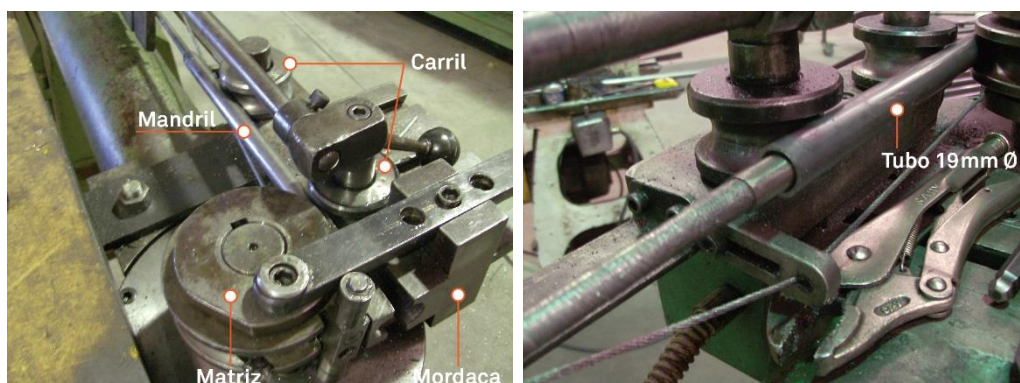


Figura 6.45 – Disposição e designação da ferramenta de dobragem de tubo da máquina manual (esquerda) e aplicação da ferramenta na dobragem de tubo de 19mm de diâmetro (direita).

Procedeu-se, portanto, a testes iniciais de calibração da máquina de acordo com o diâmetro do tubo e a ferramenta utilizada, batentes e ângulos do componente (Figura 6.46).



Figura 6.46 – Afiinação do ângulo de dobragem e testes de dobragem.

Com a máquina calibrada realizou-se o corte do tubo no serrote elétrico de fita circular (Figura 6.47).



Figura 6.47 – Corte do tubo à medida no serrote elétrico de fita circular.

De seguida o tubo foi dobrado de modo a obter-se a forma de um U. Consequentemente seguiu-se um processo de verificação das medidas do tubo dobrado, confirmando se estas estavam em conformidade com o desenho técnico (Figura 6.48).



Figura 6.48 – Introdução do tubo no mandril, processo de dobragem e verificação das medidas da peça dobrada.

Dobrado o tubo na forma de um U seguiu-se o processo de prensagem de modo a obter-se a curvatura para receber o encosto. Recorrendo ao molde da linha CMM montado no balancé

foi efetuada a prensagem ao qual se procedeu a uma nova verificação das medidas da peça (Figura 6.49).



Figura 6.49 – Processo de prensagem da *estrutura do encosto* – introdução da peça no molde, fecho do molde e abertura do molde – e verificação das medidas após a prensagem.

Por último realizou-se a abertura de furos, tanto para fixar o encosto como para receber o perno do mecanismo de regulação da cadeira. Ao contrário da produção em cadência na qual são utilizados gabarits para furação das peças no balancé, por se tratar de um protótipo as furações foram feitas de um modo mais artesanal. Inicialmente o tubo foi riscado de modo a obter-se a linha mediana. Sobre essa linha foi então marcada a posição dos furos respeitando as cotas de posicionamento. Determinada a posição dos furos foi realizada sobre estes uma pequena picagem com um ponteiro, de modo a facilitar o processo de furação na máquina furadora de coluna ao garantir o posicionamento correto da broca evitando que esta resvale (Figura 6.50).

Para ultimar a produção da *estrutura do encosto*, o furo que recebe o perno do mecanismo de regulação da cadeira sofre um último processo correspondente à abertura de rosca com recurso a um macho (Figura 6.51).



Figura 6.50 – Processo de furação da estrutura do encosto.



Figura 6.51 – Abertura de rosca com macho.

Terminada a *estrutura do encosto* iniciou-se a produção dos subcomponentes da *estrutura do assento*: o *encaixe assento* e o *suporte assento*. O *encaixe assento*, com um diâmetro de 20mm tal como a *estrutura do encosto*, foi dobrado na máquina manual de dobrar tubo. Seguiu-se um processo de calibragem do ângulo e dos batentes. Uma vez finalizada a calibragem procedeu-se ao corte do tubo no serrote elétrico de fita circular, à sua dobragem e verificação das medidas da peça dobrada (Figura 6.52).



Figura 6.52 – Verificação do ângulo da peça dobrada.



Obtida a peça dobrada foi necessário abrir o furo onde será colocado o pino-mola que permitirá o bloqueio da posição da cadeira nos vários tamanhos, recorrendo-se exatamente ao mesmo processo descrito na produção da *estrutura do encosto* (Figura 6.53).



Figura 6.53 – Processo de furação do *encaixe assento*.

Por último foi realizado um corte oblíquo numa das extremidades da peça recorrendo-se também a um processo artesanal. A peça foi fixa num torno de bancada num ângulo de acordo com o desenho técnico. Seguiu-se a marcação do ângulo de corte e através da rebarbadora foi realizado o corte. Ressalva-se que para a produção do protótipo este tipo de abordagem era aceitável salvaguardando, no entanto, que na produção em cadência será utilizada obrigatoriamente uma outra abordagem (Figura 6.54).



Figura 6.54 – Corte oblíquo numa das extremidades do *encaixe assento*.

O *suporte assento*, em tubo de 25mm de diâmetro, foi dobrado na máquina CNC (Figura 6.55).

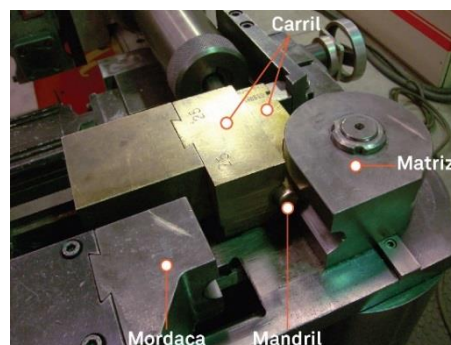


Figura 6.55 – Disposição e designação da ferramenta de dobragem de tubo da máquina CNC.



Obtida a peça dobrada foram realizados os furos para fixação do assento e para a passagem do perno e espaçador de nylon do mecanismo de regulação da cadeira, pelo mesmo processo já descrito.

Por fim foi necessário abrir os rasgos no qual irão correr os espaçadores de nylon. A abertura dos rasgos, em forma de ovo longo, foi executada primeiro com a abertura de um furo em cada extremidade do rasgo. Posteriormente foram marcadas as duas linhas de tangência entre os furos que servirão de guia para o corte com a rebarbadora. Após o corte procedeu-se à limagem das arestas resultantes. Por se tratar de um protótipo recorreu-se a este tipo de ferramenta e processo pois não faria sentido investir já na ferramenta para o balancê descrita no Subcapítulo 6.2 (Figura 6.58).



Figura 6.58 – Processo de abertura dos rasgos no *suporte assento* e no qual irão correr o espaçador de nylon que permitirão a regulação da cadeira.

Seguiu-se a produção dos subcomponentes da *estrutura base: base e encaixe da base*. A *base*, em tubo de 25mm de diâmetro, foi dobrada na máquina CNC. Tal como no *encaixe assento* foram introduzidos os dados respeitantes às dimensões da peça, realizados testes iniciais e efetuadas as correções aos parâmetros introduzidos até se obter as dimensões da peça desejadas. Calibrada a máquina CNC procedeu-se ao corte do tubo no serrote elétrico de fita circular, à sua dobragem e verificação das medidas da peça dobrada (Figura 6.59).

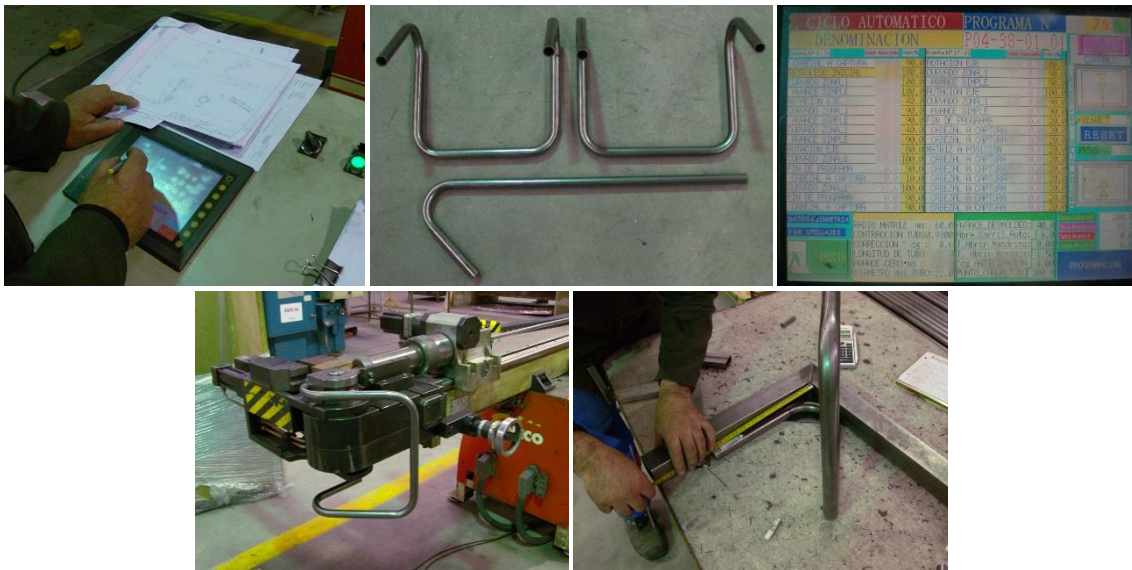


Figura 6.59 – Introdução das dimensões da base na interface da máquina CNC de dobrar tubo, testes realizados para a obtenção das dimensões corretas, programa final de dobragem, processo de dobragem da base e verificação das medidas da peça dobrada.

Obtida a peça dobrada foram realizados os furos tanto para a fixação dos apoios ao solo, como os furos posicionais para o bloqueio da posição da cadeira através do pino-mola (Figura 6.60).



Figura 6.60 – Processo de furação da base.

O *encaixe base* era o único subcomponente que não necessitava de qualquer dobragem. Como tal procedeu-se ao corte do tubo de aço no serrote elétrico de fita circular de acordo com as especificações do desenho técnico, sendo posteriormente realizada uma verificação das medidas/ângulos da peça cortada (Figura 6.61).

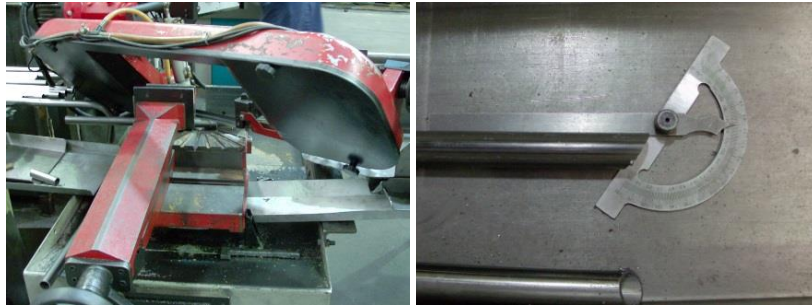


Figura 6.61 – Corte do tubo no serrote elétrico de fita circular e verificação das medidas do subcomponente *encaixe base*.

Seguiu-se a abertura de meia-cana numa das extremidades do tubo recorrendo ao esmeril, que é utilizado frequentemente para este tipo de operações em protótipos. Após esta operação foi realizada nova verificação das medidas da peça (Figura 6.62).



Figura 6.62 – Abertura de meia cana numa das extremidades do *encaixe base* e verificação das medidas.

Por fim foi realizada a abertura do rasgo no qual irão correr os espaçadores de nylon (Figura 6.63).



Figura 6.63 – Processo de abertura dos rasgos no *encaixe base*, no qual irão correr o espaçador de nylon que permitirão a regulação da cadeira.

Com a finalização da produção dos subcomponentes da *estrutura base* e da *estrutura do assento* (Figura 6.64) foi realizada a soldadura desses mesmos subcomponentes através de soldadura MIG, utilizando como gás de proteção uma mistura de CO<sub>2</sub>/Ar.



Figura 6.64 – Subcomponentes da cadeira Dual\_Step sendo posicionados para o processo de soldadura a MIG.

Ao contrário da produção em cadência na qual são usados gabarits de soldadura que garantem o posicionamento das peças, na soldadura dos subcomponentes deste protótipo foram usados processos mais simples, como um segundo operador a garantir o posicionamento das peças, um nível de bolha, entre outros. Assim, para garantir o correto posicionamento dos subcomponentes da *estrutura base* e da *estrutura do assento* foi inicialmente dado apenas um pingo de solda. Seguiu-se uma verificação das medidas e realizadas algumas correções. Posteriormente foi então realizada uma solda contínua seguida de uma nova verificação das medidas (Figura 6.65 e Figura 6.66).



Figura 6.65 – Processo de soldadura dos subcomponentes da *estrutura base*.



Figura 6.66 – Processo de soldadura dos subcomponentes da *estrutura do assento*.

Com a finalização do processo de soldadura a cadeira foi montada permitindo verificar que não havia necessidade de correções (Figura 6.67), estando por isso pronta para ser enviada para a linha de pintura para o acabamento final.



Figura 6.67 – Estrutura base, estrutura do assento e estrutura do encosto assembled após a soldadura.

Todo este processo de produção do protótipo 1 da cadeira Dual\_Step na serralharia ficou registado na respetiva folha da Requisição Interna (Figura 6.68).

UZ UJ UP

**NAUTILUS**  
THE FUTURE IS EDUCATION

**Requisição Interna**

Protótipo  Gabarit   
 Amostra  Equipam

**Designação** Dual Step AA02 a AA04 [P04-38]      **Qtd.** 1+1      **Data Conclusão** 09-03-2015

Obs: Consultar DESENHO TÉCNICO  
Norma EN 1729-1:2006:E

**Desenho**

**Matéria-Prima/Componentes**

Código	Descrição	Qtd. TOTAL	Qtd. UNID	Data
	Ø 20 x 2	2	1	03/03/15
	Ø 20 x 2	4	2	03/03/15
	Rec. n.º 75 Ø 25 x 2	2	1	03/03/15
	n.º 76 Ø 25 x 1			

*Soldar: 10mm*

**Operações** *FURAR / ABRIR BARRA - (2 horas)*

Descrição	Operador	Tempo TOTAL	Tempo UNID	Data
CORTE Ø 10 x 2 e/	22	1 mm	30 Seg	03/03/15
CORTE Ø 20 x 2 e	22	2 mm	1 mm	03/03/15
DOBRAR esta estrutura	22	3 mm	1,5 mm	03/03/15
assento encosto	22	3 mm	7,5 seg	03/03/15
BASE CADUCA corte	22	1 mm	30 seg	03/03/15
DOBRAR corte	22	3 mm	1,5 mm	03/03/15
BASE ASSENTO	22	2 mm	1 mm	03/03/15

**Data emissão** 23-02-2015      **Data conclusão** 10/03/15

**Validação**

(Carlos R.) Produção      (Maria J.) Qualidade      (Pedro Brás) Dir. Industrial      (Nitec) Desenvolvimento      Outros

*Vitor Correia*

Figura 6.68 – Requisição Interna da produção do protótipo 1 da cadeira Dual\_Step preenchida.

#### 6.2.1.3.3. Pintura

A linha contínua de pintura eletrostática com pó Epóxi, sediada na unidade industrial de Castelo de Paiva, contempla 4 fases:

1. Tratamento da superfície;
2. Secagem;
3. Pintura eletrostática por pulverização a pistola;
4. Cura.

A duração total do processo varia conforme a área de superfície a pintar, mas nunca é inferior a 1 hora.

Inicialmente o operador colocou as peças a pintar no transportador que percorre toda a linha de pintura. As peças dirigiram-se depois ao primeiro túnel onde ocorreu a 1ª fase do processo. O tratamento superfície da peça é constituída por 3 etapas: desengorduramento, fosfatação e passivação.

O desengorduramento da peça consiste na remoção de todo o tipo de contaminações, como resíduos de óleos, poeiras e sujidade proveniente das operações de manufatura, para a obtenção de uma superfície limpa e isenta de impurezas. Segue-se depois a fosfatação que consiste na adição de uma camada de fosfato à superfície metálica. Esta camada de fosfato inibe processos corrosivos e constitui uma excelente base para a pintura em virtude da sua rugosidade. Por fim, e uma vez que a camada de fosfato apresenta um certo grau de porosidade, ocorre a passivação cujo objetivo é selar essas mesmas porosidades existentes na camada de fosfato (Figura 6.69).



Figura 6.69 – Peças a saírem do túnel onde é realizado o tratamento da superfície.

Após o tratamento da superfície as peças dirigiram-se para o 2º túnel onde foi realizada a secagem e na qual toda a humidade da superfície que possa formar bolhas e prejudicar a pintura foi eliminada (Figura 6.70).





Figura 6.70 – Peças a entrar no túnel de secagem após o tratamento da superfície.

A 3ª fase contempla o processo de pintura eletrostática em pó epóxi através de pulverização a pistola. Eletrostática porque se baseia na atração de cargas eletrostáticas opostas, positiva e negativa. Dentro da pistola a tinta em pó é carregada electrostaticamente com carga oposta à da peça, fazendo com que a tinta quando pulverizada seja atraída pela peça [95].

As peças a pintar passaram por entre dois operadores, que munidos de pistolas de pulverização eletrostática pulverizaram o pó sobre as peças cobrindo a sua superfície (Figura 6.71). A empresa utiliza o sistema de cores RAL<sup>6</sup>, tendo sido o protótipo pintado com a cor RAL 9006.



Figura 6.71 – Peças a entrar na cabine de pintura onde dois operadores munidos com pistolas de pulverização eletrostática pulverizam a tinta em pó sobre as peças, cobrindo a sua superfície.

De seguida, as peças cobertas com a tinta em pó saíram da cabine de aplicação para a estufa de polimerização, dando início à 4ª e última fase do processo. A tinta foi curada entre os 180°C e os 200°C para atingir as melhores características físicas e químicas. O processo de cura teve a duração de 12 minutos (Figura 6.72).

Após a cura da tinta em pó as peças foram recolhidas pelo operador estando prontas para se proceder à montagem.

---

<sup>6</sup> RAL é um sistema de cores usado na Europa para vernizes, revestimento em pó e plásticos. O sistema de cores RAL pode ser consultado em <http://www.ralcolor.com>



Figura 6.72 – Peças a saírem da estufa de polimerização após o processo de cura da tinta em pó.

#### 6.2.1.3.4. Montagem

Com a produção da cadeira finalizada procedeu-se à sua montagem, que além dos componentes produzidos na empresa, *assento, encosto, estrutura base, estrutura do assento e estrutura do encosto*, inclui componentes subsidiários comprados a fornecedores, como rebites de repuxo de alumínio, apoios ao solo, tapa-topo, elementos de amortecimento, parafusos, espaçadores de nylon e pino-mola (Figura 6.73).



Figura 6.73 – Componentes do protótipo 1 da cadeira Dual\_Step.

Iniciou-se a montagem com a rebitação dos apoios ao solo na *estrutura base*, por meio de um rebitador pneumático<sup>7</sup>. Seguiu-se a introdução dos pinos-mola no *encaixe assento* e os tapa-topos no *suporte assento*. Posteriormente foi realizada a montagem das estruturas com a montagem do mecanismo de regulação, constituído pelo perno e espaçador de nylon com rosca. Por fim, o assento, o encosto e os elementos de amortecimento são rebitados às

<sup>7</sup> Nos links abaixo são disponibilizadas informações sobre a rebitação e rebitador pneumático.  
<http://www.essel.com.br/cursos/material/01/ElementosMaquinas/aula3.pdf>  
<https://www.youtube.com/watch?v=PJ3ki81-1q0>  
[http://www.bosch.com.br/br/ferramentas\\_pneumaticas/produtos/downloads/975\\_ManualPneumatica\\_SPW.pdf](http://www.bosch.com.br/br/ferramentas_pneumaticas/produtos/downloads/975_ManualPneumatica_SPW.pdf)

respetivas estruturas (Figura 6.74) finalizando o processo de montagem e obtendo-se o protótipo 1 da cadeira Dual\_Step (Figura 6.75 e Figura 6.76).



Figura 6.74 – Montagem do protótipo 1.



Figura 6.75 – Protótipo 1 da cadeira Dual\_Step.



Figura 6.76 – Protótipo 1 da cadeira Dual\_Step alternando nos 3 tamanhos.

#### 6.2.1.4. Testes e Avaliação

Concluída a montagem procederam-se a testes ao protótipo para avaliar o seu comportamento e assim perceber se havia necessidade de se realizarem alterações, modificações e melhorias.

Após vários movimentos de regulação da cadeira, alternando entre os diferentes tamanhos, verificou-se a existência de atrito entre as estruturas. Além deste atrito, constatou-se ainda que após algumas regulações da cadeira a pintura, quer da *estrutura do encosto* quer da

*estrutura do assento*, começou a ficar riscada devido ao contacto que inevitavelmente acontecia com a *estrutura base* (Figura 6.77). Face a estas inconformidades era necessário desenvolver uma solução que permitisse uma regulação com o menor atrito possível, assim como um modo de evitar riscos na pintura aquando dessa mesma regulação.



**Figura 6.77** – Testes efetuados ao movimento de regulação da cadeira. Além do atrito existente, a pintura começou a ficar riscada na *estrutura do encosto* e *estrutura do assento*.

Constatou-se ainda que o uso do sistema pino-mola como mecanismo para bloquear a posição da cadeira no tamanho desejado, não foi de todo o mais acertado ao levantar questões de usabilidade. Não era possível ‘trabalhar’ simultaneamente os dois pinos-mola, incorporados no *encaixe assento* da *estrutura do assento*, para regular a cadeira.

Para se proceder à regulação da cadeira de um tamanho para outro era necessário empurrar um dos pinos para dentro com a ponta do dedo de modo a libertá-lo do furo de bloqueio na *base*. Esta operação nem sempre era fácil que devido à espessura de 2mm do tubo da *base* obrigava a que o pino tivesse que ser empurrado com a ponta do dedo, o que ao fim de algumas operações originava o surgimento de dores (Figura 6.78).



**Figura 6.78** – Operação para empurrar o pino-mola de modo a libertá-lo do furo de bloqueio. Devido à espessura de 2mm do tubo da *base*, onde se encontram os furos de bloqueio, era necessário empurrar o pino com a ponta do dedo.

Para evitar que assim que fosse retirada a força aplicada ao pino este volta-se a coincidir com o furo da *base*, de onde fora empurrado, foi necessário ‘forçá-lo’ a descer ou a subir

dependendo do movimento de regulação que se pretendia, movimentando ligeiramente o *encaixe base* no qual se encontra incorporado o pino (Figura 6.79).

Seguidamente foi repetido o mesmo processo para o outro pino. O mais difícil nesta operação era conseguir que ambos os pinos não retornassem à sua posição inicial, bloqueando a regulação da cadeira e obrigando a uma repetição do processo. Conseguido que os dois pinos saíssem da posição de bloqueio, bastava proceder à regulação da cadeira até que os pinos-mola encontrassem os furos de bloqueio seguintes (Figura 6.80).

Com estes resultados era necessário repensar um novo sistema de bloqueio da posição da cadeira nos vários tamanhos.



**Figura 6.79** – Após empurrar o pino-mola é necessário ‘forçá-lo’ de modo a não coincidir com o furo de bloqueio de onde fora empurrado.



**Figura 6.80** – Com os pinos-mola retirados do furo de bloqueio de onde foram empurrados, procede-se à regulação da cadeira até que os pinos-mola encontrem os furos de bloqueio seguintes.

Relativamente à solução do mecanismo de regulação adotado, um perno M5 roscado nas paredes do tubo da *estrutura do encosto* com um espaçador de nylon com rosca, esta foi uma aposta ganha, necessitando apenas de algumas melhorias e afinações. O espaçador de nylon não podia conter rosca porque, caso contrário, como se observou, ficava bloqueado em vez de rodar sobre o perno dificultando o movimento de regulação da cadeira. Este bloqueio do espaçador é justificado com a existência de atrito entre a rosca do espaçador de nylon e do perno.

Para confirmar as suspeitas de que efetivamente a rosca do espaçador de nylon em conjunto com a rosca do perno criava atrito levando ao seu bloqueio procedeu-se a um pequeno teste. Substituindo o espaçador de nylon com rosca por um espaçador sem rosca, impresso em PLA com recurso à impressora 3D BeeTheFirst (Figura 6.81a), foi possível constatar que este já realizava o movimento de rotação sobre o perno o que ajudava a um movimento mais fluído na regulação da cadeira (Figura 6.81b). No entanto, foi extremamente fácil o espaçador sem rosca sair do perno. Se se virasse a cadeira de lado ou se a colocasse deitada sobre uma mesa, por

exemplo, o espaçador rapidamente saía. Logo, era necessário desenvolver um modo de impedir a saída do espaçador de nylon sem rosca do perno.



Figura 6.81 – Impressão 3D em PLA dos espaçadores sem rosca (a) e a sua incorporação no mecanismo de regulação para a realização de testes de melhoria do movimento de rotação do espaçador (b).

Para testar a resistência do mecanismo de regulação, assim como do protótipo em si, a cadeira foi submetida a uma carga de 70 Kg, com um indivíduo a subir para cima do assento. Numa primeira fase o indivíduo esteve estático e posteriormente, através de movimentos rápidos, começou a levantar os calcanhares colocando-se em bicos de pé e retornando de seguida à posição inicial, oscilando sobre a cadeira. Através deste teste foi possível atestar a resistência da solução do perno M5 roscado nas paredes da *estrutura do encosto*.

Constatou-se ainda a resistência da *estrutura base*, nomeadamente do seu subcomponente *base*. Devido ao seu ângulo a 45°, quando visto de perfil, levantava algumas preocupações que acabaram por não se verificar demonstrando um baixo efeito mola, isto é, a baixa deformação elástica que ocorria sempre que o assento era submetido a carga (Figura 6.82).



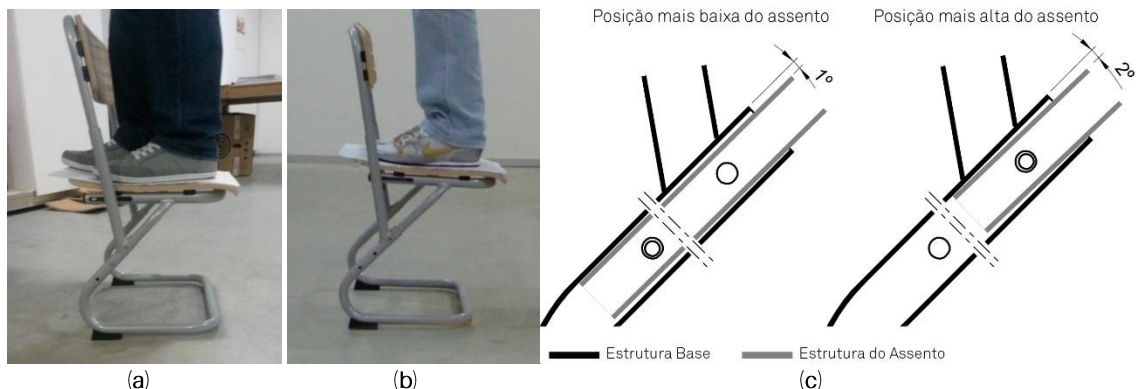
Figura 6.82 – Protótipo 1 submetido a testes de carga com um indivíduo de 70 Kg em cima do assento.

Embora se tenha projetado um assento horizontal, indo de encontro às recomendações ergonómicas, a verdade é que este descaía ligeiramente para a frente, entre 1° a 2°, passando de uma posição horizontal para uma posição inclinada para a frente (Figura 6.83a e Figura

6.83b). Tal é explicado pela folga que existe entre os tubos da *estrutura base* e da *estrutura do assento* os levar a ficarem em contacto um com o outro, em vez de assumirem uma relação de concentricidade. Esta inclinação aumentava ligeiramente quanto maior fosse a altura do assento pelo simples facto de, aliado à explicação anterior, os componentes estarem mais próximos do fim do curso de regulação (Figura 6.83c).

Nesse sentido era necessário compensar a inclinação do assento para a frente, porventura aumentando o ângulo do subcomponente *base* de modo a ter um assento com uma inclinação ligeira para trás, mas que quando submetido a carga assumisse uma posição horizontal.

Por fim, mas não menos importante, a cadeira apresentava uma boa estabilidade conseguida em parte com o uso do apoio ao solo recomendado pelos elementos do NITEC, mas também pela forma equilibrada como os componentes estavam projetados e dimensionados.



**Figura 6.83** – Quando submetida a carga, a cadeira na posição mais baixa apresentava uma ligeira inclinação do assento para a frente (a). Na posição mais alta a inclinação para a frente é acentuada (b). A inclinação é explicada pela folga existente entre os tubos da *estrutura base* e da *estrutura do assento*, sendo a inclinação maior quanto maior é a altura do assento devido ao facto de essas mesmas estruturas estarem mais próximas do fim do curso de regulação (c).

Face aos testes realizados e às respetivas ilações, o protótipo 1 não foi aprovado sendo necessária a resolução dos seguintes problemas:

1. Desenvolver uma solução para evitar a saída do espaçador de nylon sem rosca do perno;
2. Diminuir o atrito entre as estruturas aquando do movimento de regulação;
3. Solucionar o aparecimento de riscos na *estrutura do encosto* e *estrutura do assento* devido ao seu contacto com a *estrutura base* aquando do movimento de regulação;
4. Repensar e desenvolver uma alternativa ao sistema pino-mola como mecanismo de bloqueio da posição da cadeira nos vários tamanhos;

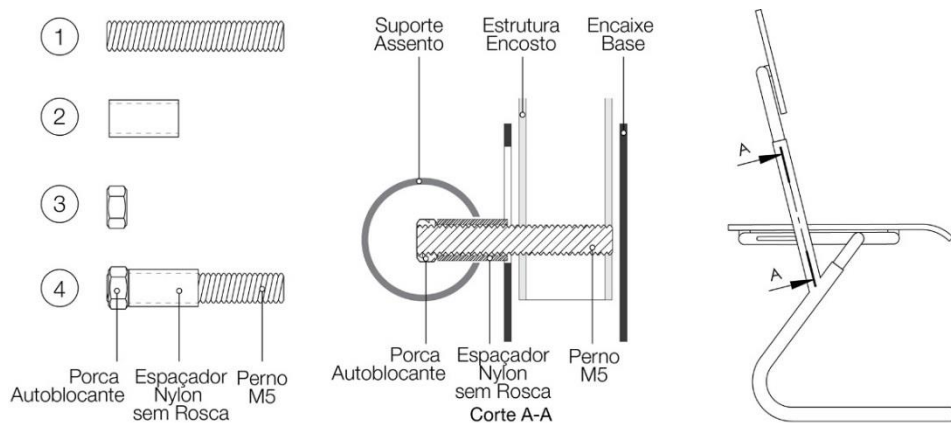
5. Compensar a inclinação do assento para a frente de modo a que este fique horizontal quando submetido a carga.

#### 6.2.1.5. Novas Soluções, Melhorias e Ajustes Adotados

Tendo em conta os problemas levantados durante os testes do protótipo 1 procedeu-se ao desenvolvimento de novas soluções que permitissem resolver esses mesmos problemas. Antes de se avançar para um segundo protótipo e como meio de testar potenciais soluções foram realizadas modificações ao protótipo 1, de modo a obter um feedback sobre essas mesmas soluções. Seguir-se-á uma explanação do trabalho realizado, das soluções desenvolvidas, testadas e aquelas que foram adotadas para o protótipo 2.

##### a) Solução para evitar a saída do espaçador de nylon sem rosca do perno

Uma primeira abordagem para solucionar este problema passou pelo uso de uma porca autoblocante, na extremidade do perno oposta à rosca na *estrutura do encosto*, e após a introdução do espaçador de nylon no perno (Figura 6.84).



**Figura 6.84** – Porca autoblocante como meio de bloquear a saída do espaçador de nylon sem rosca do perno M5 roscado nas paredes do tubo da *estrutura do encosto*.

Porém estava-se a complicar uma solução simples e eficaz. Assim, se ao invés de um perno fosse usado um parafuso de cabeça de queijo sextavado interior conseguia-se bloquear o espaçador de nylon, evitando que este saísse do parafuso com o uso, obtendo-se uma solução eficiente (Figura 6.85).



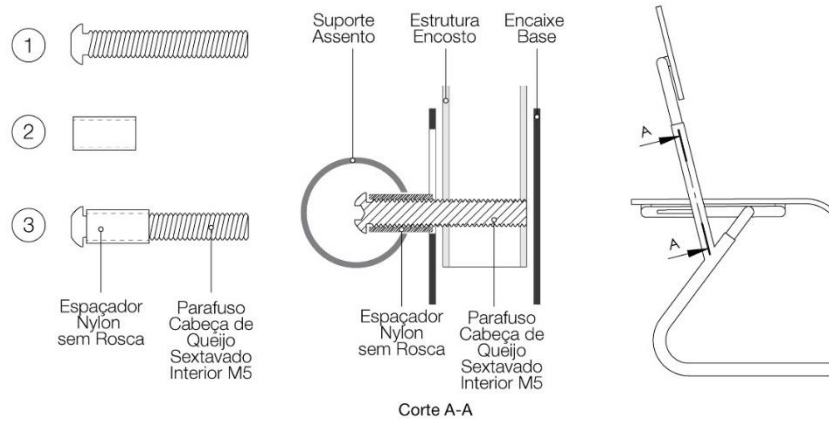


Figura 6.85 – Solução técnica adotada para evitar a saída do espaçador de nylon sem rosca do mecanismo de regulação: parafuso cabeça de queijo sextavado interior M5 roscado diretamente nas paredes do tubo da *estrutura do encosto*, em detrimento do perno M5.

b) Solução para a diminuição do atrito entre as estruturas aquando do movimento de regulação e o aparecimento de riscos na pintura da *estrutura do encosto* e *estrutura do assento*

Um potencial modo de solucionar quer o problema do atrito entre as estruturas, conseguindo uma maior fluência no movimento de regulação da cadeira, quer o aparecimento de riscos na pintura da *estrutura do encosto* e *estrutura do assento* passou pelo uso de casquilhos internos em poliacetal (POM) no topo dos subcomponentes *base* e *encaixe base* da *estrutura base*, como se pode observar na Figura 6.86. O poliacetal tem como propriedades o baixo coeficiente de atrito, boa estabilidade dimensional e baixa absorção de humidade.

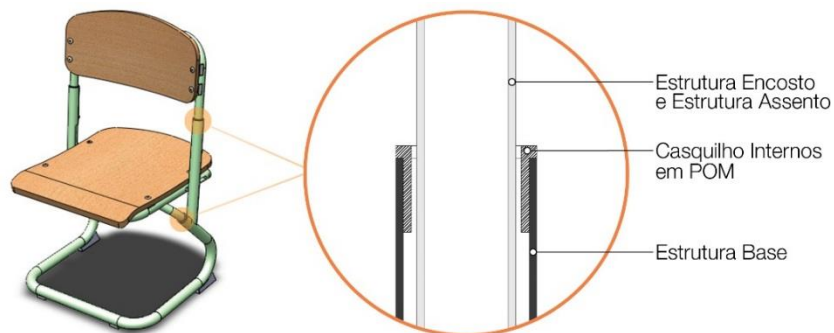


Figura 6.86 – Posicionamento dos casquilhos internos de poliacetal (POM).

O uso desta solução não é nova na empresa, ao ser utilizada num produto atualmente em produção, a mesa ONE, uma mesa regulável através de cilindro a gás (Figura 6.87).

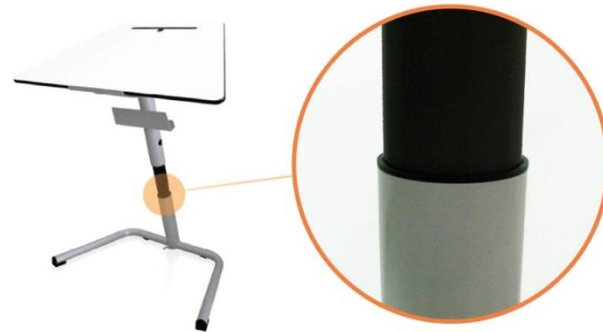


Figura 6.87 – Casquilho em poliacetal da mesa regulável ONE.  
Fonte: Adaptado de NAUTILUS [89].

Numa primeira abordagem, de modo a testar o uso de casquilhos e perceber até que ponto é que estes introduzem as mudanças desejadas no produto, foram impressos 4 casquilhos em PLA com recurso à impressora 3D BeTheFirst para serem utilizados e testados no protótipo 1 (Figura 6.88). Como no protótipo 1 não existia folga suficiente entre tubos para um casquilho interno, foram impressos casquilhos para serem usados externamente (Figura 6.89).

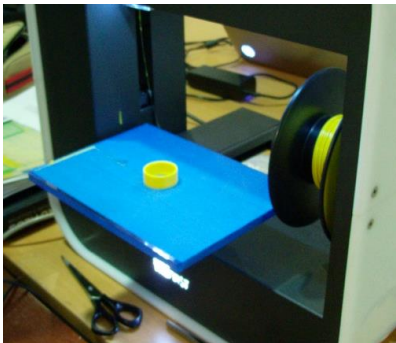


Figura 6.88 – Impressão 3D em PLA dos casquilhos exteriores para serem usados em testes de melhoria ao problema de atrito entre estruturas.

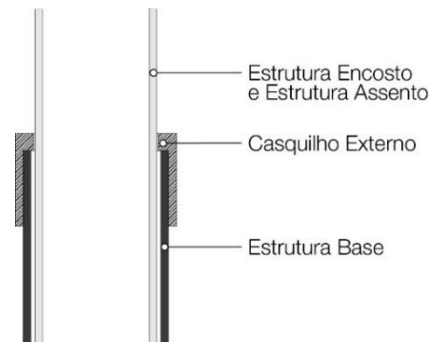


Figura 6.89 – Esquema do uso de casquilhos externos.

Apesar de se ter sentido algum atrito, como era expectável devido ao material dos casquilhos impressos ser em PLA, foi possível observar melhorias na diminuição do atrito entre as estruturas. Observou-se também que com o uso de casquilhos a *estrutura base* e a *estrutura do assento* assumiam uma relação mais próxima da concentricidade pelo que o assento já não descaía tanto para a frente, ficando mais próximo de um alinhamento horizontal tal como pretendido (Figura 6.90).



Figura 6.90 – Testes realizados ao movimento das estruturas na regulação da cadeira já com a incorporação dos casquilhos externos em PLA.

Levando em consideração os resultados obtidos considerou-se que o uso de um casquilho interno em poliacetal traria os resultados desejados porque teria mais área de contacto entre as estruturas, tornando o movimento de regulação ainda mais fluído e com menos atrito. Por um outro lado, é mais discreto do que um casquilho externo.

Neste sentido, e para que seja possível acomodar um casquilho interno, era necessário redefinir os diâmetros e, porventura, espessuras dos tubos. Para que a folga entre os tubos não tivesse que ser demasiado grande, definiu-se que a parede do casquilho seria de 1mm de espessura e a folga entre tubos de 1,5mm. Assim, era possível acomodar o casquilho e garantir a existência de uma ligeira folga de 0,5mm entre o casquilho e as estruturas que se movimentam, a *estrutura do encosto* e a *estrutura do assento* (Figura 6.91).

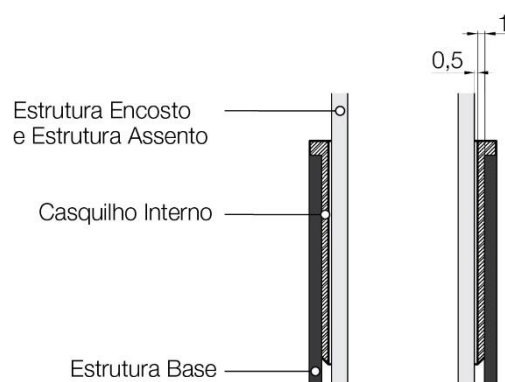


Figura 6.91 – Esquema da espessura do casquilho e folga entre o casquilho e os tubos da *estrutura do encosto* e *estrutura do assento* (unidades em mm).

Se se mantivesse o mesmo diâmetro do tubo da *estrutura do encosto* e do *encaixe assento*, 20mm de diâmetro, e da *estrutura base*, 25mm de diâmetro, obrigava a que este último tivesse uma espessura de apenas 1mm estando completamente fora de questão.

Aumentar o diâmetro do tubo da *estrutura base* não era uma opção devido à ferramenta para dobragem de tubo existente na empresa. Acima de 25mm de diâmetro só existe

ferramenta para tubo de 30, 32 e 35mm de diâmetro, sendo diâmetros demasiado grandes para cadeiras escolares.

Mantendo os 25mm de diâmetro e os 2mm de espessura do tubo da *estrutura base* levaria a que a *estrutura do encosto* e o *encaixe assento* tivessem de ser em tubo de 18mm de diâmetro, ao invés dos atuais 20mm. Além de não haver ferramenta para dobrar tubo de 18mm de diâmetro, os elementos do NITEC consideraram um diâmetro muito reduzido para uma cadeira escolar.

Por tudo isto, apenas uma combinação de diâmetros e espessuras de tubos era possível. Uma *estrutura base* em tubo de 25mm de diâmetro e 1,5mm de espessura conjugado com uma *estrutura do encosto* e *encaixe assento* em tubo de 19mm de diâmetro. Apesar de não existir para a máquina CNC ferramenta para tubo de 19mm de diâmetro, tal operação era passível de ser realizada na máquina manual de dobrar tubo usando a mesma ferramenta utilizada na produção da *estrutura do encosto* no protótipo 1: mandril de 14mm diâmetro e mordaza, carril e matriz de 22mm diâmetro. Sendo a *estrutura do encosto* e o *encaixe assento* peças com dobragens simples tal solução era viável.

Uma preocupação surgiu entre os elementos do NITEC e da Produção com esta solução. Se na *estrutura base*, o subcomponente *base* em tubo de 1,5mm de espessura aliado ao seu ângulo a 45° não iria ceder na zona de dobragem sofrendo uma deformação permanente quando submetido a carga. Isto é, passar do regime elástico para o regime plástico. Aliás, foi esta mesma preocupação que levou a que este subcomponente tivesse uma espessura de 2mm no protótipo 1.

Apesar destas incertezas estabeleceu-se que se deveria testar tal conjugação de diâmetros e espessuras de tubos no protótipo 2. Foram ainda encomendados casquilhos de poliacetal à empresa SOVE<sup>8</sup>, para serem testados no protótipo 2.

### c) Solução alternativa ao sistema pino-mola como mecanismo de bloqueio da posição da cadeira nos vários tamanhos

Face aos problemas que surgiram com o uso do sistema de bloqueio da posição da cadeira com o mecanismo pino-mola foram desenvolvidas e testadas novas soluções na procura de uma alternativa.

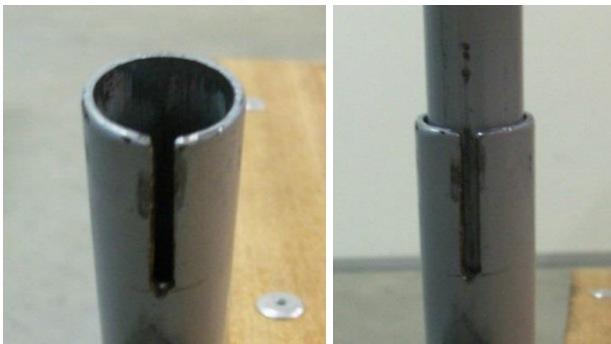
O uso de um aperto rápido, o mesmo usado nos selins das bicicletas, assumia-se como uma boa alternativa, na medida em que introduziria uma melhoria no projeto ao permitir uma regulação contínua ao invés de 'step by step', como acontecia com o pino-mola. Para testar esta

---

<sup>8</sup> SOVE – Sociedade de Vedantes e Máquinas. <http://www.ove.pt/index.php>

solução procedeu-se a uma pequena modificação ao protótipo 1 da cadeira. Da mesma forma que nas bicicletas existe um pequeno rasgo onde é colocado o aperto rápido, para que seja possível proceder ao aperto entre tubos, o mesmo tipo de rasgo foi realizado no protótipo (Figura 6.92).

Após a abertura do rasgo e a incorporação de um aperto rápido constatou-se que esta não seria uma alternativa viável. O aperto rápido quando apertado ao seu limite máximo não era suficiente para bloquear os tubos e assim impedir qualquer movimento entre a *estrutura base*, a *estrutura do assento* e a *estrutura do encosto* (Figura 6.93).



**Figura 6.92** – Rasgo executado no protótipo 1 da cadeira para testar o uso de um aperto rápido como mecanismo alternativo ao pino-mola no bloqueio da posição da cadeira nos vários tamanhos.



**Figura 6.93** – Teste de bloqueio da posição da cadeira através de um aperto rápido.

Com o fracasso do aperto rápido como alternativa ao pino-mola foi repensada uma nova solução, mas que continuasse a permitir uma regulação contínua da cadeira. Através da pesquisa que foi realizada na procura de sistemas de bloqueio surgiu a possibilidade de se testar um manípulo com rosca, como, por exemplo, é usado em estantes de partitura reguláveis e desmontáveis (Figura 6.94).



**Figura 6.94** – Manípulo usado nas estantes de partitura reguláveis e desmontáveis.  
Fonte: Foxtrot [96].

Uma vez mais, para se testar tal solução era necessário proceder a modificações no protótipo 1. Neste sentido foi aberto um furo roscado M5 nos *encaixes base* para poderem receber o manípulo com rosca M5. Enquanto o sistema pino-mola trabalhava na *base* onde corre o *encaixe assento*, o manípulo, por questões de usabilidade, seria testado no *encaixe base* sobre o qual corre a *estrutura do encosto* (Figura 6.95).

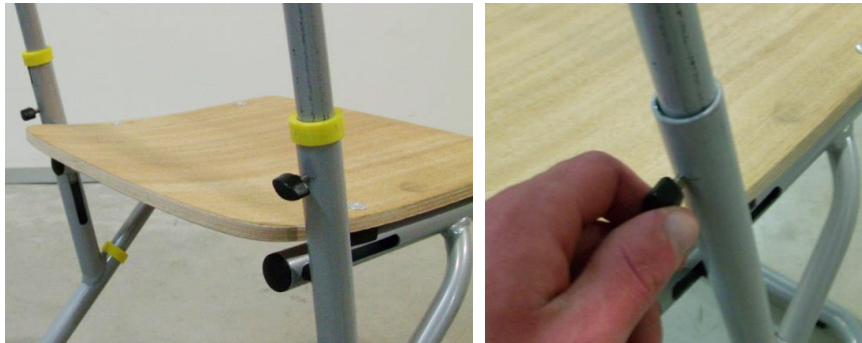


Figura 6.95 – Posicionamento dos manípulos.

Face aos testes realizados foi possível concluir que com o uso dos manípulos a posição da cadeira era bloqueada e o movimento entre as estruturas inexistente, mesmo quando uma pessoa se sentava.

Indo mais longe, para testar a resistência desta solução a cadeira foi submetida a uma carga de 70kg, com um indivíduo a subir para cima do assento. Numa primeira fase o indivíduo esteve estático e posteriormente, através de movimentos rápidos, começou a levantar os calcanhares colocando-se em bicos de pé e retornando de seguida à posição inicial, oscilando sobre a cadeira. Constatou-se que mesmo assim a posição da cadeira continuava bloqueada não se registando qualquer movimento entre as estruturas (Figura 6.96).



Figura 6.96 – Protótipo 1 submetido a uma carga de 70 Kg usando os manípulos como mecanismo de bloqueio da posição da cadeira, em alternativa ao pino-mola.

O único argumento contra esta solução era o facto de se poder retirar facilmente o manípulo, deixando a cadeira inutilizável. Era necessário desenvolver um método de bloquear o manípulo ao *encaixe base*. Todavia, e ainda que se conseguisse bloquear o manípulo ao *encaixe base*, este depois não poderia ir à linha de pintura porque devido às altas temperaturas as partes plásticas do manípulo acabariam por derreter, deixando-o inoperacional.

Apesar destes constrangimentos, a ideia de se utilizar um manípulo não foi totalmente abandonada, mas antes melhorada. Na procura de uma alternativa ao manípulo com partes em plástico surgiu o parafuso de orelhas DIN 316 (Figura 6.97).



Figura 6.97 – Parafuso de orelhas DIN 316.  
Fonte: Fasten [97].

Com uma alternativa válida ao manípulo era necessário desenvolver um modo eficaz e eficiente de bloquear o parafuso de orelhas ao *encaixe base*. Após um brainstorming com elementos do NITEC e da Produção foi então possível desenvolver uma solução simples e capaz em termos técnicos e produtivos, recorrendo apenas a uma porca. Esta solução é descrita do seguinte modo:

1. A porca é introduzida no parafuso de orelhas (Figura 6.98a);
2. Com recurso a um martelo a extremidade do parafuso de orelhas é amassada o suficiente para evitar a saída da porca (Figura 6.98b);
3. No *encaixe base* é aberto um furo com um diâmetro suficiente para permitir a entrada da extremidade amassada do parafuso de orelhas (Figura 6.98c);
4. O parafuso de orelhas, que contém a porca, é colocado sobre o furo do *encaixe base* e a porca é depois soldada a este (Figura 6.98d);
5. A porca irá funcionar como um batente evitando a saída do parafuso de orelhas. Já o furo no *encaixe base* servirá para recolher a ponta amassada do parafuso de orelhas, permitindo um movimento entre estruturas aquando da regulação da cadeira sem qualquer elemento a bloquear ou a dificultar o processo (Figura 6.98e).

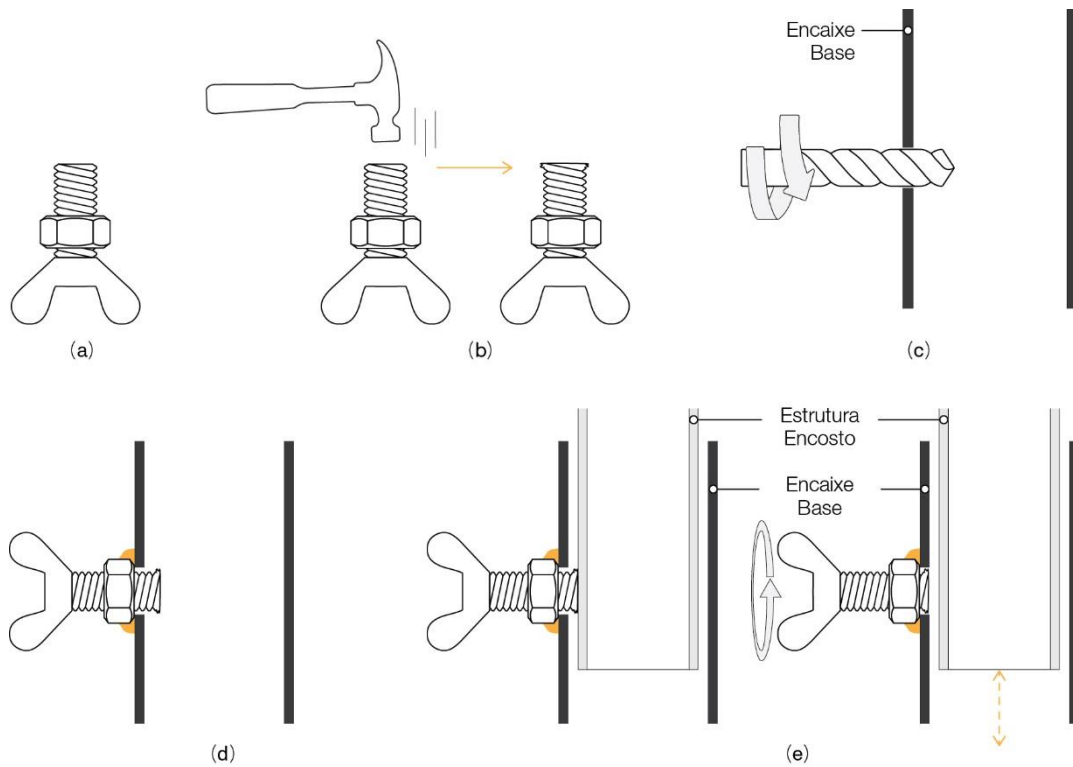


Figura 6.98 – Esquematização passo a passo da solução para bloquear a saída do parafuso de orelhas do *encaixe base*.

Teoricamente esta era uma boa solução sendo necessária a sua validação. Como tal procedeu-se a modificações no protótipo 1 de modo a incorporar e testar a solução, como é possível observar na Figura 6.99.

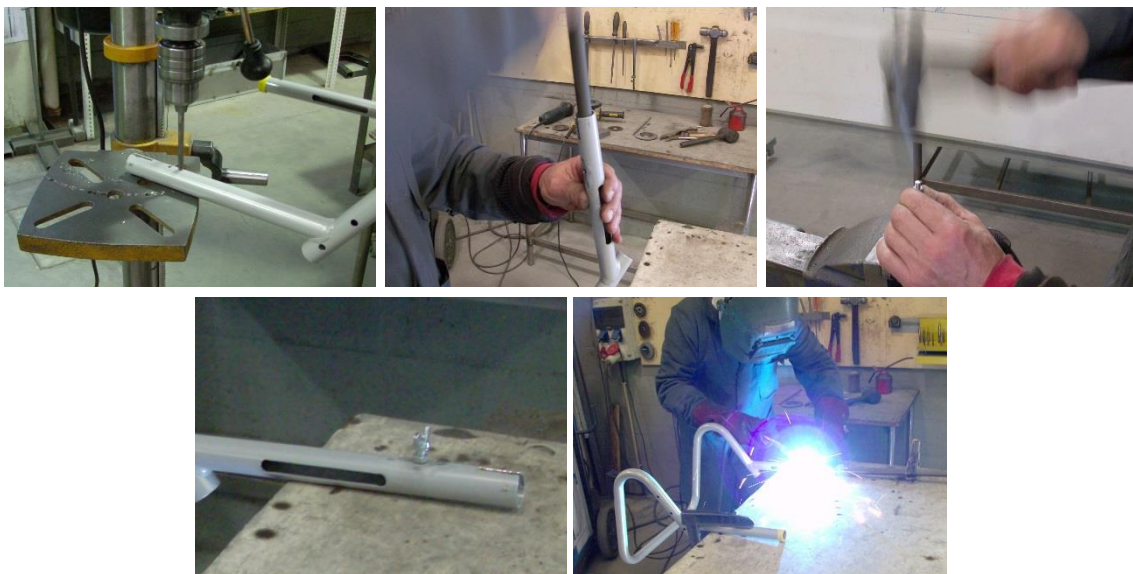


Figura 6.99 – Execução da solução desenvolvida para bloquear a saída do parafuso de orelhas.



Com os testes que se seguiram conclui-se que com o parafuso de orelhas, tal como com o manípulo, o movimento entre estruturas era bloqueado. Conclui-se ainda que a solução adotada para impedir a saída do parafuso de orelhas funcionava como era expectável.

Em termos técnico-funcionais esta era uma excelente solução, no entanto em termos estéticos o mesmo já não se poderia dizer. O parafuso de orelhas destacava-se da estrutura e as dimensões das abas eram exageradas para as dimensões da cadeira, desequilibrando em termos formais (Figura 6.100).



Figura 6.100 – Testes de bloqueio da posição da cadeira através do uso do parafuso de orelhas e da solução desenvolvida para bloquear a saída do parafuso de orelhas.

A alternativa ao parafuso de orelhas surge inesperadamente e fora de contexto. Devido a uma avaria na impressora 3D BeTheFirst, a mesma que fora utilizada para imprimir o espaçador sem rosca e os casquilhos externos, foi necessário abri-la para efetuar a reparação. Tal permitiu observar a existência de um parafuso serrilhado que não necessita de ferramentas para ser apertado ou desapertado, bastando para isso o simples uso dos dedos (Figura 6.101). Assim, como alternativa ao parafuso de orelhas surgiu o parafuso serrilhado DIN 653 (Figura 6.102).

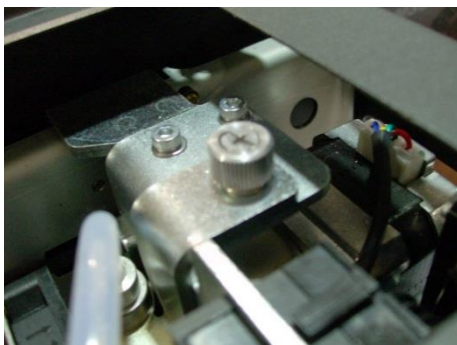


Figura 6.101 – Parafuso serrilhado usado na impressora 3D BeTheFirst.



Figura 6.102 – Parafuso serrilhado DIN653.  
Fonte: Ganter Griff [98].

Posto isto, procedeu-se a modificações ao protótipo 1 para poder ser testado e validado (Figura 6.103).



Figura 6.103 – Aplicação do parafuso serrilhado como alternativa ao parafuso de orelhas.

Tal como o parafuso de orelhas, o parafuso serrilhado apresentava o mesmo comportamento, ou seja, a posição da cadeira era bloqueada e o movimento entre as estruturas impedido, mas contrariamente a este era esteticamente irrepreensível com dimensões mais harmoniosas e equilibradas (Figura 6.104).

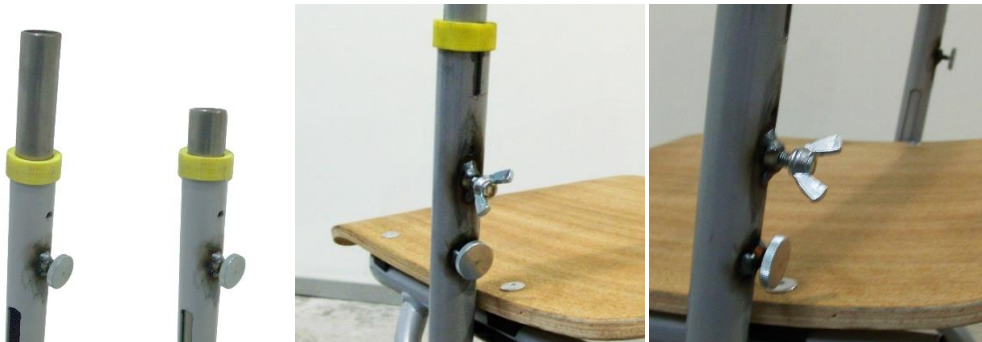


Figura 6.104 – Testes de bloqueio da posição da cadeira através do uso do parafuso serrilhado e comparação entre parafuso serrilhado e parafuso de orelhas.

Foi ainda definido qual o comprimento do parafuso. Para tal, foram testados 3 comprimentos. Com um parafuso de 10mm, quando apertado e consequentemente bloqueando o movimento entre as estruturas, a cabeça ficava muito próxima da estrutura interferindo com a usabilidade do mesmo. Com o parafuso de 16mm acontecia o oposto, ou seja, quando apertado a cabeça do parafuso ficava a uma distância demasiado grande da estrutura. O meio-termo foi alcançado com o parafuso de 12mm de comprimento.

Esta solução apresentava-se como um boa alternativa ao pino-mola sendo por isso incorporada no protótipo 2.

- d) Compensar a inclinação do assento para a frente de modo a que este fique horizontal quando submetido a carga.

Apesar de com o uso dos casquilhos a *estrutura base* e a *estrutura do assento* assumirem uma relação mais próxima da concentricidade, tal não era suficiente para que o assento ficasse horizontal, tal como era pretendido. Não obstante, com a mudança da espessura do tubo da *estrutura base* de 2mm para 1,5mm o efeito mola seria maior pelo que a inclinação do assento para a frente seria agravada quando o assento fosse submetido a carga, como por exemplo, quando uma criança se sentasse.

Por tudo isto, e para que o assento assumisse um alinhamento horizontal quando uma criança se sentasse, a solução passou por alterar a inclinação do assento. Com o aumento do ângulo da *base* de  $45^\circ$  para  $48^\circ$ , o assento passava a ter uma inclinação para trás de  $3^\circ$  quando não se encontrava submetido a carga (Figura 6.105a).

Porém, quando submetido a carga assumiria um alinhamento horizontal devido ao efeito mola da *estrutura base* e do fenómeno da folga existente entre o casquilho e a *estrutura da assento* levando este último a cair ligeiramente para a frente (Figura 6.105b).

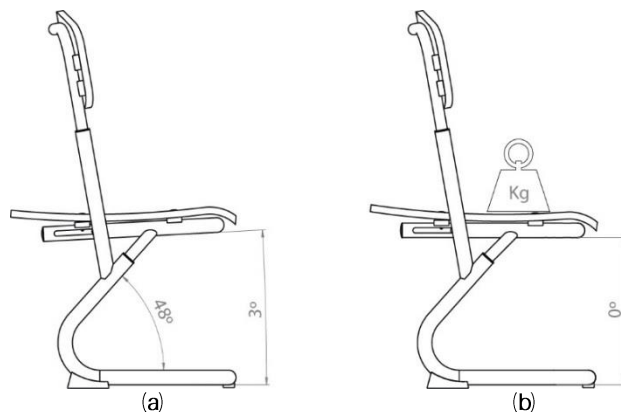


Figura 6.105 – Com o assento com uma inclinação para trás em  $3^\circ$  (a), este assumirá um alinhamento horizontal quando submetido a carga devido ao efeito mola da *estrutura base* e da folga entre o casquilho e a *estrutura da assento*, levando este último a inclinar ligeiramente para a frente (b).

## 6.2.2. Protótipo 2

Além do novo conjunto de soluções que permitiriam resolver os problemas detetados no protótipo 1 e que serão indubitavelmente incorporadas no protótipo 2, foram ainda desenvolvidas soluções para que a cadeira Dual\_Step pudesse incorporar o ‘encosto ergonómico’. Tal desenvolvimento não ocorreu durante o protótipo 1 pois só então fora possível obter uma amostra desse encosto (Figura 6.106).



Figura 6.106 – Amostra do ‘encosto ergonómico’.

Foi desenvolvida uma *estrutura do encosto* com uma dupla curva de modo a acompanhar o contorno do perfil do encosto (Figura 6.107).

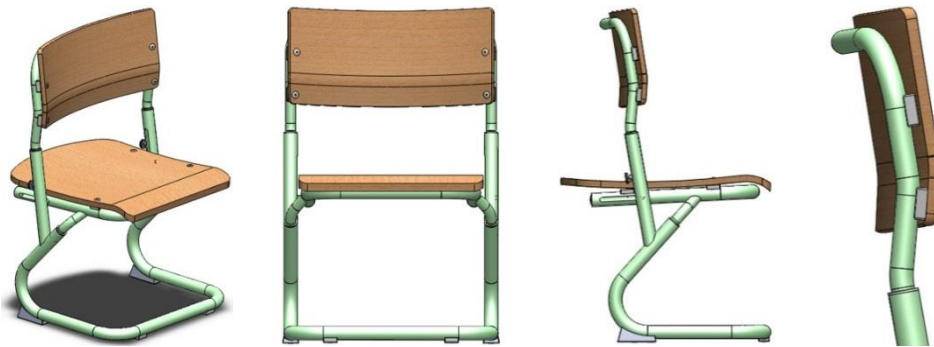


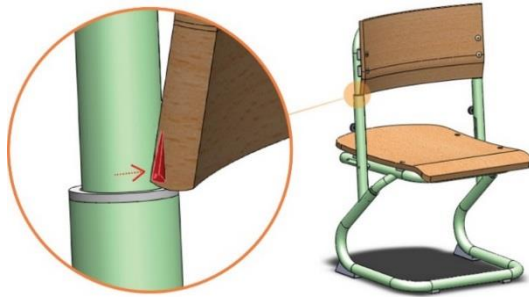
Figura 6.107 – Solução de dupla curvatura da *estrutura do encosto* para receber o ‘encosto ergonómico’.

Apesar de se apresentar como uma solução válida, levantava alguns constrangimentos técnicos de produção porque a *estrutura do encosto* tinha de ser dobrada na máquina manual. Tomemos como exemplo a necessidade de produzir de 50 *estruturas do encosto*. Dadas as 3 dobragens a realizar (ao todo são 6 dobragens para se obter a *estrutura do encosto*, mas como é simétrica apenas possui 3 dobragens diferentes) isto leva a que em termos produtivos se tenha que realizar a 1ª dobragem em todas as 50 peças a produzir. Depois será necessário redefinir o ângulo e batente da máquina para a 2ª dobragem e executá-la em todas as 50 peças. Por último, voltar a redefinir o ângulo e batente da máquina para a 3ª dobragem e executá-la em todas as peças.

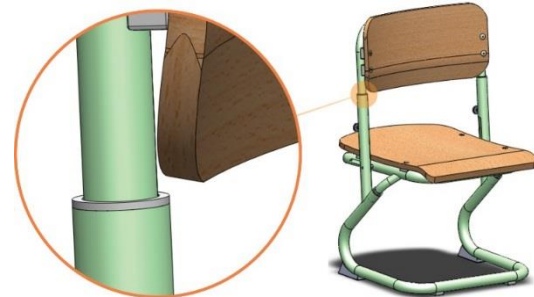
Aliado a isto será necessário ao operador garantir o alinhamento correto da peça em cada dobragem, o que dado ao número de dobragens a realizar as probabilidades de erro serão maiores. Se porventura forem adquiridas ferramentas para tubo de diâmetro de 19mm para a CNC esta será uma solução a testar. Até lá, e face a estes constrangimentos, era necessário repensar numa alternativa.

Foi então que se levantou a questão se seria possível usar a mesma *estrutura do encosto* do protótipo 1, mas conjugado com o ‘encosto ergonómico’? Se se utilizasse a *estrutura do encosto* desenvolvida para o protótipo 1 em conjunto com o ‘encosto ergonómico’ tal era

possível desde que os cantos inferiores do encosto fossem arredondados (raio de 50mm), caso contrário existiria conflito entre o *encosto* e a *estrutura do encosto*. Para manter a coerência estética, os cantos superiores do *encosto* foram também arredondados (Figura 6.108 e Figura 6.109). Tendo em conta o bom resultado técnico e formal obtido, esta solução seria testada no protótipo 2.



**Figura 6.108** – Utilizando a *estrutura do encosto* desenvolvida no protótipo 1 em conjunto com o ‘encosto ergonómico’ haveria conflito entre ambos. A zona a vermelho corresponde à área de interferência.



**Figura 6.109** – Se os cantos do ‘encosto ergonómico’ fossem arredondados (raio 50mm) é então possível utilizá-lo com a *estrutura do encosto* desenvolvida para o protótipo 1.

Com a conclusão do desenvolvimento da *estrutura do encosto* para receber o ‘encosto ergonómico’ seguiu-se a respetiva produção do protótipo 2. Em reunião com os elementos do NITEC decidiu-se, que ao contrário do protótipo 1, o protótipo 2 deveria corresponder às dimensões do tamanho 4, 5 e 6 da norma. Tal era justificado pelo facto de que com os tamanhos 2, 3 e 4 ser difícil a um adulto avaliar o conforto e harmonia dimensional da cadeira e assim perceber potenciais melhorias que se pudessem introduzir. Por outro lado, a empresa também pretendia produzir a cadeira Dual\_Step que regule nos tamanhos 4, 5 e 6.

#### 6.2.2.1. Produção Protótipo

Com a emissão da respetiva Requisição Interna de produção do protótipo 2 iniciou-se a sua produção.

Na unidade de marcenaria apenas foi necessária a produção do assento, uma vez que seria utilizada a amostra do ‘encosto ergonómico’. A sua produção foi idêntica à descrita para o protótipo 1 apenas com uma única diferença no seu processo. Ao invés das folhas de madeira de faia cosidas foi utilizado termolaminado T517 (tipo faia) para estar de acordo com o acabamento do ‘encosto ergonómico’. Os cantos do ‘encosto ergonómico’ foram arredondados na serra de fita.

Na unidade de serralharia a produção das estruturas foi semelhante à descrita para o protótipo 1, com algumas exceções. Na *estrutura base*, após a operação de soldadura dos subcomponentes *base* e *encaixe base* procedeu-se à incorporação da solução do parafuso serrilhado com a porca como mecanismo de bloqueio da posição da cadeira, pelo mesmo processo que fora testado e descrito previamente no Subcapítulo 6.2.1.5 (Figura 6.110).



Figura 6.110 – Execução da aplicação do parafuso serrilhado com a porca.

Tal como no protótipo 1, o processo de produção do protótipo 2 na serralharia ficou registado na respetiva folha da Requisição Interna (Figura 6.111). O processo de pintura das estruturas foi idêntico ao descrito no protótipo 1, tendo sido utilizada a cor RAL 7035.

UZ UJ UP

**NAUTILUS**  
THE FUTURE IS EDUCATION

**Requisição Interna** 2150046

Protótipo  Gabarit   
Amostra  Equipam.

**Designação** Dual Step AA04 a AA06 [P04-38-02] **Qtd.** 1 **Data Conclusão** 13-05-2015

Obs:

**Desenho**

**Designer Responsável** Diogo Belindro

**Matéria-Prima/Componentes**

Código	Descrição	Qtd. TOTAL	Qtd. UNID	Data
Placa P35	Ø25 x 15	1	1	13/5/15
Placa P6	Ø25 x 15	1	1	13/5/15
	Ø18 x 15			
	Ø15 x 6			16/5/15

**Operações**

Descrição	Operador	Tempo TOTAL	Tempo UNID	Data
Corte	DL	2m	2m	13/5/15
Montar 2NF	DL	1,5m	1,5	13/5/15
Soldar, rebolar, primar	DL	180min		18/5/15
11	DL	1,0m	1,0m	13/5/15
(Corte)				

**Data emissão** 11-05-2015 **Data conclusão** (Responsável)

**Validação**

(Produção) (Qualidade) (Dir. Industrial) (Nitec) (Outros)  
Produção Qualidade Dir. Industrial Desenvolvimento Outros

Figura 6.111 – Requisição Interna de produção do protótipo 2 da cadeira Dual\_Step preenchida.

### 6.2.2.2. Montagem

Com a conclusão da produção do protótipo 2 procedeu-se à montagem dos seus componentes. A montagem iniciou-se com a rebitagem do encosto e dos elementos de amortecimento à *estrutura do encosto*, seguido da rebitagem do assento e dos elementos de amortecimento à *estrutura do assento* e da incorporação dos tapa-topos. Por fim, na *estrutura base* foram colocados os casquilhos de poliacetal e rebitados os apoios ao solo (Figura 6.112).



Figura 6.112 – Montagem do protótipo 2: rebitagem do encosto e do assento por meio de um rebitador pneumático e introdução dos casquilhos em poliacetal na *estrutura base*.

Seguiu-se a assemblagem das estruturas com a montagem do mecanismo de regulação, constituído pelo parafuso cabeça de queijo sextavado interior M5 e pelo espaçador de nylon sem rosca (Figura 6.113), obtendo-se o protótipo 2 da cadeira Dual\_Step (Figura 6.114).



Figura 6.113 – Montagem do mecanismo de regulação.

Figura 6.114 – Protótipo 2 da cadeira Dual\_Step e pormenor do parafuso serrilhado como mecanismo de bloqueio da posição da cadeira.

### 6.2.2.3. Testes e Avaliação

Com a conclusão da montagem do protótipo 2 procederam-se aos respetivos testes para avaliar tanto o comportamento da cadeira como das novas soluções adotadas.

Das soluções adotadas para o protótipo 2 a grande inquietação incidia com o uso de tubo de espessura de 1,5mm para a *estrutura base*. Para testar a sua resistência a cadeira foi

submetida a uma carga de 70 Kg, com um indivíduo a subir para cima do assento, tal como acontecera no protótipo 1. Foi então possível constatar a excelente resistência mecânica da *estrutura base*, particularmente do seu subcomponente *base* que devido ao seu ângulo a  $48^\circ$ , quando visto de perfil, levantava as maiores preocupações que acabaram por não se verificar no teste realizado. Claro está que o efeito mola agora era ligeiramente maior do que quando o tubo era de 2mm de espessura (Figura 6.115).

Conclui-se que a *estrutura base* em tubo de 1,5mm de espessura resultava perfeitamente.



Figura 6.115 – Protótipo 2 submetido a testes de carga com um indivíduo de 70 Kg em cima do assento.

Observou-se ainda que a solução de um assento inclinado para trás em  $3^\circ$  mostrou bons resultados. Tal permitia combater o fenómeno da inclinação do assento para a frente, devido à folga entre a *estrutura base* e o casquilho e o efeito mola da *estrutura base*, na medida em que quando o assento era submetido a carga este adotava um alinhamento perfeitamente horizontal, tal como projetado (Figura 6.116).



Figura 6.116 – O assento quando submetido a carga assume um alinhamento horizontal, tal como projetado.

Com este teste foi ainda possível registar o comportamento do uso do parafuso serrilhado como mecanismo de bloqueio da posição da cadeira. O movimento entre as estruturas era travado e a posição da cadeira bloqueada. Todavia, com a posição da cadeira bloqueada e aquando do movimento de sentar deixássemos cair bruscamente o corpo sobre o assento, as



estruturas movimentavam-se ligeiramente entre si. Por exemplo, após regular a cadeira para o tamanho maior e bloqueada essa posição com o aperto do parafuso serrilhado, bastava deixar cair bruscamente o corpo sobre o assento quatro a cinco vezes para que a cadeira passa-se do tamanho maior para o tamanho menor (Figura 6.117).



Figura 6.117 – Com a posição da cadeira bloqueada e ao realizar o movimento de sentar deixamos cair bruscamente o corpo sobre o assento, as estruturas movimentam-se ligeiramente entre si.

Como este comportamento não se verificou no teste desta solução no protótipo 1, tal pode ser explicado pela folga entre tubos neste 2º protótipo ser maior, assim como a existência de um casquilho interior levar a que haja menor área de contacto entre a *estrutura do encosto* e a *estrutura base* e, como tal, menor atrito entre elas. Este era um problema que seria necessário refletir e resolver.

Uma vez que o parafuso serrilhado ia à linha de pintura levantou-se a questão se a tinta interferia depois com a sua utilização e se a zona serrilhada, cujo objetivo é permitir a aderência com os dedos, desapareceria devido à espessura da camada de tinta. Caso contrário ter-se-ia que proceder ao isolamento do parafuso serrilhado antes do processo de pintura.

No protótipo o parafuso serrilhado fora pintado, pelo que se constatou que o serrilhado mantinha-se porque a espessura da camada de tinta não era suficiente para o fazer desaparecer ou deixar diminuto. Além de que, o parafuso serrilhado não ficou ‘colado’ à porca e o seu movimento de rotação não era condicionado pela tinta que eventualmente caíra nos filetes do parafuso.

O uso do parafuso serrilhado como mecanismo para bloquear a posição da cadeira no tamanho desejado, apesar do problema que surgiu, apresentava-se com uma boa solução alternativa ao pino-mola em termos de usabilidade. Para se proceder à regulação da cadeira de um tamanho para outro procedia-se ao desaperto dos dois parafusos serrilhados, seguida da regulação da cadeira para a altura desejada e o bloqueio da posição com o aperto dos parafusos serrilhados (Figura 6.118).



Figura 6.118 – Operação de desbloqueio, regulação e bloqueio da posição da cadeira com o parafuso serrilhado como mecanismo de bloqueio.

O uso do parafuso serrilhado tinha ainda a vantagem de poder ser manuseado tanto por adultos como por crianças. Se porventura um adulto apertasse o parafuso e se assim o desejasse, as crianças não seriam capazes de o desapertar, tal como foi possível constatar num teste realizada com uma criança de 9 anos de idade (Figura 6.119).



Figura 6.119 – A criança não é capaz de desapertar o parafuso serrilhado se este fosse apertado por um adulto com esse propósito.

Através da realização de vários movimentos de regulação da cadeira, alternando entre o tamanho maior e menor, verificou-se que com o uso do casquilho interno em poliacetal o atrito entre as estruturas era mínimo permitindo um correr suave e fácil entre as estruturas. Além de que também se conseguiu resolver o aparecimento de riscos na *estrutura do encosto* e *estrutura do assento*. Com esta solução foi possível resolver as inconformidades que surgiram no protótipo 1 (Figura 6.120).



Figura 6.120 – Testes efetuados ao movimento de regulação da cadeira permitiram concluir que com o uso do casquilho em poliacetal o atrito entre estruturas é mínimo e os riscos inexistentes.

Para o mecanismo de regulação da cadeira e ligação entre as estruturas, a solução de um parafuso de cabeça oval sextavado interior M5 e do espaçador de nylon sem rosca funcionava perfeitamente. A cabeça do parafuso evitava a saída do espaçador de nylon sem rosca e este, por sua vez, realizava o movimento de rotação sobre o parafuso ajudando na regulação da cadeira (Figura 6.121).



Figura 6.121 – Mecanismo de regulação e ligação entre as estruturas: parafuso cabeça de queijo sextavado interior e espaçador de nylon sem rosca.

O uso do ‘encosto ergonómico’ era, sem dúvida, uma mais-valia pelo conforto que proporcionava.

Foi ainda possível testar a cadeira com crianças, algo que não fora possível com o protótipo 1. Tal possibilitou detetar um problema de usabilidade da cadeira. Uma vez que a *estrutura base* se encontrava alinhada pela aresta frontal do assento no tamanho menor, tal levava a que uma criança não conseguisse puxar a cadeira para a frente, de modo a alinhar-se com a mesa, porque a *estrutura base* batia imediatamente nos calcanhares da criança (Figura 6.122). Era, portanto, necessário redesenhar a *estrutura base* para que tal não acontecesse.



**Figura 6.122** – Estando a *estrutura base* alinhada pela aresta frontal do assento, quando a criança tenta puxar a cadeira para a frente esta bate imediatamente nos calcanhares impedindo esse movimento.

Face aos testes realizados e às respetivas ilações a aprovação do protótipo ficava pendente da resolução dos seguintes problemas:

1. Desenvolver uma solução para evitar que as estruturas quando bloqueadas com o parafuso serrilhado cedessem e movimentassem ligeiramente entre si, quando deixássemos cair bruscamente o corpo sobre o assento;
2. Solucionar o problema da *estrutura base* bater nos calcanhares impedindo o movimento de puxar a cadeira para a frente;

#### 6.2.2.4. Novas Soluções e Melhorias Adotadas

Analisando os problemas que surgiram durante os testes ao protótipo 2 procedeu-se ao desenvolvimento de novas soluções que permitissem resolver esses mesmos problemas. Como meio de testar potenciais soluções foram realizadas modificações ao protótipo 2 de modo a obter um feedback sobre essas mesmas soluções. Seguir-se-á uma explanação do trabalho realizado, das soluções desenvolvidas, testadas e aquelas que foram adotadas.

- a)** Solução para evitar que as estruturas quando bloqueadas com o parafuso serrilhado cedessem e movimentassem ligeiramente entre si, quando deixássemos cair bruscamente o corpo sobre o assento

Em reunião com os elementos do NTEC, na análise a potenciais soluções de modo a resolver o presente problema, foi discutido e ponderado se porventura se aumentasse o atrito entre o parafuso serrilhado, que serve de mecanismo de bloqueio da posição, e a *estrutura do encosto* seria possível alcançar uma solução viável e capaz de solucionar o problema em questão. Um

modo de aumentar o atrito entre o parafuso serrilhado e a *estrutura do encosto* passava por esta estrutura conter um serrilhado na zona de contacto com a ponta do parafuso serrilhado.

De modo a testar esta potencial solução procedeu-se a modificações na *estrutura do encosto* do protótipo 2. Com recurso a um escopro, instrumento cortante de serralheiro, foi realizado um serrilhado em forma de cruz cobrindo a zona de contacto da *estrutura do encosto* com o parafuso serrilhado (Figura 6.123).



Figura 6.123 – Serrilhado na *estrutura do encosto* sob a forma de cruz.

Com o teste que se realizou notou-se uma melhoria, mas não a suficiente para que quando se deixasse cair bruscamente o corpo sobre o assento impedisse as estruturas de se movimentarem ligeiramente com a posição da cadeira bloqueada. Notou-se que a cadeira quando submetida a esse esforço abria para os lados, provavelmente pelo parafuso a seguir o curso do serrilhado em cruz, seguido do movimento entre as estruturas e depois voltava a fechar, bloqueando a cadeira numa posição mais abaixo.

Decidiu-se alterar a geometria do serrilhado na *estrutura do encosto*. Em vez do serrilhado em forma de cruz foi executado um serrilhado de linhas horizontais (Figura 6.124).

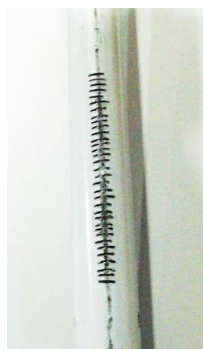


Figura 6.124 – Serrilhado na *estrutura do encosto* sob a forma de linhas horizontais.

No teste que se realizou o serrilhado horizontal mostrou-se mais resistente que o anterior, todavia não era suficiente para resolver o problema em questão.

Numa analogia aos descansos das bicicletas reguláveis que possuem um negativo em forma de uma calote esférica para receber o parafuso e bloquear a posição (Figura 6.125), testou-se um serrilhado negativo em forma de calote esférica. Assim, com recurso a um ponteiro de ponta esférica e a uma segunda *estrutura do encosto* foi realizado o serrilhado negativo em forma de calote esférica (Figura 6.126).



**Figura 6.125** – Descanso de bicicleta regulável.  
Fonte: Americanas [99].



**Figura 6.126** – Serrilhado na *estrutura do encosto* sob a forma de calotes esféricas.

Com o teste que se seguiu constatou-se que a solução funcionava. Com a posição da cadeira bloqueada as estruturas permaneciam imóveis, não cedendo quando se deixava cair bruscamente o corpo sobre o assento. Se porventura a ponta do parafuso não estivesse alinhado com uma das calotes da *estrutura do encosto*, assim que se sentasse na cadeira este engatava imediatamente na calote abaixo. Testada várias vezes os resultados foram sempre os mesmos.

Colocava-se agora a questão se seria uma solução válida em termos produtivos porque esta operação de ‘imprimir’ um serrilhado na *estrutura do encosto* não poderia ser realizada desta forma tão artesanal. Essa operação podia ser realizada com recurso ao balancé. Para tal seria necessária uma matriz a colocar no interior do tubo, para evitar que este amasse durante o processo, e um punção para proceder à impressão do serrilhado na *estrutura do encosto*. A presente solução foi aprovada pela equipa de desenvolvimento do NITEC e pela Produção.

**b)** Redesign da *estrutura base* para evitar que a mesma impeça o movimento de puxar a cadeira para a frente ao bater imediatamente nos calcanhares da criança

Duas soluções distintas foram desenvolvidas e trabalhadas para solucionar o problema: cortar a *base*, obtendo-se duas pernas, e uni-las com uma travessa recuada (Figura 6.127a) ou então recuar a *base* em relação à aresta frontal do assento (Figura 6.127b).

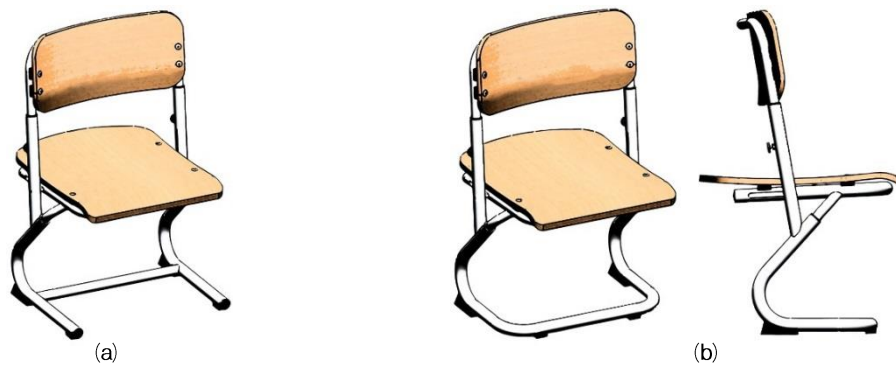


Figura 6.127 – As duas soluções desenvolvidas para resolver o problema da estrutura base bater nos calcanhares da criança impedindo-a de puxar a cadeira para a frente: (a) base cortada e unida com uma travessa recuada e (b) base recuada em relação à aresta frontal do assento.

Ambas apresentavam prós e contras. A solução mais imediata seria a de cortar a *base* e unir com uma travessa recuada, todavia exigia mais componentes e mais solda, logo maior tempo de produção. Já com a solução do recuo da *base* a produção seria mais célere porque se tratava de apenas um componente. No entanto levantava a seguinte questão: qual seria o recuo necessário para ganhar espaço para os pés sem que isso compromettesse a estabilidade da cadeira? Isto porque à medida que se regula a cadeira do tamanho menor para o maior o assento aumenta em altura e profundidade num movimento em diagonal, pelo que a distância entre a base e a aresta frontal do assento também vai aumentando.

Decidiu-se testar ambas as soluções procedendo a modificações nos protótipos 1 e 2. No protótipo 1 foram realizadas modificações para permitir testar a solução da *base* cortada e unida com uma travessa recuada (Figura 6.128).



Figura 6.128 – Modificações ao protótipo 1 para testar solução da base cortada e unida com travessa recuada.

No protótipo 2 procedeu-se a modificações de modo a que a *base* fosse regulável, para que durante os testes a realizar fosse possível definir o recuo necessário para ganhar espaço para os pés sem comprometer a estabilidade da cadeira (Figura 6.129).



Figura 6.129 – Modificações realizadas ao protótipo 2 para testar a solução da base recuada.

No teste à solução da *base* cortada e unida com uma travessa recuada constatou-se que esta solução resolvia perfeitamente o problema em questão. No teste à solução da *base* recuada em relação à aresta frontal do assento foi possível determinar que no tamanho mais pequeno, se a *base* estivesse recuada 50mm em relação à aresta frontal do assento conseguia-se obter espaço suficiente para permitir a uma criança puxar a cadeira para frente, sem comprometer a estabilidade da cadeira tanto no tamanho mais pequeno como no tamanho maior (Figura 6.130).



Figura 6.130 – Teste à solução da *base* recuada em 50mm em relação à aresta frontal do assento.

Considerando os resultados obtidos e ponderados os prós e contras de cada uma das soluções decidiu-se que a solução da *base* recuada seria a solução a adotar na cadeira Dual\_Step.

Com o desenvolvimento destas soluções, que permitiriam resolver os dois problemas advindos dos testes iniciais realizados ao protótipo 2, era necessária a produção do protótipo



3 para a sua respetiva validação. Todavia a sua produção apenas ocorrerá depois da entrega desta dissertação por duas razões primordiais.

Primeiro, porque surgiu uma encomenda para a cadeira Dual\_Step não como produto standard, mas como produto especial, isto é, uma solução personalizada de acordo com os requisitos do cliente. Nesta solução personalizada a cadeira Dual\_Step não teria as dimensões da norma, mas antes as propostas pelo cliente. Em vez da solução da *base* recuada em relação à aresta frontal do assento o cliente preferia a solução da *base* cortada e unida com uma travessa recuada, assim como optou pelo sistema pino-mola como mecanismo de bloqueio da posição da cadeira ao invés do parafuso serrilhado. Este assunto será abordado com mais detalhe no Subcapítulo 6.4.

Em segundo, aquando do término dos testes a estas soluções para colmatar os problemas detetados no protótipo 2, a 18 de Junho, a produção estava na sua capacidade máxima desde o início desse mês e assim continuaria até finais de Setembro. Este período, de Junho a Setembro, caracteriza-se por ser a época alta de produção de mobiliário escolar devido às férias escolares, sendo por isso a altura ideal para equipar as escolas.

Por tudo isto, as encomendas assumem prioridade máxima, ao passo que a produção de protótipos não essenciais para a resposta a essas encomendas ficam em standby até ao fim do mês de Setembro, como é o caso do protótipo 3 da cadeira Dual\_Step.

### **6.3. Propriedade Industrial: Registo Comunitário De Design Da Cadeira Dual\_Step**

De modo a valorizar o esforço financeiro e o investimento no capital humano e intelectual utilizado na conceção e desenvolvimento da cadeira Dual\_Step até então, a empresa NAUTILUS S.A. procedeu ao registo comunitário de Design da cadeira Dual\_Step. Esta modalidade de propriedade industrial, válida por 5 anos e prorrogável por iguais períodos até ao máximo de 25 anos, permite proteger as características da aparência da totalidade do produto, conferindo um direito exclusivo que permite impedir que terceiros produzam, fabriquem, vendam ou explorem economicamente o produto protegido. Impede ainda que outros registem o mesmo design ou design idêntico para outro produto;

Para tal foi necessário preencher um formulário contendo um resumo, uma descrição e imagens do produto como se apresenta na Figura 6.131, Figura 6.132, Figura 6.133 e Figura 6.134. Neste processo foi identificado como titular do registo a empresa NAUTILUS S.A. e reconhecida a autoria do produto a Maria João Pato, Vitor Carneiro, Bárbara Rangel e Ângela Gomes. Até à data da entrega da presente dissertação o registo de design da cadeira Dual\_Step encontrava-se em curso.

## Resumo

Cadeira regulável em altura e profundidade para diversos fins de utilização, em particular para o uso em escolas e salas de formação.

A cadeira dispõe de um mecanismo único que permite a regulação da altura do assento e conseqüente profundidade do assento e altura do encosto.

Peça de mobiliário que apresenta vantagens práticas na utilização do produto a diversos níveis, nomeadamente de ergonomia, versatilidade, simplicidade, economia e aquisição.

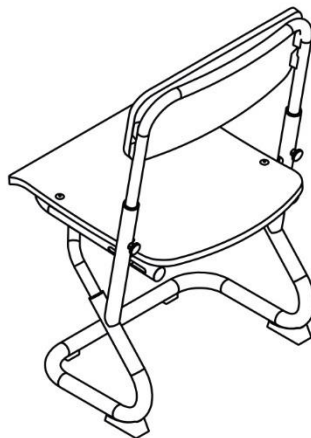


Figura 6.131 – Página 1 do registo comunitário de design da cadeira Dual\_Step.

## Descrição

Cadeira regulável em altura e profundidade para diversos fins de utilização, em particular para o uso em escolas e salas de formação.

Peça constituída por diversos componentes, podendo serem executados em diversos materiais, nomeadamente:

- A estrutura da base (1), em metal;
- Os elementos estruturais, mas de regulação de altura, estrutura do assento (2) e estrutura do encosto (3), em metal;
- O assento (4) e encosto (5), em contraplacado;
- O mecanismo de acionamento (6), em metal;
- O mecanismo de bloqueio de regulação (7), em metal;
- Os apoios ao pavimento (8), em plástico.

À estrutura da base em tubo redondo curvado (1) são encaixadas a estrutura do assento (2) e estrutura do encosto (3), também em tubo redondo curvado de forma a deslizarem nas zonas de encaixe. O assento (4) e encosto (5) são fixos por meio de rebites à respetivas estruturas. É colocado um parafuso em metal (6) que faz estas três estruturas ficarem ligadas entre si. É utilizada um fixador em metal (7) para bloquear todo o sistema e fixar a regulação da cadeira. Toda a estrutura está assente ao pavimento sob peças em plástico (8).

A cadeira dispõe então de um mecanismo único que permite a regulação da altura do assento e conseqüente profundidade do assento e altura do encosto.

Peça de mobiliário que apresenta vantagens práticas na utilização do produto a diversos níveis, nomeadamente de ergonomia, versatilidade, simplicidade, economia e aquisição.

**Figura para publicação**

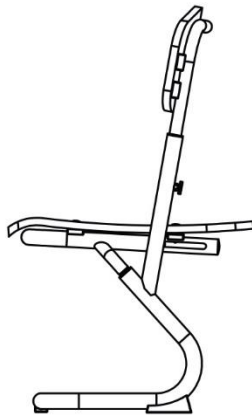


fig. 1.1

Figura 6.133 – Página 3 do registo comunitário de design da cadeira Dual\_Step.

## Representações Gráficas

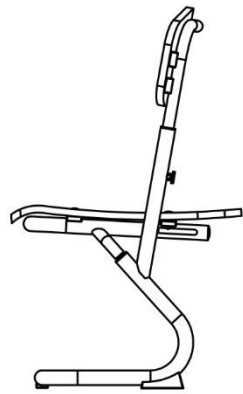


fig. 1.1

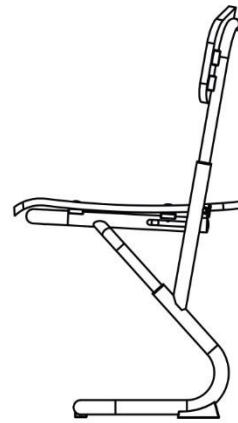


fig. 1.2

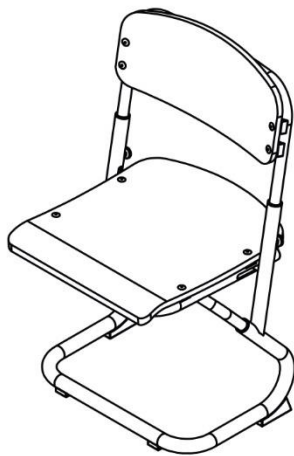


fig. 1.3

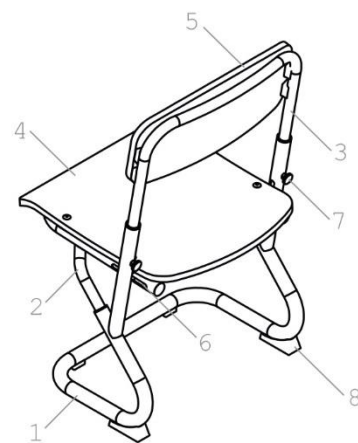


fig. 1.4

Figura 6.134 – Página 4 do registo comunitário de design da cadeira Dual\_Step.

#### 6.4. A Primeira Encomenda Da Cadeira Dual\_Step

A 11 de Março de 2015 a NAUTILUS S.A. assinou um protocolo com a Câmara Municipal de Penafiel para equipar os Centros Escolares do Pinheiro, Boelhe, Irivo e Duas Igrejas, que entre outro mobiliário escolar seria equipado com a cadeira Dual\_Step.

Desta necessidade do concelho de Penafiel equipar estes 4 Centros Escolares foi conduzido o estudo Melhor Postura Corporal pela Prof.<sup>a</sup> Dr. Emília Alves e Prof. Duarte Carneiro, em parceria com a Câmara Municipal de Penafiel. Os objetivos do estudo visavam *'conhecer as características antropométricas dos alunos do concelho nas faixas etárias correspondentes ao 1º Ciclo do ensino primário'* e assim adaptar *'o mobiliário escolar às características físicas dos alunos [...] potenciando o seu desenvolvimento saudável'* [100, pp. 3, 8]. As conclusões do estudo apontam para que sejam adotados 4 tamanhos reguláveis de cadeiras, de acordo com as dimensões na Tabela 6.3.

**Tabela 6.3** – Dimensões da cadeira solicitadas pelo cliente, de acordo com a proposta para aquisição de mobiliário escolar adequado ao 1º Ciclo do Ensino Básico enunciada no estudo Melhor Postura Corporal realizado no concelho de Penafiel.  
Fonte: Alves e Carneiro [100].

Estatura média do aluno (mm)	Tamanho	Altura do assento (mm)	Profundidade do assento (mm)
1250	1	300	280
1300	2	320	300
1350	3	340	320
1400	4	360	340

Neste sentido, um dos requisitos do cliente era que a cadeira Dual\_Step estivesse dimensionada de acordo com as dimensões propostas nesse estudo. Uma vez que a cadeira Dual\_Step fora desenvolvida como produto standard, isto é, de acordo com a norma europeia, foi desenvolvida uma solução personalizada da Cadeira Dual\_Step indo de encontro a este requisito do cliente, sendo por isso catalogada como produto especial.

Além das dimensões da cadeira o cliente apresentou outros dois requisitos. O primeiro era sobre o mecanismo de bloqueio da posição da cadeira. Ao invés do parafuso serrilhado, que o cliente tivera oportunidade de testar, optou pelo pino-mola. De acordo com o cliente, com o sistema do parafuso serrilhado seria necessário 'educar' o professor sobre qual a posição sentada correta que a criança deve ter, para assim proceder à correta regulação da cadeira. Face ao feedback que os professores foram mostrando na realização do estudo Melhor Postura Corporal, nem todos eles estariam recetíveis a tal. Com o sistema pino-mola esse problema era

colmatado porque, de acordo com o cliente, bastaria indicar ao professor que o aluno com a estatura  $x$  tem de ter a cadeira no furo  $y$ .

O segundo incidia sobre a *estrutura base* de cadeira, ou seja, o cliente preferia a solução da *base* cortada e unida com uma travessa recuada, ao invés da solução adotada no produto standard.

Tendo em conta estes requisitos foi produzido um protótipo para ser testado e aprovado pelo cliente (Figura 6.135). Com a aprovação do cliente deu-se início ao planeamento e posterior produção da cadeira.



Figura 6.135 – Protótipo da cadeira Dual\_Step produto especial aprovado pelo cliente.





# Capítulo 7 – Do Planeamento Pré-Produção À Produção

Dado o facto de a cadeira Dual\_Step ser um produto novo na empresa e que será produzido pela primeira vez houve a necessidade de um planeamento e preparação pré-produção prévio. Só assim seria possível garantir um processo produtivo isento de percalços e contratempos que pudessem colocar em risco a sua produção.

Neste processo de planeamento foi tomada a decisão de se optar pela subcontratação da produção de alguns dos subcomponentes do produto. Como tal, houve a necessidade de se proceder a testes para validar os subcomponentes produzidos externamente.

Com a validação dos subcomponentes produzidos externamente foi elaborada a gama operatória, cuja informação é vital para o planeamento da produção. A gama operatória consiste nas sequências de operações desde a matéria-prima até à obtenção do produto final. Permite ainda controlar as quantidades produzidas em cada fase de produção.

Num apoio mais direto à produção e para que os tempos de produção sejam menores e a produtividade maior foi necessária a construção de gabarits de furação e de soldadura manual. Os gabarits são um sistema de posicionamento de peças que permite ao operador livrar-se de todo o trabalho de medir comprimentos, distâncias e ângulos, uma vez que todos os parâmetros das peças estão incorporados no gabarit. Ao operador basta apenas colocar as peças no gabarit e efetuar o processo de furação ou de soldadura das peças sem a necessidade de nenhuma operação de mediação adicional, reduzindo o erro humano e garantindo que as peças furadas ou soldadas serão sempre idênticas.

Para ultimar este processo de planeamento pré-produção foi realizado o custeio detalhado do produto para assim permitir obter o custo de produção do produto e com base neste permitir estabelecer o preço de venda.

Por fim, com todo o processo de planeamento pré-produção concluído, foi então dado início à produção da cadeira Dual\_Step. Segue-se uma exposição detalhada de todo o processo desde o planeamento pré-produção, passando pela produção e culminado com a entrega das cadeiras nos 4 Centros Escolares do concelho de Penafiel equipando as salas de aula.

### 7.1. Subcontratação Da Produção De Subcomponentes

Para a produção da cadeira Dual\_Step seria necessário investir em ferramentas tanto para o corte oblíquo do *encaixe assento*, como para a abertura dos rasgos nos subcomponentes *encaixe base* e *suporte assento* onde corre o mecanismo de regulação e ligação entre as estruturas (Figura 7.1).

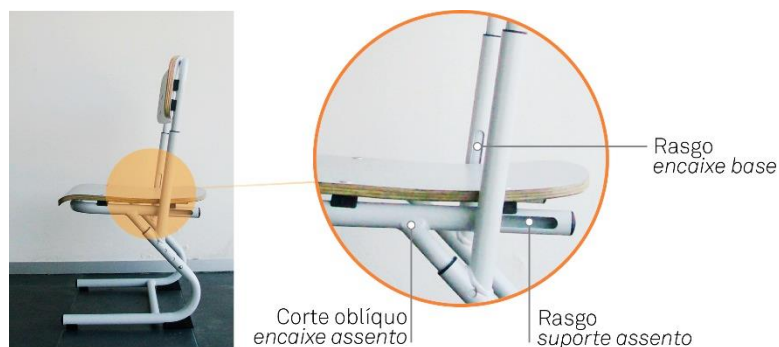


Figura 7.1 – Subcomponentes que necessitam de ferramentas para abertura de rasgos ou corte oblíquo.

Dado que a cadeira Dual\_Step a produzir é um produto especial, porque possui as dimensões especificadas pelo cliente entre outros requisitos, o posicionamento e comprimento dos rasgos são diferentes da cadeira Dual\_Step produto standard. Neste sentido, o ideal seria utilizar ferramentas que permitissem estas variações entre o produto standard e o produto especial. Todavia, a empresa que produz as ferramentas para a NAUTILUS S.A. alertou que seria praticamente impossível criar ferramentas que permitissem tais variações sem comprometer a precisão e o alinhamento das peças. Ora investir em ferramenta exclusivamente para a produção da cadeira Dual\_Step produto especial seria economicamente inviável dadas as quantidades a produzir não serem suficientes para amortizar o seu custo, 550 cadeiras. Por outro lado não havia qualquer garantia de que futuramente seriam produzidas cadeiras com estas mesmas dimensões.

Por tudo isto, a NAUTILUS S.A. decidiu recorrer a produção externa, nomeadamente a empresas dedicadas ao corte de tubo a laser que decorrente deste tipo de tecnologia de corte apresentam preços bastante atrativos. E, como tal, poder-se-ia eventualmente proceder à produção de outros subcomponentes e assim acelerar o processo produtivo e baixar custos.

Depois de todo um processo de contacto com outras empresas, pedidos de cotação e reuniões ficou definido que a produção dos subcomponentes das estruturas seria realizada da seguinte forma:

1. À empresa IETA seria subcontratada a produção completa do subcomponente *encaixe assento*, ou seja, corte a laser e dobragem (Figura 7.2a);
2. À empresa IS3 seria subcontratado o corte a laser dos subcomponentes *base* (constituído por 2 pernas na versão produto especial), *encaixe base* e *suporte assento* (Figura 7.2b);
3. A cargo da NAUTILUS S.A. ficaria a dobragem dos subcomponentes cortados a laser na empresa IS3, com a exceção do *encaixe base* porque não precisa de dobragem, e a produção completa da travessa (para unir as pernas que constituem a *base*) e da *estrutura do encosto* (Figura 7.2c).

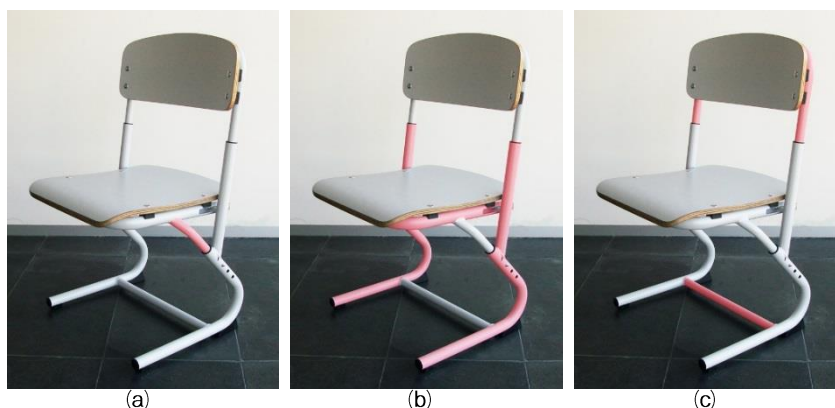


Figura 7.2 – Produção subcontratada e interna dos subcomponentes das estruturas da cadeira: (a) à empresa IETA é subcontratado o corte a laser e dobragem do *encaixe assento*; (b) à empresa IS3 é subcontratado o corte a laser da *base*, *encaixe base* e *suporte assento*; (c) a cargo da NAUTILUS S.A. fica a produção da travessa e *estrutura do encosto*, além da dobragem dos subcomponentes cortados a laser na empresa IS3.

De modo a validar os subcomponentes produzidos na IETA e na IS3, estas empresas procederam à produção de amostras para serem testadas e validadas na NAUTILUS S.A..

Como a IETA realizaria a produção completa do subcomponente *encaixe assento*, o que inclui corte e dobragem, procedeu-se somente à verificação da conformidade das medidas das 4 amostras enviadas pela empresa. Sem qualquer inconformidade detetada a peça foi validada e sua produção aprovada.

Dado que ficou definido que a empresa IS3 realizaria apenas o corte a laser dos referidos subcomponentes, ficando a sua dobragem a cargo da NAUTILUS S.A., seria necessário proceder a uma série de testes. Estes testes iriam permitir que o processo de dobragem ocorreria sem problemas e ainda detetar eventuais correções necessárias a fazer, como, por exemplo, diminuir ou aumentar o comprimento do tubo para que a peça quando dobrada apresente as dimensões desejadas. Com a entrega de 5 amostras de cada um dos subcomponentes foram então realizados os testes.

A *base*, que no caso da cadeira Dual\_Step produto especial é composta por duas pernas, foi o primeiro subcomponente a ser testado. Introduzidos os dados da peça na interface da máquina CNC de dobrar tubo e realizada a calibragem/correção da máquina, foi colocado o tubo no mandril tendo em atenção o correto alinhamento das furações. Esta era uma operação delicada porque, além de ser realizada manualmente, um desvio poderia levar a que após a dobragem as furações ficassem desalinhadas originando uma peça inconforme (Figura 7.3).

Com as furações do tubo perfeitamente alinhadas seguiu-se o processo de dobragem da peça constatando-se que o tubo rasgou na zona de curva devido à furação do apoio ao solo. Isto é, como um dos furos ao qual será rebitado o apoio ao solo ficava na zona de curva, assim que o mandril encontrava esse furo no processo de dobragem dava-se a rutura do tubo (Figura 7.4).



**Figura 7.3** – Operador colocando o tubo da *base* no mandril, tendo em atenção o correto alinhamento das furações para se realizar a dobragem do mesmo.



**Figura 7.4** – Devido à furação existente na zona de curva o tubo rasgou no processo de dobragem.

Deste modo, o tubo a dobrar não poderia conter a furação para o apoio ao solo tendo este de ser executado após a dobragem do tubo. Realizada esta modificação e entregues 5 novas

amostras novo teste foi realizado e desta vez, como esperado, a dobragem ocorreu normalmente e sem problemas (Figura 7.5).

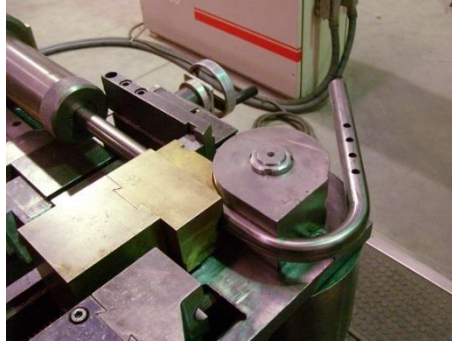


Figura 7.5 – Sem a furação na zona de curva o processo de dobragem ocorre sem problemas.

Dobradas as restantes amostras, realizada a verificação das medidas de cada uma das peças dobradas e constatando a sua conformidade, não sendo necessária qualquer alteração, a peça foi validada e a sua produção na IS3 aprovada.

Seguiu-se o teste de dobragem do *suporte assento*. Introduzidos os dados na interface da máquina CNC de dobrar tubo e esta por sua vez calibrada foi introduzido o tubo no mandril tendo em atenção o correto alinhamento das furações, tal como no ocorrera na *base* (Figura 7.6).

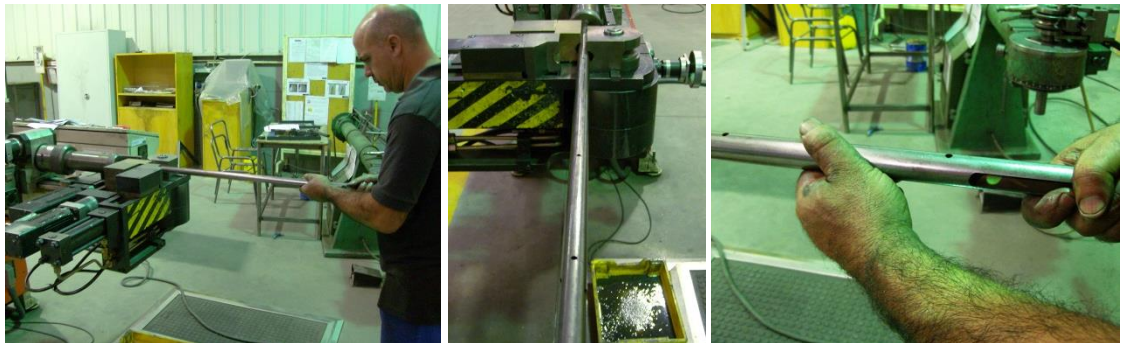


Figura 7.6 – Operador colocando o tubo do *suporte assento* no mandril, tendo em atenção o correto alinhamento das furações para se proceder à sua dobragem.

Com o tubo perfeitamente alinhado procedeu-se à dobragem da peça e à verificação das medidas da peça dobrada. Dobradas as restantes amostras e constatando a conformidade das mesmas, não sendo necessária qualquer alteração, a peça foi validada e a sua produção na IS3 aprovada (Figura 7.7).

Por último, como o *encaixe base* não necessitava de dobragem procedeu-se à verificação da conformidade das medidas das 5 amostras. Sem qualquer inconformidade detetada a peça foi validada e sua produção aprovada.



Figura 7.7 – Processo de dobragem do tubo do *suporte assento* e verificação das medidas da peça dobrada.

Com a validação das amostras dos subcomponentes cuja produção era subcontratada, o departamento de Engenharia de Processos estava agora na posse de toda a informação para realizar a gama operatória da cadeira *Dual\_Step* produto especial.

## 7.2. Gabarits De Furação e Soldadura

Com as amostras dos subcomponentes produzidos na IS3 e IETA validadas foi então possível proceder à produção dos gabarits de furação e de soldadura. Todos os gabarits foram produzidos internamente.

### 7.2.1. Gabarits De Furação

Para a produção da cadeira dois gabarits de furação eram necessários. Um para se proceder à furação da *base* para receber o apoio ao solo porque não era possível ter esta furação antes da dobragem (Figura 7.8).



Figura 7.8 – Gabarit de furação da *base*.

O outro gabarit de furação seria usado na *estrutura do encosto* para se proceder à abertura dos furos para receber o encosto e o mecanismo de regulação (Figura 7.9).

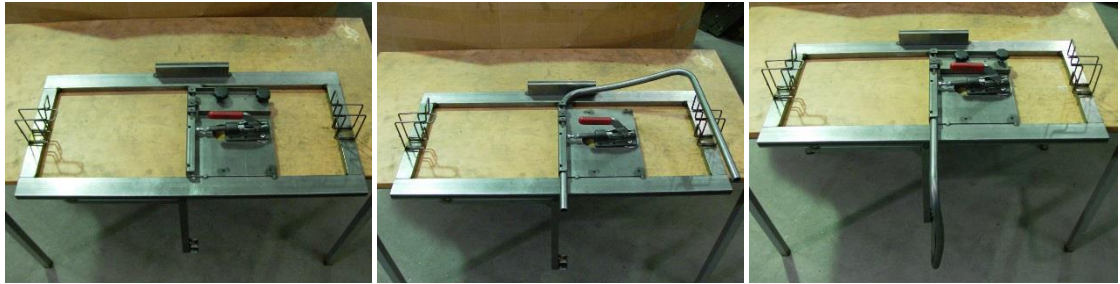


Figura 7.9 – Gabarit de furação da estrutura do encosto.

### 7.2.2. Gabarits De Soldadura

Para o processo de soldadura da cadeira seriam necessários 3 gabarits de soldadura. Para a soldadura dos subcomponentes da *estrutura base* eram necessários dois gabarits. O primeiro era usado na soldadura da *base* com o *encaixe base* (Figura 7.10), sendo que as peças que se obtém desta soldadura seriam depois colocadas no segundo gabarit para serem soldadas à *travessa*, obtendo-se a *estrutura base* (Figura 7.11).

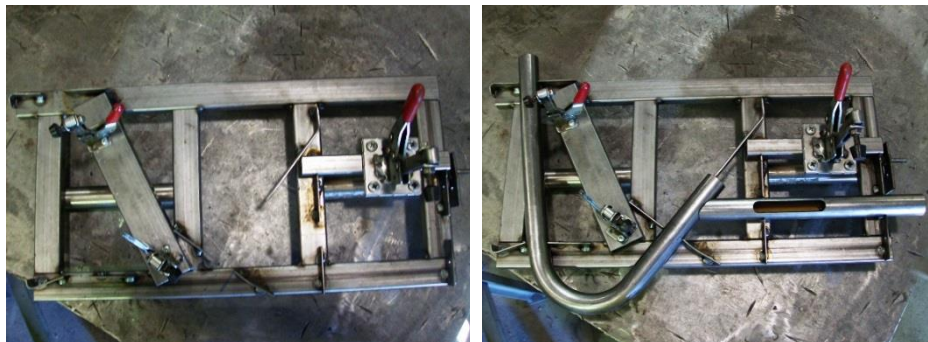


Figura 7.10 – Gabarit de soldadura da *base* com o *encaixe base*.



Figura 7.11 – Gabarit de soldadura da *base* + *encaixe base* com a *travessa*.

O terceiro gabarit seria usado na soldadura dos subcomponentes da *estrutura do assento*, ou seja, do *suporte assento* e do *encaixe assento* (Figura 7.12).



Figura 7.12 – Gabarit de soldadura do suporte assento com o encaixe assento.

### 7.2.3. Teste

Com a conclusão da produção dos gabarits a necessidade de um teste era necessária e fundamental para a validação dos mesmos. Por isso, procedeu-se à soldadura dos subcomponentes das estruturas para a montagem de uma cadeira. Com a sua montagem verificou-se que não havia a necessidade de se realizarem correções aos gabarits, sendo por isso validados (Figura 7.13).



Figura 7.13 – Teste aos gabarits de soldadura com a montagem de uma cadeira para validação.

### 7.3. Custeio

O objetivo do custeio do produto é o de imputar todos os custos de produção a ele relacionados e, em última estância, fornecer informação para tomadas de decisão que torne a empresa mais competitiva [101].

Neste sentido, na empresa NAUTILUS S.A. é sempre realizado o custeio de todos os produtos passíveis de produção. Como tal, o custeio da cadeira Dual\_Step foi realizado equacionando os consumos de material, superfície a pintar, mão-de-obra, material subsidiário, subcontratação a laser, overheads (valor correspondente aos custos indiretos associados ao processo de obtenção do produto, como eletricidade, e indexado aos custos anteriores) e logística.



O custo de produção da cadeira Dual\_Step é de 39,31€, o que se traduz num custo economicamente viável. Na Tabela 7.1, e por questões de confidencialidade, é apresentada uma síntese do custeio da cadeira Dual\_Step.

**Tabela 7.1 – Custeio da Cadeira Dual\_Step.**

<b>Consumos</b>	<b>Custo (€)</b> (das quantidades consumidas)
Tubo Ø19 x 2 mm	0,92
Tubo Ø22 x 1,5 mm	0,19
<b>Material</b> Tubo Ø25 x 1,5 mm	1,56
Contraplacado	0,74
Termolaminado	1,48
<b>Superfície a Pintar</b>	0,77
<b>Mão-de-Obra</b>	6,58
<b>Subcontratação Corte Laser</b>	8,10
<b>Material Subsidiário</b>	6,78
	+ Overheads e Logística
	<b>39,31€</b>

Nota: os consumos não têm em conta a taxa de desperdício.

## 7.4. Produção

Com o planeamento concluído, as ordens de produção emitidas e rececionado os subcomponentes produzidos pela IS3 e IETA deu-se início à produção da cadeira Dual\_Step, cujo processo culminou com a montagem da mesma.

### 7.4.1. Marcenaria

A produção dos encostos e assentos ocorreu de forma idêntica à descrita na produção do protótipo 1, contendo no entanto duas diferenças. A primeira é referente ao acabamento do encosto e assento. Em vez da folha de madeira de faia foi utilizado termolaminado 166 (cinza claro) (Figura 7.14).

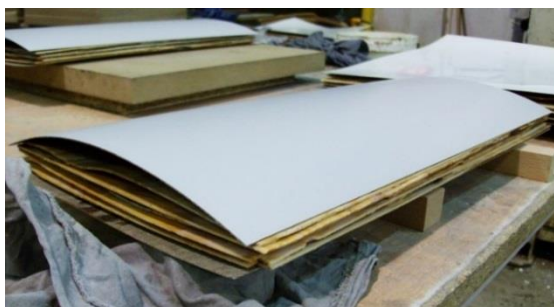


Figura 7.14 – ‘Aglomerado’ de folhas de fuma sobrepostas entre duas folhas de termolaminado 166.

A segunda, e ao contrário do que acontecera na produção do protótipo 1, o encosto foi recortado no copiador/fresador de madeiras porque dadas as quantidades a produzir o fabrico do molde já se justificava (Figura 7.15).

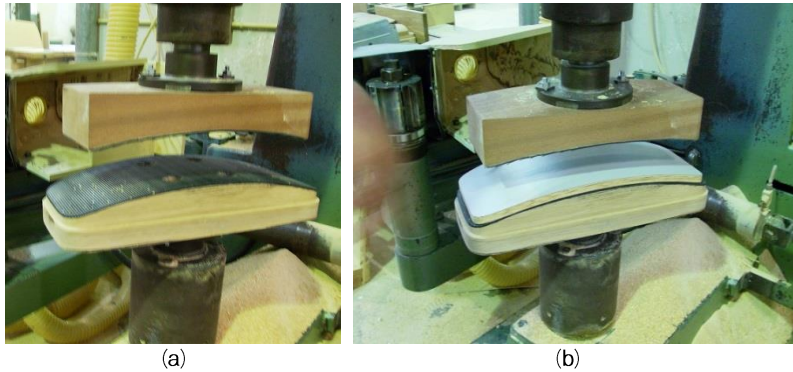


Figura 7.15 – Molde do encosto montado no copiador/fresador de madeiras (a) e a sua utilização (b).

#### 7.4.2. Serralharia e Pintura

A produção das três estruturas da cadeira possuiu algumas similaridades com a produção do protótipo 1 e 2, mas também diferenças originadas pela subcontratação de produção parcial e total de alguns dos subcomponentes.

A produção da *estrutura do encosto* iniciou-se com a preparação e calibração da máquina manual de dobrar tubo. Concluída a calibração procedeu-se ao corte do tubo no serrote elétrico de fita circular seguido do processo de dobragem. A cada 50 peças dobradas foi realizado um controlo dimensional da peça, procedendo-se a ajustes se necessário (Figura 7.16).



Figura 7.16 – Processo de dobragem da *estrutura do encosto* na máquina manual e verificação das medidas da peça dobrada.

Dobrada a peça seguiu-se o processo de prensagem no balancé de modo a obter-se a curvatura para receber o encosto, tal como fora executado na produção dos protótipos (Figura 7.17).



Figura 7.17 – Processo de prensagem da estrutura do encosto no balancé.

Por último procedeu-se à furação da estrutura do encosto. Com o gabarit montado na máquina furadora de coluna o operador colocou a peça no gabarit, apertou o grampo para garantir o correto posicionamento da peça e procedeu à abertura da furação para receber o encosto no lado esquerdo (Figura 7.18).

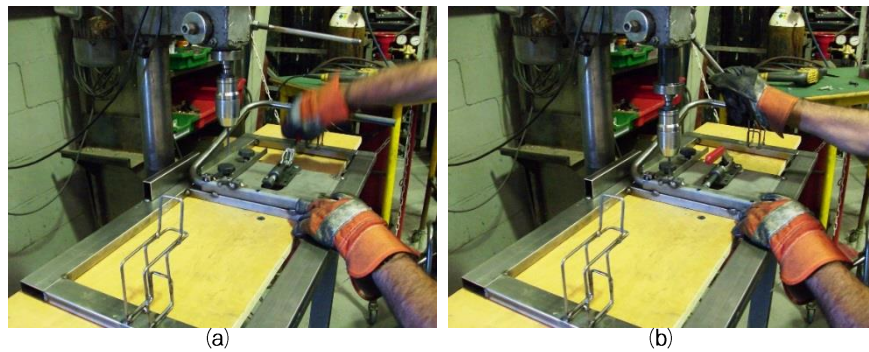


Figura 7.18 – Após colocar a peça no gabarit, o operador aperta o grampo (a) e procede à furação do encosto no lado esquerdo da estrutura do encosto (b).

Concluída a furação no lado esquerdo, o operador desapertou o grampo, reposicionou a estrutura do encosto, apertou o grampo e procedeu à abertura da furação para receber o encosto no lado direito (Figura 7.19).

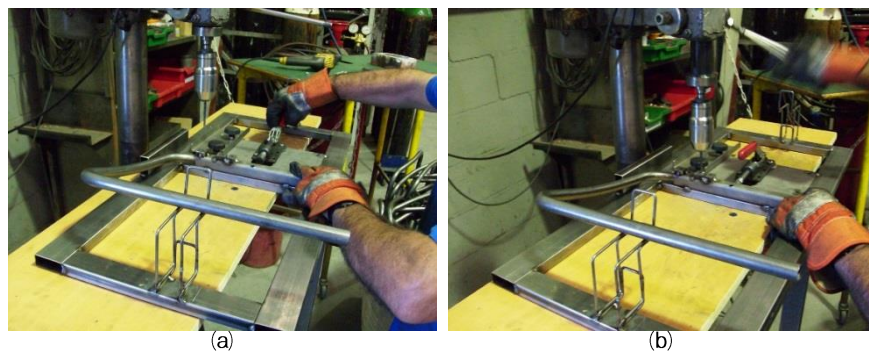


Figura 7.19 – Com a furação do encosto no lado esquerdo concluída, o operador reposiciona a estrutura do encosto no gabarit, aperta o grampo (a) e procede à furação do encosto no lado direito da estrutura do encosto (b).

De seguida desapertou o grampo, reposicionou a peça, apertou o grampo e procedeu à abertura da furação para o mecanismo de regulação no lado esquerdo (Figura 7.20), e repete o processo para a abertura da furação no lado direito.



Figura 7.20 – Com a furação do encosto concluída o operador reposiciona a *estrutura do encosto* (a) para proceder à furação para o mecanismo de regulação no lado esquerdo (b)

Por fim, através de um macho incorporado na máquina furadora de coluna, procedeu-se à abertura de rosca nos furos que recebem o parafuso cabeça oval sextavado interior do mecanismo de regulação da cadeira.

Seguiu-se a produção do subcomponente *suporte assento* que, como já sofrera um processo de corte a laser na empresa IS3, encontrava-se pronto para o processo de dobragem na máquina CNC. O operador selecionou o programa de dobragem correspondente, uma vez que o guardara aquando dos testes às amostras, dando assim início ao processo. O tubo foi introduzido no mandril e garantido o correto alinhamento da furação procedeu-se à dobragem da peça. A cada 50 peças dobradas foi realizado um controlo dimensional da peça procedendo-se a ajustes ao programa CNC se necessário (Figura 7.21).



Figura 7.21 – Dobragem do *suporte assento* na máquina CNC e verificação das medidas da peça dobrada.

O subcomponente *base*, que tal como o *suporte assento* já sofrera um processo de corte a laser na empresa IS3, encontrava-se pronto para o processo de dobragem na máquina CNC. O operador selecionou o programa de dobragem correspondente, dado que o guardara aquando

dos testes às amostras, dando assim início ao processo de dobragem e de controlo dimensional idêntico ao *suporte assento* (Figura 7.22).



Figura 7.22 – Operador a introduzir o tubo da *base* no mandril tendo em conta o alinhamento da furação, e peça dobrada.

Com a conclusão da dobragem da peça foi necessário proceder à furação para receber o apoio ao solo. Com o gabarit montado na máquina furadora de coluna, o operador colocou a peça no gabarit, apertou o grampo e procedeu à furação (Figura 7.23).



Figura 7.23 – Processo de furação da *base* com recurso ao gabarit para esse efeito.

Por último seguiu-se a produção da *travessa* que unirá a *base*. Primeiro procedeu-se ao corte do tubo no serrote elétrico de fita circular seguido do processo de abertura de meia cana no balancé (Figura 7.24).



Figura 7.24 – Abertura de meia-cana da *travessa* no balancé.

Finalizadas as operações para a obtenção da *estrutura do encosto, suporte assento, base e travessa* foi iniciado o processo de soldadura MIG.

A soldadura dos subcomponentes da *estrutura base* foi realizada recorrendo aos dois gabarits para esse efeito. Com o primeiro gabarit procedeu-se à soldadura da *base* com o *encaixe base*. O operador começou por posicionar ambos os subcomponentes no gabarit, de seguida apertou os grampos e procedeu à sua soldadura (Figura 7.25).

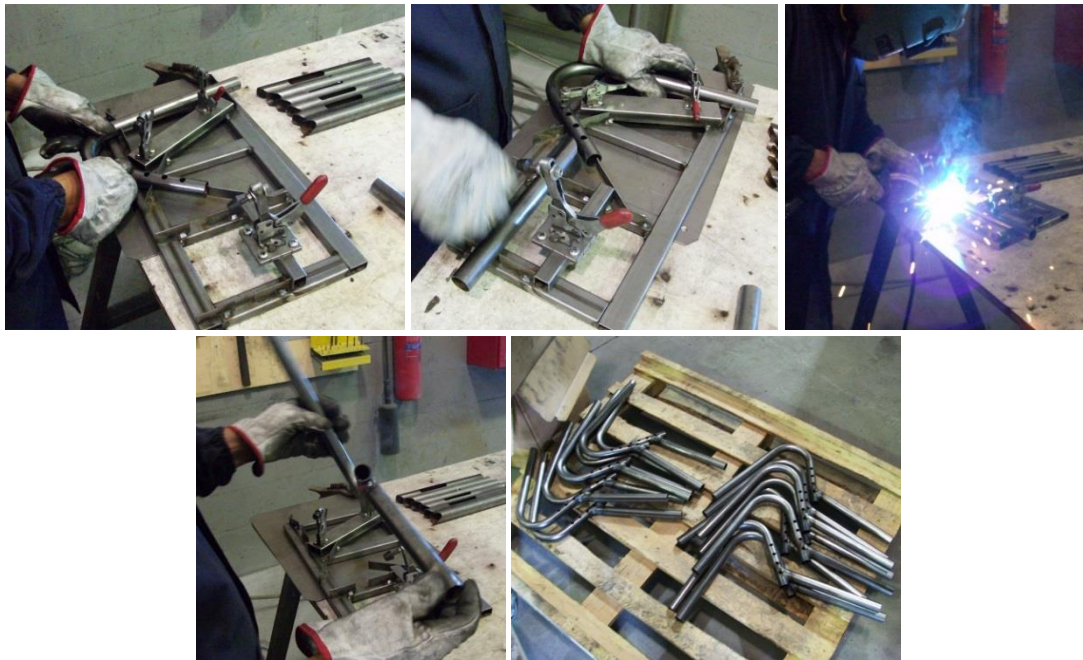


Figura 7.25 – Processo de soldadura da *base* e do *encaixe base* com recurso ao gabarit para esse efeito.

Com o segundo gabarit procedeu-se à soldadura da *travessa* com as peças resultantes da soldadura anterior (Figura 7.26).



Figura 7.26 – Processo de soldadura da *travessa* e da *base+encaixe base* com recurso ao gabarit para esse efeito, obtendo-se assim o componente *estrutura base*.

Paralelamente, um segundo operador realizava a soldadura dos subcomponentes da *estrutura do assento* (Figura 7.27).



Figura 7.27 – Processo de soldadura do *suporte assento* e do *encaixe assento* com recurso ao gabarit para esse efeito, obtendo-se assim o componente *estrutura assento*.

Concluído o processo de soldadura, as estruturas foram enviadas para a linha de pintura para serem pintadas com a cor RAL7035 (Figura 7.28).

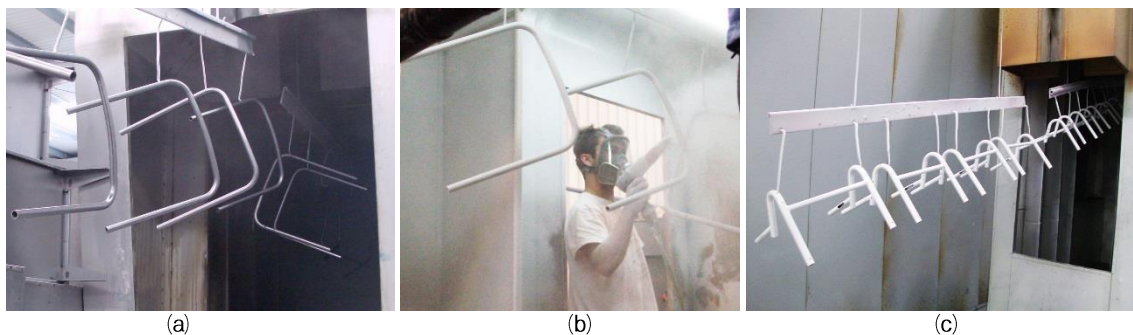


Figura 7.28 – Processo de pintura das estruturas: (a) *estrutura do encosto* a entrar no túnel para o tratamento da superfície; (b) *estrutura do encosto* na cabine de pintura onde o operador munido com uma pistola de pulverização eletrostática pulveriza a tinta em pó sobre a peça, cobrindo a sua superfície; (c) *estruturas base* a saírem da estufa de polimerização após o processo de cura da tinta em pó.

### 7.4.3. Montagem

O processo de montagem da cadeira Dual\_Step foi realizado por duas equipas, num total de 5 pessoas.

A primeira equipa, composta por três operadores, foi responsável pela montagem dos subsidiários na *estrutura base* e *estrutura do assento* e pela assemblagem destas estruturas em conjunto com a *estrutura do encosto*. O primeiro operador procedia à rebitagem dos apoios

ao solo com um rebitador pneumático e à incorporação dos tapa-topos na *estrutura base* (Figura 7.29).



Figura 7.29 – Operador a rebitar os apoios ao solo e a inserir os tapa-topos na *estrutura base*.

Simultaneamente, o segundo operador inseria o sistema pino-mola no *encaixe assento* (Figura 7.30).



Figura 7.30 – Operador a inserir o sistema pino-mola no *encaixe assento*.

O terceiro operador colocava os casquilhos de poliacetal na *estrutura base*, os tapa-topos na *estrutura do assento* e procedia à montagem das estruturas com a montagem do mecanismo de regulação, constituído pelo parafuso cabeça de queijo sextavado interior e espaçador de nylon sem rosca (Figura 7.31 e Figura 7.32).

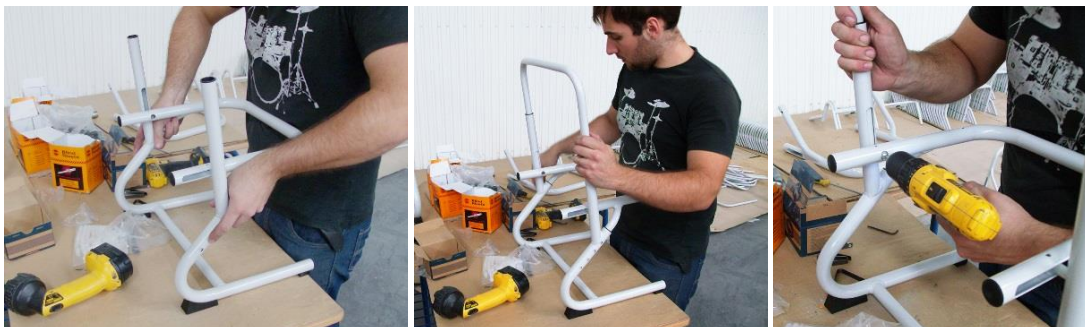


Figura 7.31 – Operador a proceder à montagem das estruturas com a montagem do mecanismo de regulação.





Figura 7.32 – Estruturas da cadeira montadas.

A segunda equipa, composta por dois operadores, foi responsável pela rebitação do encosto e assento. O primeiro operador procedia à incorporação dos rebites de repuxo de alumínio e dos elementos de amortecimento no encosto e assento (Figura 7.33a), enquanto o segundo operador realizava a rebitação dos mesmos através de um rebitador pneumático (Figura 7.33b).



Figura 7.33 – Com as estruturas montadas, na segunda equipa o primeiro operador procede à incorporação dos rebites de repuxo de alumínio e dos elementos de amortecimento no encosto e assento (a) e o segundo operador à rebitação destes (b).

Com esta disposição e organização o processo de montagem de uma cadeira Dual\_Step nunca era superior a 2,5 minutos (Figura 7.34, Figura 7.35 e Figura 7.36).



Figura 7.34 – Cadeiras Dual\_Step montadas e prontas a expedir.



Figura 7.35 – Cadeira Dual\_Step alternando nos 4 tamanhos, como requisitado pelo cliente.

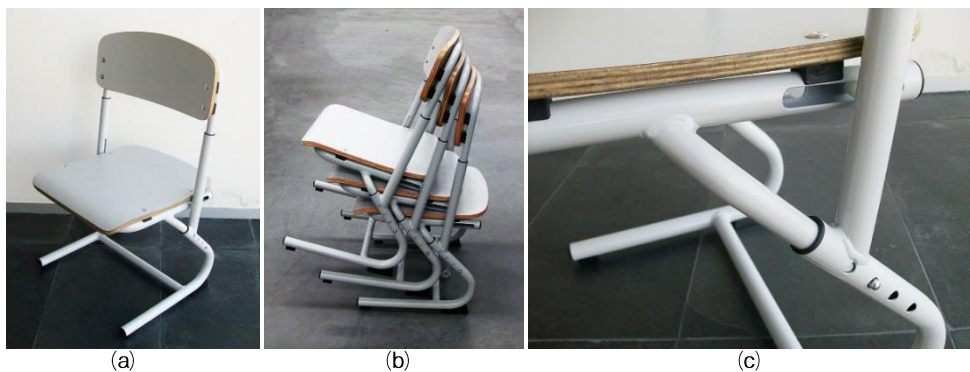


Figura 7.36 – Cadeira Dual\_Step produto especial (a), o seu modo de empilhamento (b) e pormenor do mecanismo de regulação e de bloqueio da posição da cadeira (c).

## 7.5. As Primeiras Escolas Equipadas Com a Cadeira Dual\_Step

Com o fim de todo este processo de investigação e desenvolvimento, a cadeira Dual\_Step, a primeira cadeira escolar com assento regulável em altura e profundidade, estava pronta a equipar as primeiras escolas tornando-se uma mais-valia na promoção de boas práticas posturais na escola.

A entrega das primeiras cadeiras Dual\_Step nos 4 Centros Escolares do concelho de Penafiel ocorreu no dia 4 de Setembro de 2015, a tempo do início do ano letivo 2015/2016 (Figura 7.37).



Figura 7.37 – Cadeiras Dual\_Step equipando uma sala de aula do Centro Escolar de Irivo, Penafiel.



# Capítulo 8 – Conclusão

Com a presente investigação e desenvolvimento procurou-se dar um contributo para um dos principais desafios/problemas que se coloca à indústria de mobiliário escolar: conceber ou adaptar o mobiliário escolar à grande diversidade morfológica dos alunos com o objetivo de minimizar e prevenir futuros problemas posturais, respondendo a um mercado global.

Tendo como metodologia de trabalho o Project Based Learning desenvolveu-se um projeto de investigação em ambiente académico, tendo como parceiro a NAUTILUS S.A., refletindo sobre esse problema real que se impõe à indústria do mobiliário escolar. Da investigação feita concluiu-se que o mercado apresenta lacunas no que respeita ao mobiliário escolar ajustável, ao disponibilizar apenas cadeiras escolares reguláveis em altura. Numa cadeira escolar é tão fundamental a regulação em altura do assento como a sua profundidade porque as crianças que frequentam a escola atravessam um processo de desenvolvimento e crescimento que se caracteriza por mudanças cognitivas, mas também físicas que diferem com a idade. Ora quando o mobiliário escolar não é capaz de acomodar as variações antropométricas das crianças (existe uma relação direta entre as dimensões da cadeira e mesa escolar e as medidas antropométricas do seu utilizador) interfere negativamente nesse processo ao fomentarem a adoção de maus hábitos posturais, problemas músculo-esqueléticos e malformações anatómicas potencialmente irreversíveis, logo no ensino primário.

Constatou-se ainda que cada país ou bloco económico tem as suas próprias normas regulamentares sobre o dimensionamento do mobiliário escolar que nem sempre se coadunam com a realidade antropométrica dos seus utilizadores.

*'Given the anthropometric diversity of many countries, the development of an international standard could be of benefit'* [12, p. 746]. E quando competitividade e limitação de recursos são fundamentais para a viabilização de qualquer produto, torna-se prioritário desenvolver uma metodologia de dimensionamento que suporte a conceção do conjunto cadeira e mesa escolar, verdadeiramente universal, que acompanhe o crescimento das crianças em qualquer país.

Desta necessidade de aprofundar o estudo do dimensionamento do conjunto cadeira e mesa escolar foi desenvolvida uma proposta para um sistema universal de tamanhos de cadeira e mesa escolar para crianças dos 6 aos 10 anos de idade, no qual se conclui que são necessários 5 tamanhos para acomodar corretamente essas mesmas crianças.

Depois de organizada essa metodologia de concepção, colocou-se uma questão quanto à sua exequibilidade. Será possível desenvolver uma cadeira escolar evolutiva para crianças entre os 6 e os 10 anos de idade, ajustável em altura e profundidade, economicamente competitiva no mercado global?

Como verificação desta investigação e para dar resposta a esta questão desenvolveu-se com a empresa parceira o conceito da cadeira Dual\_Step, transpondo-o do ambiente académico para o contexto industrial da empresa visando o seu desenvolvimento industrial e produção.

Após um longo processo de desenvolvimento industrial, produção de protótipos e respetivos testes foi então possível transformar o que era um conceito num produto. Com a produção das primeiras 550 unidades da cadeira Dual\_Step para equipar os Centros Escolares de Irivo, Boelhe, Pinheiro e Duas Igrejas do concelho de Penafiel a investigação foi validada e os objetivos propostos atingidos.

No entanto, ressalva-se que nem sempre foi possível utilizar a investigação no processo de desenvolvimento. Face à discrepância entre as dimensões da cadeira e mesa escolar consideradas pela norma europeia e a realidade antropométrica das crianças europeias, objetivava-se dimensionar a cadeira Dual\_Step de acordo com as dimensões resultantes do estudo de uma proposta para um sistema universal de tamanhos de cadeira e mesa escolar para crianças dos 6 aos 10 anos de idade. Tal não foi possível porque a norma tem que ser cumprida, independentemente de contrariar o princípio fundamental em que supostamente se baseia, como tem vindo a ser alertado por vários autores.

Considera-se que esta investigação é um importante contributo para futuros projetos de desenvolvimento de mobiliário escolar, uma vez que a metodologia adotada fora validada com o desenvolvimento, produção e introdução no mercado da cadeira Dual\_Step, a primeira cadeira escolar com assento regulável em altura e em profundidade. Para isso em muito contribuiu o desenvolvimento em âmbito empresarial. Tal permitiu uma perceção complementar a problemas e desafios inerentes à concepção que dificilmente seriam equacionados apenas em ambiente académico.

Por tudo isto, considera-se as seguintes perspetivas para futuros desenvolvimentos deste trabalho:

1. Complementar a base de dados antropométrica da proposta para um sistema universal de tamanhos de cadeira e mesa escolar para crianças dos 6 aos 10 anos de idade com dados de outros países. E alargar o sistema para acomodar crianças dos 4 aos 20 anos de idade;
2. Desenvolvimento de uma mesa com altura e inclinação do tampo reguláveis para acompanhar a cadeira Dual\_Step, formando assim um conjunto;
3. Apesar de economicamente viável, o desenvolvimento de soluções ou alternativas igualmente eficazes que potenciassesem a redução do preço de custo da cadeira Dual\_Step seria interessante.





# Referências

- [1] G. Panagiotopoulou, K. Christoulas, A. Papanckolaou, e K. Mandroukas, "Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school," *Applied Ergonomics*, vol. 35, pp. 121-128, 2004.
- [2] M. K. Gouvali e K. Boudolos, "Match between school furniture dimensions and children's anthropometry," *Applied Ergonomics*, vol. 37, pp. 765-773, 2006.
- [3] C. Parcells, M. Stommel, e R. P. Hubbard, "Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: Empirical findings and health implications," *Journal of Adolescent Health*, vol. 24, pp. 265-273, 1999.
- [4] H. I. Castellucci, P. M. Arezes, e C. A. Viviani, "Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools," *Applied Ergonomics*, vol. 41, pp. 563-568, 2010.
- [5] M. A. Gonçalves, "Análise das condições ergonómicas das salas de aula do primeiro ciclo do ensino básico," Tese de Doutoramento, Engenharia Industrial e de Sistemas, Universidade do Minho, Braga, 2012.
- [6] P. F. Reis, "Estudo da Interface Aluno-Mobiliário: A Questão Antropométrica e Biomecânica da Postura Sentada," Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- [7] P. F. Reis, D. C. d. Reis, e A. R. P. Moro, "Mobiliário Escolar: Antropometria e Ergonomia da Postura Sentada," artigo apresentado em XI Congresso Brasileiro de Biomecânica, São João, PB, 2005.
- [8] W. A. Evans, A. J. Courtney, e K. F. Fok, "The design of school furniture for Hong Kong schoolchildren: An anthropometric case study," *Applied Ergonomics*, vol. 19, pp. 122-134, 1988.
- [9] A. R. P. Moro, "Ergonomia da sala de aula: constrangimentos posturais impostos pelo mobiliário escolar," *Revista Digital*, vol. 10, pp. 1-6, 2005.
- [10] C. L. Bennett, "Child Use Of Technology At Home," in *Ergonomics for Children - Designing products and places for toddler to teens*, R. Lueder and V. J. B. Rice, Eds., ed New York, London: Taylor & Francis, 2008, pp. 573-604.

- [11] R. Lueder e V. Rice, "Physical Development In Children And Adolescents And Age-Related Risks," in *Ergonomics for Children - Designing products and places for toddler to teens*, R. Lueder and V. J. B. Rice, Eds., ed New York, London: Taylor & Francis, 2008, pp. 187-225.
- [12] A. Hedge e R. Lueder, "Classroom Furniture," in *Ergonomics for Children - Designing products and places for toddler to teens*, R. Lueder and V. J. B. Rice, Eds., ed New York, London: Taylor & Francis, 2008, pp. 721-751.
- [13] L. F. Ribeiro, "Design de Mobiliário Adaptável ao Crescimento da Criança," Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2012.
- [14] S. R. B. Surrador, "Mobiliário Escolar Infantil: Recomendações para o seu design," Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.
- [15] L. R. Prado-León, R. o. Avila-Chaurand, e E. L. González-Muñoz, "Anthropometric study of Mexican primary school children," *Applied Ergonomics*, vol. 32, pp. 339-345, 2001.
- [16] H. I. Castellucci, P. M. Arezes, e J. F. M. Molenbroek, "Analysis of the most relevant anthropometric dimensions for school furniture selection based on a study with students from one Chilean region," *Applied Ergonomics*, vol. 46, Part A, pp. 201-211, 2015.
- [17] J. Molenbroek, Y. Kroon-Ramaekers, e C. Snijders, "Revision of the design of a standard for the dimensions of school furniture," *Ergonomics*, vol. 46, pp. 681-694, 2003.
- [18] D. Domljan, Z. Vlaovic, e I. Grbac, "Pupils' working postures in primary school classrooms," *Periodicum Biologorum*, vol. 112, pp. 39-45, 2010.
- [19] H. I. Castellucci, P. M. Arezes, e J. F. M. Molenbroek, "Applying different equations to evaluate the level of mismatch between students and school furniture," *Applied Ergonomics*, vol. 45, pp. 1123-1132, 2014.
- [20] E. T. Guat-Lin, *Anthropometric data and its use for educational building and furniture design* vol. 18. Bangkok: Unesco - Regional Office for Education in Asia and the Pacific, 1984.
- [21] Ministério da Saúde do Brasil, *Saúde da Criança: acompanhamento do crescimento e desenvolvimento infantil*. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.
- [22] G. d. S. Santos. (2006, 20.09.2014). *O crescimento e desenvolvimento da criança*. Disponível em: <http://www.ebah.pt/content/ABAAAAjZIAA/crescimento-desenvolvimento-crianca>
- [23] AAVV, *Crescimento, desenvolvimento e maturação* vol. 3. Brasília: Fundação Vale, Unesco, 2013.
- [24] A. H. N. Ré, "Crescimento, maturação e desenvolvimento na infância e adolescência: Implicações para o esporte," *Motricidade*, vol. 7, pp. 55-67, 2011.
- [25] Mãe Me Quer. (2013, 20.10.2014). *Desenvolvimento na primeira infância*. Disponível em: <http://www.maemequer.pt/desenvolvimento-infantil/crescer/desenvolvimento-na-primeira-infancia>

- [26] J. Rosi. (2013, 20.09.2014). *Desenvolvimento Cognitivo Segunda Infância*. Disponível em: <http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Desenvolvimento-Cognitivo-2-Infancia/723546.html>
- [27] S. M. Pequini, "Ergonomia Aplicada ao Design de Produtos: Um estudo de caso sobre o design de bicicletas," Tese de Doutorado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- [28] I. Iida, *Ergonomia: Projeto e Produção*, 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- [29] D. K. Mukherjee, S. Srivastava, e I. Banerjee, *Growth and Development*, 1 ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2008.
- [30] M. F. Carnide, "Ergonomia Escolar: Recomendações," in *Programa Nacional de Saúde Escolar: Programa Nacional contra as Doenças Reumáticas*, ed. Lisboa: Direção Geral de Saúde, 2006, p. 26.
- [31] B. Troussier, "Comparative study of two different kinds of school furniture among children," *Ergonomics*, vol. 42, pp. 516-526, 1999.
- [32] R. José. (2009, 21.09.2014). *Página pessoal de Rui José*. Disponível em: <http://ruijose.com/pt/>
- [33] S. M. S. Ferreira, R. d. C. d. L. Stadler, e L. A. Pilatti, "Recomendações ergonômicas aplicáveis ao mobiliário escolar para prevenção de problemas posturais em alunos com baixa visão," em *I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, PR, 2009, pp. 117-133.
- [34] Postural Tech. (18.12.2015). *Postura Normal e Patológica*. Disponível em: <http://www.posturaltech.com.br/sistema-postural/postura-normal-patologica/>
- [35] A. I. Kapandji, "Tronco e Coluna Vertebral," in *Fisiologia Articular*. vol. 3, 5 ed São Paulo: Editorial Médica Panamericana S.S., 2000.
- [36] A. F. Barbosa, "Avaliação da Influência do Mobiliário Escolar na Postura Corporal em Alunos Adolescentes," Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2009.
- [37] R. A. M. Martínez. (05.12.2014). *Ejercicios con tabla para la cifosis dorsal*. Disponível em: <http://misclasesdenatacionterapeutica.blogspot.pt/2014/09/ejercicios-con-tabla-para-la-cifosis.html>
- [38] S. Pheasant, *Bodyspace: Anthropometric, Ergonomics and the Design of Work*, 2 ed. London; Philadelphia: Taylor & Francis, 2003.
- [39] R. R. E. E. Motmans. (2006). *Evaluation of three types of school furniture according to prEN 1729*. Disponível em: <http://www.iea.cc/ECEE/pdfs/Motmans.Eval3SchlFurn.prEN1729.pdf>
- [40] J. Panero e P. Zelnik, *Las Dimensiones Humanas En Los Espacios Interiores: Estándares antropométricos*, 7 ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1996.
- [41] S. Dennehy. (21.12.2014). *Perch Ergonomic School Furniture*. Disponível em: <https://www.behance.net/gallery/3476079/Perch-Ergonomic-School-Furniture>

- [42] E. d. F. F. d. Matos, "Análise situacional das condições ergonómicas associado aos problemas dos alunos de 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> série do Ensino Fundamental da Escola Berço de Belém," Dissertação Licenciatura, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade da Amazônia (Unama), Belém, 2013.
- [43] E. Geldhof, D. De Clercq, I. De Bourdeaudhuij, e G. Cardon, "Classroom postures of 8–12 year old children," *Ergonomics*, vol. 50, pp. 1571-1581, 2007.
- [44] A. Marx, U. Fuhrer, e T. Hartig, "Effects of Classroom Seating Arrangements on Children's question-asking," *Learning Environments Research*, vol. 2, pp. 249-263, 1999/10/01 1999.
- [45] J. Aagaard-Hensen e A. Storr-Paulsen, "The working positions of schoolchildren," *Applied Ergonomics*, vol. 25, pp. 63-64, 1994.
- [46] M. Z. Ramadan, "Does saudi school furniture meet ergonomics requirements?," *Work*, vol. 38, pp. 93-101, 2011.
- [47] N. B. Diep, "Evaluation of fitness between school furniture and children body size in two primary schools in Haiphonh, Vietnam," Dissertação de Mestrado, Department of Human Science, Lulea University of Technology, Lulea, 2003.
- [48] Instituto Biomecanica de Valencia, *Ergonomia y Mueble: Guia de recomendaciones para el diseño de mobiliário ergonómico*. Valência: Ddi-IBV, 1992.
- [49] S. Milanese e K. Grimmer, "School furniture and the user population: an anthropometric perspective," *Ergonomics*, vol. 47, pp. 416-426, 2004.
- [50] J. M. Oliveira, "Análise Ergonómica do Mobiliário Escolar Visando a Definição de Critérios," Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2006.
- [51] N. Morais. (s/ data, 20.09.2014). *Levantem-se as carteiras!* Disponível em: <http://apde.no.sapo.pt/10-levantem-se%20as%20carteiras.pdf>.
- [52] CEN, *EN 1729-1: Furniture - Chairs and tables for educational institutions - Part 1: Functional dimensions*. Brussels: European Committee for Standardization, 2006.
- [53] J. Boueri. (2008). *Antropometria Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Desenho Industrial. (1<sup>a</sup> ed.)*. 1. Disponível em: [www.estacaolettras.com.br/pdfs/ebook\\_antropometria.pdf](http://www.estacaolettras.com.br/pdfs/ebook_antropometria.pdf)
- [54] P. Fiell e C. Fiell, *Design Handbook: Concepts, Materials, Styles*. Köln: Taschen, 2006.
- [55] R. Andrews. (2013, 22.12.2015). *Body type eating: Find out whether it's right for you*. Disponível em: <http://www.precisionnutrition.com/all-about-body-type-eating>
- [56] H. I. Castellucci, P. M. Arezes, J. F. M. Molenbroek, e C. Viviani, "The effect of secular trends in the classroom furniture mismatch: support for continuous update of school furniture standards," *Ergonomics*, vol. 58, pp. 524-534, 2014.
- [57] J. W. Y. Chung e T. K. S. Wong, "Anthropometric evaluation for primary school furniture design," *Ergonomics*, vol. 50, pp. 323-334, 2007.

- [58] I. Dianat, M. A. Karimi, A. Asl Hashemi, e S. Bahrampour, "Classroom furniture and anthropometric characteristics of Iranian high school students: Proposed dimensions based on anthropometric data," *Applied Ergonomics*, vol. 44, pp. 101-108, 2013.
- [59] Herman Miller Inc. (2013, 05.01.2015). *The Evolution of Anthropometrics and User Control: The Science and Research Behind the Mirra 2 Chair*. Disponível em: <http://www.hermanmiller.com/research/solution-essays/the-evolution-of-anthropometrics-and-user-control.html>
- [60] Ahrend. (11.10.2015). *Ahrend 450 Table*. Disponível em: <http://www.ahrend.com/en/products/>
- [61] H. K. Uhthoff. (2010, 05.01.2015). *Shoulder Injury and Disability*. Disponível em: <http://www.wsiat.on.ca/english/mlo/shoulder.htm>
- [62] H. I. Castellucci, P. M. Arezes, e J. F. M. Molenbroek, "Applied Anthropometrics in School Furniture Design: Which criteria should be used for standardization?," em *5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, Kraków, Poland, 2014.
- [63] Z. Z. Afzan, S. A. Hadi, B. T. Shamsul, H. Zailina, I. Nada, e A. R. S. Rahmah, "Mismatch between school furniture and anthropometric measures among primary school children in Mersing, Johor, Malaysia," em *Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES), 2012 Southeast Asian*, 2012, pp. 1-5.
- [64] S. R. Agha, "School furniture match to students' anthropometry in the Gaza Strip," *Ergonomics*, vol. 53, pp. 344-354, 2010.
- [65] H. I. Castellucci, M. A. Gonçalves, e P. M. Arezes, "Ergonomic Design of School Furniture: Challenges for the Portuguese Schools," em *3rd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics Conference*, Miami, FL, 2010, pp. 197-202.
- [66] Bof. (05.01.2015). *Size Mark Guide*. Disponível em: <http://www.bof.co.uk/about/bof/6/sizemarkguide>
- [67] R. Motmans e E. Ceriez. Body dimensions of the Belgian population [Online]. Disponível em: <http://www.dinbelg.be/anthropometry.htm>
- [68] L. P. A. Steenbekkers, J. F. M. Molenbroek, e J. M. Dirken. Dutch Children [Online]. Disponível em: <http://dined.io.tudelft.nl/dined/>
- [69] CEN, *EN 1729-2: Furniture - Chairs and tables for educational institutions - Part 2: Safety requirements and test methods*. Brussels: European Committee for Standardization, 2006.
- [70] A. Poston, "Index of Non-Government Standards on Human Engineering Design Criteria and Program Requirements/Guidelines Version 3," Department of Defense, Human Factors Engineering Technical Advisory Group, Human Factors Standardization., Reston, VA, 2002.
- [71] UNESCO, *International Standard Classification of Education - ISCED 2011*. Montreal: UNESCO Institute for Statistics, 2012.

- [72] Eurydice, *Structure of European education systems 2014/15*. Bruxelas: Comissão Europeia, 2014.
- [73] UNESCO International Bureau of Education. (2010, 28.10.2014). *World Data on Education Seventh edition 2010/11*. Disponível em: <http://www.ibe.unesco.org/en/services/online-materials/world-data-on-education/seventh-edition-2010-11.html>
- [74] Center on International Education Benchmarking. (2014, 25.10.2014). *Hong Kong Instructional Systems*. Disponível em: <http://www.ncee.org/programs-affiliates/center-on-international-education-benchmarking/top-performing-countries/hong-kong-overview/hong-kong-instructional-systems/>
- [75] E. Nowak. (2000, 27.11.2014). *Atlas antropometryczny populacji polskiej - dane do projektowania*. Disponível em: <http://biblioteka.zsz.com.pl/dlibra/docmetadata?id=2895>
- [76] D. Domljan, I. Grbac, e J. Hadina, "Classroom furniture design-correlation of pupil and chair dimensions," *Collegium Antropologicum*, vol. 32, pp. 257-265, 2008.
- [77] L. C. Paschoarelli, "O Posto de trabalho. Carteira Escolar como Objeto de Desenvolvimento da Educação Infantil: uma Contribuição do Design e da Ergonomia," Tese de Mestrado, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 1997.
- [78] J. C. P. Silva, L. C. Paschoarelli, e R. M. O. Spinoza, *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.
- [79] A. M. Fuentes, "Dimensiones antropométricas de población escolar Cubana de 6 a 18 años.," in *Dimensiones antropométricas de población Latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile*, R. Á. Chaurand, L. R. Prado-León, and E. L. G. Muñoz, Eds., 1 ed Guadalajara: Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, 2001, pp. 145-155.
- [80] M. R. R. Ortiz, *Tablas antropométricas infantiles* vol. 1. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes, 2008.
- [81] C. D. Fryar, Q. Gu, e C. L. Ogden, "Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007-2010," *Vital Health Stat 11*, p. 48, Oct 2012.
- [82] R. M. Malina, P. V. V. Hamil, e S. Lemeshow, "Selected body measurements of children 6-11 years, United States," *Vital Health Stat 11*, p. 48, 1973.
- [83] Canadian Institute of Child Health, "Child Anthropometry: A literature Scan of National and International Publications.," Transport Canada, Ottawa, ON, TP 14774 E, 2007.
- [84] R. Hafezi, S. J. Mirmohammadi, A. H. Mehrparvar, H. Akbari, e H. Akbari, "An Analysis of Anthropometric Data on Iranian Primary School Children," *Iranian Journal of Public Health*, vol. 39, pp. 78-86, 2010.
- [85] M. Mokdad e M. Al-Ansari, "Anthropometrics for the design of Bahraini school furniture," *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 39, pp. 728-735, 2009.

- [86] VS. (24.01.2015). *PantoMove-LuPo: Star-foot chair – the ergonomic seating solution*. Disponível em: <http://vs.de/kataloge/gesamtkatalog/en/details/89395/pantomove-lupo>
- [87] Perch. (24.01.2015). *Ray Chair*. Disponível em: <http://www.perch.ie/projects/ray-chair.html>
- [88] Steelcase. (23.01.2015). *Node*. Disponível em: <http://www.steelcase.com/products/collaborative-chairs/node/>
- [89] NAUTILUS. *Mobiliário*. Disponível em: [http://www.nautilus.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1&Itemid=2&lang=pt](http://www.nautilus.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=2&lang=pt)
- [90] A. Zimmerman, "Integrated Design Process Guide," ed. Ottawa: Canada Housing and Mortgage Corporation, 2006, p. 18.
- [91] Institute Of Industrial Engineers. (26.08.2015). *Applied Ergonomics Conference 2015 Awards*. Disponível em: <http://www.iienet2.org/Ergo/Conference/Slides/2015/Awards/index.html>
- [92] NAUTILUS. (25.01.2015). *Tecnologia*. Disponível em: [http://www.nautilus.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2&Itemid=3&lang=pt](http://www.nautilus.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=3&lang=pt)
- [93] ISCPlastics. (25.03.2015). *Round threaded spacer MECM* Disponível em: <http://www.isc-sl.com/products/washers-spacers/round-threaded-spacer/mecm/?code=u&seccion=pn6ny1t1&family=v5pn4&family2=9n5ur45%20-%2052npr45&agrip=ZRPZ&group=ZRPZ&plastic=F&seguimiento=empty&mesures=0>
- [94] Essentra Components. (25.03.2015). *Non Threaded Spacer - Plastic*. Disponível em: <http://uk.essentracomponents.com/shop/en-GB/essentracomponentsuk/pcb---electronics-hardware-29066-44/non-threaded-spacer-264051-44/non-threaded-spacer---plastic-p160160-44>
- [95] F. Kränkel. (2014, 12.03.2015). *Desenvolvimento Tecnológico DT-13: Pintura Industrial com Tintas em Pó*. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-apostila-curso-dt-13-pintura-industrial-com-tintas-em-po-treinamento-portugues-br.pdf>
- [96] Foxtrot. (08.04.2015). *Estante p/ Partitura On-Stage SM 7122BB*. Disponível em: <http://www.foxtrot.com.br/Produto/03100160438001/Estante+p+Partitura+On-Stage+SM+7122BB>
- [97] Fasten. *BTS GmbH*. Disponível em: [http://www.fasten.it/en/user1510/bts\\_gmbh.html](http://www.fasten.it/en/user1510/bts_gmbh.html)
- [98] Ganter Griff. (06.05.2015). *DIN 653 Stainless Steel-Flat Knurled screws*. Disponível em: <https://www.ganter-griff.de/en/products/quick-finder/DIN-653-Flat-Knurled-screws-Stainless-Steel?q=din%20653>
- [99] Americanas. (05.06.2015). *Descanso Central Em Alumínio Com Regulagem*. Disponível em: <http://www.americanas.com.br/produto/9126375/descanso-central-em-aluminio-com-regulagem?epar=ZOOM&opn=YYNKZU>

- [100] E. Alves e D. Carneiro. (2013, 11.03.2015). *Proposta Para Aquisição De Mobiliário Escolar Adequado Ao 1º Ciclo do Ensino Básico*. Disponível em:  
<http://issuu.com/carfute/docs/proposta?e=0>
- [101] A. M. M. d. S. M. Coelho, "Os Sistemas De Custeio e a Competitividade da Empresa,"  
Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Contabilidade e Administração do  
Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto, 2011.



