



JULIANA MENDES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ERGONÔMICA DE
CARTEIRAS ESCOLARES CONFECCIONADAS
COM AGLOMERADOS DE BAGAÇO DE CANA-
DE-AÇÚCAR**

**LAVRAS - MG
2010**

JULIANA MENDES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ERGONÔMICA DE CARTEIRAS
ESCOLARES CONFECCIONADAS COM AGLOMERADOS DE
BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador
Dr. José Reinaldo Moreira da Silva

LAVRAS - MG

2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Oliveira, Juliana Mendes de.

Avaliação técnica e ergonômica de carteiras escolares
confeccionadas com aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar /
Juliana Mendes de Oliveira. – Lavras: UFLA, 2010.

130 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: José Reinaldo Moreira da Silva.

Bibliografia.

1. Carteira escolar. 2. Ergonomia. 3. Avaliação técnica. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 674.835

JULIANA MENDES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ERGONÔMICA DE CARTEIRAS
ESCOLARES CONFECCIONADAS COM AGLOMERADOS DE
BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 11 de maio de 2010.

Dr. Amaury Paulo de Souza	UFV
Dr. Luciano José Minette	UFV
Dr. José Tarcisio Lima	UFLA
Dr. Paulo Fernando Trugilho	UFLA

Dr. José Reinaldo Moreira da Silva
Orientador

LAVRAS - MG

2010

À memória de Marivaldo Lopes de Oliveira,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Sou grata ao meu orientador, José Reinaldo Moreira da Silva e aos meus conselheiros José Tarcisio Lima e Lourival Marin Mendes, pelas orientações, confiança e espírito inovador. A todos, muito obrigada pelo apoio, disposição e talento despendido para colaborar com a realização deste trabalho.

Aos professores Luciano José Minette, Amaury Paulo de Souza e Paulo Fernando Trugilho, pelas contribuições inspiradoras que deram a esse trabalho.

À Universidade Federal de Lavras, por tornar possível a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de recursos do projeto CAG APQ-5092-3.10/07, que viabilizaram a confecção de máquinas e dispositivos de ensaios ergonômicos nas carteiras.

Aos funcionários do Laboratório de Usinagem da Madeira e Painéis, Hernani, Heber e Gilson, pela colaboração na realização deste trabalho.

Agradeço a minha mãe, Maria Ignez, pelo amor incondicional, paciência e confiança e ao meu pai Marivaldo (*in memoriam*), que sempre me apoiou, desde o início dessa jornada. A eles minha eterna gratidão, pela vida, pela educação, pelo carinho e pelo esforço empregado na minha formação.

À amiga Marisa Aparecida Pereira, pela amizade e companheirismo em todas as etapas do curso.

À Maria Olga, por todo o carinho e apoio.

Ao Luke, por estar sempre presente nas intermináveis horas diante do computador, dia e noite.

Ao meu marido, Rommel, pelo apoio intelectual e emocional, pela amizade, compreensão e amor.

RESUMO

Os painéis aglomerados, apesar de serem conhecidos há bastante tempo, tem o seu uso em mobiliário associado à idéia de má qualidade e durabilidade. Por outro lado, no Brasil, as medidas das carteiras escolares (conjunto mesa/cadeira) e os materiais utilizados na confecção não têm padronização. A NBR 14006/2003 – “Móveis escolares: assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais”, que regulamenta esse tipo de mobiliário no Brasil é de pouca ajuda, no que diz respeito aos padrões a serem adotados. O levantamento antropométrico utilizado para o dimensionamento baseia-se em medidas a nível europeu; não há indicação do uso do aglomerado; os padrões do ensaio de impacto vertical estão abaixo do esperado e nem sequer indicam padrões de mobiliário escolar ajustável, o que é o mais adequado, em se tratando de alunos de primeira a oitava séries do ensino fundamental. Este trabalho foi realizado com o objetivo de elaborar um mobiliário escolar regulável, de acordo com as medidas antropométricas de levantamento local, com painéis aglomerados, cujo conjunto fosse resistente e ergonomicamente aceitável. O estudo foi dividido em cinco fases. Na primeira fase foi feito um levantamento antropométrico da população infanto-juvenil local, comparando-o com o levantamento feito na cidade de Viçosa, MG em um trabalho anterior. Na segunda fase foi feito um projeto de protótipo de carteira escolar regulável com painéis aglomerados e estrutura metálica. Na terceira fase foi avaliada a qualidade dos painéis em laboratório. Na quarta fase, os painéis e a estrutura foram avaliados em ensaio de impacto vertical desenvolvido para os padrões dos usuários. Na quinta fase, as carteiras foram avaliadas quanto aos esforços simulados exercidos pelos usuários por meio do software 3D SSPP (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2009) e, quanto à ergonomia, por um *check-list*. Os resultados mostraram que: 1) as populações infanto-juvenis de Lavras e de Viçosa são estatisticamente iguais; 2) o protótipo consegue atender às necessidades antropométricas de usuários de 7 a 14 anos de idade; 3) os painéis aglomerados utilizados têm características semelhantes a dos painéis de baixa e média densidade, não atingindo padrões mínimos apenas em arrancamento de parafuso; 4) o ensaio de impacto vertical foi mais condizente com a realidade de uso do que o descrito pela NBR 14006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003) e, com uma pequena adaptação, os painéis aglomerados resistiram ao ensaio, bem como as estruturas das carteiras e 5) os protótipos tornam possível uma postura adequada, evitando prejuízo à saúde e esforços desnecessários dos estudantes usuários. As carteiras escolares apresentaram boa qualidade ergonômica.

Palavras-chave: Carteira escolar. Avaliação técnica. Ergonomia. Aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar.

ABSTRACT

Particle boards despite being known for quite some time have their use in furniture associated with the idea of poor quality and durability. On the other hand, in Brazil, the school furniture (desk and chair) do not have standardization of its measures, nor of the material to be used. The NBR 14006/2003 – "School furniture: seats and tables for student of educational institutions" that regulates this type of furniture in Brazil is of little help in respect of standards to be adopted: the anthropometrical survey is based on European measures, it does not indicates the use of particle boards, the patterns of vertical impact test are underperforming and it does not even indicates adjustable school furniture patterns, which is the most appropriate for students of first to eighth grades. The overall objective of this work was to develop a school furniture adjustable, according to the local anthropometrical measures, with particle boards, resistant and ergonomically comfortable. This study was divided into five phases. In the first phase a anthropometrical survey of local youth population was made and compared with a survey done in the city of Viçosa, MG in a previous work. In the second phase it was made a project of a prototype of school furniture adjustable, with particle boards and metal structure. The third phase was to evaluate the quality of the particle board panels in laboratory. The fourth phase the particle boards and the structure were tested in a vertical impact test developed for the patterns of users. And on the fifth phase the school furniture was evaluated by the simulated efforts of the users with the software 3D SSPP and ergonomically with a check-list. The results showed that: 1) juvenile populations of Lavras and Viçosa are statistically equal. 2) The prototype attends to the anthropometrical needs of users from 7 to 14 years of age. 3) The particle boards used have similar characteristics of low and medium density particle boards, except for pulling screw. 4) The vertical impact test described here fits more with the reality of use as the one described in NBR 14006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003), and with a small adaptation the particle boards resisted to the test, as well as the structures of the school furniture. 5) Prototypes made possible a proper posture of students and the inappropriate furniture may impair posture, requiring larger efforts of users than necessary. The school furniture presented good ergonomic quality.

Keywords: School furniture. Technical evaluation. Ergonomics. Sugar cane bagasse particle board.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	10
1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Problema e importância	10
1.2	Objetivos	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Painéis aglomerados	14
2.1.1	Mercado brasileiro de painéis aglomerados	16
2.1.2	Painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar	17
2.2	Ergonomia	18
2.2.1	A ergonomia aplicada ao trabalho	21
2.2.2	Antropometria	22
2.2.3	Posturas	23
2.2.4	Recomendações ergonômicas para trabalho na posição sentada ...	26
2.3	Mobiliário escolar	27
2.4	Avaliação ergonômica	28
	REFERÊNCIAS	32
	CAPÍTULO 2 Levantamento antropométrico da população infanto-juvenil de Lavras e comparação entre medidas antropométricas da população infanto-juvenil das cidades de Lavras e Viçosa, MG	34
1	INTRODUÇÃO	36
2	MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1	Amostragem e coleta de dados	40
2.2	Levantamento antropométrico da população infanto-juvenil	41
2.3	Comparação de dados	41
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.1	Levantamento antropométrico de Lavras	43
3.2	Comparação do levantamento antropométrico	44
4	CONCLUSÕES	47
5	RECOMENDAÇÃO	48
	REFERÊNCIAS	49
	CAPÍTULO 3 Projeto de protótipo de carteira escolar ajustável ...	50
1	INTRODUÇÃO	52
2	MATERIAL E MÉTODOS	55
4.1	Parâmetros antropométricos	55
4.2	Escolha dos materiais	56
4.3	Confecção dos protótipos	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1	Mesa	58

5.2	Cadeira.....	61
6	CONCLUSÕES.....	67
7	RECOMENDAÇÕES PARA A MELHORIA DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO.....	68
	REFERÊNCIAS.....	69
	CAPÍTULO 4 Qualidade de painéis aglomerados produzidos na China utilizando bagaço de cana-de-açúcar.....	70
1	INTRODUÇÃO.....	72
1.1	O bagaço de cana-de-açúcar.....	74
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	76
2.1	Obtenção dos corpos-de-prova.....	76
2.2	Análise estatística.....	78
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
4	CONCLUSÃO.....	83
5	REFERÊNCIAS.....	84
	CAPÍTULO 5 Verificação da qualidade de carteiras escolares através de ensaio de impacto vertical.....	86
1	INTRODUÇÃO.....	88
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	90
2.1	Construção da máquina de ensaio.....	90
2.2	Ensaio de impacto vertical.....	92
2.3	Material ensaiado.....	95
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	96
4	CONCLUSÕES.....	99
5	RECOMENDAÇÕES.....	100
	REFERÊNCIAS.....	101
	CAPÍTULO 6 Avaliação ergonômica de mobiliário escolar regulável através do software 3D SSPP e <i>check-list</i>	102
1	INTRODUÇÃO.....	104
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	106
2.1	Avaliação pelo software 3D SSPP.....	106
2.2	<i>Check-list</i> para avaliação da mesa e da cadeira.....	110
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	112
3.1	Avaliação pelo software 3D SSPP.....	112
3.2	Avaliação pelo <i>check-list</i>	114
4	CONCLUSÕES.....	116
	REFERÊNCIAS.....	117
	ANEXOS.....	118

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problema e importância

Nos primórdios da civilização, a madeira foi utilizada na fabricação de armas, utensílios e na construção de abrigos. Como fonte de energia, a madeira teve papel importante na evolução da espécie humana e continua presente no cotidiano do homem na construção civil, no mobiliário, bem como em processos industriais de produção na geração de energia. A madeira também é matéria-prima na produção de diferentes tipos de painéis, fibras, polímeros, papéis e insumos para a indústria química.

Os painéis de madeira aglomerada vêm sendo utilizados como matéria-prima para a produção de móveis desde a sua criação, no início da década de 1940. No entanto, sua utilização para esse fim está, muitas vezes, relacionada a mobiliário de baixa qualidade, sendo, por vezes, desaconselhável, como no caso do mobiliário escolar. Isso se deve não à sua baixa qualidade, mas sim ao desconhecimento tecnológico do material.

A agroindústria, de modo geral, produz grande quantidade de resíduos que, em parte, são desperdiçados, provocando graves problemas ambientais. Os resíduos lignocelulósicos gerados pela agroindústria brasileira mostram-se como alternativas de matéria-prima para o setor de painéis aglomerados, podendo complementar o uso da madeira. O painel aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar é uma dessas alternativas que vêm sendo exploradas comercialmente na China.

O mobiliário escolar, apesar de sua importância na vida dos estudantes, vem sendo negligenciado, no que se refere à sua estrutura e utilização de

materiais. O primeiro trabalho sistematizado que o ser humano realiza em sua vida é o do aprendizado. Ainda criança, ele entra em contato com o primeiro mobiliário desenvolvido para uma tarefa específica, que irá acompanhá-lo por muitos anos de sua vida.

No Brasil, existem poucas publicações relacionadas ao mobiliário escolar. A publicação de abrangência nacional, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão responsável pela normalização técnica no país, é a NBR 14006/2003 – “Móveis escolares: assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais”. Essa norma estabelece parâmetros e requisitos mínimos de mesas e cadeiras para instituições de ensino, nos aspectos ergonômicos, de acabamento, identificação, estabilidade e resistência.

No que diz respeito aos aspectos de resistência, a norma brasileira define que as carteiras devem, preferencialmente, possuir estrutura metálica, com tampos, assentos e encostos em madeira maciça ou compensado. A utilização de painéis aglomerados não é recomendada. O teste de impacto vertical sugerido pela NBR 14006 (ABNT, 2003) define massa de impacto de 25 kg para pessoas de mais de 1,80 m de estatura.

Quanto aos aspectos ergonômicos, a própria norma afirma que suas dimensões foram baseadas em estudos antropométricos realizados na Europa, a ISO 5970, por ainda não haver estudos antropométricos de abrangência nacional da população infanto-juvenil. Como as medidas antropométricas variam de acordo com a etnia e a nacionalidade, a utilização de um levantamento antropométrico europeu pode não ser adequada.

A norma estabelece seis dimensões de mesas e cadeiras, um número elevado, levando-se em consideração que uma única escola deveria possuir, ao menos, cinco tamanhos de carteiras diferentes para alunos entre a primeira e a oitava séries do ensino fundamental. As carteiras escolares reguláveis não são

abordadas pela norma, que não estabelece critérios de conformidade e avaliação das mesmas.

Com os problemas apresentados, faz-se necessário um estudo sobre a antropometria dos estudantes de ensino fundamental, a fim de subsidiar parâmetros dimensionais para carteiras escolares.

Carteiras escolares podem ser confeccionadas com painéis a partir de projeto ergonômico, que considere a antropometria de seus usuários e que tenham resistência adequada ao uso.

1.2 Objetivos

O presente estudo foi realizado com o objetivo geral de construir um protótipo de carteira escolar ergonômica e regulável, com tampo, encosto e assentos em aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar, com a finalidade de subsidiar a definição de critérios de conformidade e avaliação de mobiliário escolar. Especificamente, buscou-se:

- a) realizar um estudo sobre os parâmetros antropométricos dos estudantes da cidade de Lavras, MG a serem utilizados na elaboração do protótipo e comparar com os parâmetros antropométricos dos estudantes de Viçosa, MG;
- b) avaliar a qualidade dos painéis aglomerados em laboratório, quanto às suas propriedades físico-mecânicas;
- c) desenvolver um protótipo de carteira escolar ergonômico com painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar;
- d) desenvolver e avaliar os protótipos das carteiras escolares reguláveis pelo ensaio de impacto vertical;
- e) avaliar as forças exercidas nas articulações do corpo de estudantes em posturas adotadas durante a atividade escolar, por meio do

software 3D SSPP - 3D Static Strength Prediction Program
(UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2009);

- f) avaliar a ergonomia da carteira escolar pela aplicação de um *check-list* de qualidade ergonômica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Painéis aglomerados

Segundo Iwakiri (2005), os painéis de madeira aglomerada surgiram no início da década de 1940, na Alemanha. Com a dificuldade de obtenção de madeiras de boa qualidade para a produção de painéis, devido ao isolamento do país durante a II Guerra Mundial, o aglomerado surgiu como forma de viabilizar a utilização de resíduos de madeira. No entanto, a produção foi paralisada logo a seguir, devido à redução na fabricação de adesivos, já que o uso do petróleo tinha prioridade militar. Em 1946, o processo de desenvolvimento de painéis aglomerados foi retomado nos Estados Unidos, com o aperfeiçoamento de equipamentos e processos produtivos. No Brasil, o painel aglomerado começou a ser fabricado em 1966, pela empresa Placas do Paraná, localizada em Curitiba e, em seguida, surgiram novas fábricas, Satipel, Duratex, Eucatex, Tafisa, Bonet e Berneck, que se modernizaram e ampliaram sua capacidade produtiva.

Os painéis de partículas de madeira aglomerada são produtos fabricados, geralmente, com pequenos fragmentos de madeira ou outros materiais lignocelulósicos aglutinados com adesivos sintéticos ou outro aglomerante, sendo o conjunto prensado a quente por tempo suficiente para que a cura da resina se efetue (KOLLMANN; KUENZI; STAMM, 1975).

Os painéis de madeira aglomerada podem ser classificados com base na densidade, nos tipos de partículas e na sua distribuição (IWAKIRI, 2005):

- a) Densidade
 - a) baixa densidade: até 0,590 g/cm³;
 - b) média densidade: de 0,590 a 0,800 g/cm³;
 - c) alta densidade: acima de 0,800 g/cm³.

- b) Tipos de partículas
 - a) aglomerado convencional: partículas do tipo “sliver”;
 - b) aglomerado “flakeboard”: partículas do tipo “flake”;
 - c) aglomerado “waferboard”: partículas do tipo “wafer”;
 - d) aglomerado “strandboard”: partículas do tipo “strand”.

- c) Distribuição das partículas na chapa
 - a) painéis homogêneos;
 - b) painéis de múltiplas camadas;
 - c) painéis de camadas graduadas;
 - d) painéis de partículas orientadas.

Segundo Maloney (1993), os painéis aglomerados convencionais apresentam as seguintes vantagens em relação à madeira maciça: minimização dos efeitos de anisotropia, possibilidade de eliminação de fatores que diminuem a resistência da madeira, menores exigências, no que se refere à matéria-prima e, por meio do controle das variáveis de produção, pode-se adequar às propriedades físico-mecânicas do painel. As desvantagens desses elementos são: superfície e bordas grosseiras, baixa qualidade na usinagem, não se adéquam à introdução de pregos, podem se esfurelar com uso inadequado de dobradiças e parafusos e apresentam baixa resistência à umidade. Apesar dos problemas mencionados, com o decorrer do tempo, foram incorporadas novas tecnologias, como uso de parafina, controle do gradiente de densidade e sistemas de aparafusamento mais eficientes.

2.1.1 Mercado brasileiro de painéis aglomerados

O setor de painéis de madeira apresenta grande crescimento no Brasil e no mundo, em função de fatores como busca de alternativas à madeira maciça, modernização do parque fabril, com o surgimento outros produtos como o *oriented strand board* ou OSB, *medium density fiberboard* ou MDF, aglomerado e aglomerado/*medium density panel* ou MDP. Com o crescimento da construção civil e do setor de móveis, os principais consumidores de painéis de madeira, a demanda está aumentando consideravelmente.

Segundo Noce et al. (2008), no ano de 2004, 89 países produziram aglomerado, dos quais os quatro principais são os Estados Unidos (22,36% da produção mundial), o Canadá (12,43%), a Alemanha (10,35%) e a China (5,87%). O Brasil foi o 14º produtor mundial, com 1,86% da produção global. No entanto, o país tem a quarta maior taxa geométrica de crescimento (TGC), superando os EUA e aumentando a produção em ritmo superior à produção mundial.

Ainda segundo os mesmos autores, o Brasil expande sua produção em ritmo mais acelerado que a produção mundial, mas não apresenta tendência significativa de aumento das exportações, o que pode ser explicado pela recente competitividade no mercado internacional da indústria moveleira brasileira. Grande parte da produção de aglomerado está sendo absorvida internamente, justificando, em parte, a pouca expressividade da evolução das exportações brasileiras, indicando que ocorre maior agregação de valor ao produto, o que é interessante para a economia da nação.

O crescimento da indústria de painéis de madeira aumenta a demanda por matéria-prima, o que leva a procura de outros tipos de materiais. A utilização de materiais lignocelulósicos residuais da agroindústria pode ser uma boa alternativa na crescente demanda por painéis aglomerados. O bagaço de

cana-de-açúcar mostra-se como uma alternativa viável, para atender à demanda da indústria de painéis, agregando valor ao resíduo e diminuindo o custo de produção dos painéis, tornando o mercado mais competitivo.

2.1.2 Painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar

No Brasil, a madeira utilizada na produção de painéis vem de florestas plantadas. As empresas utilizam para a produção o *Pinus*, o *Eucalyptus* ou uma combinação dos dois em proporções variáveis.

O uso de produtos à base de materiais lignocelulósicos, que não a madeira, na composição de chapas aglomeradas, tem crescido ao longo do tempo e a tendência é ter sua demanda aumentada, devido à crescente escassez na oferta de madeira (TEIXEIRA; COSTA; SANTANA, 1997).

A viabilidade técnica para a produção de painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar já é uma realidade em países como Cuba, Colômbia, China, Argentina e Rússia. Esses painéis apresentam, entre outras características, a beleza estética, a facilidade na usinagem e a boa colagem na montagem de peças de móveis (TEIXEIRA; COSTA; SANTANA, 1997).

O bagaço de cana-de-açúcar “in natura” é composto, em média, por 45% de fibras lignocelulósicas, 50% de umidade, de 2% a 3% de sólidos insolúveis e de 2% a 3% de sólidos solúveis em água. Quimicamente, é constituído de celulose (41%), hemiceluloses (25%) e lignina (20%), baseado na massa seca do bagaço (INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR - ICIDCA, 1990). Segundo Santana e Teixeira (1993), a estrutura lignocelulósica do bagaço de cana-de-açúcar é semelhante à da madeira, mais precisamente à das madeiras duras, que contêm menor teor de lignina e maior teor de pentosanas.

O bagaço de cana-de-açúcar está entre os materiais mais promissores na substituição da madeira de painéis aglomerados, devido ao baixo custo e abundância, principalmente no Brasil, devido à produção do etanol. Atualmente, o bagaço de cana-de-açúcar é utilizado na geração de energia para as indústrias sucroalcooleiras e o excedente é descartado na natureza (MACEDO, 1991). A produção de painéis aglomerados de bagaço de cana também oferece um destino mais adequado a esse resíduo da agroindústria.

2.2 Ergonomia

A ergonomia pode ser definida como um conjunto de ciências e tecnologias que procura a adaptação confortável e produtiva do trabalho ao homem. A palavra ergonomia é originada dos termos gregos *ergo* (trabalho) e *nomos* (regras) e significa regras para organizar o trabalho (COUTO, 1995).

A palavra ergonomia foi utilizada, pela primeira vez, pelo investigador polaco Wojciceh Jastrzebowski que, em 1857, definiu-a como “a ciência do trabalho”. Apesar de o termo ergonomia ter surgido no século XIX, a ergonomia aplicada ao trabalho é relativamente recente (REBELO, 2004). Segundo Lida (2005), a ciência ergonômica surgiu em 12 de julho de 1949, quando um grupo de cientistas e pesquisadores se reuniu pela primeira vez, na Inglaterra, para discutir e formalizar a existência desse novo ramo de aplicação interdisciplinar da ciência. Em 16 de fevereiro de 1950, esse mesmo grupo propôs o neologismo “ergonomia”. No entanto, para Couto (1995), o conceito moderno de ergonomia surgiu logo após a II Guerra Mundial, em 1948, em razão do projeto da cápsula espacial norte-americana, quando foi necessário fazer todo um planejamento de tempo e meios de se fazer a viagem ao espaço, em decorrência do desconforto pelo qual os astronautas passaram no protótipo da cápsula espacial. Foi assim que, pela antropometria, surgiu o conceito de não

adaptar o homem ao trabalho, mas sim adaptar as condições de trabalho ao homem.

Diversas associações nacionais de ergonomia apresentam suas próprias definições. A mais antiga é a da *Ergonomics Society*, da Inglaterra: ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamentos, ambiente e, particularmente, a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas que surgem desse relacionamento (IIDA, 2005).

Dul e Weerdmeester (1994) definiram a ergonomia como uma ciência essencialmente multidisciplinar, pois se fundamenta em conhecimentos de outras áreas científicas, como antropometria, biomecânica, fisiologia, psicologia, toxicologia, engenharia mecânica, desenho industrial, eletrônica, gerência industrial e informática. Ela selecionou e integrou os conhecimentos relevantes dessas áreas, a fim de aplicá-los na melhoria do trabalho e do bem-estar do homem.

A intervenção ergonômica desenvolve-se nos mais variados contextos, como industrial, doméstico, escolar, hospitalar, agrícola, transportes ou no meio urbano. Para a realização de um estudo ergonômico existem aspectos fundamentais para estruturar a sua intervenção que, para Rebelo (2004), são:

- a) o homem: suas características físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais; a influência da idade, do sexo, do treinamento e da motivação na interação com o meio;
- b) o envolvimento físico: tudo que o homem utiliza em seu trabalho no intuito de ajudá-lo, incluindo máquinas, equipamentos, mobiliário, ferramentas e instalações;
- c) o envolvimento ambiental: envolve o ambiente físico em que o homem se encontra durante o seu trabalho, abrangendo temperatura,

umidade, ruídos, incidência solar, vibrações, gases, resíduos suspensos no ar, etc.;

- d) o envolvimento comunicacional e/ou informacional: referente às informações apresentadas, às comunicações existente dentro do sistema, às consequências no decurso do processamento e à tomada de decisões;
- e) o envolvimento organizacional: que integra aspectos relacionados com horários, turnos, ritmos, autonomia e responsabilização dos trabalhadores;
- f) os modos operatórios: traduzidos nas estratégias colocadas em jogo pelo homem no decorrer da interação com os elementos do sistema;
- g) as consequências para o sistema: que se traduzem na produtividade, nomeadamente em nível da quantidade e da qualidade do produto final, ou erros que possam comprometer a segurança do sistema;
- h) as consequências para o utilizador ou trabalhador: em termos de fadiga, problemas físicos, psicológicos ou sociais, decorrentes de condições inadequadas de interação.

Atualmente, a ergonomia tem o objetivo prático de assegurar a proteção, a satisfação e o bem-estar dos trabalhadores, gerando maior harmonia entre estes e seus sistemas produtivos. Há também um respeito maior às individualidades, necessidades do trabalhador e normas de grupo. Na medida do possível, procura-se envolver os próprios trabalhadores nas decisões sobre o trabalho (IIDA, 2005).

A ergonomia deve estar presente em todas as áreas de nossas vidas: no *design* dos carros, na construção civil (definindo alturas de bancadas, fechaduras, largura e altura de portas etc.) e no desenho do mobiliário residencial e institucional. Para Couto (1995), onde há seres humanos deveria haver ergonomia, pois estamos em constante interação com os objetos que nos

circundam e o meio ambiente em que vivemos, e fazer com que essa interação seja a mais produtiva, confortável e adequada é o objetivo fundamental da ergonomia.

2.2.1 A ergonomia aplicada ao trabalho

Segundo Couto (1995), a ergonomia aplicada ao trabalho é dividida em cinco grandes áreas de atuação:

- a) ergonomia na organização do trabalho pesado: trata de planejar o sistema de trabalho em atividades, com alto dispêndio energético, bem como o trabalho em ambientes de altas temperaturas;
- b) biomecânica aplicada ao trabalho: estuda as diversas posturas no trabalho (em pé ou sentado), a prevenção da fadiga e outras complicações por meio da análise do comportamento da coluna vertebral, da mecânica dos membros superiores e das causas das tenossinovites e outras lesões, causadas por traumas cumulativos;
- c) adequação ergonômica geral do posto de trabalho: por meio da antropometria, podem-se medir as dimensões humanas e, assim, planejar o posto de trabalho de acordo com os ângulos de conforto/desconforto do trabalhador. De modo geral, a ergonomia se contenta quando consegue atingir as necessidades de conforto de 90% da população;
- d) prevenção da fadiga no trabalho: em geral, trata da fadiga física do trabalhador; as atividades de recursos humanos tratam de prevenir a fadiga psíquica;
- e) prevenção do erro humano: essa é uma área relativamente nova na ergonomia e tem por objetivo adotar medidas para que o trabalhador acerte no seu trabalho. Nem toda falha humana é

decorrente das condições ergonômicas, porém, verifica-se que elas constituem causas relativamente frequentes de erro.

2.2.2 Antropometria

Para a realização de um estudo ergonômico, o conhecimento da antropometria se faz necessário. Segundo Iida (2005), a antropometria trata das medidas do corpo humano. Também estuda as dimensões físicas do ser humano com sua habilidade e desempenho ao ocupar um espaço em que ele realiza várias atividades, utilizando-se de equipamento e mobiliários adequados para o desenvolvimento das mesmas.

O conhecimento das medidas do corpo humano é muito importante para o processo de projeção, seja de móveis, postos de trabalho, casas, carros, e todos os equipamentos que cercam o homem. Para Neufert (1998), é importante que os projetistas saibam por que se adotam certas medidas que parecem ser escolhidas ao acaso, quando, na verdade, elas estão relacionadas com as medidas antropométricas do homem, o espaço que ele utiliza para se deslocar e descansar.

As populações humanas têm diferentes tipos biótipos. Populações de determinadas regiões têm características semelhantes, mas, mesmo assim, com grandes variações entre si. Um bom exemplo seria o do povo japonês, que tem características físicas semelhantes: geralmente são magros, de estatura mediana, membros finos, dentre outras características (IIDA, 2005). Porém, mesmo em um povo com pouca miscigenação, as diferenças existem. A estatura pode ser variável, assim como a massa, a quantidade de gordura no corpo, sua distribuição corporal e o comprimento dos membros. Todos esses fatores geram problemas na organização do trabalho, devido às diferentes dimensões das pessoas.

Fatores como etnia e sexo também influenciam nas medidas antropométricas. As diferenças étnicas podem gerar grandes diferenças antropométricas. Por isso, em um país com grande miscigenação de diversas etnias, como é o caso do Brasil, talvez seja tão difícil estabelecer um “quadro antropométrico” da população. Diferentes regiões do país possuem variações antropométricas significativas, pois, além das diferenças étnicas, existem, ainda, fatores correlacionados, como nutrição e saúde. No entanto, ainda não é possível verificar a significância dessas diferenças, pois, no Brasil, não existe um levantamento antropométrico de abrangência nacional (OLIVEIRA, 2006).

Para facilitar a utilização dos dados antropométricos, estes são divididos em percentis. Divide-se em cem categorias percentuais qualquer tipo de medida, denominada percentil (PANERO; ZELNIK, 2002). Como exemplo, o percentil 95 da estatura de uma determinada população é dado como 1,85 m; isso significa que somente 5% desta população tem estatura maior que 1,85 m. Em ergonomia, tenta-se alcançar uma satisfação para 90% da população (COUTO, 1995), por isso trabalha-se com percentis de 5 a 95 das medidas antropométricas da amostra.

2.2.3 Posturas

Quando o homem se encontra na posição sentada, a primeira alteração que ocorre é o aumento (de aproximadamente 50%) na pressão dos discos intervertebrais da coluna lombar, o que gera uma tendência à degeneração dos mesmos. Esse aumento se deve à eliminação do amortecimento de pressões dado pelo arco dos pés e pelos tecidos moles dos membros inferiores (COUTO, 1995).

Outro fator importante na posição sentada é a tendência de as pessoas se curvarem para frente. A inclinação do tronco acarreta uma tendência de queda

de todo o corpo. Para equilibrar este esforço e manter o tronco ereto, os músculos paravertebrais desenvolvem uma contração estática e essa contração muscular resulta em um aumento da pressão nos discos lombares. Esse aumento de pressão causa desconforto; para minimizá-lo, a tendência do homem é de apoiar os cotovelos sobre a mesa, o que pode resultar na compressão do nervo ulnar, que passa bem superficialmente nesta região. Essa situação é contornada com o uso de um apoio para as costas.

Na Figura 1, observam-se as cargas, em kgf, exercidas sobre o corpo humano em diferentes posturas (COUTO, 1995). Pode-se concluir que, na posição em pé, houve menor pressão no terceiro disco lombar (1.000 kgf) que na posição sentada com a coluna ereta (1.500 kgf). Já na posição sentada com a coluna curvada, a pressão aumenta em relação à posição sentada com a coluna ereta (2.000 kgf), indicando que a posição sentada com a coluna ereta é importante para reduzir a sobrecarga sobre os discos lombares, considerando uma pessoa de 70 kg. Também pode observar que a posição em que há menores pressões sobre os discos lombares é a posição deitada (menos de 250 kgf). Com base nessas informações, pode-se concluir que, na posição sentada, um encosto com inclinação para trás terá como consequência uma redução da pressão intradiscal, diminuindo o risco de lesões.

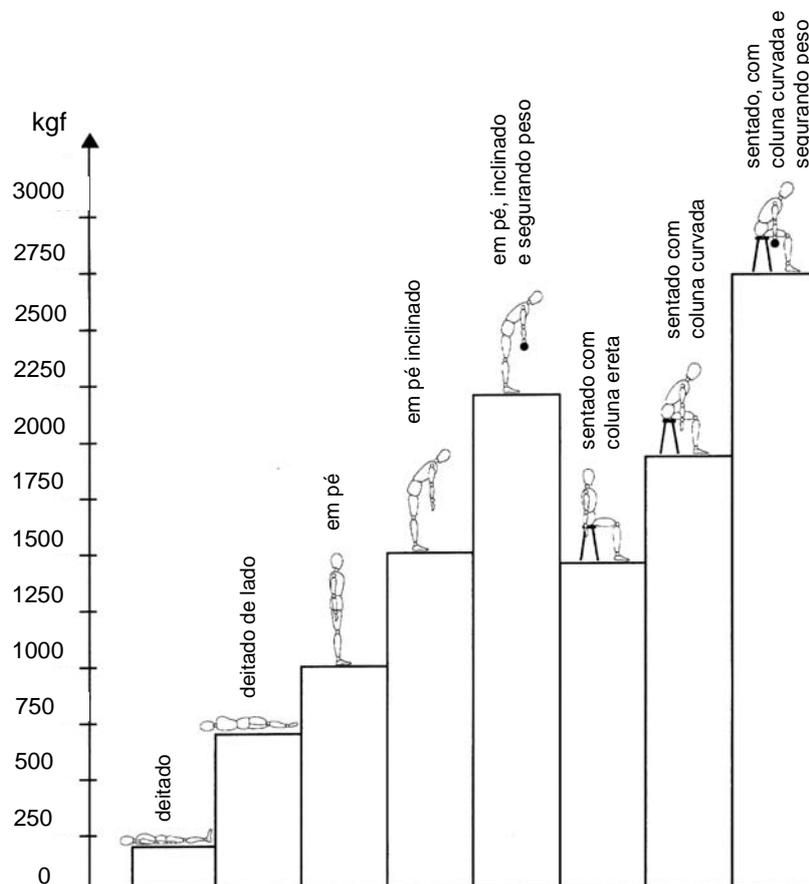


Figura 1 Cargas exercidas sobre o corpo humano nas diferentes posições e posturas (pressão em kgf/posição)
 Fonte: adaptado de Couto (1995)

Para se obter o melhor ângulo que pudesse conciliar uma pequena pressão nos discos lombares, com baixa atividade muscular, foram feitos estudos com diversas angulações tronco-coxas e seus efeitos nas atividades dos músculos e na pressão sobre os discos lombares. Com base nos resultados obtidos, chegou-se à conclusão de que ângulos entre 100 e 110 graus entre o tronco e a coxa são os que melhor atendem às duas exigências (COUTO, 1995).

Ângulos maiores que 110 graus são até mais favoráveis, porém, geralmente, são incompatíveis com o trabalho a ser realizado.

A circulação sanguínea também é prejudicada na posição sentada, pois o retorno de sangue das veias até o coração se torna mais difícil. Nessa posição, a pressão na parte posterior das coxas funciona como um obstáculo, dificultando que o sangue vá até o coração. A distribuição ideal dos pesos na posição sentada é de 50% na base da bacia, 34% na região posterior das coxas, e 16% na planta dos pés (COUTO, 1995).

2.2.4 Recomendações ergonômicas para trabalho na posição sentada

Segundo Brandimiller (2002), Couto (1995) e Iida (2005), para trabalhos na posição sentada, algumas recomendações básicas devem ser seguidas, para maior conforto dos usuários. Para a cadeira, podem-se citar as seguintes recomendações:

- a) deve, sempre que possível, ser estofada, para haver redução da pressão na região posterior das coxas, facilitando a circulação e reduzindo a pressão nos discos intervertebrais;
- b) a dimensão ântero-posterior do assento não pode ser muito comprida nem muito curta; o tamanho ideal é aquele onde as coxas ficam completamente apoiadas, mas sem compressão da região posterior dos joelhos;
- c) a borda anterior do assento deve ser arredondada;
- d) deve possuir apoio para o dorso;
- e) o ângulo entre o assento e o apoio dorsal deve ser regulável ou estar posicionado em um ângulo de 100 graus;
- f) o apoio para o dorso deve ter uma forma que acompanhe as curvaturas da coluna;

g) o apoio dorsal alto deve ter a parte superior curvada para trás, a fim de não bloquear os movimentos dos membros superiores, por compressão da ponta da escápula;

h) deve haver espaço na cadeira para acomodar as nádegas.

Para a mesa, devem-se seguir as seguintes recomendações:

a) a borda anterior deve ser arredondada;

b) deve haver espaço suficiente para as pernas do trabalhador;

c) deve haver apoio para os pés, quando necessário.

2.3 Mobiliário escolar

No que diz respeito ao mobiliário escolar, a Associação Brasileira de Normas Técnicas, pela NBR 14006 – “Móveis escolares: assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais”, estabelece requisitos mínimos de mesas e cadeiras para instituições de ensino, nos aspectos ergonômicos, de acabamento, identificação, estabilidade e resistência (ABNT, 2003).

As especificações técnicas da NBR 14006 (ABNT, 2003) ainda são pouco adotadas, tanto pelos fabricantes de carteiras escolares quanto pelas instituições de ensino, muito provavelmente pela inexistência de um selo de qualidade, falta de exigência do consumidor e, principalmente, dos órgãos fiscalizadores. Este fato reflete em baixa qualidade das carteiras fabricadas, insatisfação do usuário e ineficiência do produto (OLIVEIRA et al., 2010).

Quanto às recomendações dimensionais da NBR 14006 (ABNT, 2003), a norma estabelece seis dimensões para cadeiras e seis dimensões para mesas. As dimensões variam de acordo com a estatura dos estudantes (de 1,00 m a 1,80 m de estatura). As dimensões estabelecidas encontram-se no Anexo 1. Entretanto, não é encontrado, na norma brasileira, dimensionamento para carteiras escolares reguláveis. Essa norma também admite que as dimensões das

carteiras foram estabelecidas por meio de levantamento antropométrico europeu.

Quanto aos ensaios de resistência de carteiras escolares, a Norma Brasileira define sete ensaios de resistência para as mesas e onze para as cadeiras, todos no intuito de simular o mobiliário em uso. O número elevado de ensaios, suas complexidades e necessidade de equipamento adequado, os quais não são encontrados no mercado, e a falta de laboratórios equipados para esses tipos de avaliação dificultam a realização dos ensaios e o acesso dos fabricantes de carteiras. A falta de um selo de qualidade para o mobiliário escolar também é um agente facilitador para a ausência de requisitos mínimos de fabricação de mesas e cadeiras para instituições de ensino.

Dentre os testes sugeridos pela NBR 14006 (ABNT, 2003), o ensaio de maior pertinência, quando se pensa em resistência geral da carteira e sua estrutura, é o de impacto vertical. A norma indica uma almofada de impacto com carga de 25 kg. Para um ensaio, que objetive as condições de uso, esse valor pode ser questionado. Segundo Gomes Filho (2003), uma cadeira deve ser dimensionada com adequado coeficiente de segurança para garantir sua resistência à massa máxima do usuário, inclusive levando-se em conta o sentar abrupto. As cadeiras de tamanho 6 foram dimensionadas para pessoas com estatura acima de 1,80 m, contudo, não foi verificada a variação de massa para pessoas acima de 1,80 m.

2.4 Avaliação ergonômica

Realizar uma avaliação ergonômica precisa, principalmente quando ela é comparatória, muitas vezes se torna difícil, com resultados qualitativos difíceis de se interpretar. Nesses casos, a utilização de softwares de ergonomia, como o

3D SSPP (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2009), pode fornecer resultados muito precisos.

O 3D SSPP (3D Static Strength Prediction Program) é um software de predição de força estática tridimensional desenvolvido pelo Centro de Ergonomia da Universidade de Michigan, EUA. Ele prediz as forças estáticas exercidas e sofridas pelo sujeito, simula situações de trabalho, parâmetros de força e postura, compressão espinhal, análise de forças no tronco, pés, braços, mãos e ombro, bem como a diferenciação entre homens e mulheres.

O software utiliza a predição da posição por meio da posição das mãos. Essa predição é feita pelo sistema National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) e, apesar de utilizar um levantamento antropométrico americano, pode ser carregado com qualquer levantamento antropométrico feito de uma população inteira, ou de um indivíduo (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2010). O software foi desenvolvido com o principal objetivo de prever esforços, de acordo com a antropometria da pessoa, ou de uma população, em diferentes posições e posturas, com ou sem carregamento. A Figura 2 mostra uma postura analisada pelo software, em que a pessoa está com carregamento nas mãos.

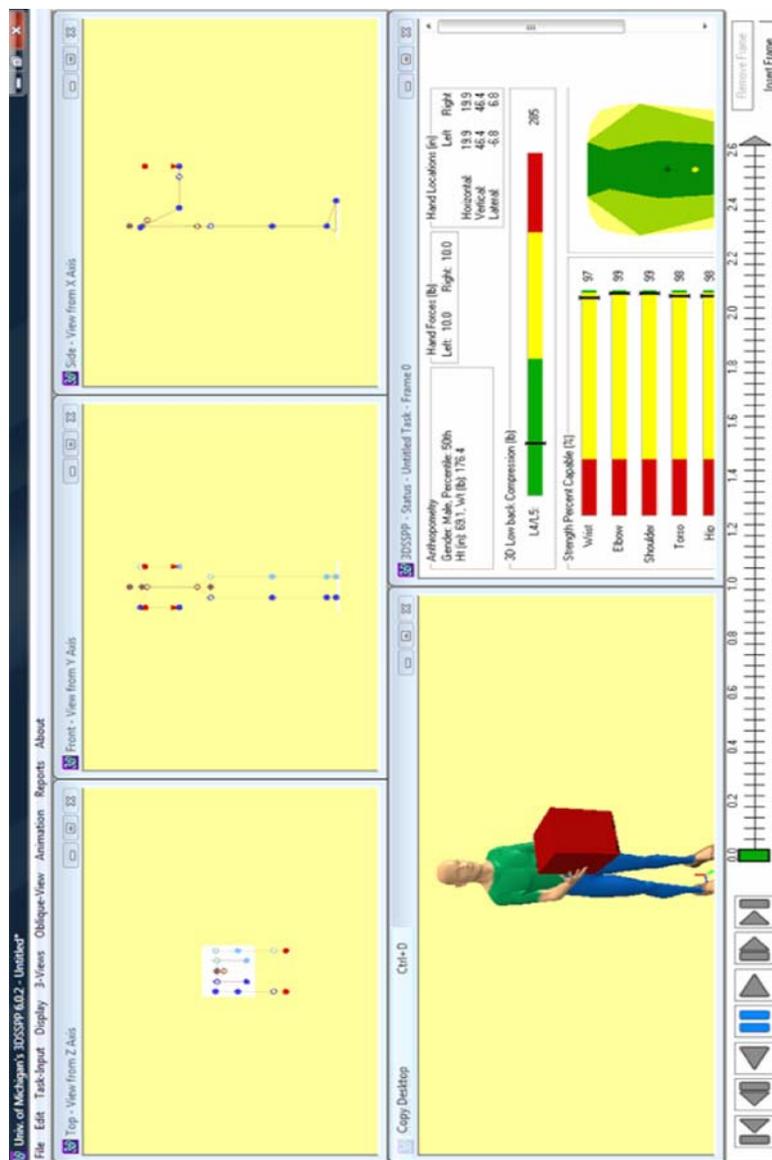


Figura 2 Exemplo de avaliação das forças exercidas em determinada postura, realizada pelo software 3D SSPP

Fiedler et al. (2003) avaliaram-se posturas de trabalhadores de marcenarias em diferentes máquinas com cargas variadas sobre os trabalhadores. O software forneceu subsídios para avaliação biomecânica, a fim de se elaborar uma reorganização ergonômica do trabalho, do ponto de vista das posturas adotadas e cargas manuseadas.

Na avaliação ergonômica de carteiras escolares, o software pode se tornar ferramenta importante para o dimensionamento correto de alturas de mesas e cadeiras, por meio da predição de forças exercidas com variações de altura do mobiliário e posturas dos usuários.

O *check-list* também pode ser utilizado como ferramenta de avaliação ergonômica. Segundo Couto (1995), para mesas e cadeiras, um *check-list* que avalie a conformidade do mobiliário pode auxiliar na avaliação ergonômica desses tipos de mobiliários.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14006**: móveis escolares: assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais. Rio de Janeiro, 2003. 26 p.
- BRANDIMILLER, P. A. **O corpo no trabalho**: guia de conforto e saúde para quem trabalha em microcomputadores. São Paulo: SENAC, 2002. 157 p.
- COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: manual técnico da máquina humana. Belo Horizonte: Ergo, 1995. v. 1, 353 p.
- DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomics for beginners**: a quick reference guide. London: Taylor & Francis, 1994. 133 p.
- FIEDLER, N. C. et al. Avaliação biomecânica dos trabalhadores em marcenarias do Distrito Federal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 99-109, 2003.
- GOMES FILHO, J. **Ergonomia do objeto**: sistema técnico de leitura ergonômica. São Paulo: Escrituras, 2003. 255 p.
- IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: E. Blücher, 2005. 614 p.
- INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR. **Manual de los derivados de La caña de azúcar**. 2. ed. Ciudad del México, 1990. 447 p.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 274 p.
- KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology**: II., wood based materials. Berlin: Springer-Verlag, 1975. 703 p.
- MACEDO, I. C. Agroindústria da cana-de-açúcar: participação na redução da taxa de carbono atmosférico no Brasil. **Informativo do Centro de Tecnologia Copersucar**, Piracicaba, n. 67, p. 1-4, 1991.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. 2. ed. Sacramento: M. Freeman, 1993. 689 p.

NEUFERT, E. **Arte de projetar em arquitetura**. 6. ed. São Paulo: G. Gili, 1998. 431 p.

NOCE, R. et al. Análise de tendência do mercado internacional de aglomerado. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 245-247, mar./abr. 2008.

OLIVEIRA, J. M. **Análise ergonômica do mobiliário escolar visando a definição de critérios**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

OLIVEIRA, J. M. et al. Ergonomia de carteiras escolares e sua influência no estresse físico de alunos do ensino fundamental. **Revista Estudos em Design**, Rio de Janeiro, 2010. No prelo.

PANERO, J.; ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores**. Barcelona: G. Gili, 2002. 320 p.

REBELO, F. **Ergonomia no dia a dia**. Lisboa: Edições Silabo, 2004. 156 p.

SANTANA, M. A. E.; TEIXEIRA, D. E. Uso de bagaço de cana-de-açúcar na confecção de chapas aglomeradas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p. 667-672.

TEIXEIRA, D. E.; COSTA, A. F.; SANTANA, M. A. E. Aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar: resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 52, n. 6, p. 29-34, dez. 1997.

UNIVERSITY OF MICHIGAN. **3D static strength prediction program**. Version 6.0.2. Michigan, 2009. Software.

_____. **3D static strength prediction program**: user's manual. Michigan, 2010. Disponível em:
<http://www.engin.umich.edu/dept/ioe/3DSSPP/Manual_603.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2010.

CAPÍTULO 2

Levantamento antropométrico da população infanto-juvenil de Lavras e comparação entre medidas antropométricas da população infanto-juvenil das cidades de Lavras e Viçosa, MG

RESUMO

No Brasil, não se conhece um levantamento antropométrico da população infanto-juvenil de abrangência nacional. No entanto, centenas de fábricas de carteiras escolares desenvolvem, a cada ano, novos modelos de carteiras, muitas vezes enfatizando suas qualidades ergonômicas, mesmo sem conhecer a antropometria dos estudantes brasileiros. Conhecer a população para a qual se desenvolve um produto é um dos primeiros passos, quando se pensa em ergonomia de objeto. Neste capítulo, objetivou-se realizar um levantamento antropométrico da população infanto-juvenil, de 7 a 14 anos, na cidade de Lavras, MG. Os dados desse levantamento foram comparados estatisticamente aos dados de Oliveira (2006), o qual realizou estudo na cidade de Viçosa, MG. Concluiu-se que: 1) não há diferença significativa entre as medidas antropométricas das populações analisadas e 2) os valores antropométricos encontrados podem ser utilizados como parâmetros para medidas de mobiliário para essas populações.

Palavras-chave: Levantamento antropométrico. População infanto-juvenil. Antropometria.

ABSTRACT

There is no anthropometrical survey of the children/juvenile population in Brazil. However, every year, hundreds of school furniture factories, develop new models of furniture, often emphasizing its ergonomically qualities, even without knowing the anthropometry of Brazilian students. To know the population to which a product is developed is one of the first steps of object ergonomics. This chapter had as objective to make an anthropometrical survey of children/juvenile population, from 7 to 14 years, in the city of Lavras, MG. The data obtained was statistically compared with the data obtained by Oliveira (2006), in the city of Viçosa, MG. It was concluded that: 1) There is no significant difference between anthropometrical measures examined of the two populations; 2) The anthropometrical values found can be used as parameters for furniture measures for these populations.

Keywords: Anthropometrical survey. Children/juvenile population. Anthropometry.

1 INTRODUÇÃO

Os avanços dos estudos ergonômicos vêm gerando mudanças notáveis no *design* dos produtos industriais, gráficos e sistemas de informações visuais, no *design* de ambientes e na arquitetura, que estão se aperfeiçoando e ganhando novas configurações, ao mesmo tempo em que se aprimoram os padrões de qualidade de uso, de desempenho funcional, perceptivo, de conforto e de segurança (GOMES FILHO, 2003).

Do ponto de vista ergonômico, todos os produtos, simples ou complexos, grandes ou pequenos, destinam-se a satisfazer a certas necessidades humanas que, direta ou indiretamente, entram em contato com o homem. Segundo Iida (2005), para que esses produtos funcionem bem em suas interações com os seus usuários ou consumidores devem ter as seguintes características básicas:

- a) **qualidade técnica:** é a parte que faz funcionar o produto, do ponto de vista mecânico, elétrico, eletrônico ou químico, transformando uma forma de energia em outra, ou realizando operações como dobra, corte, solda e outras. Na qualidade técnica, devem-se considerar a eficiência com que o produto executa a função, o rendimento na conversão de energia, a ausência de ruídos e vibrações, a facilidade de limpeza e manutenção e assim por diante;
- b) **qualidade ergonômica:** é a que garante uma boa interação do produto com o usuário. Inclui a facilidade de manuseio, adaptação antropométrica, fornecimento claro de informações, facilidades de “navegação”, compatibilidades de movimentos e demais itens de conforto e segurança;
- c) **qualidade estética:** é a que proporciona prazer ao consumidor. Envolve a combinação de formas, cores, materiais, texturas,

acabamentos e movimentos, para que os produtos sejam considerados atraentes e desejáveis, aos olhos do consumidor.

Assim sendo, as carteiras escolares devem ter qualidade técnica, ergonômica e estética. No entanto, poucos são os estudos de adaptação antropométrica das carteiras escolares e seus usuários. No Brasil, ainda não se conhece um levantamento antropométrico infanto-juvenil de abrangência nacional e mesmo a NBR 14006 – “Móveis escolares: assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003) utilizou estudo antropométrico europeu na formulação dos parâmetros de medidas das carteiras.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), a antropometria é o conjunto de estudos que relacionam as dimensões físicas do ser humano com sua habilidade e desempenho ao ocupar um espaço em que ele realiza várias atividades, utilizando-se de equipamentos e mobiliários adequados para o desenvolvimento das mesmas. Basicamente, trata do estudo das medidas do corpo humano e como elas se relacionam com o trabalho.

O conhecimento das medidas do corpo humano é muito importante para o processo de projeto de um objeto, seja de móveis, postos de trabalho, casas, carros e todos os equipamentos que cercam o homem. Para Neufert (1998), é importante que os projetistas saibam por que se adotam certas medidas que parecem ser escolhidas ao acaso, quando, na verdade, elas estão relacionadas com as medidas antropométricas do homem e o espaço que ele utiliza para se deslocar e descansar.

A grande variabilidade das medidas corporais entre os indivíduos apresenta um desafio para o designer de equipamentos e postos de trabalho e produtos. Não se pode aceitar, como uma regra, o projeto de uma estação de trabalho para atender a “pessoa média”. Normalmente, é preciso considerar as pessoas mais altas, como, por exemplo, para determinar o espaço necessário para

acomodar as pernas sob a mesa; ou as pessoas mais baixas, como, por exemplo, para ter certeza de que elas alcançarão uma dada altura.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), normalmente, não é possível projetar um produto ou espaço de trabalho para atender às pessoas de dimensões extremas, por isso o projetista deve se contentar em satisfazer às necessidades da maioria, tomando como base as medidas que são representativas da grande maioria da população. Em projetos como o de carteiras escolares, o mais indicado é projetar para o “90% central”, no qual se enquadram as pessoas maiores que o 5% menor e menores que o 5% maior. Para facilitar a utilização dos dados antropométricos, estes são, normalmente, divididos em percentis. O percentil é um ponto percentual determinado na distribuição de algum tipo de medida, ou seja, para alcançar a satisfação de 90% central da população, trabalha-se com percentis de 5% a 95% das medidas antropométricas consideradas.

Em estudo realizado por Oliveira (2006) são mostradas algumas medidas antropométricas de crianças de 7 a 14 anos de idade do ensino fundamental, realizado em Viçosa, MG. Na Tabela 1 são apresentados os principais dados desse levantamento antropométrico.

Tabela 1 Levantamento antropométrico da população de 7 a 14 anos de idade, em Viçosa, MG, 2006

Medidas de antropometria estática	Percentil			Valores	
	5%	50%	95%	Mín.	Máx.
Massa (kg)	26,5	39	72	22	102
Estatuta (cm)	124	146	171	118	183
Altura do cotovelo (cm)*	46	54	66	37,5	74
Altura das coxas (cm)*	41,5	49	57	37,5	63
Altura popliteal (cm)*	31	38	45	26	48
Profundidade nádega-popliteal (cm)*	34	43	50	32	58
Largura do quadril (cm)*	24	29,5	39	23	49
Altura do tórax (cm)*	50	59	72	48	79
Largura bideltoide (cm)*	20	24	31	18,8	39

* Sujeito sentado

Fonte: Oliveira (2006)

No presente capítulo, o objetivo geral foi realizar um levantamento antropométrico de estatura e de massa de uma amostra em estudantes de primeira a oitava séries do ensino fundamental na cidade de Lavras, MG. Especificamente, buscou-se realizar uma análise comparativa com os dados antropométricos obtidos por Oliveira (2006), com a finalidade de subsidiar a definição de critérios de dimensionamento para a elaboração de mobiliário escolar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem e coleta de dados

A presente pesquisa foi realizada em três escolas de ensino fundamental, sendo duas escolas públicas municipais e uma estadual, no município de Lavras, MG. A coleta de dados foi efetuada nos meses de outubro e novembro de 2008 e a escolha das escolas foi realizada por aceitação da realização da pesquisa pela diretoria, professores e estudantes. As escolas em que a pesquisa se realizou foram mantidas no anonimato, bem como o nome de seus estudantes e funcionários.

Foram utilizados alunos de segunda a nona séries do ensino fundamental, que abrangem a faixa de sete a quatorze anos de idade. Não foram utilizados os alunos das primeiras séries, pois o ensino fundamental de nove anos foi implantado no ano da pesquisa e dados comparativos não estavam disponíveis (Lei nº 11.274, de 06/02/2006 que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, dispondo sobre a duração de nove anos para o ensino fundamental, com matrícula obrigatória a partir dos seis anos de idade).

Utilizou-se na pesquisa uma amostragem estratificada com os estudantes, sendo 50% de alunos do sexo feminino e 50% do sexo masculino, divididos em oito idades.

Realizada a estratificação, os alunos foram numerados e alguns deles escolhidos ao acaso em uma tabela de números (resultado de uma loteria de números). Assim, todos os elementos da população tiveram igual probabilidade na constituição da amostra.

Todas as visitas foram agendadas, com antecedência, por telefone ou pessoalmente. As medições foram acompanhadas pelos diretores das escolas ou por professores devidamente autorizados.

2.2 Levantamento antropométrico da população infanto-juvenil

Segundo Iida (2005), para uma população estratificada, por idade, por exemplo, trinta indivíduos são suficientes para compor uma amostra representativa para cada estratificação. Seguindo essa recomendação, foram realizadas trinta medições por faixa etária, totalizando 240 estudantes, sendo 50% do sexo feminino e 50% do sexo masculino. Foram utilizados um estadiômetro (2050 ± 5) mm e uma balança para pessoas ($120 \pm 0,5$) kg.

2.3 Comparação de dados

Os dados coletados em Lavras, MG, foram comparados com os de Viçosa, MG (OLIVEIRA, 2006). Como o foco de interesse são os valores extremos, inferior e superior à média, e por serem amostras de tamanhos diferentes, foi utilizado um teste bilateral, para a verificação de hipóteses e significância (SPIEGEL, 1972). Para verificar se as duas amostras não apresentam diferença significativa entre as medidas de estatura, foram elaboradas as seguintes hipóteses:

- a) $H_0: \mu_1 = \mu_2$ e a diferença é meramente devida ao acaso;
- b) $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ e há uma diferença significativa entre as classes.

em que μ_1 é a média da estatura da amostra 1 (OLIVEIRA, 2006) e μ_2 é a média da estatura da amostra 2 (Lavras).

O desvio padrão da diferença das médias foi calculado conforme a Equação 1.

$$\sigma_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{\sigma_1^2/N_1 + \sigma_2^2/N_2} \quad (1)$$

em que

σ_1 = desvio padrão da amostra 1

σ_2 = desvio padrão da amostra 2

N_1 = tamanho da amostra 1

N_2 = tamanho da amostra 2

Considerando os desvios padrões das amostras como estimativas de σ_1 e σ_2 , o valor z (escore correspondente de ambas as extremidades da distribuição) foi determinado conforme Equação 2.

$$z = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) / \sigma_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} \quad (2)$$

em que

\bar{X}_1 = média da amostra 1

\bar{X}_2 = média da amostra 2

$\sigma_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}$ = desvio padrão da diferença das médias.

Para um teste bilateral, os resultados foram considerados significativos, a 5% de significância, se z for menor que -1,96 ou maior que 1,96, ambos os valores tabelados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Levantamento antropométrico

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios, a variância e o desvio padrão das medidas antropométricas estáticas de massa corporal e estatura dos alunos do ensino fundamental de Lavras, MG, com idades entre 7 a 14 anos. Os estudantes do ensino fundamental de Lavras, MG têm estatura média de 147,5 cm, com coeficiente de variação de 0,10%. Já para as medidas de massa, a média encontrada foi de 44,9 kg e o coeficiente de variação foi de 0,35 %. Os valores obtidos se assemelham aos de Oliveira (2006).

Tabela 2 Estatísticas das medidas antropométricas de estatura e massa de alunos de 7 a 14 anos, da cidade de Lavras, MG

Parâmetro	Estatura	Massa
Média	147,5 cm	44,9 kg
Desvio padrão	15,1 cm	15,9 kg
Coeficiente de variação	0,10 %	0,35 %

Na Tabela 3 são apresentados os percentis 5%, 50% e 95%, bem como os valores máximos e mínimos encontrados para as medidas antropométricas de estatura e massa dos alunos do ensino fundamental de Lavras, MG, com idades entre 7 e 14 anos. Observa-se que, para as medidas de estatura, os percentis 5%, 50% e 95% foram 124,0, 148,0 e 172,0 cm, respectivamente. O valor máximo de estatura encontrado foi de 184,0 cm e o valor mínimo foi de 120,0 cm. Para as medidas de massa, os percentis 5%, 50% e 95% foram 26,0, 42,0 e 73,0 kg, respectivamente. A máxima massa encontrada foi de 103,0 kg e a mínima de 20,0 kg.

Tabela 3 Percentis, valores máximos e mínimos das medidas antropométricas de estatura e massa de alunos entre 7 e 14 anos da cidade de Lavras, MG

	Estatura (cm)	Massa (kg)
Percentil 5%	124,0	26,0
Percentil 50%	148,0	42,0
Percentil 95%	172,0	73,0
Valor máximo	184,0	103,0
Valor mínimo	120,0	20,0

3.2 Comparação do levantamento antropométrico

Os dados obtidos em Lavras foram comparados com os resultados obtidos por Oliveira (2006). O desvio padrão da diferença das médias entre as amostras de Lavras e Viçosa para valores de estatura foi de 1,32 cm. O desvio padrão da diferença das médias entre as amostras de Lavras e Viçosa para valores de massa foi de 1,34 kg. O escore correspondente de ambas as extremidades da distribuição (z) foi de -0,14 para estatura e de -1,23 para massa.

Como os valores de z ficaram fora do intervalo de -1,96 a 1,96, não houve diferença significativa entre as amostras para medidas de estatura e massa corporal, a 5% de significância.

No Gráfico 1 encontra-se a comparação entre as distribuições do número de estudantes por intervalo de estatura, nas cidades de Lavras e Viçosa.

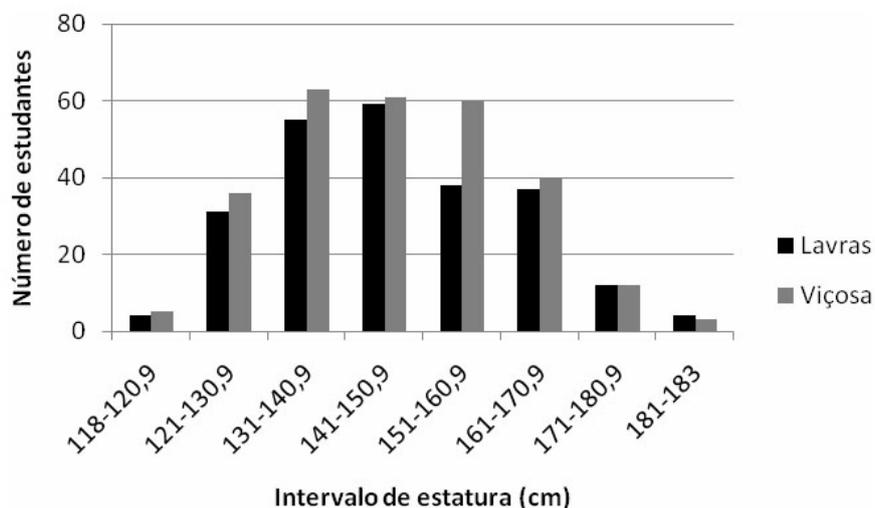


Gráfico 1 Distribuição do número de estudantes do ensino fundamental das cidades de Lavras, MG e Viçosa, MG, por faixa de estatura

Como se observa no Gráfico 1, a população de Lavras apresentou distribuição normal dos números de estudantes por intervalo de estatura. Essa mesma tendência foi observada por Oliveira (2006), em Viçosa, MG.

No Gráfico 2 observa-se a comparação entre as distribuições do número de estudantes por intervalo de massa, nas cidades de Lavras e Viçosa.

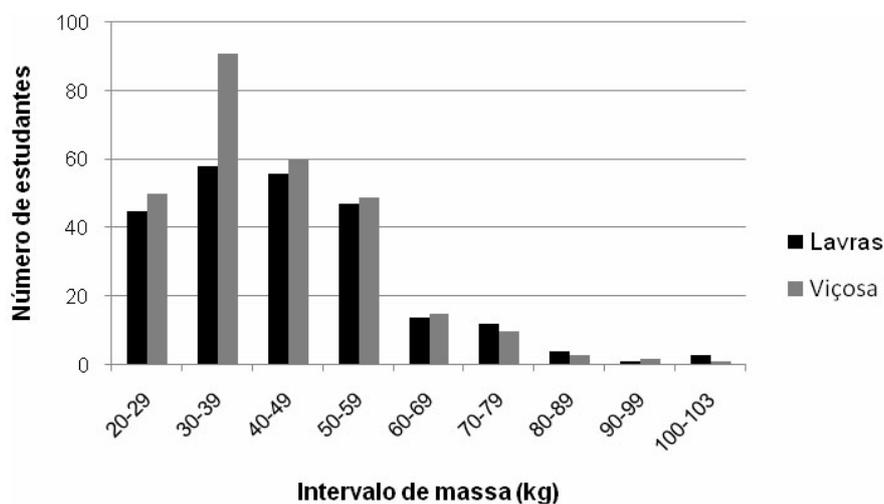


Gráfico 2 Distribuição do número de estudantes do ensino fundamental das cidades de Lavras, MG e Viçosa, MG, por faixa de massa

Os valores absolutos e a distribuição dos parâmetros de estatura e massa apresentaram-se estatisticamente iguais, a 5% de significância, pelo teste bilateral, para as cidades de Lavras, MG e Viçosa, MG.

Apesar de Lavras e Viçosa estarem no mesmo estado e a similaridade entre as duas populações ser esperada, o fato que chama a atenção é o quanto essas populações são semelhantes. As estaturas máximas foram de 184,0 e 183,0 cm, para Lavras e Viçosa, respectivamente. As estaturas mínimas foram de 120,0 e 124 cm para Lavras e Viçosa, respectivamente. Os valores de máxima massa foram de 103,0 e 102,0 kg e de massa mínima de 20,0 e 26,5 kg para Lavras e Viçosa, respectivamente. A distribuição dos valores também foi muito semelhante.

Os valores obtidos formam uma base de dados para a padronização de medidas a serem utilizadas em projetos de mobiliário escolar para crianças de 7 a 14 anos de idade.

4 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- a) a estatura média para a população de Lavras, MG foi de 147,5 cm e massa média de 44,9 kg;
- b) os percentis 5%, 50% e 95% de estatura foram 124,0 cm, 148,0 cm e 172,0 cm, respectivamente. O valor máximo encontrado foi de 184,0 cm e o mínimo de 120,0 cm;
- c) os percentis de 5%, 50% e 95% de massa foram 26,0 kg, 42,0 kg e 73,0 kg, respectivamente. Com valor máximo de 103,0 kg e mínimo de 20 kg;
- d) não se observou diferença significativa entre as medidas antropométricas dos estudantes do ensino fundamental, de 7 a 14 anos, das cidades de Lavras, MG e Viçosa, MG.

5 RECOMENDAÇÃO

Recomenda-se que outros levantamentos antropométricos em regiões diferentes do Brasil sejam comparados ao aqui realizado, para a verificação da significância da diferença das medidas antropométricas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14006**: móveis escolares: assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais. Rio de Janeiro, 2003. 26 p.
- GOMES FILHO, J. **Ergonomia do objeto**: sistema técnico de leitura ergonômica. São Paulo: Escrituras, 2003. 255 p.
- IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. rev. São Paulo: E. Blücher, 2005. 614 p.
- KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 327 p.
- NEUFERT, E. **Arte de projetar em arquitetura**. 6. ed. São Paulo: G. Gili, 1998. 431 p.
- OLIVEIRA, J. M. **Análise ergonômica do mobiliário escolar visando a definição de critérios**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1972. 580 p. (Coleção Schaum).

CAPÍTULO 3

Projeto de protótipo de carteira escolar ajustável

RESUMO

A elaboração de uma carteira escolar que atenda às necessidades antropométricas de estudantes de primeira a oitava séries é um desafio para os *designers* e uma necessidade para os estudantes. Neste capítulo, objetivou-se elaborar um protótipo de carteira escolar ergonômica e regulável, desde a sua concepção, considerando as exigências antropométricas dos estudantes do ensino fundamental de Lavras, MG, no dimensionamento das mesmas e na escolha do material de composição e de acabamento. O projeto propôs um mobiliário confortável, resistente e que atendesse às exigências de uso. O conjunto escolar mesa/cadeira foi confeccionado em estrutura metálica e o assento, o encosto e o tampo em aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar, de acordo com o método construtivo já utilizado no mercado. O encosto e o assento da cadeira foram estofados, o que conferiu maior conforto aos alunos e, no tampo da mesa, foi utilizado revestimento melamínico, para facilitar a higienização e proteger o aglomerado. O conjunto mesa/cadeira se mostrou satisfatório, dentro dos parâmetros estipulados e está apto a ser testado quanto ao impacto de carga vertical e pelas suas características ergonômicas.

Palavras-chave: Protótipo. Carteira escolar ergonômica. Mobiliário escolar.

ABSTRACT

The elaboration of school furniture that attends the dimensional requirements of the anthropometry of the students from first to eight grades is a challenge for designers, and a necessity for students. This chapter had as objective to elaborate an ergonomic and adjustable prototype of table and chair, beginning in its conception, considering the anthropometrical needs of students of basic education institutions of Lavras, MG for its dimensions, choose compositional materials and finish materials, looking for a comfortable furniture, resistant to use. The materials were chosen in accordance with the constructive method already used by the market (iron structure) and the seat, backrest and the top table in particle board (because it is an alternative material of wood and plywood). The seat and the backrest were upholstered, which gives more comfort to the students, and the top table was coated with melaminic finish foil, in order to facilitate the hygiene and protect the particle board. The table/seat set proved satisfactory within the established parameters and is prepared to be tested by vertical load impact, as well as ergonomically.

Keywords: Prototype. Ergonomic school furniture. School furniture.

1 INTRODUÇÃO

As carteiras escolares encontradas no mercado, muitas vezes, não apresentam critérios para seu *design*. A maioria das fábricas e dos consumidores desconhece os padrões dimensionais da NBR 14006/2003 – “Móveis escolares: assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais” e o mobiliário comumente encontrado no mercado não apresenta critérios fixos para a definição de suas dimensões (OLIVEIRA, 2010).

A falta de um levantamento antropométrico brasileiro pode, de certa forma, justificar essa falta de preocupação com as dimensões do mobiliário escolar. As empresas e os consumidores não têm parâmetros para saber se o produto que estão fornecendo ou utilizando são adequados ao uso a que se propõem, dada a inexistência de um selo de qualidade. A própria NBR 14006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003) admite que o levantamento antropométrico utilizado para a definição dos parâmetros ergonômicos das carteiras escolares foi considerado um levantamento europeu.

Um mobiliário não é apenas aparência física. Um móvel é, acima de tudo, funcionalidade, ergonomia, percepção espacial e conforto. Quando da concepção de um mobiliário, a questão do *design* vai muito além do próprio desenho. *Design* é diferente de estilo. Enquanto o estilo manifesta-se na aparência do produto, podendo este ser arrojado, ele não necessariamente traduz-se em desempenho. O *design* deve se preocupar com o desempenho e utilidade do produto.

Para Gomes Filho (2003), o *design* é a ferramenta com a qual se pode contar para a melhoria do padrão de qualidade dos objetos em geral. É no *design* que todas as qualidades desejadas são planejadas, concebidas, especificadas e

determinadas para o objeto, amarradas à sua natureza tecnológica e aos demais processos que fazem parte da sua produção.

O *design* deve sempre ser dinâmico, se adaptando constantemente às condições do mercado e dos usuários. A indústria moveleira, a partir da década de 1970, caracteriza-se pela grande variação de tipos de produtos e materiais utilizados, bem como pelo ciclo de vida cada vez menor. Os mobiliários residenciais, há até poucos anos, eram projetados para ter uma vida útil de, pelo menos, 10 anos. Hoje, essa estimativa é de cinco anos ou menos (DAGÓI, 1989).

O estudo da ergonomia é um campo do conhecimento relativamente novo e continua evoluindo cada vez mais, em razão do próprio progresso das disciplinas nela envolvidas e em função do desenvolvimento de inúmeras experiências e aplicações práticas realizadas em várias partes do mundo. No *design*, essas evoluções são notáveis, principalmente em relação ao *design* de produtos industriais, no *design* de produtos gráficos e nos sistemas de informações visuais, no *design* de ambientes e na arquitetura (GOMES FILHO, 2003).

O *design* nem sempre tem que ser original, uma ideia inovadora, com grande apelo estético. O que é bonito nem sempre é funcional; o que é funcional nem sempre é bonito; mas, o mais importante, no *design*, o que é bonito não pode ser inútil.

Carteiras escolares podem ser confeccionadas levando-se em consideração a antropometria dos usuários a que elas se destinam, por meio de sistemas de regulagem de alturas. Materiais alternativos ao uso da madeira maciça e do compensado, como o painel aglomerado, podem ser utilizados na composição de mesas e cadeiras, visando sempre o conforto e a resistência do conjunto.

No presente capítulo, o objetivo foi elaborar um projeto de protótipo de carteira escolar regulável, desde a sua concepção, considerando o levantamento antropométrico local para o dimensionamento das mesmas, escolha do material de composição e de acabamento, visando, além de um mobiliário confortável, um mobiliário resistente que atendesse às exigências de uso.

2 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Parâmetros antropométricos

Os parâmetros antropométricos utilizados foram os obtidos pelo levantamento antropométrico realizado na cidade de Lavras, MG e os obtidos por Oliveira (2006).

Foram utilizados, para a escolha das dimensões, os seguintes parâmetros (BRANDIMILLER, 2002; COUTO, 1995; IIDA, 2005; MORO, 2005):

Para a mesa:

- a) **largura da mesa:** a NBR 14006 (ABNT, 2003) exige largura mínima de 60 cm. A largura bideltóide máxima, sujeito sentado, encontrada foi de 50 cm. Isso daria uma margem de 5 cm de cada lado para apoio dos braços. A largura máxima do quadril, sujeito sentado, encontrada no levantamento antropométrico de Lavras e Viçosa, MG, foi de 49 cm, sendo 11 cm para o acomodamento das pernas embaixo da mesa. No entanto, os pés da mesa ocupam 6 cm do espaço da largura total do tampo, o que faria com que a pessoa de maior estatura só tivesse 5 cm de espaço para a movimentação lateral das pernas;
- b) **altura da mesa:** para se chegar à altura da mesa, foram utilizados os valores de altura de cotovelo. Em ergonomia, quando um projeto não pode ser eficiente para toda a população, sugere-se que o projeto atenda a 90% dessa população. Por isso, para a altura da mesa, foram utilizados como parâmetros mínimos e máximos os percentis de 5% (46 cm) e 95% (68 cm), respectivamente. A esses valores foram acrescidos 2 cm, referentes ao sapato;

- c) **profundidade do tampo:** a profundidade do tampo independe das medidas antropométricas, se a mesa não tiver a parte frontal fechada ou com obstáculos, pois dá liberdade de movimentos ao usuário.

Para a cadeira:

- a) **altura do assento:** foram utilizados os percentis 5% (31 cm) e 95% (45 cm) de altura popliteal, sujeito sentado, para se chegar à altura do assento. Aos valores foram acrescidos 2 cm, referentes ao sapato;
- b) **largura do assento:** foi utilizado o valor do percentil 95% de largura do quadril, sujeito sentado;
- c) **profundidade do assento:** foi utilizado o parâmetro de profundidade nádega-popliteal para a dimensão de profundidade do assento. Diferente das outras dimensões, nesse caso, deve-se utilizar o percentil 5%, pois uma profundidade grande prende a circulação na parte posterior do joelho;
- d) **altura do encosto ao chão:** foi utilizado o parâmetro de altura do tórax para a dimensão de altura do encosto ao chão, nos percentis 5% (50 cm) e 95% (72 cm). Foram acrescidos 2 cm, referentes ao sapato.

4.2 Escolha dos materiais

Os materiais utilizados na confecção dos protótipos foram escolhidos com base nos sistemas construtivos já encontrados no mercado. As estruturas da mesa e da cadeira foram feitas em metalon, perfil retangular, 50 x 30 x 2,5 mm (altura, largura e espessura da parede). O perfil foi escolhido para tornar possível o dispositivo de regulagem de altura do mobiliário.

Para o tampo da mesa, o encosto e o assento da cadeira, foram escolhidos painéis aglomerados. A escolha do material se deve ao fato de ser um material alternativo ao uso do compensado, do MDF e da madeira maciça, e pelo fato de

a NBR 14006 (ABNT, 2003) não recomendar o uso desse tipo de painel. Os painéis aglomerados utilizados foram confeccionados com bagaço de cana-de-açúcar, provenientes da China.

4.3 Confeção dos protótipos

Os protótipos foram projetados utilizando o software Auto CAD (AUTODESK, 2010). Foi construído um modelo de protótipo, com três repetições, para depois serem ensaiados quanto ao impacto vertical, no Laboratório de Usinagem da Madeira, na Universidade Federal de Lavras, MG. Para cada repetição foi utilizado um painel aglomerado.

A estrutura das carteiras foi confeccionada de acordo com os desenhos do protótipo, aqui realizados.

Os painéis aglomerados foram cortados e as carteiras foram montadas no Laboratório de Usinagem da Madeira da Universidade Federal de Lavras. Às estruturas foram afixados os painéis aglomerados, por meio de parafusos de 60 mm, do tipo rosca soberba. Foram utilizados quatro parafusos para o tampo e quatro parafusos para o assento. No encosto foram utilizados dois parafusos de 15 mm.

O estofamento da cadeira foi realizado, bem como a colagem do revestimento melamínico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Mesa

Na Tabela 2 encontram-se as medidas da mesa. Nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5 observam-se o desenho e as medidas da mesa. Nas vistas laterais podem ser observadas as diferentes regulagens possíveis para essa mesa.

Tabela 2 Principais dimensões da mesa (cm)

Parâmetro	Dimensão (m)
Largura da mesa	0,70
Altura da mesa	de 0,48 a 0,70
Profundidade de tampo	0,45*

*Sem obstáculos frontais.

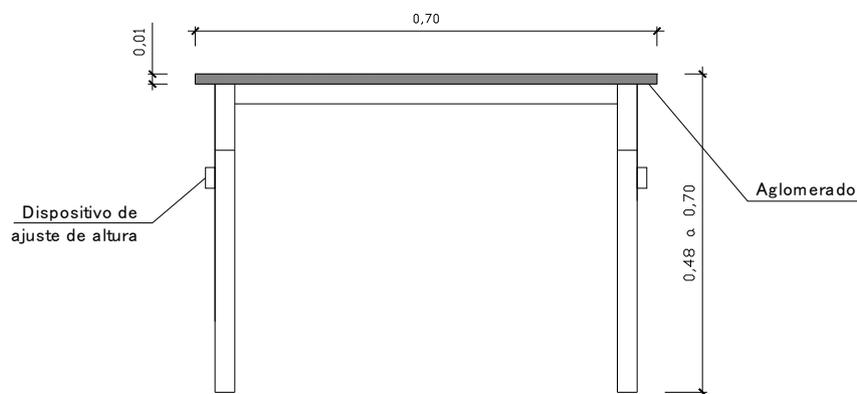


Figura 1 Vista frontal da mesa, ajuste para a menor altura

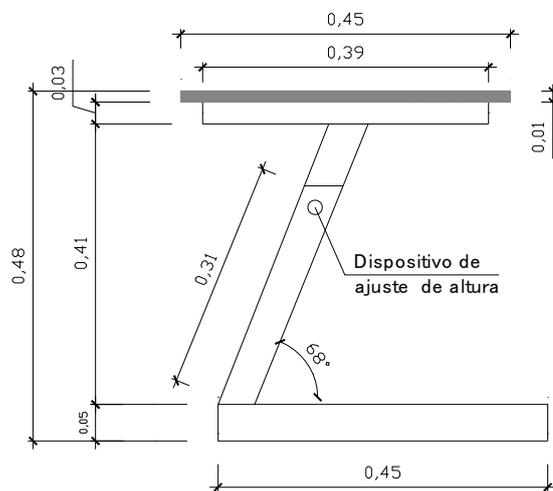


Figura 2 Vista lateral da mesa, ajuste para a menor altura

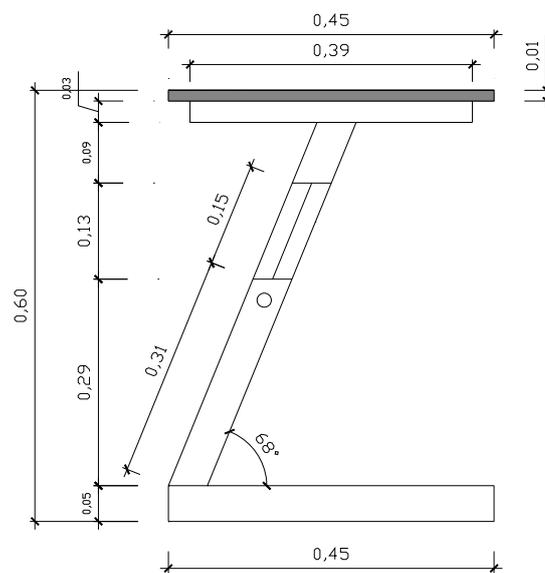


Figura 3 Vista lateral da mesa, ajuste para altura intermediária

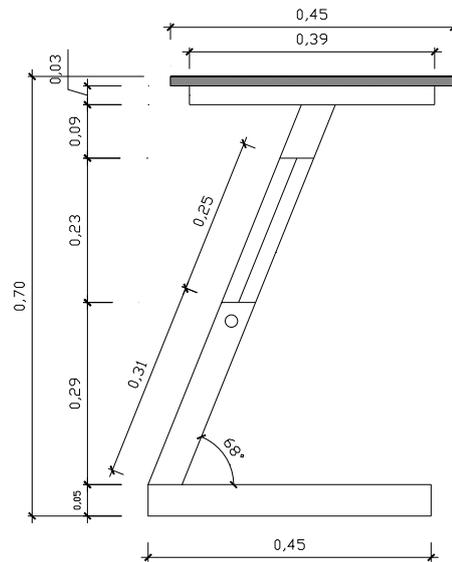


Figura 4 Vista lateral da mesa, ajuste para a maior altura

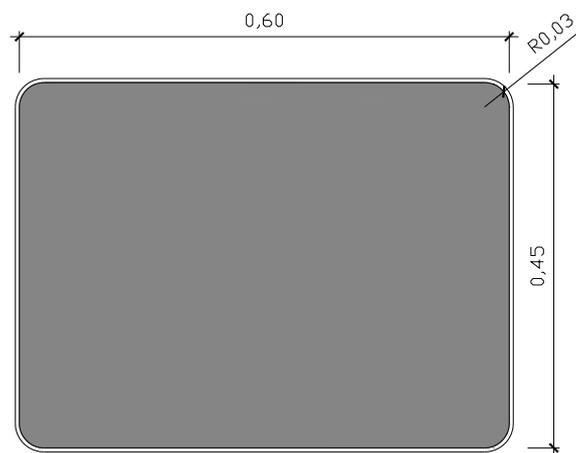


Figura 5 Vista superior da mesa

5.2 Cadeira

Na Tabela 3 encontram-se as medidas da cadeira projetada e confeccionada. Nas Figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11 observam-se os desenhos e as medidas da cadeira. Nas vistas laterais podem ser observadas as diferentes regulagens possíveis para essa cadeira.

Tabela 3 Principais dimensões da cadeira (cm)

Parâmetro	Dimensões (m)
Altura do assento	de 0,33 a 0,47
Largura do assento	0,39
Profundidade de assento	0,34
Altura do encosto ao chão	de 0,52 a 0,74

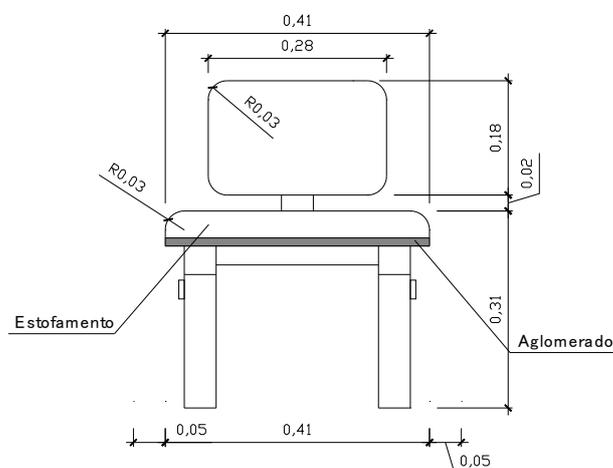


Figura 6 Vista frontal da cadeira, ajuste para a menor altura

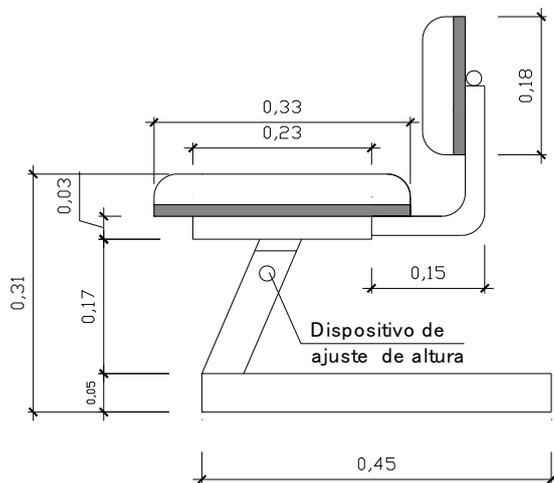


Figura 7 Vista lateral da cadeira, ajuste para a menor altura

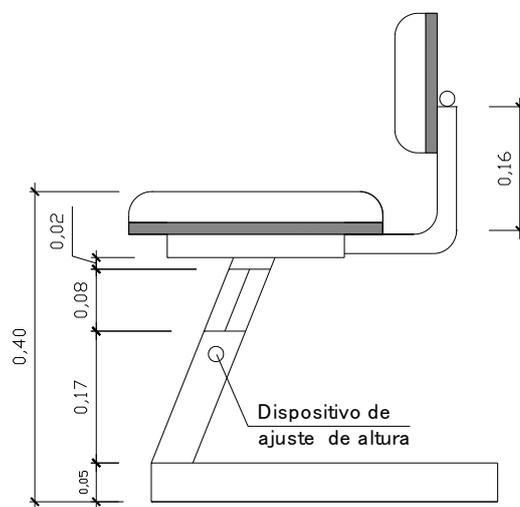


Figura 8 Vista lateral da cadeira, ajuste para altura intermediária

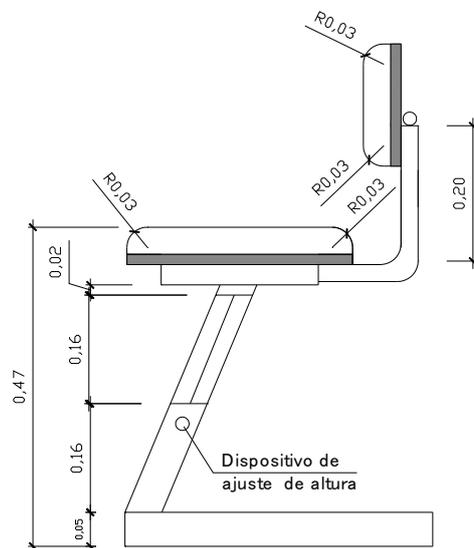


Figura 9 Vista lateral da cadeira, ajuste para altura máxima

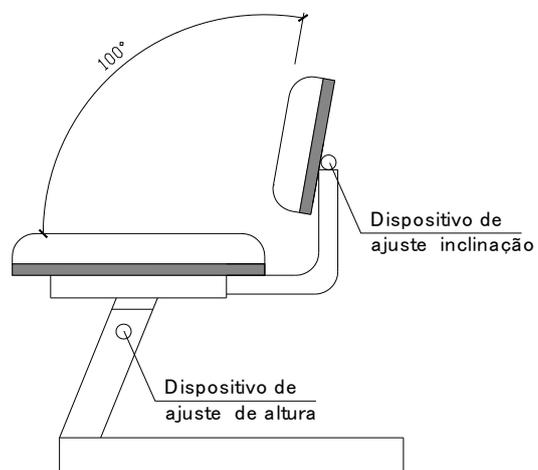


Figura 10 Vista lateral da cadeira, movimentação do encosto

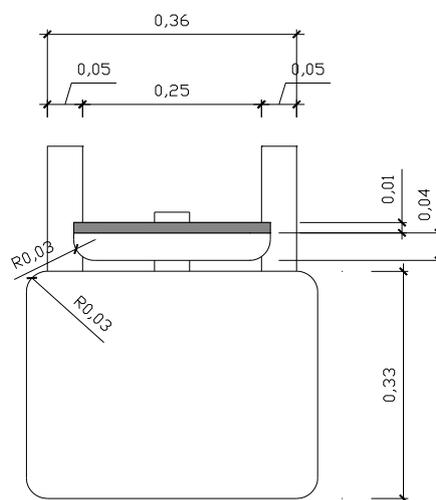


Figura 11 Vista superior da cadeira

Na Figura 12 observa-se a estrutura da mesa.



Figura 12 Estrutura da mesa

Na Figura 13 é mostrado o conjunto mesa/cadeira com os painéis aglomerados já instalados e, nas Figuras 14 e 15, as carteiras após a colocação do revestimento melamínico e do estofamento.



Figura 13 Conjunto mesa/cadeira, vista lateral



Figura 14 Vista frontal do conjunto acabado



Figura 15 Vista lateral do conjunto acabado

6 CONCLUSÕES

- a) os protótipos desenvolvidos foram concebidos de acordo com as medidas antropométricas dos alunos de 7 a 14 anos de idade;
- b) os materiais utilizados foram o metalon, para a estrutura e o aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar, para o tampo da mesa, o assento e o encosto da cadeira;
- c) o tampo da mesa revestido com material melamínico apresentou-se com facilidade de limpeza e o encosto e o assento estofados apresentaram conforto adequado aos usuários.

7 RECOMENDAÇÕES PARA A MELHORIA DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

Como recomendações, os seguintes itens poderiam ser melhorados:

- a) localização dos dispositivos de ajuste na parte externa dos pés das mesas e cadeiras;
- b) localização dos ajustes de altura na parte superior dos pés das mesas e das cadeiras;
- c) dispositivo de ajuste da altura do encosto da cadeira;
- d) arredondamento das quinas dos painéis.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14006**: móveis escolares: assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais. Rio de Janeiro, 2003. 26 p.
- AUTODESK. **Auto CAD**. San Rafael, 2010. Software.
- BRANDIMILLER, P. A. **O corpo no trabalho**: guia de conforto e saúde para quem trabalha em microcomputadores. São Paulo: SENAC, 2002. 157 p.
- COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: manual técnico da máquina humana. Belo Horizonte: Ergo, 1995. v. 1, 353 p.
- DAGOI, E. Comunicação e *design*, a tendência é segmentar. **Indústria Moveleira**, São Paulo, n. 9, p. 28-38, 1989.
- GOMES FILHO, J. **Ergonomia do objeto**: sistema técnico de leitura ergonômica. São Paulo: Escrituras, 2003. 255 p.
- IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 2005. 614 p.
- MORO, A. R. P. Ergonomia da sala de aula: constrangimentos posturais impostos pelo mobiliário escolar. **Efdeports.com**, Buenos Aires, ano 10, n. 85, 2005. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd85/ergon.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2010.
- OLIVEIRA, J. M. **Análise ergonômica do mobiliário escolar visando a definição de critérios**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- OLIVEIRA, J. M. et al. Ergonomia de carteiras escolares e sua influência no estresse físico de alunos do ensino fundamental. **Revista Estudos em Design**, Rio de Janeiro, 2010. No prelo.

CAPÍTULO 4

Qualidade de painéis aglomerados produzidos na China utilizando bagaço de cana-de-açúcar

RESUMO

A NBR 14006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003) recomenda, para a confecção de carteiras escolares, o uso da madeira maciça ou do compensado. Considerando a grande produção de cana-de-açúcar, a geração de resíduo e a busca por agregação de valores, a utilização de aglomerados produzidos com bagaço de cana-de-açúcar podem se tornar uma opção e exemplo para a produção nacional de painéis. Este estudo foi realizado com o objetivo de analisar a qualidade de painéis aglomerados produzidos na China, utilizando bagaço de cana-de-açúcar, por meio de ensaios físicos e mecânicos. Três painéis foram avaliados quanto a densidade, umidade, dureza Janka, módulo de elasticidade e de ruptura. Um painel foi classificado como de baixa densidade e dois painéis foram classificados como de média densidade.

Palavras-chave: Painéis aglomerados. Painéis de bagaço de cana-de-açúcar. Qualidade de painéis aglomerados.

ABSTRACT

Particle boards are not recommended to be used in school furniture, according to NBR 14006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003). Considering the large sugar cane production, the generation of waste and the search to aggregate values, the use of particle boards produced with cane bagasse can become an option and an example for national production. This study had as objective to analyze the quality of particle boards produced in China using sugar cane bagasse through physical and mechanical testing of panels. Three panels were analyzed by density, moisture, Janka hardness, elasticity modulus and rupture modulus. One board was classified as low density and two boards were classified as medium density.

Keywords: Particle boards. Sugar cane bagasse particle boards. Quality of particle boards.

3 INTRODUÇÃO

Os painéis de madeira aglomerada surgiram no início da década de 1940, na Alemanha, como forma de viabilizar a utilização dos resíduos da madeira. Na época, a obtenção de madeira de boa qualidade para a produção de painéis compensados era difícil, devido ao isolamento da Alemanha durante a Segunda Guerra Mundial. No entanto, a produção foi paralisada em seguida, devido à queda da produção de resina derivada do petróleo, que tinha como prioridade a utilização militar. Foi após a guerra, nos Estados Unidos, que a produção foi retomada e aprimorada (IWAKIRI, 2005).

No Brasil, a indústria de painéis aglomerados inicia suas atividades em 1966, em Curitiba, pela empresa Placas do Paraná. Nos anos seguintes surgiram novas fábricas que modernizaram e ampliaram a capacidade produtiva.

Ainda segundo os autores, o Brasil expande sua produção em ritmo mais acelerado que a produção mundial, mas não apresenta tendência significativa de aumento das exportações, o que pode ser explicado pela recente competitividade no mercado internacional da indústria moveleira brasileira.

Grande parte da produção de aglomerado é absorvida internamente, justificando, em parte, a pouca expressividade da evolução das exportações brasileiras, indicando que ocorre maior agregação de valor ao produto, o que é interessante para a economia da nação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI, 2008).

Segundo Iwakiri (2005), os painéis de madeira aglomerada são constituídos de partículas de madeira com a incorporação de adesivo sintético e reconstituídos em uma matriz randômica, consolidados pela aplicação de calor e pressão.

Os painéis aglomerados são largamente utilizados na construção civil e no setor moveleiro. As principais vantagens tecnológicas desses painéis são sua estrutura homogênea, eliminação de efeitos da anisotropia da madeira (alterações dimensionais e resistência mecânica nas direções longitudinal e transversal do painel são similares), eliminação de fatores redutores de resistência (como nós, inclinação da grã, entre outros) e possibilidade de utilização de matéria-prima com menores restrições quanto à forma e às dimensões. Segundo Rowell, Han e Rowell (2000), a princípio, painéis aglomerados podem ser fabricados a partir de qualquer material lignocelulósico que lhes confira alta resistência mecânica e peso específico pré-estabelecido.

Dentre as principais desvantagens dos painéis aglomerados estão: superfície e bordas grosseiras, baixa qualidade de usinagem, inadequação à fixação de pregos, esfarelamento com uso inadequado de dobradiças e parafusos e baixa resistência à umidade. Mesmo com os problemas mencionados, com o decorrer do tempo, foram incorporadas novas tecnologias, como uso da parafina, controle do gradiente de densidade e sistemas de parafusamento mais eficientes (MALONEY, 1993).

A utilização de compensados, chapas duras de fibras, chapas de média densidade e de aglomerado tem crescido ao longo do tempo e a tendência é que sua demanda aumente, devido à crescente escassez na oferta de madeira. Com isso, tem-se intensificado o estudo sobre o melhor aproveitamento de resíduos florestais e agrícolas, e, mesmo, o chamado resíduo urbano, como plásticos, papel, papelão, garrafas pet, e embalagens Tetra Pak, para a produção de painéis a serem usados em móveis, revestimento de automóveis e forros (MACIEL et al., 2004).

3.1 O bagaço de cana-de-açúcar

A utilização de materiais lignocelulósicos alternativos para a produção de painéis reconstituídos ainda é pequena no Brasil. Para a produção nacional de painéis aglomerados utilizam-se, preferencialmente, cavacos de madeira de florestas plantadas, o que determina, inclusive, a boa qualidade do produto, tendo em vista o melhor controle da homogeneidade da matéria-prima.

Os materiais lignocelulósicos provenientes de fibras vegetais e resíduos agroindustriais vêm sendo utilizados com sucesso na fabricação de painéis aglomerados, como o bagaço de cana-de-açúcar (OKINO et al., 1997), o que pode ser uma boa opção para o atendimento da crescente demanda nacional de painéis, bem como promover a adequada disposição final para este resíduo da agroindústria brasileira.

Cultivada principalmente para a produção de etanol e açúcar, a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), em 2005, era cultivada em 6 milhões de hectares, com produção de mais de 457 milhões de toneladas. Esses números fizeram do Brasil o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, responsável por quase 25% da produção mundial. Além do incremento da produção, a crescente demanda por álcool, no mercado interno e no externo, influenciou a determinação do preço do produto, levando a um crescimento de R\$ 3,8 bilhões (29%) no valor da produção, que atingiu quase R\$ 17 bilhões em 2006. Consequentemente, o país pode aumentar as exportações e reduzir sua dependência da importação de petróleo (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2009).

O bagaço de cana-de-açúcar é o maior resíduo da agroindústria brasileira, em função do volume produzido. Estima-se que, a cada ano, de 5 a 12 milhões de toneladas deste material seja descartado, muitas vezes de forma inadequada (IBGE, 2009).

As fibras do bagaço da cana-de-açúcar contêm, como principais componentes, cerca de 40% de celulose, 35% de hemiceluloses e 15% de lignina, sendo este último responsável pelo seu poder calórico. A celulose e as hemiceluloses são as duas formas de carboidratos mais abundantes da natureza e representam um potencial de reserva para a obtenção de produtos de interesse comercial. Ambas representam cerca de 70% da massa seca de todos os resíduos agrícolas, como aqueles provenientes da industrialização do milho, arroz, soja, trigo e cana-de-açúcar, entre outros.

A utilização de bagaço de cana-de-açúcar na produção de painéis aglomerados já é uma realidade. Países como Cuba, Colômbia, China, Argentina e Rússia já produzem painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar em escala industrial (OKINO et al., 1997).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a qualidade de painéis aglomerados produzidos na China utilizando bagaço de cana-de-açúcar, por meio de ensaios físicos e mecânicos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados três painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar, de lotes diferentes, provenientes da China. Cada painel foi utilizado na produção de um protótipo de carteira escolar, totalizando três conjuntos mesa/cadeira. Os painéis foram ensaiados separadamente quanto à sua resistência físico-mecânica, a fim de se comparar, posteriormente, com o ensaio de impacto vertical do mobiliário, totalizando dez corpos-de-prova de cada painel para cada ensaio físico mecânico. Os ensaios foram realizados com base na NBR 14810: Chapas de madeira aglomerada (ABNT, 2006). Os testes físicos realizados foram densidade e umidade. Os testes mecânicos realizados foram: flexão estática (módulo de ruptura e de elasticidade), dureza Janka e arrancamento de parafuso.

4.1 Obtenção dos corpos-de-prova

Os painéis foram levados para a Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira (UEPAM) da Universidade Federal de Lavras, onde os corpos-de-prova foram confeccionados. Inicialmente, foram retirados de 5 cm de cada extremidade dos painéis. As dimensões dos corpos-de-prova foram determinadas de acordo com a NBR 14810: Chapas de madeira aglomerada (ABNT, 2006) e estão descritas na Tabela 1. A distribuição dos corpos-de-prova em cada painel para a avaliação das propriedades é apresentada na Figura 1.

Tabela 1 Dimensões das amostras para ensaios de avaliação

Avaliação físico-mecânica	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Quantidade (unidade)
Densidade	50	50	10
Flexão estática	250	50	10*
Umidade	50	50	10
Arrancamento de parafuso	150	75	10
- superfície	115	65	10
- topo			
Dureza Janka	150	75	10

*Os corpos-de-prova foram confeccionados metade em uma direção e metade na direção ortogonal à direção anterior

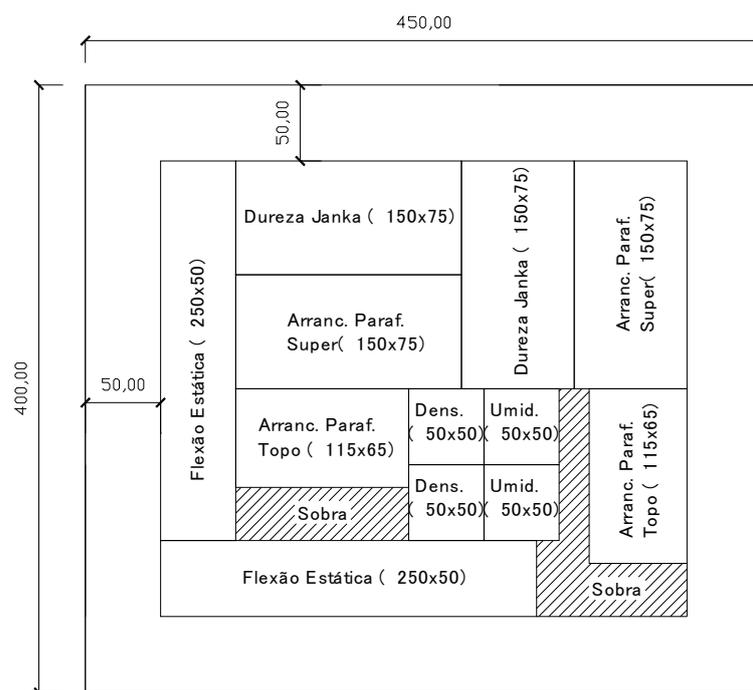


Figura 1 Esquema de distribuição das amostras nos painéis (em mm)

Os corpos-de-prova foram climatizados em câmara, com temperatura de $(22\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $(65\pm 5)\%$, até atingirem a umidade de equilíbrio. Os testes mecânicos foram realizados na máquina universal de ensaio EMIC DL-30000 (Figura 2).



Figura 2 Ensaio de flexão estática do painel de bagaço de cana-de-açúcar

4.2 Análise estatística

Na avaliação do experimento, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições para cada teste. O desempenho dos painéis foi comparado pelo teste de Tukey, 95% de probabilidade. Os testes completos encontram-se no Anexo 2.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é apresentado o resultado do teste físico de densidade aparente para os três painéis e o teste de comparação múltipla realizado.

Tabela 2 Comparação múltipla das médias de densidade, desvio padrão e coeficiente de variação dos painéis

Painel	Densidade média (g/cm³)	Desvio padrão (g/cm³)	Coefficiente de variação (%)
1	0,482 A	0,011	2,08
2	0,605 B	0,013	1,67
3	0,607 B	0,013	1,64

Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística, a 5% de significância, pelo teste de Tukey

Pelo teste de comparação múltipla realizado pode-se observar que o painel 1 apresentou diferença estatística significativa com os painéis 2 e 3. Segundo a NBR 14810-1 (ABNT, 2006), os painéis 2 e 3 podem ser classificados como de média densidade (entre 0,550 g/cm³ e 0,750 g/cm³) e o painel 1, de baixa densidade. Os valores também coincidem com os sugeridos por Iwakiri (2005), que classifica painéis de média densidade de 0,590 a 0,800 g/cm³.

Os painéis apresentaram densidade média inferior aos encontrados por Mendes et al. (2008), que foi de 0,670 g/cm³, e por Pedreschi (2009), que foi de 0,710 g/cm³, para o mesmo tipo de painel, proveniente da mesma fábrica. Os painéis analisados pelos referidos autores também podem ser classificados como painéis de média densidade. No entanto, o painel 1 aqui analisado se enquadra na categoria de painel de baixa densidade. Os painéis, apesar de serem da mesma fábrica e de terem como matéria-prima o bagaço de cana-de-açúcar, não tinham nenhum tipo de identificação quanto ao lote ou quanto à sua densidade, o

que significa que os painéis não necessariamente precisariam apresentar os mesmos parâmetros de densidade.

Os valores de umidade média, desvio padrão e coeficiente de variação dos três painéis estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 Umidade média, desvio padrão e coeficiente de variação dos painéis

Painel	Umidade média (%)	Desvio padrão (%)	Coeficiente de variação (%)
1	8,76	0,10	1,14
2	8,33	0,29	3,48
3	7,66	0,08	1,04

Segundo a norma, a menos que haja um acordo entre o produtor ou seu representante e o consumidor, a umidade média das chapas de madeira aglomerada não deve ser menor que 5% nem maior que 11% e, dentro de qualquer lote ou partida na saída da fábrica, não deve haver variação total na amplitude superior a 3%. Nesse quesito, as chapas não apresentaram valores satisfatórios, pois a variação foi de 12,56% (de 8,76 para 7,66%). Os valores indicam que a fábrica que produziu os painéis deveria fazer um controle maior da umidade dos painéis.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios encontrados para dureza Janka, bem como o desvio padrão e o coeficiente de variação dos painéis.

Tabela 4 Comparação múltipla das médias de dureza Janka, desvio padrão e coeficiente de variação dos painéis

Painel	Dureza Janka (kgf)	Desvio padrão (kgf)	Coeficiente de variação (%)
1	269,11 A	22,67	8,42
2	599,70 B	102,13	17,03
3	536,13 B	80,63	15,04

Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey, a 5% de significância

Pelos dados da Tabela 4 pode-se verificar que o comportamento dos painéis obteve o mesmo padrão de comportamento observado para a densidade aparente. Como era de se esperar, o painel 1, de menor densidade, apresentou valor de dureza Janka inferior à dos painéis 2 e 3. O painel 2 é estatisticamente igual ao painel 3. Comparando-se com os resultados obtidos por Haselein et al. (2002) para aglomerados com partículas de *Pinus elliottii* Engelm de diferentes dimensões, os painéis 2 e 3 (média densidade) apresentaram valores dentro da faixa encontrada pelos autores, de 501,67 kgf a 641,12 kgf, para painéis de densidade média.

Na Tabela 5 são mostrados os resultados de módulo de elasticidade em flexão estática (MOE) para os três painéis, bem como desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 5 Comparação múltipla das médias do módulo de elasticidade em flexão estática (MOE), desvio padrão e coeficiente de variação dos painéis

Painel	MOE (kgf/cm²)	Desvio padrão (kgf/cm²)	Coefficiente de variação (%)
1	23900 A	3385	14,16
2	39486 B	6087	15,42
3	40565 B	1256	3,10

Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey, a 5% de significância

O painel 1 apresentou diferença estatística, a 5% de significância, em relação aos painéis 2 e 3, e os painéis 2 e 3 não apresentaram diferença estatística significativa entre si para módulo de elasticidade em flexão estática. Os valores encontrados para os painéis de densidade média (2 e 3) foram maiores que os encontrados por Pedresch (2009), que foi de 28.946 kgf/cm².

Iwakiri et al. (2000), trabalhando com resíduos de serraria, encontraram valores médios de módulo de elasticidade em flexão estática variando na faixa de 12.179 a 23.056 kgf/cm². A norma CS 236-66 (COMMERCIAL

STANDARD - CS, 1968) estipula valores mínimos para MOE de 24500 kgf/cm². Apesar de os valores obtidos enquadrarem com os dados obtidos na literatura, o painel 1 apresentou valor inferior ao estabelecido pela norma CS 236-66 (CS, 1968). A NBR 14810 (ABNT, 2006) não apresenta parâmetros mínimos para MOE.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados do módulo de ruptura (MOR) em flexão estática encontrados nos três painéis.

Tabela 6 Comparação múltipla das médias de módulo de ruptura (MOR) em flexão estática, desvio padrão e coeficiente de variação dos painéis

Painel	MOR (kgf/cm²)	Desvio padrão (kgf/cm²)	Coeficiente de variação(%)
1	100,33 A	19,12	19,06
2	180,01 B	39,15	21,75
3	173,86 B	22,03	12,67

Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey, a 5% de significância

Os painéis 2 e 3 não apresentaram diferença estatística significativa entre si. Os valores encontrados para os painéis de densidade média (2 e 3) foram maiores do que os encontrados por Pedresch (2009) para o mesmo tipo de painel, que foi de 171,58 kgf/cm². A norma CS 236-66 (CS, 1968) estipula valor mínimo para essa propriedade de 112 kgf/cm² e a NBR 14810 (ABNT, 2006) estipula valor mínimo de 163,15 kgf/cm². Em ambos os casos, os painéis 2 e 3 se enquadram dentro dos parâmetros, no entanto, o painel 1, de baixa densidade, não se enquadrou na exigência da norma brasileira.

Os resultados apresentados pelo painel 1 em relação aos painéis 2 e 3 é um fato favorável na elaboração dos protótipos de carteiras escolares. Com essas diferenças será possível avaliar se painéis aglomerados de baixa e média densidade podem ser utilizados na confecção de carteiras escolares e se eles resistem ao ensaio de impacto vertical de carteiras.

6 CONCLUSÃO

- a) o painel 1 é diferente dos painéis 2 e 3, em todos os ensaios mecânicos realizados;
- b) o painel 1 foi classificado como painel de baixa densidade e seus valores, para todos os ensaios, foram inferiores aos exigidos pela NBR 14810 (ABNT, 2006) e CS 236-66 (CS, 1968);
- c) os painéis 2 e 3 foram classificados como painéis de média densidade e seus valores nos ensaios de dureza Janka, módulo de elasticidade e módulo de ruptura foram de acordo com os encontrados na literatura, ou com valores exigidos pelas Normas NBR 14810 e CS 236-66 para painéis aglomerados de madeira.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2008:** indústria de madeira processada mecanicamente. Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.abimci.com.br/dmdocuments/ABIMCI_Estudo_Setorial_2008.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14006:** móveis escolares: assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais. Rio de Janeiro, 2003. 26 p.
- _____. NBR 14810. **Chapas de madeira aglomerada.** Rio de Janeiro, 2006. 5 p.
- COMMERCIAL STANDARD. **Mat formed wood particleboard:** CS 236-66. 1968. 12 p.
- HASELEIN, C. R. et al. Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 127-134, mar./abr. 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2009.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída.** Curitiba: FUPEF, 2005. 274 p.
- IWAKIRI, S. et al. Utilização de resíduos de serraria na produção de chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus pipularis*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 251-256, 2000.
- MACIEL, A. S. et al. Painéis de partículas aglomeradas de madeira de *Pinus elliottii* Engelm., poliestireno (OS) e polietileno tereftalado (PET). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 257-266, mar./abr. 2004.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing.** 2. ed. Sacramento: M. Freeman, 1993. 689 p.

MENDES, R. F. et al. Qualidade de painéis aglomerados produzidos na China utilizando bagaço de cana. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: EBRAMEM, 2008. 1 CD-ROM.

OKINO, E. Y. A. et al. Resistência físico-mecânica de chapas aglomeradas de bagaço de cana-de-açúcar modificado quimicamente. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 52, p. 35-42, dez. 1997.

PEDRESCHI, R. **Aproveitamento do bagaço de cana da indústria sucroalcooleira na produção de painéis aglomerados**. 2009. 56 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ROWELL, R. M.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S. Characterization and factors affecting fiber properties. In: FROLLINI, E.; LEÃO, A. L.; MATTOSO, L. H. C. (Ed.). **Natural polymers and agrofibers based composites**. São Carlos: EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, 2000. p. 115-134.

CAPÍTULO 5

Verificação da qualidade de carteiras escolares através de ensaio de impacto vertical

RESUMO

O ensaio de impacto vertical recomendado pela NBR 14006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003) não reflete os esforços a que esse tipo de mobiliário fica submetido durante o uso. Os ensaios de impacto vertical devem sempre levar em consideração a antropometria dos usuários de móveis. Este trabalho tem o objetivo de analisar o comportamento dos protótipos de carteiras escolares submetidas ao ensaio de impacto vertical, considerando os padrões antropométricos da população para a qual foram projetadas. Os protótipos foram submetidos ao impacto de 103 kg, a diferentes alturas. Verificou-se que as mesas não suportam esse tipo de impacto e acabam rompendo no tampo. Com uma barra metálica auxiliar, instalada no sentido transversal da estrutura do tampo, foi possível aumentar a sua resistência. Feita essa modificação, todas as mesas foram aprovadas no ensaio. Todas as cadeiras foram aprovadas. Estes resultados indicam que os painéis aglomerados podem ser utilizados na composição de carteiras escolares para o ensino fundamental.

Palavras-chave: Carteiras escolares. Ensaio de impacto vertical. Qualidade de carteiras escolares.

ABSTRACT

The vertical impact test recommended by NBR 14006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003), does not reflect the impacts that this type of furniture suffer during use. Vertical impact tests should always take into consideration the anthropometry of users. This chapter had as objective to analyze the behavior of prototype school furniture submitted to vertical impact test, considering the anthropometrical population patterns for which they were designed. Prototypes were subjected to the impact of 103 kg, at different heights. The tables did not support this type of impact, and end up breaking in the particle board. With an auxiliary iron bar, installed in the transverse direction of the top structure, it was possible to increase its strength. With this modification all tables were approved in the test. All chairs were approved. These results indicates that particle boards can be used in the composition of school furniture for the elementary school.

Keywords: School furniture. Vertical impact test. School furniture quality.

1 INTRODUÇÃO

O mobiliário escolar vem, cada vez mais, interessando os fabricantes de móveis. Esse interesse é facilmente justificado porque a atividade de ensino existe no mundo todo e consome boa parcela dos orçamentos governamentais (IIDA, 2005). No entanto, atestar a qualidade de carteiras escolares ainda é muito difícil. Os fabricantes de carteiras escolares, bem como seus usuários, ainda desconhecem as especificações da NBR 14006: Móveis escolares – assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais (ABNT, 2003), que determinam os parâmetros mínimos de qualidade de carteiras escolares (OLIVEIRA, 2006).

Segundo Gomes Filho (2003), uma cadeira ou uma mesa devem ser dimensionadas com adequado coeficiente de segurança, para garantir sua resistência à massa do usuário, inclusive levando-se em conta o sentar abrupto. Para Panero e Zelnick (1991), a carga do corpo humano sobre um assento equivale a 75% da massa corporal. Segundo Ferreira (2001), é muito difícil, no entanto, prever a real utilização das carteiras escolares pelas crianças. Elas podem ficar em pé sobre uma cadeira ou mesa e até pular sobre ela. Mesmo sabendo que essa não é a função do mobiliário, é importante prever esse tipo de situação, até por uma questão de segurança.

Quanto ao ensaio de maior pertinência em se tratando da resistência das carteiras escolares, o ensaio de impacto vertical indicado pela ABNT, apresenta valores de carga inferiores aos encontrados no levantamento antropométrico (Tabela 2, Capítulo 2).

Segundo o levantamento antropométrico realizado, a máxima massa de um estudante encontrado foi de 103 kg. O ensaio de impacto vertical sugerido pela NBR 14006 (ABNT, 2003) indica uma carga de impacto de 25 kg.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os protótipos de carteiras escolares reguláveis com painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar, pelo ensaio de impacto vertical.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Construção da máquina de ensaio

Para a realização do ensaio de impacto de carga vertical, foi desenvolvido, no Laboratório de Usinagem da Madeira, na Universidade Federal de Lavras, um equipamento, de acordo com as especificações da NBR 14006 (ABNT, 2003). O equipamento é constituído por um cavalete metálico com pêndulo com carga de 103 ± 2 kg. A massa de 103 kg foi utilizada por ser a massa corporal máxima encontrada no levantamento antropométrico. A massa se movimenta livremente (queda livre) em relação ao resto de dispositivo, com aproximadamente 300 ± 2 mm de diâmetro. Uma trava de segurança garante que a massa de impacto possa ser ajustada à altura desejada. A superfície de impacto é aproximadamente plana, recoberta com tecido grosso e preenchida com areia fina. Nas Figuras 1 e 2 são mostradas, esquematicamente, as dimensões do equipamento de ensaio.

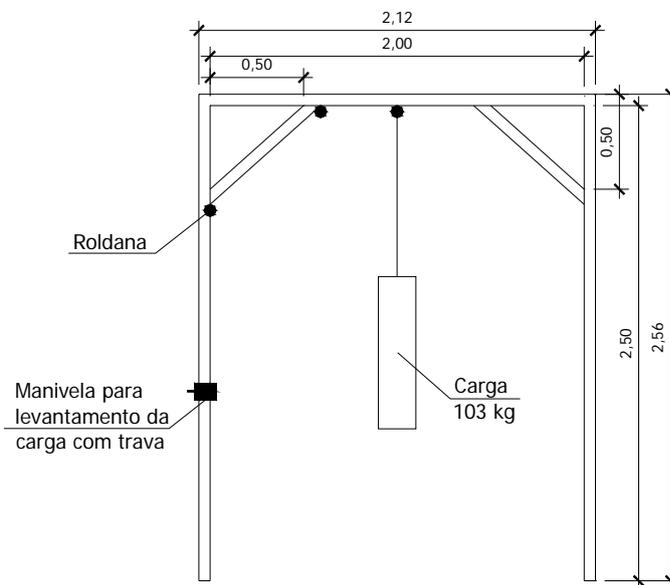


Figura 1 Vista frontal da máquina de ensaio, medidas em metros

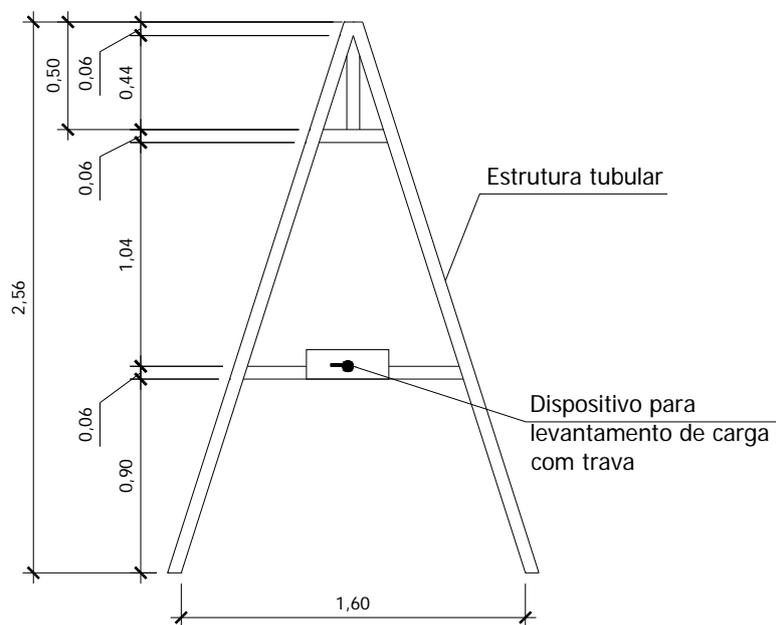


Figura 2 Vista lateral da máquina de ensaio, medidas em metros

2.2 Ensaio de impacto vertical

Foi realizado ensaio de impacto no tampo da mesa, assento da cadeira e encosto da cadeira. A fim de estabelecer um ensaio que simulasse condições extremas de uso, foi estabelecido impacto, com carga de 103 kg, por ser a massa corporal máxima encontrada no levantamento antropométrico. Foram realizadas 10 repetições sobre a mesma peça. Na Tabela 1 mostram-se a carga aplicada, o número de repetições da queda de carga e a altura da queda em relação ao assento da cadeira e o tampo da mesa. A carga também foi aplicada no encosto, a um ângulo de 60° em relação ao centro do encosto da cadeira.

Tabela 1 Resumo do ensaio de impacto vertical

Ensaio de impacto vertical				
	Carga	Número de repetições	Altura de queda (mm)	Ângulo em relação ao centro do encosto
Mesa	103 kg	10	240±2	x
Cadeira	103 kg	10	190±2	x
Encosto	103 kg	10	x	60°

A distância horizontal de impacto da carga em relação ao encosto foi de 1000 mm, criando um ângulo de 60° entre a carga e o centro do encosto.

Antes do início dos ensaios, cada carteira foi totalmente examinada. Quaisquer defeitos em seus membros, juntas ou ligações foram anotados, para que eles não fossem atribuídos aos defeitos após o ensaio.

Ao final do ensaio, a resistência das carteiras pôde ser verificada. A ocorrência de qualquer um dos seguintes itens foi registrada como motivo para rejeição das mesas ou cadeiras:

- a) qualquer fratura de qualquer membro, junta ou componente, incluindo suportes de assentos e mesas;

- b) qualquer fratura ou rachadura nas paredes de qualquer parte estrutural;
- c) qualquer afrouxamento de ligações consideradas rígidas foi anotado quando verificado e quando foi aplicada uma pressão manual em seus membros;
- d) qualquer movimento livre no encosto, pés e braços, assim como em componentes, maior que o verificado na inspeção inicial;
- e) qualquer deformação, em qualquer parte que possa afetar a funcionalidade da cadeira, ou qualquer rachadura que interfira na sua aparência;

A mesa, durante a realização do ensaio, é mostrada nas Figuras 3 e 4.

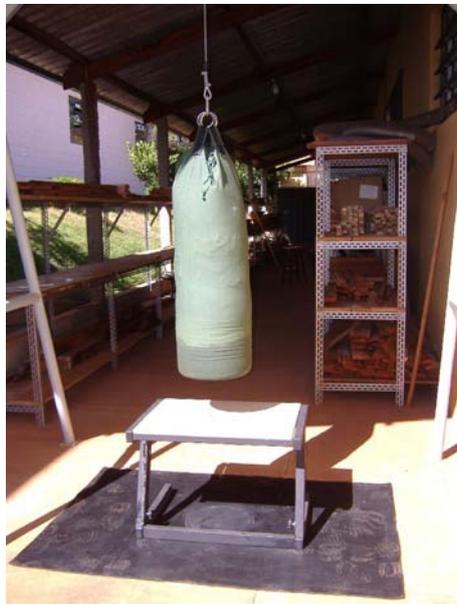


Figura 3 Ensaio de impacto vertical sobre a mesa, com altura de queda de 240 mm



Figura 4 Ensaio de impacto vertical sobre a mesa, com queda da carga de impacto

2.3 Material ensaiado

Foram ensaiados três conjuntos mesa/cadeira reguláveis, sendo os tampos, assentos e encostos de aglomerado de cana-de-açúcar. Os painéis não receberam nenhum tipo de acabamento para que os possíveis defeitos que viessem a ocorrer ficassem visíveis (Figura 5).



Figura 5 Conjunto mesa/cadeira ensaiado

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro conjunto ensaiado foi o da carteira construída com o painel aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar de média densidade (painel 2). Essa carteira foi escolhida porque era a que tinha um dos painéis mais resistentes. Após a terceira queda, o painel aglomerado se rompeu. Depois de o painel ser retirado da estrutura da mesa, o rompimento na parte inferior do tampo pode ser observado com mais detalhes (Figura 6).



Figura 6 Rompimento pelo ensaio de impacto vertical observado na parte inferior do tampo da mesa

Após esse primeiro ensaio, ficou claro que o painel aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar não iria resistir em nenhum dos outros dois protótipos. Para melhorar o desempenho do painel durante o ensaio, foi colocada uma barra metálica auxiliar, no sentido transversal do tampo. Nas Figuras 7 e 8 observam-se as estruturas da mesa, antes e depois da colocação da barra auxiliar.



Figura 7 Estrutura da mesa antes da modificação



Figura 8 Estrutura da mesa depois da colocação da barra auxiliar

Após a colocação das barras auxiliares nas três mesas, o tampo que havia rompido foi substituído e mesas foram ensaiadas.

Todas as mesas e cadeiras foram aprovadas depois do ensaio. Não houve rompimento de nenhum dos painéis, tanto das mesas quanto das cadeiras. Os sistemas de ajuste de alturas também não sofreram nenhum dano e continuaram

funcionando normalmente. A estrutura metálica também não sofreu nenhuma modificação após os ensaios.

Com o resultado, é possível afirmar que a parte mais sensível das carteiras escolares são os painéis aglomerados. Eles estão mais susceptíveis ao rompimento nesse tipo de ensaio.

Os painéis não suportam o impacto de 103 kg em uma estrutura comum de carteira escolar, no entanto, com a colocação de uma barra metálica auxiliar, obteve-se resultado satisfatório. É importante observar que a barra auxiliar só foi colocada nas mesas. As cadeiras suportaram o ensaio, salientando o fato de que o material é resistente; só não suporta grandes vãos entre os apoios.

Este estudo comprovou que a utilização de painéis aglomerados pode ser recomendada, para propriedades de resistência mecânica, na composição de carteiras escolares. Sua utilização deve ser dimensionada de acordo com o potencial do material, mas, com alguns cuidados no projeto de mesas e cadeiras, sua utilização é viável.

4 CONCLUSÕES

Para as condições em que foi desenvolvido este estudo concluiu-se que:

- a) as cadeiras resistiram ao ensaio de impacto vertical. Não houve nenhum tipo de dano nos assentos nem nos encostos, mesmo no protótipo construído com o aglomerado de baixa densidade;
- b) as mesas, com a estrutura original foram reprovadas no ensaio, em que aconteceu o rompimento do painel;
- c) após a instalação da barra auxiliar, as mesas foram aprovadas no ensaio de impacto vertical.

5 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que estudos futuros sejam feitos com outros tipos de painéis e também com madeira maciça, para verificar se os mesmos resistiriam ao ensaio com a metodologia aqui descrita.

Recomenda-se realizar novos estudos com base na NBR 14006 (ABNT, 2003), com outras cargas de impacto, alturas de queda e tipos de painéis.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14006**: móveis escolares: assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais. Rio de Janeiro, 2003. 26 p.
- FERREIRA, M. S. **Definição de critérios de avaliação técnico-funcional e de qualificação de mobiliário escolar**. 2001. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- GOMES FILHO, J. **Ergonomia do objeto**: sistema técnico de leitura ergonômica. São Paulo: Escrituras, 2003. 255 p.
- IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: E. Blücher, 2005. 614 p.
- OLIVEIRA, J. M. **Análise ergonômica do mobiliário escolar visando a definição de critérios**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- PANERO, J.; ZELNICK, M. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores**. Ciudad del Mexico: G. Gilli, 1991. 210 p.

CAPÍTULO 6

Avaliação ergonômica de mobiliário escolar regulável através do software 3D SSPP e *check-list*

RESUMO

Quantificar quão prejudicial um mobiliário pode ser por sua inadequação ergonômica é um desafio. O software 3D SSPP (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2009) é uma alternativa viável para essa quantificação, pela avaliação das forças exercidas nas articulações do corpo humano. A utilização de *check-list* também é uma opção para a verificação da qualidade ergonômica. Este trabalho foi realizado com o objetivo de fazer avaliação das forças exercidas nas articulações do corpo de estudantes em duas posturas adotadas durante a atividade escolar, sendo a primeira, com o mobiliário ajustado para a antropometria do estudante e a segunda, com o mobiliário desajustado para a antropometria do estudante. Foi realizada também avaliação ergonômica do mobiliário pelo uso de *check-list*. Dois estudantes de estaturas e massas diferentes foram submetidos às duas situações. Os estudantes foram fotografados e as imagens foram analisadas no software Auto CAD (AUTODESK, 2010), para a verificação dos ângulos entre os membros corporais. Depois, os ângulos foram inseridos no software 3D SSPP (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2009), para a verificação das forças nas posturas. Para a avaliação pelo software 3D SSPP (AUTODESK, 2010) concluiu-se que o estudante 1 com menor massa corporal e menor estatura foi mais prejudicado pelo ajuste inadequado nos quadris e nos joelhos. O estudante 2, com maior massa corporal e maior estatura, foi mais prejudicado pelo ajuste inadequado na região lombar. O mobiliário escolar com dimensões inadequadas prejudica a postura dos estudantes, o que gera esforços desnecessários. Para a avaliação do conjunto mesa/cadeira, pelo *check-list* concluiu-se que o conjunto tem boa qualidade ergonômica.

Palavras-chave: Avaliação ergonômica. Mobiliário escolar. Software 3D SSPP.

ABSTRACT

To quantify how damaging a furniture can be for its ergonomic inadequacy is a challenge. The 3D SSPP software is a viable alternative for this quantification, through the assessment of the forces exerted at the joints of the human body. The use of check-lists is also an option for checking the ergonomic quality. This chapter had as objective to make an evaluation of the forces exerted at the joints of the body of students in two postures adopted during school activity: with furniture adjusted to the student's anthropometry and furniture unadjusted for the student's anthropometry and a ergonomic evaluation using a *check-list*. Two students with different heights and masses were subjected to the two situations. The students were photographed and the images were analyzed in Auto CAD software, for the verification of the angles between members. After that, the angles were inserted in 3D SSPP software for the verification of the forces in the postures. For the evaluation by software 3D SSPP it was concluded that: the student with lower body weight and smaller stature was more damaged by improper adjustment set table/chair in the hips and knees; the student with higher body weight and greater stature was more damaged by the inadequate adjustment of table/chair in lumbar region and hips. School furniture with inappropriate dimensions affects the posture of students which generates unnecessary efforts. For the ergonomic evaluation of table/chair using the check-list it was concluded that the school furniture analyzed have a good ergonomic quality.

Keywords: Ergonomic evaluation. School furniture. 3D SSPP software.

1 INTRODUÇÃO

A atividade escolar e o aprender ainda não são considerados trabalhos sistematizados no Brasil e, por isso, muitas vezes, não há um critério que atenda os requisitos de saúde e segurança na concepção do mobiliário escolar. O aprendizado é um trabalho como outro qualquer e, mais importante, talvez, o primeiro trabalho sistematizado que o ser humano exerce e, por isso, merece atenção quanto aos fatores ergonômicos.

O mobiliário escolar é, notadamente, um elemento da sala de aula que influencia circunstancialmente no desempenho, na segurança, no conforto e em diversos comportamentos dos alunos (MORO et al., 1997). As carteiras escolares, em função das exigências da tarefa, determinam a configuração postural dos usuários e definem esforços, dispêndios e constrangimentos, elementos essenciais para a adoção de comportamentos diversos, estabelecidos numa jornada de trabalho em sala de aula, além de manter vínculo restrito com a absorção do conhecimento (NUNES et al., 1995).

Segundo Nunes et al. (1985), o *design* do mobiliário escolar pode induzir e manter vários repertórios comportamentais dos alunos. Oliveira (2006) também constatou, pela análise comportamental de estudantes, que o mobiliário escolar influencia diretamente o comportamento dos alunos em sala de aula. O desconforto estimula a dispersão e a falta de atenção. Existe também relação estreita entre o mobiliário escolar e problemas médios relacionados à má postura (NUNES et al., 1985)

As posturas inadequadas ao sentar podem causar dores nas costas, nas regiões glúteas e lombares. Também podem causar perda temporária da circulação sanguínea nas pernas e pés, causando dormência e possíveis problemas circulatórios (COUTO, 1995). Diariamente, crianças permanecem durante mais de quatro horas arqueadas sobre mesas, em cadeiras que não

atendem às exigências ergonômicas, com posturas danosas à saúde (OLIVEIRA et al., 2010).

O 3D SSPP é um software de predição de força estática tridimensional, desenvolvido pelo Centro de Ergonomia da Universidade de Michigan, EUA. Ele prediz as forças estáticas exercidas e sofridas pelo sujeito, simula situações de trabalho, parâmetros de força e postura, compressão espinhal, análise de forças no tronco, pés, braços, mãos e ombro, bem como diferenciação entre homens e mulheres.

Este software utiliza a predição da posição por meio da posição das mãos. Essa predição é feita pelo sistema *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) e pode ser carregado com qualquer levantamento antropométrico feito de uma população inteira, ou de um indivíduo (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2010).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de realizar uma avaliação das forças exercidas nas articulações do corpo de dois estudantes com duas posturas adotadas durante a atividade escolar e avaliar a qualidade ergonômica do conjunto mesa/cadeira pelo *check-list*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada avaliação das forças exercidas nas articulações do corpo de estudantes em duas posturas adotadas durante a atividade escolar. Foi realizada também avaliação ergonômica do mobiliário pelo uso de *check-list*.

2.1 Avaliação pelo software 3D SSPP

Foram selecionados dois estudantes do ensino fundamental da cidade de Lavras, MG, de estaturas diferentes. Os estudantes foram fotografados com a autorização dos responsáveis. Os estudantes foram medidos quanto à sua estatura e massa e os dados foram inseridos no software 3D SSPP (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2009).

As medidas antropométricas de estatura e massa dos estudantes encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 Medidas antropométricas de estatura e massa dos estudantes selecionados do ensino fundamental da cidade de Lavras, MG

	Estatura (cm)	Massa (kg)
Estudante 1	137	24
Estudante 2	165	67

Os estudantes foram submetidos à utilização do conjunto mesa/cadeira com as regulagens adequadas (Figuras 1 e 2) e com as regulagens inadequadas (Figuras 3 e 4) à antropometria dos estudantes usuários.

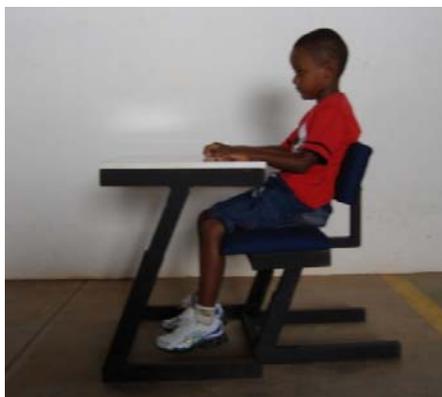


Figura 1 Estudante 1 utilizando o conjunto mesa/cadeira com regulagem adequada à sua antropometria



Figura 2 Estudante 2 utilizando o conjunto mesa/cadeira com regulagem adequada à sua antropometria



Figura 3 Estudante 1 utilizando o conjunto mesa/cadeira com regulagem inadequada à sua antropometria



Figura 4 Estudante 2 utilizando o conjunto mesa/cadeira com regulagem inadequada à sua antropometria

Os estudantes foram fotografados durante o uso e as fotos foram levadas ao software Auto CAD (AUTODESK, 2010), para a medição dos ângulos posturais de maior relevância para o estudo da postura sentada (MORO, 2005). Na Figura 5 observa-se a medição dos ângulos no estudante 2,

utilizando o conjunto mesa/cadeira com regulagem adequada à sua antropometria.

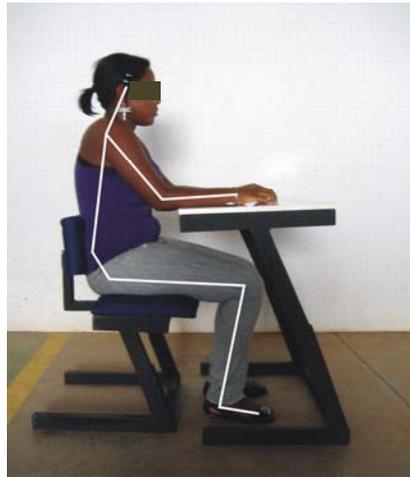


Figura 5 Angulações de perfil obtidas no estudante 2, utilizando o conjunto mesa/cadeira com regulagem adequada à sua antropometria

Posteriormente, as fotos foram inseridas no software 3D SSPP (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2009). Os ângulos medidos anteriormente foram adicionados no software, que gerou o modelo tridimensional (Figura 6) e o de análise.



Figura 6 Modelo tridimensional gerado pelo software das angulações de perfil obtidas no estudante 2, utilizando o conjunto mesa/cadeira com regulagem adequada à sua antropometria

2.2 *Check-list* para avaliação da mesa e da cadeira

Para avaliação do conjunto mesa/cadeira, foi utilizado um *check-list* para avaliação ergonômica, adaptado de Couto (1995). Os itens analisados no *check-list* encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 *Check-list* para avaliação ergonômica da mesa e da cadeira

Avaliação da mesa		
Parâmetro avaliado	Escore obtido	
Bordas anterior e posterior arredondadas	Não (0)	Sim (1)
Ajuste de altura da mesa	Não (0)	Sim (1)
O ajuste é feito com facilidade?	Não (0)	Sim (1)
Obstáculo frontal para as pernas	Não (1)	Sim (0)
Mesa estável	Não (0)	Sim (1)
Avaliação da cadeira		
Parâmetro avaliado	Escore obtido	
Cadeira estofada	Não (0)	Sim (1)
Altura regulável	Não (0)	Sim (1)
O ajuste é feito com facilidade?	Não (0)	Sim (1)
Os pés ficam bem apoiados no chão?	Não (0)	Sim (1)
Largura do assento é adequada	Não (0)	Sim (1)
Assento na horizontal, não jogando o corpo para trás	Não (0)	Sim (1)
Assento plano	Não (0)	Sim (1)
Borda anterior do assento arredondada	Não (0)	Sim (1)
Apoio dorsal com regulagem de inclinação	Não (0)	Sim (1)
Apoio dorsal com suporte firme	Não (0)	Sim (1)
Regulagem de altura do apoio dorsal	Não (0)	Sim (1)

Adaptado de Couto (1995)

Ainda segundo Couto (1995), o critério de interpretação pode ser originado pela comparação dos pontos presentes na Tabela 3.

Tabela 3 Critério de interpretação dos pontos do *check-list*

Pontuação	Classificação
91% a 100% dos pontos	Condição ergonômica excelente
71% a 90% dos pontos	Boa condição ergonômica
51% a 70% dos pontos	Condição ergonômica razoável
31% a 50% dos pontos	Condição ergonômica ruim
Menos de 31% dos pontos	Condição ergonômica péssima

Fonte: Couto (1995)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação pelo software 3D SSPP

Os resultados das análises fornecidas pelo software 3D SSPP para o estudante 1, com o conjunto mesa/cadeira ajustado adequada e inadequadamente à sua antropometria, encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 Resultados da análise postural do estudante 1 com o conjunto mesa/cadeira ajustado adequada e inadequadamente à sua antropometria

Parâmetro	Ajuste adequado	Ajuste inadequado
Compressão lombar discos L4/L5	393 N	403 N
Força atuante no quadril	20,2 N	79,4 N
Força atuante nos joelhos	7,3 N	10,2 N
Força atuante nos tornozelos	6,1 N	1,2 N
Força atuante nos ombros	22,2 N	22,2 N
Balanço da postura	Aceitável	Inaceitável

A variação na compressão nos discos lombares L4/L5 (de 393 N para 403 N), não foi afetada pela postura. Observou-se variação de 2,5%. Este fato pode ser explicado pela massa corporal do estudante. Quanto maior a massa corporal, mais afetados serão os discos lombares por uma postura inadequada.

A força atuante no quadril aumentou de 20,2 N, na postura com ajuste adequado para 79,4 N, na postura com ajuste inadequado à antropometria do estudante. Observou-se aumento de 293,1%.

A força atuante nos joelhos também aumentou de 7,3 N para 10,2 N, aumento de 39,7%.

A força atuante nos tornozelos, no entanto, diminuiu de 6,1 N para 1,2 N, o que se deve ao fato de o estudante ter ficado com os pés sem apoio no ajuste inadequado à sua antropometria. Essa posição não é considerada ergonomicamente confortável.

A força atuante nos ombros foi a mesma para as duas posturas, que foi de 22,2 N.

O software indica também o balanço da postura, classificando em aceitável ou inaceitável. O balanço inaceitável indica que o centro de gravidade para se manter em determinada postura encontra-se deslocado para frente ou para trás da pessoa, gerando maiores esforços para se manter nessa postura.

A postura do estudante quando o conjunto mesa/cadeira não está ajustado para a antropometria do usuário foi considerada inaceitável, em termos de balanço.

Os principais resultados das análises fornecidas pelo software 3D SSPP (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2009), para o estudante 2 com o conjunto ajustado adequada e inadequadamente para a sua antropometria, encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 Resultados da análise postural do estudante 2 com o conjunto mesa/cadeira ajustado adequada e inadequadamente à sua antropometria

Parâmetro	Ajuste adequado	Ajuste inadequado
Compressão lombar discos L4/L5	596 N	1191 N
Força atuante no quadril	102,1 N	200,5 N
Força atuante nos joelhos	190,9 N	289,2 N
Força atuante nos tornozelos	221,0 N	319,4 N
Força atuante nos ombros	31,4 N	31,4 N
Balanço da postura	Aceitável	Inaceitável

A variação na compressão nos discos lombares L4/L5 foi bastante afetada pela postura. Na postura para o ajuste adequado à antropometria a compressão lombar nos discos L4/L5 foi de 596 N. Já na postura realizada quando o ajuste do conjunto mesa/cadeira não é adequado à antropometria da estudante a compressão lombar nos discos L4/L5 foi de 1191 N, ou seja, 99,8% maior. Esse dado comprova que quanto maior a massa corporal, mais afetados serão os discos lombares por uma postura inadequada.

A força atuante no quadril aumentou de 102,1 N, na postura com ajuste adequado, para 200,5 N, na postura com ajuste inadequado à antropometria do aluno. Observou-se aumento de 96,4%.

A força atuante nos joelhos também aumentou de 190,9 N para 289,2 N, aumento de 51,5%. A força atuante nos tornozelos aumentou de 221,0 N para 319,4 N, aumento de 44,3% e a força atuante nos ombros se manteve estável.

O software indicou que a postura do estudante com conjunto mesa/cadeira desajustado para a antropometria do usuário é inaceitável, em termos de balanço do corpo.

O modelo tridimensional gerado pelo software 3D SSPP para a postura adequada do estudante 2 encontra-se no Anexo III.

3.2 Avaliação pelo *check-list*

A avaliação ergonômica pelo *check-list* obteve 81% dos pontos, indicando boa condição ergonômica. O que penalizou o conjunto foi o fato de a mesa e a cadeira não apresentarem bordas arredondadas e de o encosto da cadeira não possuir regulagem de altura. Isso indica que pequenos detalhes na execução de um projeto fazem a diferença entre uma condição ergonômica

excelente e uma condição ergonômica boa. A avaliação completa do *check-list* encontra-se no Anexo III.

4 CONCLUSÕES

Para a avaliação pelo software 3D SSPP concluiu-se que:

- a) o estudante 1, com menor massa corporal e menor estatura foi mais prejudicado pelo ajuste inadequado do conjunto mesa/cadeira nos quadris e nos joelhos;
- b) para o ajuste inadequado houve um aumento de 2,5% na compressão lombar nos discos L4/L5;
- c) a força atuante no quadril teve um aumento de 293,1%;
- d) a força atuante nos joelhos teve um aumento de 39,7%;
- e) a força atuante nos tornozelos diminuiu 80,3%;
- f) o estudante 2, com maior massa corporal e maior estatura, foi mais prejudicado pelo ajuste inadequado do conjunto mesa/cadeira na região lombar;
- g) para o ajuste inadequado houve um aumento de 99,8% na compressão lombar nos discos L4/L5;
- h) a força atuante no quadril teve um aumento de 96,4%;
- i) a força atuante nos joelhos teve um aumento de 51,5%;
- j) a força atuante nos tornozelos aumentou 44,3%;
- k) o mobiliário escolar com dimensões inadequadas prejudica a postura dos estudantes, o que gera esforços desnecessários.

Para a avaliação do conjunto mesa/cadeira pelo *check-list* concluiu-se que a carteira escolar analisada possui boa qualidade ergonômica.

Pequenos detalhes na execução de um projeto fazem a diferença entre uma condição ergonômica excelente e uma condição ergonômica boa.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. **Auto CAD**. San Rafael, 2010. Software.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: manual técnico da máquina humana. Belo Horizonte: Ergo, 1995. v. 1, 353 p.

MORO, A. R. P. Ergonomia da sala de aula: constrangimentos posturais impostos pelo mobiliário escolar. **Efdeports.com**, Buenos Aires, ano 10, n. 85, 2005. Disponível em: <<http://www.efdeports.com/efd85/ergon.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2010.

MORO, A. R. P. et al. A postura do digitador em duas situações experimentais simuladas em um protótipo concebido para estudos ocupacionais na posição sentada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 7., 1997, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 1997. p. 103-108.

NUNES, F. P. et al. Análise experimental do comportamento na posição sentada: ergonomia do mobiliário escolar. In: RANGÉ, B. **Psicoterapia comportamental e cognitiva**: pesquisa, prática, aplicações e problemas. Campinas: Editorial PSY II, 1995. p. 313-322.

_____. Special education teacher's perception of the educational desk: a survey report. **International Journal of Instructional Media**, New York, v. 12, n. 23, p. 231-246, 1985.

OLIVEIRA, J. M. **Análise ergonômica do mobiliário escolar visando a definição de critérios**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

OLIVEIRA, J. M. et al. Ergonomia de carteiras escolares e sua influência no estresse físico de alunos do ensino fundamental. **Revista Estudos em Design**, Rio de Janeiro, 2010. No prelo.

UNIVERSITY OF MICHIGAN. **3D static strength prediction program**. Version 6.0.2. Michigan, 2009. Software.

_____. **3D static strength prediction program**: user's manual. Michigan, 2010. Disponível em: <http://www.engin.umich.edu/dept/ioe/3DSSPP/Manual_603.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2010.

ANEXOS

ANEXO A

NBR 14006, Móveis escolares – Assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais. Fonte: adaptado de ABNT (2003).

Objetivo:

- Esta norma estabelece os requisitos mínimos de mesas e cadeiras para instituições de ensino, nos aspectos ergonômicos, de acabamento, identificação, estabilidade e resistência.

Nota: a combinação de mesa e cadeira é denominada nesta norma como conjunto aluno.

- Esta norma não se aplica a móveis destinados aos usuários com necessidades especiais.

- Esta norma não se aplica a conjunto aluno concebido em uma única estrutura ou conjunto aluno com regulagens.

Definições:

Para os efeitos desta norma, aplicam-se as seguintes definições:

- Aspectos ergonômicos: critérios essenciais para conforto, uso e segurança do aluno na relação com o conjunto cadeira e mesa.

- Conjunto aluno: mobiliário escolar composto por dois elementos independentes: a mesa e a cadeira do aluno. A mesa é constituída de tampo, estrutura e porta-objeto; a cadeira é constituída de assento, encosto e estrutura.

- Estabilidade: capacidade do móvel de resistir a forças que favorecem o seu tombamento.

- Medidas antropométricas: dimensões relativas às características físicas, de massa e de força do ser humano.

- Ponto de interseção das linhas de centro dos planos do assento e encosto: ponto no qual a linha de centro do plano do assento, a partir da sua borda frontal, intercepta a linha vertical que desce do ponto mais avançado do encosto.

Mesa:

- Largura mínima do tampo – b1: menor distância entre as duas laterais em tampo retangulares ou de outras formas geométricas.

- Largura mínima do espaço para as pernas – b2: espaço livre sob o tampo delimitado pelas estruturas laterais de apoio da mesa.

- Altura do tampo – h1: distância medida entre o piso e a face superior do tampo.

- Altura mínima para movimentação das coxas – h2: distância livre entre o piso e a superfícies inferior do porta-objeto ou entre o piso e a superfície inferior do tampo, no caso de não haver porta-objeto. Deve ser medida na borda frontal mais próxima do aluno.

- Altura mínima para movimentação dos joelhos – h3: distância livre entre o piso e a superfície inferior do porta-objeto ou entre o piso e a superfície inferior do tampo, no caso de não haver porta-objeto, medida na profundidade t3.

- Altura mínima para o posicionamento de obstáculos na área de movimentação da perna – h4: medida no plano de simetria da mesa.

- Profundidade mínima do tampo – t1: menor distância medida perpendicularmente à borda do tampo em contato com o usuário.

- Profundidade mínima do espaço para as pernas – t2: distância livre, na altura dos joelhos (h3), medida a partir da borda da mesa mais próxima do usuário. É relativa à variável antropométrica do comprimento nádega-jelho.

- Profundidade mínima para movimentação das pernas – t3: distância livre para a movimentação das pernas, medida a partir da borda da mesa mais próxima do usuário, na altura h4. Esta medida é relativa à variável antropométrica do comprimento nádega-jelho, acrescido de espaço que possibilite o aumento da angulação entre a perna e a coxa (alternância postural), sem nenhum obstáculo que impeça esta movimentação.

Cadeira:

- Largura mínima do assento – b3: distância entre as bordas laterais superiores do assento, medida no terço mais próximo do encosto.

- Largura mínima do encosto – b4: distância horizontal entre as bordas laterais do encosto, medida no seu plano horizontal mais proeminente.

- Altura do assento – h5: altura do ponto mais alto do assento ao solo, medida no plano da simetria da cadeira.

- Altura máxima do vão entre a superfície do assento e a base do encosto – h6: altura do ponto mais baixo do assento até o ponto mais baixo do encosto, medida no plano de simetria da cadeira. Deve ser assegurado espaço livre para a região glútea na posição sentada para escrita.

- Altura até a borda superior do encosto – h7: altura do ponto mais baixo do assento até o ponto mais alto do encosto, medida no plano de simetria da cadeira.

- Altura da aba frontal do assento – h8: altura máxima da aba junto à cavidade popliteal (curva interna do joelho), de modo que não impeça a alteração da angulação entre a perna e a coxa e consequente alternância postural.

- Raio da aba frontal do assento – r1: raio aproximado da aba frontal do assento. A curva não precisa ser um arco exato do círculo.

- Raio da curvatura da parte interna do encosto – r2: raio definido pela curvatura da parte interna do encosto, medida no plano horizontal.

- Profundidade efetiva do assento – t4: distância da borda frontal do assento à projeção do ponto W, medida no plano de simetria da cadeira.

- Ângulo entre o assento e o encosto β – w: altura máxima do ponto mais proeminente do encosto, medida até o assento no plano de simetria da cadeira.

- Ângulo entre o sentto e o encosto – β : ângulo entre o assento e o encosto, medido no plano de simetria da cadeira.

- Inclinação do assento – δ : ângulo medido longitudinalmente, na linha de centro do assento, em relação à horizontal.

Materiais:**Madeira maciça e chapas derivadas de madeira:**

As espécies de madeira utilizadas devem ser, preferencialmente, oriundas de áreas de reflorestamento, ou de áreas de florestas nativas com projetos de manejo florestal aprovados por órgãos oficiais. Na impossibilidade da utilização destas espécies, devem-se utilizar aquelas que não constam em listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção.

A madeira maciça utilizada para a confecção do conjunto aluno deve ter as seguintes características:

- a) ser isenta de defeitos naturais como nós, desvios de fibras, empenamento, rachaduras ou ligações frouxas e descolamentos;
- b) para a confecção do tampo, a densidade de massa da madeira, determinada a 15% de umidade, deve ser, no mínimo, de 650 kg/m³. A dureza Janka da madeira deve ser superior a 435 N.

Se utilizadas chapas ou componentes de madeira compensada, estas devem ter, no mínimo, as seguintes características:

- a) tipo: IM – intermediária, de acordo com a NBR 9531;
- b) qualidade de colagem: quando submetida ao ensaio de cisalhamento no estado úmido – Resistência à água fria da NBR 9534 – deve apresentar falha na madeira de, no mínimo, 60% ou tensão de ruptura mínima de 1,5 MPa;
- c) isenta de deterioração por fungos e/ou insetos xilófagos (cupins e brocas);
- d) para compensados moldados (assento e encosto), o número de lâminas internas deve ser ímpar, com espessura igual ou inferior a 1,5 mm.

Dimensões:

Para definir as classes dimensionais, foi utilizada como base a ISSO 5970 por ainda não haver estudos antropométricos da população infanto-juvenil de abrangência nacional.

Dadas as peculiaridades das escolas brasileiras, as dimensões mínimas de profundidade e largura do tampo da mesa foram definidas com 450 mm x 600 mm.

A superfície da mesa especificada nesta Norma é horizontal. Entretanto, se for necessária uma superfície inclinada, esta não deve ter uma inclinação maior do que 10°. A borda da mesa mais próxima ao aluno deve ter a altura especificada para a mesa plana. Se for colocado um porta-objeto sob o tampo da mesa, o espaço livre entre eles deve ter, no mínimo, 60 mm de altura.

A inclinação do assento deve ter no máximo 4°. A superfície do assento pode ser plana ou ter conformações. Qualquer conformação deve estar nos dois terços posteriores do assento.

As dimensões para o conjunto aluno estão estabelecidas nas Tabelas 1 e 2.

Algumas das dimensões estabelecidas tomam como base medidas antropométricas, resultando em dimensões funcionais.

Tabela 1 Dimensões da mesa (em milímetros)

Identificação do tamanho		1	2	3	4	5	6
Identificação da cor		Laranja	Lilás	Amarela	Vermelha	Verde	Azul
Faixas de estatura		Até 1000	1000 a 1300	1300 a 1480	1480 a 1620	1620 a 1800	Acima de 1800
b1	Largura mínima do tampo	1 lugar	600				
		2 lugar.	1200				
b2	Largura mínima do espaço para as pernas	450	470				500
h1	Altura do tampo (tolerância ± 10 mm)	460	520	580	640	700	760
h2	Altura mínima para a movimentação das coxas	350	410	470	530	590	650
h3	Altura mínima para movimentação dos joelhos	350		400		450	500
h4	Altura mínima para posicionamento de obstáculos na área de movimentação da perna	250		300		350	
t1	Profundidade mínima do tampo	450					
t2	Profundidade mínima do espaço para as pernas	300			350	400	
t3	Profundidade mínima para movimentação das pernas	400				450	

Tabela 2 Dimensões da cadeira (em milímetros)

Identificação do tamanho		1	2	3	4	5	6
Identificação da cor		Laranja	Lilás	Amarela	Vermelha	Verde	Azul
Faixas de estatura		Até 1000	1000 a 1300	1300 a 1480	1480 a 1620	1620 a 1800	Acima de 1800
b3	Largura mínima do assento	330			390		
b4	Largura mínima do encosto	300			350		
h5	Altura do assento (tolerância ± 10 mm)	260	300	340	380	420	460
h6	Altura máxima do vão entre a superfície do assento e a base do encosto	120	130	150	160	170	190
h7	Altura até a borda superior do encosto (mínimo e máximo)	210 250	250 280	280 310	310 330	330 360	360 400
h8	Altura da aba frontal do assento (± 5 mm)	35					
r1	Raio da aba frontal do assento	30 a 90					
r2	Raio da curvatura da parte interna do encosto	500 a 900					
t4	Profundidade efetiva do assento (tolerância ± 10 mm)	260	290	330	360	380	400
w	Ponto de referência para β	160	170	190	200	210	220
β	Ângulo entre assento e encosto (em graus)	95° a 106°					
δ	Inclinação do assento (em graus)	2° a 4°					

Acabamento:

O conjunto aluno não pode apresentar elementos que possam ser removidos sem a utilização de ferramentas.

As quinas e arestas devem ser arredondadas com um raio de curvatura mínimo de 1,0 mm, com exceção do tampo da mesa, em que o raio de curvatura deve ser, no mínimo, de 2,5 mm, para a face de contato com o usuário.

As saliências não devem apresentar características cortantes ou perfurantes capazes de causar ferimentos ou danos em vestimentas, quando verificadas conforme a NBR 11786.

A estrutura metálica não pode apresentar respingos provenientes de solda.

Os móveis cuja estrutura for feita de tubos devem apresentar fechamento em todas as terminações.

O tampo da mesa deve ser plano, com limitação da flecha em 0,3% da maior dimensão medida em qualquer direção.

O tampo, o encosto e o assento nas superfícies em contato direto e constante com o usuário não podem ser de material metálico.

A rugosidade da superfície superior do tampo da mesa deve ser inferior a 40 μm e a rugosidade do assento e do encosto da cadeira deve ser inferior a 50 μm .

Os pés da mesa e da cadeira, quando carregados com uma massa de $30 \pm 0,15$ kg, devem estar perfeitamente apoiados em uma superfície plana e não apresentar desnivelamento.

ANEXO B

TESTE DE TUKEY

3 tratamentos;
 30 repetições;
 grau de liberdade: 27;
 q tabelado: 3,53

$$\Delta = q \times \frac{s}{\sqrt{r}}$$

sendo

q = valor de amplitude total estudentizada a 5% de probabilidade (tabelado);

s = desvio padrão residual (ANOVA);

r = número de repetições.

DENSIDADE

q	3,53	
s	0,01	0,00015
r	10	
Alfa	0,01	
Médias		
P1	0,482	
P2	0,605	
P3	0,607	
Contrastes	Y	
1 2	0,123	significativo
1 3	0,125	significativo
2 3	0,002	não significativo

MOE

q	3,53	
s	4086,16	16696731
r	10	
Alfa	4561,32	
Médias		
P1	23900,59	
P2	39485,54	
P3	40565,33	
Contrastes		
	Y	
1 2	15584,95	significativo
1 3	16664,74	significativo
2 3	1079,79	não significativo

MOR

q	3,53	
s	28,19	794,6
r	10	
Alfa	31,47	
Médias		
P1	100,33	
P2	180	
P3	173,86	
Contrastes		
	Y	
1 2	79,67	significativo
1 3	73,53	significativo
2 3	6,14	não significativo

ARRANCAMENTO PARAFUSO FACE

q	3,53	
s	9,47	89,68
r	10	
Alfa	10,57	
Médias		
P1	32,52	
P2	71,99	
P3	65,14	
Contrastes		
	Y	
1 2	39,47	significativo
1 3	32,62	significativo
2 3	6,85	não significativo

ARRANCAMENTO PARAFUSO TOPO

q	3,53	
s	7,94	63,04
r	10	
Alfa	8,86	
Médias		
P1	23,29	
P2	54,23	
P3	38,73	
Contrastes		
	Y	
1 2	30,94	significativo
1 3	15,44	significativo
2 3	15,5	significativo

DUREZA JANKA

q	3,53	
s	7,94	63,04
r	10	
Alfa	8,86	
Médias		
P1	23,29	
P2	54,23	
P3	38,73	
Contrastes		
	Y	
1 2	30,94	significativo
1 3	15,44	significativo
2 3	15,5	significativo

ANEXO C

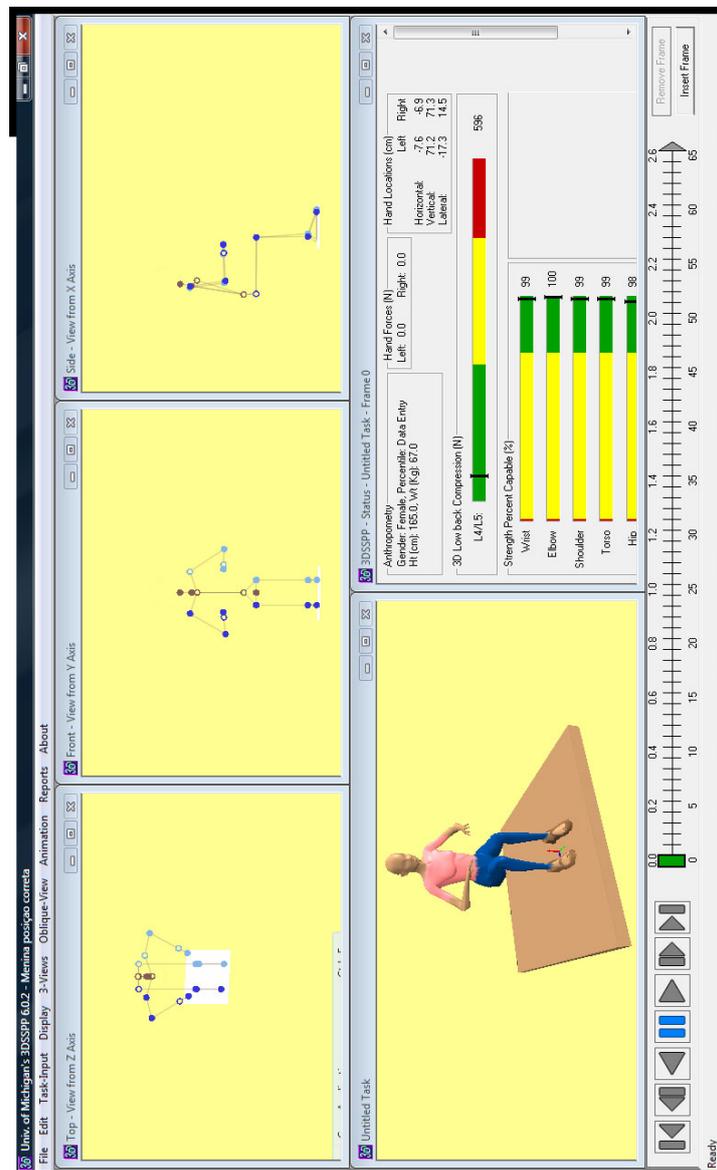


Figura 1 Modelo tridimensional e resultados gerados pelo software obtidos no estudante 2, utilizando o conjunto mesa/cadeira com regulagem adequada à sua antropometria

CHECK-LIST

Avaliação da mesa		
Bordas anterior e posterior arredondadas	Não (0)	Sim (1)
Ajuste de altura da mesa	Não (0)	Sim (1)
O ajuste é feito com facilidade?	Não (0)	Sim (1)
Obstáculo frontal para as pernas	Não (1)	Sim (0)
Mesa estável	Não (0)	Sim (1)
Avaliação da cadeira		
Cadeira estofada	Não (0)	Sim (1)
Altura regulável	Não (0)	Sim (1)
O ajuste é feito com facilidade?	Não (0)	Sim (1)
Os pés ficam bem apoiados no chão?	Não (0)	Sim (1)
Largura do assento é adequada	Não (0)	Sim (1)
Assento na horizontal, não jogando o corpo para trás	Não (0)	Sim (1)
Assento plano	Não (0)	Sim (1)
Borda anterior do assento arredondada	Não (0)	Sim (1)
Apoio dorsal com regulagem de inclinação	Não (0)	Sim (1)
Apoio dorsal com suporte firme	Não (0)	Sim (1)
Regulagem de altura do apoio dorsal	Não (0)	Sim (1)

Resultado do conjunto: 81,25%