

## **Análise do Sujeito na Postura Sentada em Três Diferentes Situações de Mobiliário Cadeira-Mesa Simulado em um Protótipo**

Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro  
Departamento de Educação Física, Centro de Desportos,  
Universidade Federal de Santa Catarina  
[moro@cds.ufsc.br](mailto:moro@cds.ufsc.br)

### **INTRODUÇÃO**

Poucas pessoas têm conhecimento de que a postura sentada, principalmente quando assumida em condições de trabalho, causa maior carga à coluna vertebral do que em relação à posição em pé. Este custo adicional ao corpo humano é consequência do incorreto dimensionamento do mobiliário ocupacional. Recentemente, com os novos conhecimentos gerados por pesquisas em Biomecânica, põem em evidência o problema das sobrecargas posturais decorrentes dessa posição sentada convencional. Estudos realizados por Bendix (1984), Nunes *et al.* (1989), Nunes *et al.* (1991), Wall *et al.* (1991), Freudenthal *et al.* (1991) e Moro *et al.* (1993), apontam como soluções, o uso de assentos inclinados para frente em conjunto com outros componentes, para proporcionar uma melhor distribuição do peso corporal, bem como, induzir aos segmentos corporais dos usuários posições mais naturais e saudáveis para o corpo humano.

Partindo-se do princípio de que as ações do homem dependem da ação da gravidade, e que sua postura é consequência desta ação e, combinada com o *design* do mobiliário, pode-se afirmar que a posição do seu corpo minimiza os esforços da ação do próprio peso. Adotando estes conceitos, Nunes, Avila e Mello (1989) desenvolveram uma cadeira que induz, entre os segmentos corporais, ângulos semelhantes aos encontrados por Thornton (1978) com os sujeitos em condições de gravidade zero. Este estudo refere-se à avaliação e análise, sob o enfoque das características biomecânicas da posição sentada, considerando a postura corporal do sujeito adotadas no tradicional e no novo *design* de cadeira, conforme os objetivos formulados a seguir.

## Objetivos

- Objetivo geral: realizar um estudo comparativo da postura sentada do sujeito em três diferentes situações de mobiliário cadeira-mesa simulado em um protótipo, realizando uma tarefa de leitura.
- Objetivos específicos: comparar os valores dos pesos ( $P_i$ ) dos sujeitos encontrados em cada suporte de sustentação dos diferentes mobiliários cadeira-mesa simulado pelo protótipo; localizar o centro de gravidade (CG) do tronco e membros superiores, e relacionar sua posição em função do momento de força aplicado na região lombar do sujeito em cada cadeira; comparar os diversos ângulos articulares e os ângulos de referência vertical ( $q_i$ ) do corpo do indivíduo nas três diferentes situações experimentais; apontar, em função dos resultados encontrados, qual é a melhor das três situações experimentais de mobiliário cadeira-mesa testados, considerando a melhor distribuição de forças oferecida ao sistema músculo-esquelético.

## METODOLOGIA

A amostra deste estudo foi constituída por 37 estudantes do Curso de Graduação em Educação Física, com idade variando entre 18 a 26 anos, uma altura média de 174,7 cm (desvio padrão de 5,8 cm), e com um peso médio de 71 Kg (desvio padrão de 6,7 Kg).

Para reproduzir as diferentes situações do mobiliário cadeira-mesa, foi desenvolvido um protótipo que permite o monitoramento das cargas, proveniente do peso do sujeito, em seus diversos suportes de sustentação e apoio. Esta simulação, de diferentes mobiliários cadeira-mesa, é feita através dos mesmos componentes do mobiliário reproduzido, onde, são ajustados na altura e profundidade, bem como, podem ser colocados em diversas angulações. As cargas do peso corporal que são projetadas a cinco suportes básicos, onde, são registradas intermitentemente por um *software*, que recebe as informações das células de carga, via placa de *interface*, acoplada a um computador. Este protótipo foi construído sobre uma base retangular de 160 x 80 cm de cantoneiras de ferro (40x40x5 mm de espessura), sobre o qual estão colocados vários subsistemas independentes de regulação, conforme pode ser observado na Figura 1.

Para a coleta dos dados foram utilizados também duas câmeras filmadoras, vídeo cassete e o digitalizador Vídeo Position Analyser (VPA-1000), juntamente com procedimentos matemáticos para a determinação dos ângulos articulares e centro de gravidade (CG). O sistema de aquisição de dados era composto por uma placa analógica digital da marca Kratos (modelo PA/D-6), um computador IBM-PC e um *software* básico de leitura.

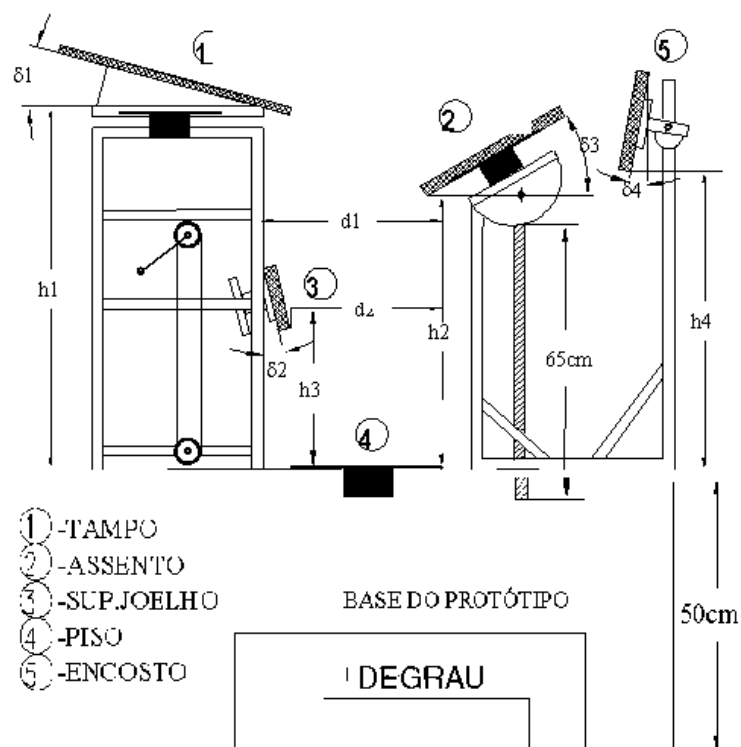


Figura 1: Desenho do protótipo com seus respectivos componentes, posicionado para a situação experimental "A".

Os sujeitos foram divididos em grupos de cinco, onde, posicionados alternadamente nas três situações experimentais de mobiliário cadeira-mesa (A, B e C) simulado pelo protótipo, realizavam uma tarefa de leitura oral, por tempo de aproximadamente 45 segundos. A orientação aos sujeitos, quanto à maneira de posicionar o corpo no mobiliário, restringia-se em não afastar o material de leitura da superfície da mesa. Dentro desse intervalo de tempo o computador registrava os sinais enviados pelas 5 células de carga no momento de maior equilíbrio do sistema sujeito-mobiliário.

- Cadeira-mesa - situação A: para esta situação experimental o protótipo foi ajustado de forma que a superfície do assento ficasse inclinado para frente em 30°, com um apoio para os joelhos e com o tampo da mesa inclinado em 15° da horizontal - protótipo simulando a cadeira gravidade zero (Nunes, Avila e Mello, 1989) com a superfície da mesa inclinada anteriormente, conforme mostra a Figura 2(A).
- Cadeira-mesa - situação B: para esta situação experimental os suportes da cadeira estavam ajustados na mesma situação anterior, porém, com o tampo da mesa na horizontal - protótipo simulando a cadeira gravidade zero (Nunes, Avila e Mello, 1989) com a superfície da mesa na horizontal, conforme mostra a Figura 2(B).
- Cadeira-mesa - situação C: para esta situação experimental o protótipo foi ajustado de forma que o suporte do assento e o tampo da mesa ficassem posicionados na horizontal, sem o apoio para os joelhos e com a colocação de um suporte para o

apoio das costas - protótipo simulando uma situação de um mobiliário do tipo cadeira-mesa convencional, conforme mostra a Figura 2(C).

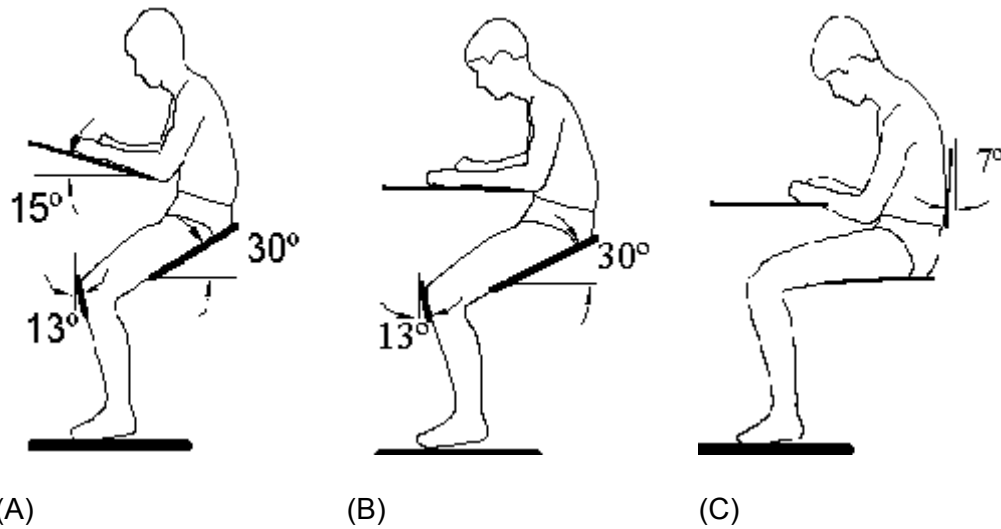


Figura 2: Desenho esquemático do sujeito nas situações experimentais com as respectivas configurações no protótipo.

Neste estudo, para que o sujeito permanecesse em equilíbrio sobre o mobiliário, era necessário que existisse em cada suporte de sustentação do corpo, uma contra-força, que segundo a 3ª Lei de Newton, representa a reação ao peso exercido pelo sujeito, chamada de Força de Reação Normal ( $R$ ). A partir desses conceitos, foi desenhado o diagrama de forças do corpo livre do sujeito sentado, para a montagem das equações dos pesos ( $P_i$ ), conforme mostra a Figura 2 (A).

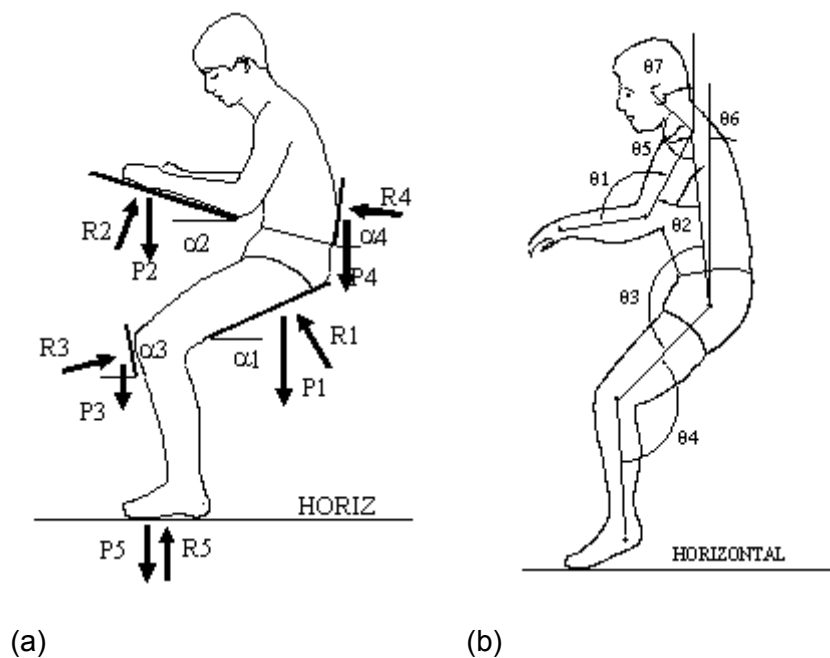


Figura 3: (a). Diagrama de corpo livre do sujeito utilizado para o cálculo das cargas nos diferentes suportes de sustentação do protótipo. (b). Desenho dos segmentos corporais com a localização dos ângulos que foram analisados para a determinação da situação postural do sujeito.

O peso total é igual ao somatório dos pesos parciais, obtidos em cada suporte do protótipo e constante "e", devido a erros de leitura.

$$P_{total} = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + e$$

Quando o assento está inclinado o valor do peso é determinado pela decomposição vetorial da força de reação normal (R), levando em consideração o ângulo formado entre a superfície e o referencial vertical.

$$P_i = R_i \cos a$$

onde, "R" é a força de reação normal captada pelos sensores colocados nos suportes do mobiliário e "a" representa o ângulo que cada suporte faz com a linha horizontal, determinado através de imagem videografada e/ou lidas diretamente no protótipo.

A partir dos valores de peso determinados e encontrados nos diferentes suportes foram calculados os percentuais do peso corporal distribuídos pelos sujeitos a cada um dos suportes de cada um dos respectivos conjuntos testados, para as posteriores comparações biomecânicas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão tabulados as médias, juntamente com seus respectivos desvios padrões, dos valores medidos e processados dos 37 sujeitos que foram submetidos as três situações experimentais no protótipo e propostas no estudo.

Estes valores representam, em termos percentuais, a fração do peso total do sujeito que é dirigida aos respectivos suportes em cada situação experimental. Estatisticamente verifica-se que não houve diferença significativa entre os valores das situações experimentais A e B. Contudo, houve diferença significativa entre os valores destas duas posições e a situação C, com  $p < 0,05$ .

Tabela 1. Percentual do peso corporal encontrado nas 3 situações experimentais no protótipo para os 37 sujeitos da pesquisa. A, B e C referem-se as posições da Fig. 2.

APOIOS	$\bar{X}$ - A	S	$\bar{X}$ - B	S	$\bar{X}$ - C	S
<b>Assento</b>	52,5 %	3,8	51,0 %	5,4	73,3 %	3,8
<b>Mesa</b>	09,1 %	5,4	10,0 %	5,1	10,1 %	2,9
<b>Joelhos</b>	05,4 %	1,7	05,0 %	1,7	00,0 %	0,0
<b>Costas</b>	00,0 %	0,0	00,0 %	0,0	00,9 %	0,5
<b>Pés</b>	34,0 %	3,2	34,3 %	4,8	15,8 %	3,2

Nota-se que na posição "C", ou seja, com o protótipo simulando um mobiliário cadeira-mesa convencional, ocorreu uma maior concentração de carga (73,2 %) no suporte do assento, do que em relação as outras duas propostas (51,5 e 50,5 %), conforme pode-se observar na Figura 4. Resultado este, semelhante ao encontrado pela literatura, onde, apontou para uma postura assumida em um assento horizontal, uma carga de aproximadamente 75% do total do peso corporal (Panero & Zelnik, 1984), porém não especificados as condições que se encontravam posicionados os membros superiores.

A carga que foi registrada na situação "C" pode também ser comparada com o valor encontrado por Lay & Fisher (apud Murrell, 1965) no assento de uma cadeira de testes, que foi de 52,8 Kgf. No protótipo, representa a força de reação normal (R1), lida diretamente da célula de carga do assento, onde para esta situação, registrou um valor semelhante (51,3 Kgf). Confirma-se assim, que estes resultados são bastante fidedignos com os estudos passados e que o protótipo é bastante confiável para o fim que foi projetado.

Os valores da carga no assento, encontrados no mobiliário convencional (situação C), são realmente excessivas, conforme já reportaram os pesquisadores; se concentradas em um único ponto, como ocorrem em geral na região das tuberosidades esquiáticas, causam um grande desconforto ao usuário. Este inconveniente, segundo Mandal (1981), juntamente com a superfície da mesa na horizontal, fazem com que o indivíduo incline o tronco para frente, onde, segundo Ventura (1984) acarretaria numa posição danosa a coluna vertebral, trazendo dentre das mais variadas conseqüências, as "nossas" dores nas costas (Dul, 1981).

Analisando as situações experimentais "A" e "B" verificou-se, através das cargas monitorizadas pelas células de carga, que ocorreu uma menor magnitude de peso corporal nesse apoio. Esta diminuição é explicada pela inclinação da superfície do assento em 30° para frente, originando assim uma componente horizontal do peso (Px), da porção superior do corpo, fazendo com que parte desta carga, que seria transmitida a um assento horizontal, fosse direcionada ao suporte dos joelhos e ao piso na ordem. Esta inclinação para frente do assento, além de ter contribuído para a diminuição de até aproximadamente 22% do peso neste suporte, proporcionou, segundo a própria observação dos sujeitos testados, uma posição mais confortável para a realização da tarefa.

No confronto direto entre as situações experimentais "A" e "B" verifica-se uma diferença de 1,5 % nos valores do suporte do assento. Isto foi causado pela inclinação da superfície da mesa na situação "A", o que proporcionou, apesar da pouca diferença de valores, uma postura do tronco mais ereta, como se pode verificar mais adiante pelo resultado do CG (Centro de Gravidade), e, em conseqüência, um maior peso foi dirigido ao assento. Esse aspecto é muito importante, pois significa que a inclinação da superfície da mesa na proposta "A" (posição ideal neste estudo) proporcionava uma maior aproximação do material

de leitura aos olhos do sujeito, do que em relação aos demais casos (mesa na horizontal). Segundo Mandal (1981), seria o fator responsável pelo arqueamento do indivíduo à frente, em busca de uma melhor aproximação do material de trabalho. Esta relação entre a distância do material de trabalho e o eixo de visão, tem significativa influência na manutenção de uma boa postura sentada, onde, a partir desta conclusão, o referido autor recomenda que além da inclinação da superfície da mesa anteriormente, haja uma inclinação conjunta da superfície do assento para frente.

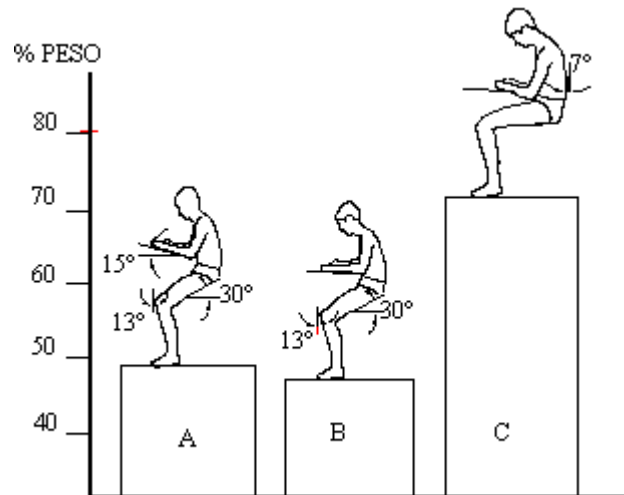


Figura 4: Comparação dos valores percentuais de peso corporal encontrado na superfície do assento nas 3 situações proposta neste estudo.

A tendência de inclinar o tronco à frente foi verificada analisando os valores dos pesos controlados pela célula de carga que registrava as cargas no tampo da mesa. Observando a Tabela 2, em função do percentual encontrado, apesar de serem estatisticamente semelhantes, pode-se afirmar que esta diminuição é decorrente da inclinação anterior da superfície da mesa. Na situação "B" e, principalmente na "C", em função dos maiores percentuais de peso encontrados no tampo da mesa, os sujeitos tiveram através dos antebraços uma forma de procurar melhor equilibrar o corpo, que era projetado à frente em função da maior exigência da tarefa devido à superfície da mesa estar na linha horizontal. Desapojar os membros superiores, nesse caso resultaria numa sobrecarga na coluna lombar, levando o indivíduo mais rapidamente ao cansaço.

As cargas encontradas no apoio para os joelhos nas situações "A" e "B", apesar de indicarem um pequeno percentual de peso, 5,4 e 5,0 % respectivamente, mostraram que seus valores são devido a sua função maior, que é a de impedir que o corpo deslize à frente. Este fato foi comprovado pela força de reação normal (R3), onde, em ambas situações, foram encontradas em média 15 Kgf de carga, e que, representa uma participação importante no equilíbrio do corpo. Justifica a sua utilidade na cadeira "gravidade

zero", concebida por Nunes e colaboradores, e que no protótipo é simulada nas situações "A" e "B".

Quanto aos valores encontrados no apoio dos pés (piso), notou-se, que na situação "C", a qual representou o mobiliário cadeira-mesa convencional, apresentaram a metade da carga em relação as outras duas situações. Isto significa, que na posição "A" e "B", os membros inferiores participaram mais efetivamente na sustentação da carga corporal, bem como, tiveram maior participação na manutenção do equilíbrio do sujeito. Resultado este, que vem ao encontro das idéias de Grandjean (1973), o qual afirmou ser nos pés o principal ponto de equilíbrio do corpo humano na posição sentada. Da mesma forma, com exceção da posição os percentuais de peso transmitidos ao apoio dos pés foram superiores a 25%, como afirmou Schoberth (1976), para este tipo de postura sentada (tronco inclinado à frente).

Com relação ao suporte das costas (encosto), observou-se a presença de uma carga mínima ( $\pm 1,0$  %), na situação "C" no protótipo, o qual levou a questioná-lo sobre sua real utilização, pois, na realização da tarefa proposta de leitura, os sujeitos inclinam-se para frente se afastando desse suporte. Porém, conforme a literatura, o encosto teria sua maior participação no momento em que o indivíduo relaxasse seu tronco para trás, para aliviar as tensões posturais exigidas pelo trabalho. Neste estudo, em função do tempo da tarefa ser bastante curto, em torno de 1 minuto, não foi possível tirar maiores conclusões a esse respeito.

Com o protótipo simulando o modelo alternativo de cadeira (A e B), a utilização do encosto pelos sujeitos seria forçado, pois o assento inclinado para frente faz com que a pelve gire anteriormente, colocando o tronco e a coxa numa posição de equilíbrio natural, com o tronco alinhado verticalmente (Nordin & Frankel, 1989). Isto faz com que a postura nesta posição, respeite as curvaturas fisiológicas e mecânicas da coluna vertebral, que segundo Andersson *et al.* (1983), seria o ideal para prevenir as excessivas pressões intradiscais na coluna vertebral.

Na observação os valores dos desvios padrões encontrados para os percentuais de peso corporal nos diversos suportes do protótipo, foram em geral considerados baixos, devido a grande semelhança antropométrica entre os sujeitos escolhidos para a amostra. Os valores mais altos são justificados pela presença de 3 sujeitos da amostra, que tinham na medida da altura, valores acima da média dos demais do grupo, sendo prejudicados, de certa forma, pela regulagem das posições no protótipo, que foram tomadas pela média. O total do peso corporal em cada situação experimental, apontada pela soma dos pesos individuais ( $P_i$ ) nos suportes de sustentação do protótipo, apresentou uma diferença de 2,85 %, 3,86 % e 1,59 %, nas três situações, A, B e C respectivamente, em relação à média do peso dos indivíduos tomados na balança. O CG é representado pelas coordenadas "X" e "Y" medidas a partir do eixo articular do quadril. Na análise estatística dos resultados das coordenadas



do CG, verificou-se que a média de "C" foi significativamente diferente quando comparada com as médias de "A" e "B", com  $p < 0,05$ .

EIXO	$\bar{X}$ - A	S	$\bar{X}$ - B	S	$\bar{X}$ - C	S
CG- X	5,4 cm	6,4	5,7 cm	5,5	7,8 cm	4,9
CG - Y	29,6 cm	2,0	29,5 cm	1,9	31,0 cm	1,7

Tabela 2. Resultados dos cálculos do centro de gravidade (CG) da parte superior do corpo em relação a articulação do quadril.

Conforme mostra a Tabela 2, os valores da coordenada "X" do "CG" para as duas primeiras posições (A e B), são praticamente semelhantes (5,4 cm e 5,7 cm) e, diferenciam-se da última posição (C) de um valor semelhante a 2,4 cm. Isto significa que, na posição "C", o peso do tronco, da cabeça e dos membros superiores, foram direcionados ao assento da cadeira, através de uma linha imaginária que passa a 7,8 cm da articulação do quadril, ou seja, quase 2,5 cm, de diferença que em relação a posição "A" (situação ideal neste estudo). Como o corpo do sujeito se encontrava estático durante a execução da tarefa de leitura, aplicando-se as leis da mecânica para as condições de equilíbrio dos corpos, entende-se o significado do que pode representar esses valores em termos de carga para a coluna.

Considerando que 50% do total do peso corporal encontra-se acima da curvatura lombar, e que, a musculatura dorsal passa cerca de 5 cm atrás dos discos intervertebrais (Wirhed, 1986), se tomar como exemplo um homem que pesa 70 Kg, 35 Kg desse peso encontram-se acima da L3. Considerando que, numa posição normal em pé com o seu CG passa a 5 cm à frente do centro deste disco, a força muscular portanto deve ser de 35 Kgf para evitar que ocorra um desequilíbrio do corpo anteriormente. A força que age sobre o disco intervertebral equivale a soma dessas 2 forças (35 Kgf + 35 Kgf = 70 Kgf). A medida que o CG for se afastando do centro do disco, como ocorreu na posição "C" estudada (7,8 cm), será necessário que a musculatura dorsal, que tem seu braço de alavanca constante (5 cm), faça uma força de 54,6 Kgf para manter esta posição em equilíbrio. Desta forma, a força que age no disco intervertebral é representada pela soma, neste caso de 54,6 Kgf + 35 Kgf = 89,6 Kgf ou de aproximadamente 880 N.

Na análise dos valores, anteriormente citados, pode-se dizer que quanto aos resultados encontrados do CG neste estudo, na situação "C", a musculatura dorsal exerceu uma força excedente de aproximadamente 16,8 Kgf e 14,7 Kgf, para manter o equilíbrio do tronco em relação aos mesmos músculos nas posições "A" e "B", respectivamente. Contudo, não foi considerada a posição da pelve, que segundo Kapandji (1980), em função de sua posição (anterior, média ou posterior), poderá aumentar ainda mais estas cargas no disco intervertebral. Porém, de acordo com a literatura, quando um indivíduo toma a postura sentada em uma cadeira regular, o afastamento do CG ocorre em torno de 15 cm à frente

(Wirhed, 1986). Isto implica em dizer que, nessa posição a musculatura dorsal do sujeito pode sofrer uma carga de até 3 vezes maior do que na posição em pé normal.

Contudo, na análise dos resultados obtidos neste estudo, quanto à posição induzida ao corpo do sujeito nas situações "A" e "B", ocorreu uma posição mais natural, onde o tronco manteve-se alinhado com a articulação do quadril, de maneira que foi permitida uma diminuição dessas sobrecargas posturais que ocorrem na posição convencional.

Os resultados do CG analisados através da coordenada "Y" são semelhantes e permaneceram nas três situações analisadas, em média a 30 cm afastados acima da articulação dos quadris (ponto de coordenada zero). Isto significa, que os sujeitos em todas as situações permaneceram em média com a curvatura torácica numa mesma posição, não causando variações no comprimento do tronco.

Os ângulos articulares estudados representam o valor em graus da relação entre dois segmentos corporais, conforme mostra a Figura 3 (b). Estes valores (Tabela 3), de modo geral não apresentaram diferenças de valores entre as posições "A" e "B", que representavam a cadeira alternativa. Somente havendo, a exemplo de outros resultados, diferenças estatisticamente significantes entre estas duas primeiras situações e a situação "C" (cadeira convencional), com exceção do ângulo do pescoço (q 5), que tem seus valores semelhantes em todos os casos.

Os valores angulares encontrados foram confrontados, com os mesmos ângulos encontrados na *postura típica relaxada* (PTR) que foi assumida pelo indivíduo quando submetido a condições de gravidade zero, descritos por Thornton (1978).

Tabela 3. Ângulos entre as principais articulações corporais, calculados para os 37 sujeitos que foram submetidos as 3 situações experimentais no protótipo.

%	$\bar{X}$ - A	S	$\bar{X}$ - B	S	$\bar{X}$ - C	S
<b>Cotovelo</b>	105,5°	15,5	110,7°	14,4	123,1°	09,2
<b>Ombro</b>	22,4°	12,8	18,0°	10,8	35,6°	11,1
<b>Pescoço</b>	145,8°	14,6	141,5°	12,7	143,2°	15,2
<b>Quadril</b>	117,3°	11,9	116,9°	10,6	92,3°	09,3
<b>Joelho</b>	111,7°	04,9	112,8°	05,6	90,8°	06,2

Os resultados mostraram que para o ângulo do cotovelo (q 1), nas três posições estudadas, seus valores estão dentro dos limites encontrados na "PTR" ( $122^\circ \pm 24^\circ$ ). Apesar de apresentarem diferenças de  $18^\circ$  entre a posição "A" e "B", não sendo significativo em termos biomecânicos, pois, a postura relaxada apresentou grandes variações nesses ângulos. No ângulo q 2, ou seja, o ângulo formado entre o segmento do braço e o tronco, apesar dos valores encontrados não serem significativamente diferente nas três posições estudado, o valor encontrado para a posição "C" é igual a do ângulo semelhante na "PTR". Com isto, a primeira vista, achar-se-ia que esta posição é melhor, o que estariam enganados, pois aqui,

encontra-se em condições bem adversas ao da gravidade zero. Estando sujeito a ação da força peso do próprio corpo, que age no sentido vertical de cima para baixo, o melhor seria se todos os CG dos segmentos corporais estivessem alinhados verticalmente, para não se criar momentos de força na coluna vertebral. Analisando dentro desse enfoque, as situações "A" e "B", são as que melhor satisfazem esse requisito mecânico, principalmente, porque fazem o braço permanecer na mesma linha do tronco.

O ângulo na articulação do quadril ( $q_3$ ), formado entre os segmentos do tronco e da coxa, é considerado por diversos autores, como o principal responsável pela formação de uma má postura sentada. Para Schoberth (1976), Keegan (1953), Grandjean (1973) e Mandal (1981), o valor desse ângulo para uma postura normal, deveria ser de  $135^\circ$ , isto é, o mesmo valor da "PTR", se tomar o seu limite máximo. Esta angulação é de grande importância para a manutenção de um bom equilíbrio na posição sentada, tendo influência positiva ou negativa na configuração dos demais ângulos. De acordo com o referencial desses autores, os resultados que foram encontrados neste estudo apontam como melhor as posições "A" e "B", devido terem induzido ao corpo dos sujeitos uma maior angulação ( $117^\circ$ ) na articulação dos quadris, do que os encontrados na situação "C" ( $92^\circ$ ), com o protótipo simulando um mobiliário convencional. Segundo Mandal (1981), esta posição ocorre com mais naturalidade, devido a maior abertura no ângulo do quadril, e, conseqüentemente, não sobrecarregar a coluna vertebral, como ocorre em geral no mobiliário tradicional, devido a angulações muito baixas.

De acordo com Grandjean (1973), a melhor postura é conseguida com a manutenção do tronco ereto verticalmente, e onde as curvaturas da coluna são conservadas pela angulação de  $135^\circ$  entre o tronco e a coxa (Keegan, 1953). Isto explica porque uma cadeira regular, onde o assento e o encosto fazem um ângulo de  $90^\circ$  entre si, é inadaptada ao bom posicionamento do corpo, conforme foi detectado no experimento. Por outro lado, nas posições "A" e "B", onde o protótipo simulou a cadeira "gravidade zero", os valores encontrados apresentaram  $25^\circ$  a mais na abertura da angulação do quadril que na posição "C", e apenas  $11^\circ$  da "PTR", o que, com isso proporciona ao indivíduo em uma posição biomecanicamente mais favorável e mais próximo da postura fisiológica ideal. Estes ângulos só não foram maiores porque foram tomados com os indivíduos realizando uma tarefa, com o material de leitura colocado sobre a mesa, o que levava os indivíduos a uma pequena inclinação do tronco à frente.

Para as posições "A" e "B", na articulação do joelho, a média da angulação encontrada igualou-se com a mesma da "PTR" ( $111^\circ$ ). Para a posição "C", os resultados são estatisticamente diferentes ( $p < 0,01$ ) que em relação a demais posições, e representam uma diferença, no sentido mais crítico, de  $20^\circ$  que em relação à *postura típica relaxada* (Thornton, 1978). Este ângulo favorável era facilmente conseguido no protótipo pelo ajuste

de altura e pela inclinação para frente na superfície do assento, e que, foram propostas nas situações "A" e "B" no protótipo, conforme se pode observar na Figura 2.

Este último parâmetro estudado representa o grau de inclinação do segmento do tronco e do pescoço à frente. Representa o quanto esses segmentos se aproximam da superfície da mesa quando o sujeito vai executar a tarefa de leitura, proposta no experimento. Os valores desse parâmetro são medidos em relação à linha de prumo, que passa pelo eixo do quadril e do pescoço, respectivamente.

De acordo com os resultados tabulados na Tabela 4, observa-se que, os valores encontrados no segmento do tronco, permaneceram próximos aos mesmos valores obtidos no cálculo do CG. Isto vem a explicitar o fato de que a inclinação do tronco à frente ser a principal responsável pelo aparecimento das sobrecargas posturais da coluna vertebral, nas atividades em posturas sentadas convencionais.

Tabela 4. Ângulos do tronco e do pescoço do sujeito em relação ao referencial vertical, encontrados nas 3 situações experimentais propostas no protótipo.

SEG.TOS.	$\bar{X}$ - A	S	$\bar{X}$ - B	S	$\bar{X}$ - C	S
<b>Tronco</b>	4,5°	11,7	5,3°	10,1	7,9°	09,0
<b>Pescoço</b>	38,8°	14,5	43,8°	15,0	45,0°	16,4

Das posições estudadas, aquela com protótipo simulando o mobiliário regular (situação C), foi encontrado para o tronco do sujeito, um ângulo de inclinação à frente de 8°, enquanto que na posição "B", foi de 5,3° e na posição A de 4,5°, para executarem a mesma tarefa de leitura. Na análise estatística, esses valores encontrados são significativamente diferentes para a posição "A" e a posição "C", semelhantes na posição "A" e "B" e semelhantes na posição "B" e "C", para um alpha igual a 0,05. Esses resultados mostram que existe uma relação diretamente proporcional entre tipo de posição sentada, induzida por cada mobiliário para a execução da tarefa e a necessidade da inclinação do tronco à frente. Esta relação na ordem de maior para menor exigência, ocorreu de "C" para "A".

Com relação aos resultados encontrados, para o ângulo do pescoço com o referencial vertical, se comparados com os valores da "postura relaxada" que foi de 26°, nota-se que, nas três posições, esses valores foram mais altos, principalmente na posição na posição "C", que apresentou uma inclinação de 45° à frente. Esta angulação depende da posição do material de trabalho em relação ao eixo da visão. Uma aproximação do material de trabalho pela inclinação da mesa parece ser a solução para aliviar mais esta pesada carga dos ombros dos estudantes e dos trabalhadores que utilizam este tipo de mobiliário (cadeira-mesa). Isto pode ser verificado neste estudo na situação "A", que apresentou um menor ângulo, devido ser a única que possuía o tampo da mesa inclinado. Esta inclinação da mesa

à frente foi sugerida anteriormente por Mandal (1981), que, segundo o autor, tem o sentido de colaborar para a manutenção do corpo numa postura sentada menos fatigante.

Analisando de uma maneira mais generalizada, os dois ângulos estudados, tanto o do pescoço como o do tronco, tendem a diminuir seus valores à medida que o sujeito permanece em uma postura mais alinhada (tronco ereto), em função da melhoria do *design* do mobiliário cadeira-mesa, onde, neste trabalho, o melhor resultado, baseado nos princípios da biomecânica do indivíduo, foi induzido pela situação experimental "A". Isto, veio ao encontro da expectativa dos autores, o qual foi tentado criar na situação experimental "A" - a condição ideal para a atividade de leitura proposta.

## CONCLUSÕES

Considerando que o melhor mobiliário seja aquele que induz ao sujeito assumir um ângulo na articulação dos quadris superior a 120°, e que, ao mesmo tempo, permita uma melhor distribuição do peso corporal, diminuindo o desconforto, chegou-se a conclusão de que: o mobiliário simulado na situação experimental com a Cadeira Gravidade Zero (A), possibilitou, a partir dos dados obtidos, a confirmação de que um melhor arranjo do mobiliário pode diminuir as sobrecargas músculo-esqueléticas durante as atividades sentadas. A CGZ (A) induziu no sujeito uma maior verticalidade do tronco e maior abertura nos ângulos articulares, caracterizando uma postura mecanicamente mais correta. Portanto, acreditamos que a postura corporal simulada na situação experimental "A", se mantida em situação real de trabalho, venha ser uma aliada na prevenção das chamadas doenças ocupacionais, principalmente da incidência das dores nas costas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSSON, G.B.J. *et al.* (1983). *Biomechanical analysis of loads on the lumbar spine in sitting and standing postures. Biomechanics VIII-A*, 543-552.
- BENDIX, T. (1984). *Seated trunk posture at various seat inclinations, seat heights, and table heights. Human Factors*, 26, 695-703.
- DUL, J. 1981. *Improved body posture at sloping office desk*. Unpublished raw data, Department of Biomedical Engineering, Vanderbilt University. Nashville, TN.
- FREUDENTHAL, A. *et al.* (1991). *The effect on sitting posture of a desk with a ten-degree inclination using an adjustable chair and table. Applied Ergonomics*, 22.5, 329-336.
- GRANDJEAN, E. (1973). *Ergonomics fo the Home*. New York: John Wiley & Sons.
- GRANDJEAN, E. *et al.* (1984). *Prefered VDT workstation setting body posture and physical impairments. Applied Ergonomics*, 15.2, 99-104.
- KAPANDJI, I. (1980). *A Fisiologia Articular: esquemas comentados de mecânica humana*. São Paulo, Manole.

- KEEGAN, M.W. (1953). Alterations of the lumbar curve related to posture and seating. *Bone it surg*, 35, 589-603.
- MANDAL, A.C. (1981) *The seated man (Homo Sedens). The seat work position. Theory and practice. Applied Ergonomics*, 19-26.
- MORO, A.R.P. et al. (1993). *Distribuição do peso corporal na posição sentada: uma comparação de três situações experimentais de cadeira-mesa simulada por um protótipo. V Congresso Brasileiro de Biomecânica*. Santa Maria, RS. Anais, pp. 107-113.
- MORO, Antônio .R. P.; MELLO, O.S; ÁVILA, A.V. & NUNES, F.P. (1993). *Distribuição do peso corporal na posição sentada: uma comparação de três situações experimentais de cadeira-mesa simulada por um protótipo. V Congresso Brasileiro de Biomecânica. Sociedade Brasileira de Biomecânica*. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Anais, pp. 107-113.
- MURRELL, K.F.H. (1965). *Ergonomics: man in his working environment*. London, Chapman and Hall.
- NORDIN, M. & FRANKEL, V.H. (1989). *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*. 2ª ed. Lea & Febiger. Philadelphia.
- NUNES, F.P.; ÁVILA, A. V. & MELLO, O.S. (1989). *Mobiliário escolar: uma proposta de redimensionamento. IV Seminário Brasileiro de Ergonomia*. ABERGO/FGV, Rio de Janeiro, RJ. Anais pp. 149-152.
- NUNES, F.P.; ÁVILA, A.V. & MORO, A.R. (1991). *Experimental analysis of behavior Occupational Biomechanics: A model to redesign educational desk. In: Association for Behavior Analysis - International 18th Annual Convention, USA*.
- NUNES, F.P.; ÁVILA, A.V.; MORO, A.R. & MELLO, O.S. (1993). *Mobiliário ocupacional: uma perspectiva ergonômica. V Congresso Brasileiro de Biomecânica. Sociedade Brasileira de Biomecânica*. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Anais, pp. 101-106.
- NUNES, F.P. et al. (1989). *Mobiliário escolar: uma proposta de redimensionamento. IV Seminário Brasileiro de Ergonomia*. Rio de Janeiro, RJ. Anais pp. 149-152.
- PANERO, J. & ZELNIK, M. (1984). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Mexico, DF: Gustavo Gili.
- SCHOBERTH, V.H. (1976). *Die Wirbelsäule von Schulkindern - Ortopadische Forderungen an Schulsitze. In: Grandjean, E. (edit.). Proceedings of the symposium on sitting posture / sitchaltung* . London, Taylor & Francis, pp. 98-111.
- THORNTON, W. (1978). *Anthropometric changes in whightlessness. In E.J. McCormik & M.S. Sanders. Human Factors in Engineering and Design. pp. 543-482*. New York. Mc Graw-Hill Book Co.
- VENTURA, L.M. (1984). *Análise multivariada das medidas antropométricas de crianças das escolas de 1º grau do Município de Santa Maria-RS*. Santa Maria, UFSM, Dissertação de Mestrado.
- WALL, M. et al. (1991). *The effect on sitting posture of a desk with a 10° inclination for reading and writing. Ergonomics*, 34.5, 575-584.
- WIRHED, R. (1986). *Atlas de Anatomia do Movimento*. Editora Manole Ltda. São Paulo.