

Antônio Renato Pereira Moro

***ANÁLISE BIOMECÂNICA DA POSTURA SENTADA:
UMA ABORDAGEM ERGONÔMICA
DO MOBILIÁRIO ESCOLAR***

TESE DE DOUTORADO

SANTA MARIA, RS - BRASIL

2000

***ANÁLISE BIOMECÂNICA DA POSTURA SENTADA:
UMA ABORDAGEM ERGONÔMICA
DO MOBILIÁRIO ESCOLAR***

POR

Antônio Renato Pereira Moro

TESE APRESENTADA AO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO
MOVIMENTO HUMANO (SUB-ÁREA DE
BIOMECÂNICA), DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SANTA MARIA (RS), COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE DOUTOR EM EDUCAÇÃO
FÍSICA - CIÊNCIA DO MOVIMENTO
HUMANO.

SANTA MARIA, RS - BRASIL

FEVEREIRO / 2000

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO
MOVIMENTO HUMANO

A COMISSÃO EXAMINADORA, ABAIXO ASSINADA, APROVA
A TESE

***ANÁLISE BIOMECÂNICA DA POSTURA SENTADA:
UMA ABORDAGEM ERGONÔMICA
DO MOBILIÁRIO ESCOLAR***

ELABORADA POR

ANTÔNIO RENATO PEREIRA MORO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
DOUTOR EM EDUCAÇÃO FÍSICA

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Aluisio Otavio Vargas Avila - Orientador

Prof. Dr. Francisco de Paula Nunes Sobrinho - UERJ

Prof.ª Dra. Leila Amaral Gontijo - UFSC

Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio - USP

Prof. Dr. Carlos Bolli Mota - UFSM

Santa Maria, 28 de Fevereiro de 2000

Com muito carinho, quero
dedicar este trabalho a minha
filha PAOLA.

AGRADECIMENTOS

À toda minha família, em especial a minha querida mãe, o meu muito obrigado!

Aos Professores

Prof. Dr. Aluisio Otavio Vargas Avila - pelo companheirismo, amizade, apoio e orientação em toda minha vida acadêmica, meu reconhecimento.

Prof. Dr. Francisco de Paula Nunes Sobrinho - pela amizade, confiança, reconhecimento e co-orientação nos trabalhos.

À todos os colegas e amigos de convívio no Laboratório de Biomecânica do Centro de Educação Física e Desportos da UDESC.

Aos professores e alunos do Colégio Estadual Presidente Roosevelt por terem se disponibilizado a fazerem parte da pesquisa.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse trilhar este objetivo tão importante para minha carreira profissional.

Às instituições

Universidade Federal de Santa Maria - meu agradecimento especial e o reconhecimento de ter sido a instituição decisiva na minha formação profissional e acadêmica;

Universidade Federal de Santa Catarina - pelo acolhimento profissional e pela oportunidade de ter me concedido o tempo necessário para a elaboração da tese;

Universidade do Estado de Santa Catarina - que através do Laboratório de Biomecânica, implantado no CEFID, ter possibilitado realização da pesquisa; e,

CAPES - pela concessão da bolsa de estudo, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho. Obrigado !

Agradeço à Deus por tudo... !

RESUMO

No contexto nacional, o número de crianças que freqüentam as escolas é superior ao número de adultos envolvidos em atividades laborais. Entretanto, pouca ou nenhuma atenção tem sido dispensada às questões ergonômicas que envolvem a própria escola, considerada um local de trabalho como outro qualquer. Nesse sentido e com base nas recomendações propostas pela Ergonomia, o presente estudo tem como objetivo a análise biomecânica da postura da criança executando tarefas escolares na posição sentada. Com o auxílio de uma câmera filmadora, foram registrados eventos posturais dos alunos enquanto faziam uso do mobiliário escolar em sala de aula. Paralelamente, foi realizado um *survey*, sob a forma de questionário, para fins de sondagem das percepções desses alunos sobre suas próprias posturas induzidas pelo *design* da mobília em sala de aula. A amostra do *survey* era composta por um total de 200 alunos de 4ª à 8ª série do ensino público de primeiro grau. À fase experimental do estudo foi incorporado um conjunto escolar cadeira-carteira reguláveis para 20 crianças (todas destros), que individualmente executaram a tarefa de transcrição de texto impresso, mantendo-se o tampo da carteira posicionado em 5°, 16° e 25° de inclinação, respectivamente, por intervalos de 5 min para cada uma dessas três condições experimentais. A análise cinemática da postura foi conduzida com o auxílio do Sistema Peak Motus (versão 4.3), associado a 4 câmeras filmadoras em conjunto com um calibrador especial, para obtenção das coordenadas espaciais (3D) dos pontos de interesse. As imagens geradas pelo Sistema Peak Motus (12 imagens ^{para} por cada sujeito) foram transferidas individualmente para o computador à freqüência de 1 Hz. durante 300 segundos, para então serem digitalizadas e processados os resultados. O estudo envolveu a determinação dos valores dos ângulos posturais referentes à posição da cabeça, tronco, quadril, braços, pernas, eixo de visão, eixo focal com o plano da carteira e distância focal. Os resultados apontaram que a posição do tronco foi reduzida em média de 20° para 16° de inclinação, quando posicionado o tampo da mesa em 16°, decaindo para 14°, quando posicionado em 25° ($p < 0.05$). Foi verificado também um aumento significativo de 6°, no ângulo do eixo focal, com a superfície do tampo da carteira posicionado em 25°. Uma diferença significativa ($p < 0.01$) foi observada entre os valores modais médios, dos ângulos obtidos no lado direito do corpo, quando comparados com os do lado esquerdo, para a posição da cabeça (71° e 82°), braços (50° e 58°), tronco (15° e 18°) e cotovelos (87° e 72°), induzidos pela assimetria postural exigida pela tarefa. Pela *moda geral*, foi encontrado o ângulo no valor de 56° para o eixo horizontal de visão, ângulo no valor de 83° para a flexão dos joelhos, uma retroversão pélvica no valor de

37° nos quadris. Foi verificada uma inclinação no valor de 15° na cabeça e 4° no ombro para o lado esquerdo do corpo (plano frontal), associada a uma distância focal na ordem de 30 cm. Os dados observacionais de sala de aula revelaram que a maioria dos alunos deixava de fazer uso do encosto da cadeira durante a realização das tarefas escolares. Aproximadamente 70% das crianças questionadas queixaram-se de desconfortos posturais na altura da região cervical, ombros e cabeça, além de insatisfação com o *design* do mobiliário. As queixas concentraram-se principalmente em relação às alturas tanto da cadeira como da carteira utilizadas por aquela escola. O conjunto escolar incorporado ao experimento melhor atendeu aos padrões antropométricos individuais dos alunos, proporcionando-lhes postura favorável para a execução da tarefa de transcrição do texto impresso. Os resultados do presente estudo sugerem que o mobiliário experimental poderá constituir-se em solução para reduzir os *custos humanos* tanto sob o ponto de vista ergonômico quanto biomecânico, conforme constatados na postura sentada convencional assumida em sala de aula. Outros estudos se fazem necessários para fins de validação dos resultados encontrados.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO

AUTOR: Antônio Renato Pereira Moro

ORIENTADOR: Aluisio Otavio Vargas Avila

TÍTULO: Análise biomecânica da postura sentada: uma abordagem ergonômica do mobiliário escolar

Tese de Doutorado em Educação Física: Biomecânica

Santa Maria, 28 de Fevereiro de 2000.

ABSTRACT

In the national context, the number of children attending school is superior to the number of adults involved in labor activities. However, little or no attention has been given to the ergonomic issues involving the school itself, considered a working place like any other. In this sense and based on the recommendations proposed by Ergonomics, the objective of the present study is to analyze a child's biomechanic posture executing academic tasks in the sitting position. The postural events of students making use of the school's furniture in the classroom were registered through a video-camera. With the purpose of sounding the perception of these students about their own postures induced by the classroom furniture's *design*, in parallel, a *survey* was held in the form of a questionnaire. The *survey's* sample was composed by a total of 200 4th to 8th grade students from public academic institutions. In the experimental phase of the study, a group of chair-table regulating sets was incorporated to be used by 20 children (all right-handed), that individually executed the task of transcribing a printed text, maintaining the top of the desk with a declivity of 5°, 16° and 25°, respectively, with reversible intervals of 5 minutes for each of these 3 experimental conditions. With the objective of obtaining the spatial coordinates of the relevant points, the posture's cinematic analysis was conducted with the help of the Peak Motus system (4.3 version), associated with 4 video-cameras conjoined with a special calibrator. The images generated by the Peak Motus System (12 images for each subject) were individually transferred to a computer with the frequency of 1 Hz during 300 seconds, for then to be digitized and processed the results. The study involved the determination of the values of postural angles related to the position of the head, trunk, hips, arms, legs, visual axis, focal axis on the desk's plane and focal distance. The results showed that the position of the trunk was, in average, reduced from 20° to 16° of inclination., when the table's top was positioned at 16°, declining to 14° when positioned at 25° ($p < 0.05$). A significative increase of 6° on the focal axis angle was also verified when the surface of the table's top was positioned at 25°. A meaningful difference ($p < 0.05$) was observed among the average modal values of the angles obtained on the right side of

the body when compared to the ones of the left side, to the position of the head (71° and 82°), arms (50° and 58°), trunk (15° and 18°) and elbows (87° and 72°), induced by the postural asymmetry demanded by the task. Through the *general mode*, an angle with the value of 56° was found on the horizontal visual axis, an angle that valued 83° for the flexion of the knees and a pelvic retroversion with the value of 37° on the hips. An inclination valuing 15° on the head and 4° on the shoulder to the left side of the body (frontal plane), associated with a focal distance in the order of 30cm was also verified. The classroom's observational data revealed that the majority of the students didn't make use of the back of their chairs during the achievement of the academic task. Approximately 70% of the children interviewed complained about postural discomfort on the level of the cervical region, shoulders and head, besides the dissatisfaction with the furniture's *design*. The complaints mainly focused not only on the height of the chairs but also on the desks used in the school. The scholar sets incorporated in the experiment best fit the student's individual anthropometric patterns, supplying them with favorable postures for the achievement of the text transcription task. The results of the present study, according to the verified conventional sitting position in the classroom settings, suggest that the experimental furniture can be a solution in the reduction of *human costs* not only in an ergonomic perspective, but also in a biomechanical one. Other studies are needed to validate the results found in this research.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO

AUTHOR: Antônio Renato Pereira Moro

ADVISER: Aluisio Otavio Vargas Avila

TITLE: Biomechanical analysis of the sitting position: an ergonomic
approach of the classroom's furniture

Tese de Doutorado em Educação Física: Biomecânica

Santa Maria, 28 de Fevereiro de 2000.

Sumário

<i>AGRADECIMENTOS</i>	v
<i>RESUMO</i>	vi
<i>ABSTRACT</i>	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	5
1.2. JUSTIFICATIVA	6
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. Definições do Conceito de Postura	10
2.2. Postura Sentada	12
2.3. Postura Ideal	16
2.4. Coluna Vertebral e Pelve no Sentar.....	18
2.4. A Mecânica do Sentar	24
2.5. Pressão Intradiscal	31
2.6. Ângulos Posturais	37
2.7. Ângulos da Cabeça e do Pescoço	39
2.8. Antropometria e Mobiliário	41
2.8.1. Estudos de caso	41
2.8.2 O caso da Austrália	43
2.9. Aspectos Importantes da Sala de Aula	49
2.10. NBR 14006/97.....	51
3. MÉTODO	54
3.1 Participantes	54
3.2 Composição dos grupos de participantes	54
3.3 Local.....	55
3.4 Definição de Variáveis.....	55
3.4.1 Variáveis Independentes	56

3.4.2 Variáveis Dependentes.....	56
.....	58
3.5 Referências Físicas e Espaciais.....	59
3.6 Instrumentos de Medida.....	60
3.7 Equipamentos.....	62
3.8 Procedimentos.....	65
3.8.1 1ª Etapa (Pesquisa Descritiva).....	66
3.8.2 2ª Etapa (Pesquisa Experimental).....	67
3.9 Delineamentos de Pesquisa.....	68
3.10 Tratamento dos Dados.....	69
3.11 Controle de Erros.....	70
3.12 Material de Pesquisa.....	71
4. RESULTADOS.....	72
4.1 Resultados Referentes a Iª Etapa do Estudo.....	72
4.1.1 Posturas adotadas pelas crianças em sala de aula.....	72
4.1.2 Sondagem de opinião.....	73
4.2 Resultados Referentes a IIª Etapa do Estudo.....	79
4.2.1 Comparação dos dados para fins de verificação da assimetria postural.....	80
4.2.2 Comparação dos ângulos posturais nas três situações experimentais.....	81
4.2.3 Características da curva de movimento da cabeça.....	88
4.2.4 Correlações de dados antropométricos.....	89
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	91
6. CONCLUSÃO.....	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

Índice das Figuras

Figura 1: Ilustração da postura ideal para o trabalho sentado, segundo os órgãos normativos (ISO, 1989; ABNT, 1997).....	15
Figura 2: O sujeito na postura típica relaxada com os respectivos ângulos articulares assumidos em situação de gravidade zero (Thornton, 1978).	17
Figura 3: A coluna vertebral vista nas 3 faces anatômicas (Sabotta, 1995).	19
Figura 4: Diferentes posturas corporais assumidas em função da rotação da pelve. (A) Postura em pé ereta; (B) Postura sentada relaxada; (C) Postura sentada ereta; (D) Postura sentada com inclinação anterior da pelve; e, (E) Postura sentada com inclinação posterior da pelve. (Kapandji, 1980).	21
Figura 5: O achatamento ocorrido na curva lombar quando o indivíduo encontra-se sentado em uma cadeira convencional em função da rotação para trás da pelve (Kroemer et al. 1997).	22
Figura 6: Comparada com a posição em pé relaxada (A), a linha de gravidade da parte superior do corpo modifica-se, afastando-se ventralmente na posição sentada relaxado sem encosto, bem como, a pelve faz uma rotação para trás retificando a lordose lombar e aumentando o braço de momento L_p (B) (Nordin e Frankel, 1989).....	29
Figura 7: Percentagem de peso corporal verificada na superfície do assento, nas três situações experimentais, utilizando-se a Dinamometria (Moro, 1984).....	30
Figura 8: Comparação da pressão intradiscal na 3 ^a vértebra lombar medida em diferentes posturas (in Chaffin e Andersson, 1984).....	32
Figura 9: Efeito do ângulo do assento na pressão intradiscal e na atividade mioelétrica paravertebral a nível de T8 (in Kroemer e Grandjean, 1997).	34
Figura 10: Cone de visão normal para atividades em postura sentada, segundo Kroemer e Grandjean (1999).....	40
Figura 11: Representação gráfica no Peak Motus das três situações experimentais de angulação do tampo da carteira e o participante, vistos no plano sagital.....	56

1. INTRODUÇÃO

O homem moderno permanece, em média, um terço do tempo da sua existência na postura sentada. Na escola, por exemplo, as crianças sentam-se nos "bancos escolares" por períodos superiores a quatro horas diárias (Nunes *et al.*, 1985). Nesse contexto, os desencontros entre as características dos estudantes e o projeto da mobília já foram relatados por Sasaki (1988), ao referir-se ao número de horas que as crianças permaneciam sentadas em cadeiras inapropriadas. De fato, conforme dados apontados na literatura, a mobília escolar é mal projetada, desconfortável, incompatível com as atividades desenvolvidas em sala de aula e fator contribuinte para o surgimento de constrangimentos músculo-esqueléticos (Branton 1984; Osborne, 1983; Mandal, 1985; Nunes, 1985; Nunes, Moro e Avila, 1993; Moro *et al.*, 1999). Nesse aspecto, segundo Moro *et al.* (1997), para pesquisar-se a postura sentada, ou melhor a atividade humana na postura sentada, torna-se necessário empregar metodologias adequadas, não bastando pois "medir com os olhos".

Queixas sobre respostas desadaptativas, no ambiente de sala de aula, têm como fator contribuinte componentes do próprio *design* cadeira-mesa. O mobiliário escolar é, por vezes, projetado à revelia dos resultados de pesquisas desenvolvidas nas áreas da biomecânica ocupacional e da ergonomia (Moro *et al.*, 1997, 1999 e Moro, 1994). Não basta, por exemplo, que cadeiras e mesas educacionais, para serem reconhecidas como tal, localizem-se dentro das salas de aula. Antes de mais nada, essas peças de mobiliário devem cumprir seu papel facilitador no processo educacional (Oxford, 1969).

O custo humano, adicionado ao hábito de permanecer inadequadamente sentado, implica no aparecimento de queixas de dores lombares e cervicais, quase sempre associadas ao incorreto dimensionamento do *design* do mobiliário. O conjunto carteira e cadeira escolar convencional, utilizado na quase totalidade das escolas, principalmente na rede pública, vem instalando, nos alunos, hábitos posturais inapropriados e interferindo no desempenho acadêmico. Esses fatores, contribuem para a aquisição de repertórios de comportamentos indesejáveis do tipo,

levantar-se da cadeira, movimentar-se excessivamente e debruçar-se sobre a superfície da mesa (Nunes *et al.*, 1993).

O mobiliário escolar, juntamente com outros fatores físicos, é um elemento da sala de aula que influi circunstancialmente no desempenho, segurança, conforto e em diversos comportamentos dos alunos (Aagaard-Hansen *et al.* 1995 e Moro *et al.*, 1997). O mobiliário, em função dos requisitos da tarefa, determina a configuração postural dos usuários e define os esforços, dispêndios e constrangimentos; elementos essenciais para a adoção de comportamentos diversos em sala de aula, além de manter vínculo restrito com a absorção do conhecimento (Nunes *et al.*, 1995).

A evidência empírica sugere que mesmo uma cadeira comum poderá transformar-se em "cadeira de balanço", se o aluno assim o desejar. Em tais circunstâncias, essas respostas auto-estimulatórias serão conseqüenciadas positivamente e mantidas por longo espaço de tempo. Comportamentos-alvo tidos como indesejáveis como: produzir ruído pelo arrastar de mesas e cadeiras, movimentar-se excessivamente, balançar-se na cadeira convencional e abandonar sistematicamente o assento já foram suficientemente relatados pela literatura, notadamente em Educação Especial (Kerr e Nelson, 1989; Kerr, Nelson e Lambert, 1987; Nunes, 1985).

Embora pouco disseminado entre educadores, há indícios de que os componentes do sistema cadeira-mesa assumem funções reforçadoras, aumentando assim, a probabilidade do estudante permanecer na posição sentada por longo espaço de tempo. No caso, a conseqüência por permanecer sentado em cadeira cujo *design* atende às demandas e expectativas do usuário, é contingente à sensação de conforto verbalizada.

O "*design* pobre" das cadeiras e carteiras escolares impõe constantes arranjos físicos, improvisações e acomodações, por parte dos alunos, para compensar deficiências de projeto ou de concepção moveleira. Conseqüentemente, parte do repertório comportamental exibido pelos usuários, na posição sentada, sugere mecanismos pessoais compensatórios de ajustamento ao ambiente, como por exemplo, inclinar a carteira, apoiar os pés sobre os suportes da carteira, dentre outros.

↳ O "sentar-se incorretamente" constitui-se ~~em~~ resposta compensatória associada à ausência de conforto e conseqüente tentativa de melhorar a distribuição de pressão pelas áreas corporais sobrecarregadas. o

Dentre os estudos para equacionar problemas relativos ao *design* do mobiliário ocupacional, notadamente no ambiente escolar, destacam-se soluções tais como: projetos de assentos inclinados para frente (Freudenthal, 1991; Mandal, 1981; Nunes *et al.*, 1989, 1994 e 1995; Moro *et al.*, 1993), mobiliários escolares ajustáveis (Verbeek, 1991), a utilização de peças de mobílias alternativas, tais como, bolas infláveis (Moro *et al.*, 1999) e cadeira modelo *Balans Chair* (Nunes, 1985), em conjunto com carteiras de tampo inclinado, para induzir postura corporal favorável ao desenvolvimento de tarefas em sala de aula.

Como tentativa para minimizar custos humanos na população usuária do mobiliário escolar, tanto a biomecânica ocupacional, na avaliação da dinâmica corporal, quanto a ergonomia, já oferecem respostas cientificamente válidas que apontam para inovações relativas à concepção, construção e adaptações em mobiliários ocupacionais. A biomecânica, tida como uma ciência experimental, se apoia nos diversos arranjos metodológicos para se buscar as melhores respostas e particularidades de cada movimento, com o cuidado de preservar-se sempre a integridade da ação motora estudada. Porém, cabe informar que as regularidades apuradas no desenrolar do processo têm um caráter casuístico, porque os fenômenos dependem de muitas causas que não são determinadas por completo. A biomecânica ocupacional, concebida por Chaffin e Andersson (1984), tem a postura e o movimento do homem como objeto de preocupação central. Para Tichauer (1978), a Biomecânica é a base da Ergonomia, assumindo ambas papel relevante no combate e prevenção das doenças ocupacionais (Nunes, 1981; Chaffin e Andersson, 1984).

A Ergonomia fundamenta-se em um conjunto de leis e princípios que regem o trabalho humano em sentido amplo, incluindo-se o ambiente da escola. Trata-se de tecnologia multi e interdisciplinar que investiga as interações funcionais entre as respostas humanas e o ambiente construído. A Ergonomia é uma tecnologia de interface que tem como suporte científico conhecimentos produzidos pela engenharia, medicina, psicologia e diversas outras áreas do saber humano. A condição básica para a prática ergonômica é que tanto o homem, elemento nobre do sistema, quanto máquinas, ferramentas e utensílios, sejam considerados fatores mutuamente inclusivos para efeitos de intervenção.

Para Nunes *et al.* (1985), cabe ao ergonomista verificar os efeitos das operações de trabalho, das máquinas, das ferramentas, da tarefa em si e do clima

social nas respostas humanas, sejam elas comportamentais, cognitivas, emocionais, fisiológicas ou biomecânicas. Os ergonomistas dedicam-se à pesquisa ocupacional descritiva, seguida de procedimentos de intervenção e avaliação sistemática. O eixo temático dessas investigações ergonômicas concentram-se na melhoria de condições da vida humana, conseguida através do manejo de contingências presentes no ambiente físico e social dos ambientes ocupacionais.

Considerando-se que a sala de aula é um ambiente de trabalho como outro qualquer, onde as pessoas realizam tarefas específicas, é conveniente a aplicação desses resultados de pesquisa na solução de problemas práticos dentro da escola (Nunes, 1985). Infelizmente, conforme sustentado por Kao (1976), a utilização de conhecimentos de Ergonomia às questões educacionais ainda são raros.

Face ao tema proposto, para a presente pesquisa, a proposta é desenvolver um projeto de tese, tendo como suporte os resultados de pesquisas biomecânicas e ergonômicas. Em outros termos, o propósito desse estudo é suprir a necessidade premente de humanização do "posto de trabalho" dos escolares, respeitando as características morfológicas e dinâmicas do corpo, na tentativa de conseguir-se uma "melhor postura" na realização da atividade educativa. O benefício imediato se converterá em aumento da segurança e do conforto nas relações entre o aluno e o mobiliário escolar. Trata-se de fatores fundamentais para a melhoria da qualidade de vida e formação do indivíduo como um todo.

A primeira etapa do trabalho consistiu na utilização de procedimentos observacionais, tendo-se com o auxílio de câmera de videografia, para fins de registro de eventos posturais, em ambiente natural de sala de aula (*in loco*). Posteriormente, foi introduzido um instrumento de sondagem (questionário), para verificar a percepção dos alunos sobre a própria postura corporal, em confronto com o *design* do mobiliário escolar.

A segunda etapa do trabalho consistiu de sessões experimentais conduzidas no laboratório de biomecânica, onde foram aplicados procedimentos de intervenção no sistema sujeito-mobiliário. Os dados coletados nessa segunda etapa serviram de suporte para fins de análise biomecânica e ergonômica da postura sentada, durante a realização de atividade escolar, em um grupo de alunos do ensino fundamental.

A execução desse estudo foi possível com o apoio e concessão do Laboratório de Biomecânica da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), tornando disponível seus equipamentos, espaço físico e pesquisadores para a realização da coleta de dados.

1.1. OBJETIVOS

Utilizando-se de um conjunto escolar cadeira-carteira experimental e com base na abordagem ergonômica, o presente estudo tem como objetivo a análise biomecânica da postura sentada, em estudantes do ensino fundamental, durante a realização de atividades escolares. Nessa ótica ergonômica, a proposta é a melhoria da qualidade e redução de custos humanos dos usuários de mobiliário escolar. A proposta tem como objetivos específicos os que se seguem:

- Observação e registro de padrões posturais assumidos pelos participantes, no ambiente natural de sala de aula, durante atividades desenvolvidas *in loco*;
- Sondagem de opinião dos participantes sobre hábitos de sentar, constrangimentos e efeitos negativos da "má postura", em função do *design* do mobiliário adotado pela escola;
- Coleta de dados antropométricos para fins de comparação com valores de altura encolhidos pelos participantes no mobiliário regulável;
- Análise espacial dos segmentos corporais dos participantes, na postura sentada, assumida durante as atividades escolares, em função do mobiliário experimental;
- Avaliação crítica das Normas estabelecidas pela ABNT (NBR 14.006/97), que tratam da normatização de mobiliários para instituições educacionais e requisitos, em função dos resultados práticos apurados durante o decorrer da pesquisa.

1.2. JUSTIFICATIVA

Os jovens, que freqüentam escolas em vários níveis educacionais, constituem quase uma quarta parte da população total. Além disso, a maioria depois de completar a escola, ou será empregado em escritórios ou outro trabalho sedentário, em um ambiente de que apresenta uma semelhança considerável ao funcionamento condicional vivenciado nas salas de aula.

Embora a literatura registre uma quantidade significativa de estudos ergonômicos que tratam de projetos de estações de trabalho envolvendo o mobiliário cadeira-mesa (Nunes, Avila e Mello, 1989; Eby e Jetton, 1972; Bendix, 1986; Nunes *et al.*, 1985; Moro *et al.*, 1994 e 1999; Iida, 1997; Kroemer e Grandjean, 1997, dentre outros), paradoxalmente trabalhadores e estudantes permanecem sentados em cadeiras cujos *designs* deixam de atendê-los nas suas exigências. A permanência por longos períodos de tempo, na postura estática, em mobiliários inadequados, favorece altos custos à saúde da coluna vertebral (Corlett, Wilson e Manenica, 1986). Ao atingirem a meia idade, os indivíduos queixam-se de alguma forma de dores na coluna (Mandal, 1981).

O homem industrializado sofreu uma drástica alteração em seus padrões de comportamentos e necessidades, substituiu as atividades mais naturais (por exemplo: andar, correr, carregar e subir) por atividades sedentárias. As posturas assumidas nos "bancos escolares", nos postos de trabalho, nas linhas de montagem e em inúmeras outras atividades sugerem exigências posturais semelhantes. Segundo Moro (1984), todos esses aspectos tem-se constituído fatores relevantes para explicar a pesada carga nas costas do homem contemporâneo.

Conforme Ventura (1984), o problema tem as suas origens na infância, pois ao ingressarem sadios nas escolas, os indivíduos tempo depois apresentam a postura comprometida. A causa principal desse problema são os assentos inclinados para trás, em conjunto com a superfície da mesa na posição horizontal.

"A ausência de inclinação no tampo da carteira escolar constitui-se em fator de distorção em pelo menos 5% do tamanho dos caracteres, o que pode contribuir para problemas de desempenho do aluno na atividade de leitura. Essa falta de inclinação da superfície do tampo da mesa está comprometida, também, com a sobrecarga no sistema

musculoesquelético, notadamente na região cervical. Mesas de superfície plana, desprovidas de qualquer angulação, estão associadas a queixas de dores lombares e cefaléias ao final da jornada de trabalho" (Dul, *apud* Nunes *et al.*, 1985. P.315).

O indivíduo, em função da exigência postural ao realizar suas atividades na postura sentada, arqueia o tronco à frente, comprimindo a coluna vertebral. Essa pressão excessiva, mantida por longos períodos de tempo, sobre os "ossos macios" de uma criança poderão ocasionar transformações posturais permanentes. Para Ascher (1976), a natureza se encube de retificar as alterações posturais na fase inicial da vida. Por esse motivo, torna-se necessário cultivar bons hábitos e atitudes, evitando assim as deformações e os vícios posturais. (Hábitos de trabalho incorretos adotados em uma fase prematura podem ser prejudiciais à eficiência e a saúde no trabalho, quando adulto.

Segundo Mandal (1981), o problema é decorrente da execução de atividades na posição sentada, pois em nenhum um outro campo da vida humana há tamanha lacuna entre a teoria e a prática. O mobiliário escolar está longe de cumprir o seu papel, como agente de adequação do trabalho às características e expectativas do usuário. O *design* da mobília deveria levar em conta inovações tecnológicas que atendessem às reais capacidades e limitações do indivíduo, de modo a não sobrecarregar o sistema músculo-esquelético.

A posição sentada, conforme padronizada pelos comitês de normatização, preconizam "a melhor postura" como aquela onde os ângulos articulares assumem valores próximos aos 90 graus. Essa norma tem sido seguida, também, pela população estudantil, quando sentados em suas carteiras. Nesse contexto, as antigas carteiras estão sendo substituídas por cadeiras "ideais", no sentido de proporcionarem melhores condições de trabalho aos alunos. Os resultados são desastrosos e, segundo Mandal (1981), jamais os estudantes se viram tão mal sentados. É de se lamentar que toda a antropometria (ISO, 1977; NBR, 1997) e dimensões para móveis evoluíram a partir dessa postura especial normatizada.

As recomendações ergonômicas para as dimensões de carteiras escolares estão, até certo ponto, baseadas em dados antropométricos, porém, na quase totalidade, não foram levados em consideração padrões de comportamento dos alunos e exigências específicas da própria tarefa. Assim, segundo Wilson e Corlett

(1995) as dimensões recomendadas pelos livros, em vários outros postos de trabalho padronizados, sugerem soluções de compromisso bastante arbitrárias.

De acordo com Kroemer e Grandjean (1997), a maioria das especificações padronizadas para estações de trabalho ergonômicas, como é o caso da cadeira e carteira escolar, ocorrem fora da situação real, por comitês geralmente representados por grupos interessados tais como: fabricantes, associações de indústria, união, sindicatos e empregadores. As recomendações resultantes parecem razoáveis e satisfatórias na maioria dos casos, entretanto, raramente mostram-se ideais, do ponto de vista do especialista em fatores humanos. Não é mais surpresa se estudos de campo ou resultados de experiências práticas deixam de confirmar os dimensionamentos padronizados.

De acordo com Moraes (1984), a falta de dados antropométricos da população brasileira é uma questão candente. Em qualquer seminário de Ergonomia sempre aparece a indefectível pergunta: “Como fazer ergonomia se ainda nem temos as medidas antropométricas do homem brasileiro ?”

Outro fator, freqüentemente relacionada as questões antropométricas, foi explicitado por Nunes *et al.* (1985), na seguinte colocação:

"...em função da estatura, as crianças são forçadas a se posicionarem nas bordas do assento, evitando assim que os pés e as pernas fiquem soltos no ar. As alturas de mesas e cadeiras são geralmente impróprias para o uso, podendo originar problemas posturais de relativa gravidade" (p. 315).

Os dados antropométricos pressupõem planejamento e cuidado quanto à padronização das variáveis (definição de pontos limites e posição do sujeito quando da medição); compatibilização de variáveis, método de mensuração e instrumentos de medida; amostragem estatística e controle de erros. Não se transplanta levantamentos de medidas antropométricas obtidos em outras populações.

Os dados antropométricos disponíveis não permitem a apresentação de tabelas confiáveis e precisas – exceto para um número limitado de dimensões ou para populações restritas (geralmente militares). Cumpre-se enfatizar que o bom dimensionamento se inicia com a análise da tarefa, imprescindível para definir exigências visuais e requisitos de visibilidade, assim como requisitos biomecânicos de movimentação e distribuição de forças corporais. Conseqüentemente, não é só a

falta de dados sobre a população brasileira que determina a questão do bom ou mau dimensionamento de produtos e estações de trabalho. A questão se coloca na utilização dos dados existentes, pois, mais grave que a falta de dados é a aplicação inadequada dos valores disponíveis, sejam estes americanos ou brasileiros, o que induz a erros maiores ainda. Conforme comentado por Roebuck (1975), a questão antropométrica poderá tornar-se na primeira fonte de erro no dimensionamento de interface homem-mobiliário.

De acordo com Pheasant (1986) e Panero e Zelnik (1983), em suas pesquisas, as populações mais jovens, mais ricas e mais instruídas apresentam dimensões maiores. Logo, o uso de dados de pesquisa com escolares para outras populações acarretará prejuízos para os indivíduos menores, mais velhos, mais pobres, menos instruídos. Cumpre observar, portanto, que os dados de pesquisa, principalmente de populações estrangeira, só se aplicam ao dimensionamento de equipamentos para estudantes de origem específicas e, mesmo assim, com a cautela devida.

Dentre os estudos experimentais, resultados de pesquisas demonstraram que a influência do *design* do mobiliário em sala de aula, não só envolvem questões posturais, como também, conforto, material utilizado, problemas médicos, acidentes, distribuição de pressão do peso corporal sobre o assento, movimentação excessiva, desempenho em aula (Dul, 1981; Mandal, 1982; Grandjean et al., 1977; Chaffin e Andersson, 1984; Nunes, 1985; Nunes et al., 1989; Nunes et al., 1993) e aprendizagem (Wærsted e Westgaard, 1991; Blöte et al., 1987).

A partir da revisão da literatura, evidencia-se a problemática que cerca a questão do mobiliário escolar convencional, como fator contribuinte para infortúnios envolvendo usuários escolares. Considerando a magnitude e importância deste segmento da população, foi prestado pouca atenção aos problemas ergonômicos nesse "lugar de trabalho". Nesse contexto, a biomecânica cumpre o seu papel preponderante, onde, a partir do sua consolidação científico-metodológico, pode contribuir no melhor entendimento dessas questões de importância e repercussão social.

2. REVISÃO DE LITERATURA

No presente capítulo são apresentados os principais aspectos biomecânicos e ergonômicos do sujeito desempenhando atividades na postura sentada. São descritas, também, possíveis relações entre o *design* do mobiliário e os constrangimentos e traumas no sistema músculo-esquelético.

2.1. Definições do Conceito de Postura

Não existe consenso sobre o conceito de postura, principalmente quando se pretende definir "postura ideal". Para se definir postura, de acordo com Langlade (1975), deve-se levar em conta fatores multivariados como (1) problemas de conservação de um equilíbrio total ou equilíbrios parciais; (2) luta contra a força da gravidade; e (3) interação psicossomática (hábitos, meio ambiente, atitudes e movimentos), para constituir o que se denomina postura.

Para Wheeler (apud Moro, 1984), a boa postura é um conceito individual que se relaciona com o somatotipo: "...é o alinhamento corporal para a máxima eficiência fisiológica e biomecânica". Segundo Hullemann (1978), não existe uma postura normal mas sim diversas posturas normais, em função das solicitações da atividade realizada. Uma boa postura solicita ação permanente contra a força da gravidade. É o resultado da ação coordenada dos grupos musculares e ligamentos que atuam elevando, mantendo e apoiando as diversas partes do esqueleto em suas respectivas funções. A postura está relacionada com o movimento do corpo, fazendo com que o sujeito busque constantemente o seu equilíbrio parcial ou total, para a execução bem sucedida de um determinado movimento (Amadio, 1996).

Segundo Cailliet (1979), uma "boa postura" é aquela em que o corpo do indivíduo permanece com as curvaturas anátomo-fisiológicas em estado de equilíbrio, sem sobrecarga na coluna vertebral, com uma aparência estética aceitável. O indivíduo é então capaz de sustentar-se em pé por um longo período de tempo, sem apresentar dor ou cansaço. O referido autor citou fatores que influenciam a postura no homem adulto: (1) **posturas hereditárias**, tais como, a coluna com cifose

dorsal pronunciada, coluna hiper-lordótica; (2) **anomalias estruturais**, a exemplo do resultado ou influência de doenças como paralisia cerebral, poliomielite, Mal de Parkinson; e, (3) **hábito e treino**. Sendo este último fator o resultado do trabalho corporal durante a infância, realizado pelos pais e educadores e que passam a ter uma influência significativa na formação de padrões posturais, conforme complementado pelo próprio Cailliet (1979):

"A postura é, em grande parte, um hábito e, por treino e repetição, pode se tornar um hábito subconsciente. O hábito subconsciente da postura se manifesta não só na postura estática, mas em grande parte nos padrões cinéticos. A repetição de uma ação errada pode resultar numa função cinética viciada e estes padrões, repetidamente defeituosos, podem se tornar definitivos" (p. 18).

Para Mandal (1985), uma das maiores conquistas do homem em sua evolução, desde os tempos mais remotos, foi sem dúvida a consolidação da postura bípede; no entanto, esta postura apresenta alguns aspectos biomecânicos negativos. Se esta posição for conservada durante um longo período de tempo, poderão ocorrer alterações em toda a estrutura corporal, devido à falta de tonicidade apropriada em todo sistema muscular, causado principalmente pela vida sedentária. Estas explicações foram também confirmadas por Langlade (1975), ao afirmar que a distribuição do peso corporal em somente dois apoios em vez de quatro (postura quadrúpede), acarretou um aumento considerável na pressão intradiscal, principalmente nas vértebras lombares, onde juntamente com a falta de atividade física do homem, originou os problemas posturais. Isto, pode ser expresso pela seguinte frase do próprio autor - "hoje vive-se na civilização do homem sentado". Este aspecto é melhor complementado por Mandai (1981), ao afirmar que: "...de fato, não podemos nos considerar mais como uma raça ereta e poder-se-ia dizer que o *homo sapiens* agora tornou-se uma nova raça - o "*homo sedens*".

Segundo Palmer (1976), essa mudança de postura é resultante de nossa contínua evolução e, conseqüentemente, pelas mudanças nos costumes e nas atividades, desde os tempos mais antigos até o momento atual. E que, apesar da postura sentada ter trazido um enorme prejuízo para as nossas costas, ao mesmo tempo trás várias vantagens com relação à postura em pé, como: (a) o corpo consome menos energia para manter o equilíbrio, (b) ocorre uma diminuição das sobrecargas

nos joelhos e tornozelos, (c) possibilita o uso dos pés para o trabalho, (d) proporciona uma diminuição da pressão intravascular nas extremidades inferiores, e (e) proporciona um maior equilíbrio corporal para a execução de tarefas que exigem habilidade motora fina.

Os especialistas sabem que a postura do homem vai se alterando com o passar dos tempos, devido principalmente às mutações decorrentes da evolução natural da espécie. Como consequência, a postura corporal vai se adaptando às exigências laborais dos diversos períodos históricos. Chega-se à conclusão de que não existe uma postura ideal, mas sim várias posições que podem ser assumidas, desde que se preserve o equilíbrio corporal; com a manutenção das partes componentes do corpo posicionadas e alinhadas entre si, de forma a contrariar a ação da força da gravidade e exigir uma menor ação muscular do corpo do indivíduo.

Em geral, a atenção das pesquisas em ergonomia, estão enfocadas na definição para postura mais correta, no entanto, o mais importante problema no ambiente de trabalho, não é a postura em si, mas quanto tempo ela é mantida (Laville, 1980). A estação de trabalho ideal é aquela em que todas as mobilidades das partes do corpo, possam ser preservadas pelo correto *design* do mobiliário e pela organização do trabalho.

2.2. Postura Sentada

Um conceito geral para postura sentada foi apresentado por Schoberth (1962). Afirmou o autor que a postura sentada é uma posição assumida pelo corpo na qual o seu peso é apoiado sobre uma superfície, através das tuberosidades isquiáticas e pelos tecidos moles circundantes. Dependendo do tipo de cadeira, uma proporção desse peso corporal pode ser transferida para os diversos suportes existentes no mobiliário, como: braços, encosto, suportes para os pés e/ou piso.

Anderson (1983), a partir da posição do Centro de Gravidade (CG) do corpo, classificou a postura sentada em três categorias distintas: (a) **postura média** - o CG está diretamente acima das tuberosidades isquiáticas e apenas 25% do peso corporal é transmitido ao solo através dos pés. Com o corpo relaxado nessa postura, a coluna lombar permanece alinhada ou em leve cifose. (b) **postura anterior** - nesta

posição o CG encontra-se defronte às tuberosidades isquiáticas e mais de 25% do peso corporal é transmitido ao solo pelos pés. Essa postura é assumida com a inclinação à frente do tronco, sem ou pouca rotação da pelve com uma cifose dorsal mais pronunciada. (c) **postura anterior** - nessa posição o CG encontra-se localizado atrás das tuberosidades isquiáticas e menos de 25% do peso corporal é transmitido ao solo através dos pés. O tronco encontra-se inclinado para trás, juntamente com a rotação da pelve para trás, aumentando-se assim a cifose dorsal.

O conceito de postura sentada padrão, segundo Oxford, Peters, ISO - International Standard Organization (apud Mandal, 1981) e Pheasant (1986), refere-se à postura na qual o sujeito encontra-se sentado, com o tronco ereto verticalmente e em uma superfície horizontal; braços relaxados formando um ângulo de 90° com o antebraço. Em tais condições a cadeira deve permitir, através de um dispositivo de regulação de altura do assento, que as coxas do indivíduo permaneçam na linha horizontal, produzindo um ângulo de 90° com o tronco (Figura 1).

Alguns autores (Karvonen, Koskela e Noro, 1962; Helander e Zhang, 1997; Kroemer e Grandjean, 1997) afirmaram a não existência de uma única postura sentada ideal; e aceitam variados padrões posturais como sendo bons dentro de uma enorme variação, e que muito improvavelmente levarão o indivíduo à incapacidade e à dor, mesmo se tais padrões posturais forem mantidos por um longo período de tempo. Ao definir-se a má postura sentada como a que causa incapacidade, dor ou desconforto, é possível que algumas pessoas sejam mais vulneráveis a tais anormalidades.

Para elucidar definitivamente a questão da má e da boa postura sentada foram retomados resultados de pesquisas conduzidas por Andry (apud Iida e Wierzbicki, 1978), considerado o "pai" dos ortopedistas e o responsável pelos conceitos de boas e más posturas, conforme o seu tratado "Orthopedia". O referido autor denominou boa postura aquela correspondente ao sentar ereto e má postura, aquela em que havia uma total flexão. Conhecedor das deficiências na postura advindas de um longo hábito de má postura, o mesmo autor recomendou tratamentos para combatê-la, usando inclusive trabalhos com os músculos antagônicos. Afirmou ele que hábitos prolongados de má postura, advindos de *designs* ruins de ferramentas e móveis, e ainda, dos métodos para sua utilização, freqüentemente resultam em

anormalidades permanentes na postura. Tais condições costumam induzir mudanças degenerativas nos tecidos e sensações dolorosas.

Resultados de estudos realizados por outros autores (Colombini et al., 1986; Aaras, Westgaard e Strandén, 1988; Kumar e Mital, 1996) interessados nos registros das atividades eletromiográficas de uma pessoa mantida na posição sentada, indicaram que mesmo as pequenas mudanças de posição, tais como as mínimas variações de flexão ou extensão do tronco, ou alteração do ângulo do joelho, com o pé apoiado no chão, podem resultar em mudança de atividade eletromiográfica dos músculos do tronco e das pernas, por exemplo o caso da sensação das atividades dos músculos espinhais eretores das costas. Estudos semelhantes foram descritos por Grandjean (1998) cujos resultados indicaram que a posição ereta é forçada, enquanto a posição levemente inclinada para frente aproxima-se do natural, pois diminui a solicitação dos músculos de sustentação.

Todas as dimensões para construção de mobiliários são, ainda hoje, baseadas nessa concepção de postura sentada convencional (Figura 1). O que justifica o porquê os "modernos" móveis das escolas, das fábricas e dos escritórios são construídos de modo tal que ninguém possa usá-los apropriadamente sem a ocorrência de algum tipo de queixa. Segundo Mandal (1981) a postura sentada convencional é o motivo pelo qual as pessoas permanecem arqueadas sobre suas mesas de trabalho, assumindo posições extremamente prejudiciais às costas. Keegan (1953) explicou que essa posição é anatomicamente e fisiologicamente incorreta porque a posição funcional das articulações dos quadris formam um ângulo de 45° , sendo que, na posição sentada convencional ocorre uma angulação de 90° entre o tronco e a coxa. A posição convencional é formada por uma máxima flexão dos quadris, correspondente a 60° , e por um achatamento em 30° da curvatura da coluna lombar normal.

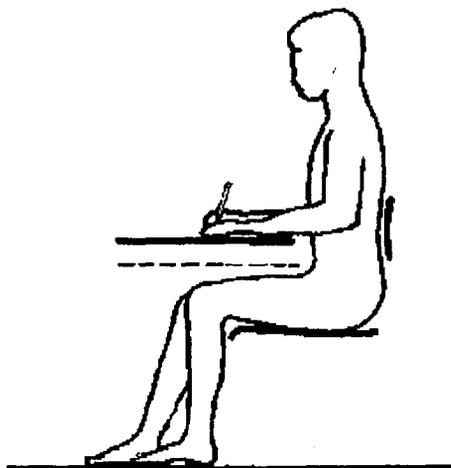


Figura 1: Ilustração da postura ideal para o trabalho sentado, segundo os órgãos normativos (ISO, 1989; ABNT, 1997).

Na posição ortogonal, os olhos do sujeito ficam situados a uma distância de 50 cm a 60 cm do material de trabalho, enquanto que uma distância razoável seria de 20 cm a 30 cm. Da mesma forma, esse material deveria estar posicionado de maneira a fazer um ângulo reto com o eixo de visão, onde, segundo Madal (1981), poderia ser conseguido inclinando a superfície de trabalho anteriormente, em conjunto com uma pequena inclinação para frente do assento da cadeira.

Para evitar problemas causados no trabalho desempenhado na postura sentada, faz-se necessário identificar os eventos que ocorrem com as cargas no sistema músculo-esquelético do sujeito, principalmente quando se muda da postura em pé ereta para a postura sentada. Esse é um procedimento necessário para justificar as mudanças propostas para o *design* da cadeira convencional.

Ao ficar-se em pé corretamente, os vários segmentos do corpo (cabeça, pescoço, tórax e abdômen) estão balanceados verticalmente, uns sobre os outros, de tal forma que o peso se aplica principalmente na estrutura óssea, exigindo um mínimo de tensão dos músculos e ligamentos. Nessa postura, sob condições normais, as funções orgânicas: respiração, circulação, digestão, são executadas com a mínima obstrução mecânica e com a eficiência máxima (Barnes, 1977). Prossegue o autor afirmando que quando se trabalha sentado, o ponto importante a ser sempre observado refere-se ao posicionamento do corpo, o qual deverá ser mantido em linha reta, dos quadris ao pescoço, deixando de ser flexionado na cintura. Qualquer

posição que permita essa flexão diminuí a vitalidade do indivíduo, produz desconforto nas costas e, naturalmente, diminui a eficiência.

Segundo Barnes (1977), as posturas incorretas mais frequentes ocorrem quando o indivíduo afunda-se na cadeira ou quando inclina-se para um lado, sendo ambos os padrões posturais fatigantes e prejudiciais à saúde. Quando o trabalhador está sentado, a cadeira deve favorecer a boa postura e não obrigá-lo a mantê-la. Para isso, as cadeiras devem ser ajustáveis, de modo que possa facilmente adequar-se às características antropométricas do usuário.

2.3. Postura Ideal

Segundo Thornton (1978), na condição de ausência de gravidade, o corpo humano permanece relaxado e automaticamente assume e mantém definitivamente uma postura característica, conforme verifica-se na Figura 2, abaixo. Conforme o autor, para assumir outra posição no espaço o indivíduo necessitaria forçar, ou receber uma força externa, o que levaria rapidamente ao cansaço físico, ao desconforto e à ineficiência na execução da tarefa. As características dessa postura assumida na ausência de peso incluem: flexão plantar dos pés, flexão dos quadris, e flexão dos joelhos, com leve abdução das pernas. Na coluna vertebral, a região toracolombar é alongada ou levemente flexionada anteriormente. O pescoço também é flexionado anteriormente, baixando o ângulo normal de visão. Os ombros e braços são elevados, sendo que esses últimos permanecem abduzidos, ocorrendo juntamente com uma flexão moderada dos cotovelos.

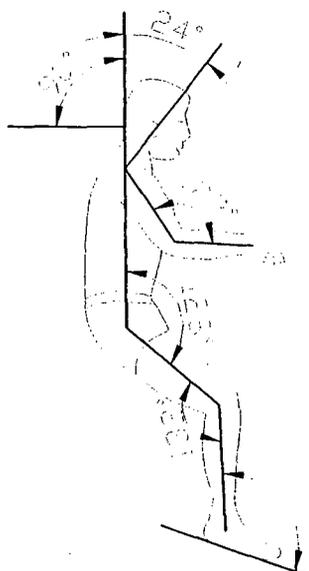


Figura 2: O sujeito na postura típica relaxada com os respectivos ângulos articulares assumidos em situação de gravidade zero (Thornton, 1978).

Para Thornton (1978), a maioria dessas posturas de descanso são assumidas, induzindo partes do corpo a adotarem posições que podem ser equilibradas contra a gravidade, dispendendo-se um mínimo de energia. Essas posições são dinâmicas e dependem das conexões sensoriais-nervosasmotoras, que realizam constantes e pequenas correções, dependendo da atuação das forças que agem sobre o corpo. A resposta natural à ausência de gravidade pode ser observada em indivíduos quando submersos na água, na posição relaxada, e também quando montados à cavalo (Mandal, 1981; Moro, 1990).

Em ambiente sob a ação da força da gravidade, grande parte do Sistema Nervoso e do Sistema Muscular são encarregados de manter a estabilidade e a sustentação da posição assumida pelo corpo. Em tais condições, o ser humano foi impelido a desenvolver uma série de posições naturais, como: de pé, agachado, sentado e deitado; que dependerão do total de apoio existente; ao contrário das solicitações na ausência de peso, onde deixa de existir a solicitação desse equilíbrio mecânico.

Basicamente, a *postura típica relaxada* refere-se à posição na qual o sujeito permanece com as articulações, entre os segmentos corporais, numa posição neutra e com a musculatura em posição de repouso, não existindo desta forma nenhum esforço para a sua manutenção.

Moro (1994) afirmou que o conceito de postura sentada ideal em condições de trabalho, de um modo geral, está condicionado ao *design* do mobiliário cadeira-mesa. Esse conjunto deverá ser projetado de tal forma que induza o indivíduo a permanecer com o tronco alinhado à vertical e com o ângulo dos quadris em posição maior que 120 graus.

Os elementos responsáveis pela sustentação do sujeito na postura sentada são, portanto, as superfícies diferenciadas do mobiliário que servem de apoio aos segmentos corporais, principalmente, a região do tronco e dos membros superiores e inferiores. Caso a mobília cadeira-mesa deixe de atender às prerrogativas do usuário, este experimentará diversas posturas em busca do melhor equilíbrio para o desenvolver a atividade proposta. Como consequência, a tentativa de encontrar a melhor posição reduzirá sobremaneira a capacidade de concentração, havendo um aumento do consumo de energia advindo do esforço muscular e de desconfortos músculo-esqueléticos adicionais.

2.4. Coluna Vertebral e Pelve no Sentar

Para o melhor compreensão da postura sentada, as funções mecânicas da coluna vertebral e da pelve faz-se necessário tornassem conhecidas. Funcionalmente, segundo Rasch e Burke (1977), a coluna vertebral constituída de quatro partes, a espinha cervical, a espinha lombar, a espinha torácica e o sacro. Vista do plano sagital, a coluna vertebral apresenta curvaturas características: a lordose cervical, de convexidade voltada para diante; a cifose dorsal, de convexidade dirigida para trás; a lordose lombar e a cifose sacra (Figura 3).

A mobilidade da coluna depende das pequenas articulações intervertebrais, as quais apresentam forma diferente nos diversos segmentos já descritos. A nível da coluna cervical, as superfícies articulares são praticamente planas, com cápsulas articulares bastante frouxas e os processos espinhosos apresentam uma ligeira inclinação para baixo, de modo a não impedirem sua mobilidade. Por conseguinte, a coluna cervical é o segmento da coluna que possui o maior grau de mobilidade. Na coluna torácica, as superfícies articulares intervertebrais apresentam posição quase vertical, formando um ângulo agudo entre si. Esta disposição em conjunto com as

costelas, limitam sua movimentação em um pequeno grau de amplitude em todas direções, principalmente na movimento de extensão. Na coluna lombar, as superfícies articulares tomam posição praticamente vertical e estão voltadas umas para as outras, de modo que os processos articulares inferiores se engrenam com os processos superiores da vértebra seguinte. Esta disposição impossibilita o movimento de rotação deste segmento da coluna; no que se refere à inclinação lateral, a mobilidade é muito reduzida. No entanto esta limitação dos movimentos favorece a manutenção da postura ereta. Por outro lado, a coluna lombar possui excelente mobilidade no sentido de flexão e extensão (Rasch e Burke, 1977).

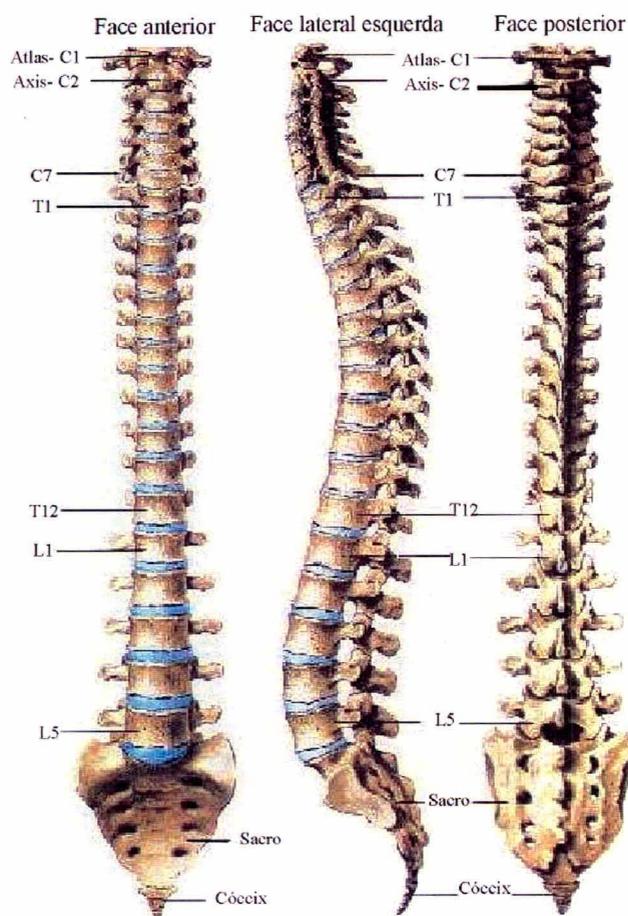


Figura 3: A coluna vertebral vista nas 3 faces anatômicas (Sabotta, 1995).

Em resumo, podemos afirmar que a mobilidade da coluna vertebral diminui no sentido de cima para baixo, em proporção inversa à solicitação estática e às exigências crescentes no que se refere à estabilidade.

Todo o peso da parte superior do corpo é transmitido pela coluna vertebral à pelve que funciona como sustentáculo para os órgãos abdominais e um ancoradouro para os principais músculos responsáveis pela postura ereta. Langlade (1975) denomina a coluna vertebral de base móvel do corpo humano, pois sua posição em relação à base do sacro determina uma maior ou menor curvatura nas suas regiões.

Cailliet (1979) considera o sacro a plataforma de apoio sobre o qual se equilibra a coluna vertebral. Segundo ele, o sacro está preso entre os dois ossos ilíacos, constituído dessa junção, uma peça óssea, a pelve. A pelve é equilibrada centralmente sobre um eixo transversal formado pelas cabeças dos dois fêmures, que por sua vez encaixam-se nos acetábulos, o que permite a sua basculação (movimento de rotação) anterior e posterior. Dependendo da estática e dinâmica pelviana, é que podemos verificar sua atuação eficiente para a manutenção de uma boa postura ou seja, é em função de sua posição que se pode minimizar os *custos humanos*.

Quando a pessoa está ereta, a coluna vertebral é normalmente estirada no sentido anteroposterior e curvada no sentido posterior, produzindo uma combinação representada como *lordose cervical*, *cifose torácica* e *lordose lombar*, conforme pode-se observar na Figura 3, acima. A curva lombar é parte lordótica porque a vértebra e o disco são mais densos anteriormente que posteriormente e parte, porque a superfície superior do sacro forma um ângulo plano com a horizontal. Como o sacro é fixado na pélvis, o seguido movimento rotacional da pélvis influencia consideravelmente a espinha lombar. A rotação anterior da pélvis causa na espinha lombar um movimento para trás, criando a lordose, que serve para manter na vertical a postura do tronco. Quando a pélvis é inclinada para trás, na parte posterior, a espinha lombar tende para frente, e algumas vezes a cifose pode ser desenvolvida (Chaffin e Andersson, 1984). Quando a pelve encontra-se basculada anteriormente, todas as curvaturas fisiológicas da coluna acham-se aumentadas. Com a basculação no sentido posterior, todas essas curvaturas acham-se diminuídas.

Segundo Kapandji (1980) e Chaffin e Anderson (1984), dependendo do ângulo de rotação da pelve, pode-se distinguir, a partir da posição em pé ereta, as principais posturas sentadas, conforme mostra a Figura 4 abaixo.

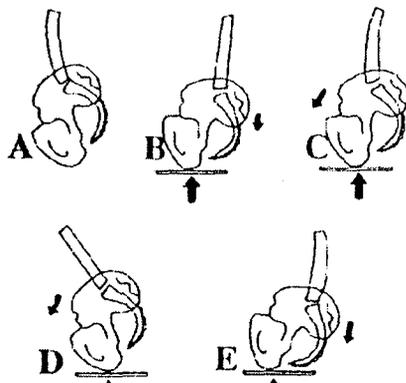


Figura 4: Diferentes posturas corporais assumidas em função da rotação da pelve. (A) Postura em pé ereta; (B) Postura sentada relaxada; (C) Postura sentada ereta; (D) Postura sentada com inclinação anterior da pelve; e, (E) Postura sentada com inclinação posterior da pelve. (Kapandji, 1980).

Quando é assumida uma posição sentada ereta, ou seja, com as articulações dos quadris (pelve), joelhos e tornozelos em ângulo reto, considerada por muitos como a postura correta em assentos, Keegan (1953) contestou que essa posição seja anatomicamente e fisiologicamente correta. Segundo esse autor, a articulação dos quadris na posição de repouso ou posição funcional, curva-se em apenas 45 graus (ou 135° se a posição ereta for de 180°) e não em 90 graus. Um exemplo típico é observado quando uma pessoa deita-se de lado e relaxada (Figura 4-C). Nesta posição de repouso das articulações dos quadris, os músculos anteriores e posteriores da coxa permanecem relaxados e em equilíbrio entre si.

Ao estudar as posturas sentadas normais Mandal (1981) afirmou que na anatomia humana o limite extremo de flexão é de 60° e não de 90° na articulação dos quadris, conforme foi preconizado. Quando uma pessoa muda da uma posição em pé ereta para uma sentada ereta, dos 90° observados na articulação dos quadris, apenas 60° destes é descrito pela rotação dos ossos da pelve, sendo que os outros 30° ocorrem devido a um achatamento na curva lombar (Figura 5).

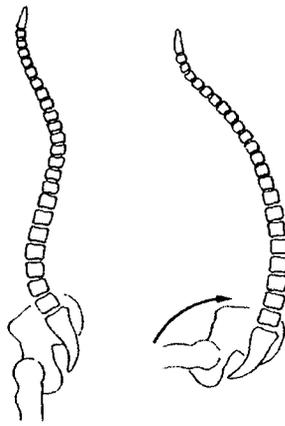


Figura 5: O achatamento ocorrido na curva lombar quando o indivíduo encontra-se sentado em uma cadeira convencional em função da rotação para trás da pelve (Kroemer et al. 1997).

Segundo Hellems e Keats (apud Le Veau, 1977), o ângulo normal da superfície do osso sacro formado com a linha horizontal, quando o indivíduo encontra-se ereto, deve assumir valores próximos a 41° . Nesta posição, o músculo eretor da espinha não exerce qualquer força para equilibrar a força peso resultante. Desta forma, somente o peso da porção superior do corpo age produzindo uma força de cima para baixo na articulação. Esse peso (P), é dividido em duas componentes: uma perpendicular à superfície do sacro (força de compressão) e uma diretamente paralela a esta superfície (força de cisalhamento). Dependendo da postura assumida, a magnitude dessas forças podem concorrer para prolapsarem o núcleo do disco intervertebral, ocasionando a conhecida hérnia de disco.

Quando as coxas encontram-se flexionadas numa posição acima, em relação as articulações dos quadris, os músculos posteriores da coxa, tendões e glúteos são pressionados. Como estes estão unidos na parte posterior dos ossos ilíaco e ísquio (osso do sentar), fazem com que ocorra uma rotação da pélvis ao redor de um eixo transversal que passa através das cabeças dos dois ossos fêmures (Mandal, 1981). Com isso, se as costas curvarem-se para trás nas articulações dos quadris, os músculos posteriores das coxas são pressionados (quadríceps e ilíaco), causando um aumento na concavidade da curva lombar. A posição ereta em pé aumenta esta curva lombar, devido à rotação pélvica.

Quando a pelve é inclinada para trás, na parte posterior, a espinha lombar tende a inclinar-se para frente e algumas vezes a cifose pode desenvolver-se. Quando

joelhos e quadris são flexionados ao sentar, a pelve é girada para trás e a lordose lombar flete-se. Isto ocorre na medida em que o grupo de músculos posteriores das coxas {músculos flexores} fazem aproximar os membros para a pélvis, assim como o quadril e a articulação do joelho.

Andersson et al. (1979) afirmaram que quando o sujeito se move da posição em pé para a "insuportada" posição sentada convencional, a lordose lombar é reduzida em média 38° . Essa modificação na lordose normal, ocorre pela rotação da pelve para trás em torno de 28° , sendo que, o restante dos 10° , representam a mudança no ângulo do corpo vertebral da porção lombar. Contudo, ocorre uma maior participação dos dois últimos segmentos vertebrais da coluna, e parte, da mudança na angulação sacroilíaca.

Quando sentamos, segundo Andersson et al. (1979), com a ajuda de um adequado encosto ou de suporte na coluna lombar, ocorrerá um aumento no valor total do ângulo lombar, assim como no valor do ângulo de cada corpo vertebral desse segmento. Em seus estudos, o autor verificou-se que mudando de 90° para 110° , a angulação do encosto em relação ao assento, modificava o ângulo sacro-horizontal de um valor médio de 34° , para um valor médio de 3° e, um ângulo pélvico-horizontal, desde um valor médio de 53° , para 22° . Da mesma forma, esta alteração postural, exigiria um movimento mínimo na articulação sacroilíaca e nos ângulos individuais do corpo vertebral lombar.

Quando os autores usaram um suporte lombar regulável, no encosto da cadeira, encontraram uma mudança do ângulo total da região lombar de $9,7^{\circ}$ para $46,8^{\circ}$, a medida que este suporte era acrescido de -2 para +4 cm; preservando, assim, a curvatura natural da região lombar.

Conforme Andersson et al. (1979) e Occhipinti, Pedoti e Grieco (In Corlett et al., 1986), com base em dados radiografados e de registros eletromiográficos, afirmaram que suportes lombares colocados em diferentes alturas da espinha, influenciam na angulação da lordose lombar, assim como, exercem influência na mudança de inclinação do ângulo do encosto da cadeira. A partir dos dados desse estudo pode-se concluir que a base para uma boa configuração da espinha lombar, no ato de sentar, é o resultado da rotação da pélvis; bem como, para sustentar o corpo na

posição vertical, a lordose lombar é sempre requerida. Como o plano sacral é geralmente inclinado à frente, ao sentarmos este plano tende para a posição horizontal, causando um achatamento na coluna lombar. Schoberth (1962) afirma que um ângulo horizontal igual ou maior de 16° é requerido para a manutenção da lordose normal da coluna sob o assento (suporte), na postura relaxada.

Para prevenir-se o achatamento da espinha lombar no ato de sentar, sugestões têm sido feitas para mudanças no *design* do assento ou no suporte para as costas. Dentre as mudanças sugeridas encontram-se a do assento inclinado para a frente, conforme Burandt (apud Chaffin e Andersson, 1984); Bendix (1996); Mandal (1985 e 1981); Nunes et al., (1989); Moro (1994).

2.4. A Mecânica do Sentar

A Ciência Mecânica é tão básica e familiar que a sua existência é muitas vezes negligenciada. Assim sendo, se não se pretende sofrer as conseqüências danosas do mal direcionamento das forças na configuração da postura do nosso corpo, devemos conhecer um dos princípios mais elementares da mecânica clássica.

De acordo com Basmajian (1977), o equilíbrio do corpo humano, em cima de suas várias articulações, depende de uma fina neutralização das forças da gravidade por contraforças. Na postura ereta, o menor gasto energético ocorre quando a vertical linha da gravidade anula-se através da coluna e dos demais ossos do corpo. Desse modo, o corpo humano aproxima-se da situação ideal, pois, um menor estresse será despendido pelos músculos e ligamentos espinhais.

Segundo Basmajean (1977), mecanicamente nós podemos experimentar o que é melhor para o corpo na postura ereta no plano sagital. Se o "CG" de cada segmento do corpo estiver alinhados de cima para baixo, basta que seja traçada uma linha que una as articulações entre os segmentos, obtendo-se assim uma posição sem qualquer atuação de força. Quando a linha de gravidade passar pela articulação suporte (articulação do quadril), o braço de alavanca corresponde ao valor zero e, conseqüentemente, não existirá *momento* agindo no sistema. Logo, quando o "CG" de um segmento corporal move-se da linha de suporte da articulação, o *momento de*

força fica estabelecido. Caso um grupo de segmentos mova-se para fora dessa linha, maior ainda deverá ser a magnitude do *momento*.

Para manter-se o equilíbrio do corpo, uma força deverá ser exercida para criar um *momento* igual em magnitude e de sentido contrário. Essa tarefa será realizada pelos músculos que se contrairão ativamente para manter a postura contra a ação da força peso, o que serão levados *ao estresse*, na ordem, para contrabalançar a má posição dos segmentos. Para que esse estresse seja minimizado ou eliminado, quando algum segmento se posicionar mais à frente, outro deverá mover-se para trás, com o objetivo de compensar e colocar o corpo novamente em equilíbrio. Muitas vezes, ao desempenhar uma atividade o sujeito é induzido a inclinar-se para frente para conseguir uma melhor visualização da área do trabalho. Exemplos mais comuns onde ocorrem essas posturas podem ser observados quando precisamos identificar um pequeno detalhe de um equipamento, quando lemos textos, quando escrevemos um artigo, o que levará, sem dúvida, a uma desvantagem mecânica para a musculatura dorsal manter essa posição em equilíbrio.

Segundo Palmer(1976), a necessidade de trabalhar sentado com o tronco e a cabeça flexionados à frente, ocorre pela combinação das seguintes situações: (1) o assento encontra-se muito alto; (2) o assento está colocado demasiadamente afastado da área de trabalho; (3) a bancada de trabalho ou mesa está muito baixa; (4) a necessidade visual da tarefa requer a fixação dos olhos num ponto específico; ou (5) mal dimensionamento do posto de trabalho para as exigências biomecânicas do indivíduo.

Todos esses fatores descritos acima e que acham-se presentes no cotidiano da maioria das pessoas, exigem que o corpo permaneça em posição que necessite a ação permanente de grupos musculares específicos, para colocá-lo em equilíbrio. A magnitude dessa ação muscular dependerá da distância com que as partes do corpo se afastam da linha base de equilíbrio, ou seja, quanto mais próximo estiverem da linha de ação da *força da gravidade* que passa pelo corpo do sujeito, menor deverá ser o esforço muscular para manter-se um equilíbrio estável.

Segundo Murrell (1978), a força exercida sobre um objeto resultante da atração gravitacional pode ser considerada como uma única, que representa a soma de todas as outras forças individuais do objeto. A magnitude desta força resultante é igual ao somatório de todas as forças individuais que representam os componentes

unitários do objeto, no caso os segmentos corporais. A ação da linha de força resultante irá passar através de um ponto chamado "CG", em que todos os momentos dos pesos individuais de um lado serão exatamente iguais aos momentos dos componentes individuais do outro lado do ponto (Le Veau, 1977). Por conseguinte, para proporcionar uma confortável postura sentada, sem indução de sobrecargas ou pressões indesejadas, os suportes da cadeira devem ter em suas diferentes partes a propriedade de ajustar-se à carga que lhe será aplicada, de maneira a distribuí-la uniformemente em sua área de contato.

Segundo Chaffin e Andersson (1984), a redução da atividade muscular do tronco é adicionada pela lordose lombar na espinha. Essa curva para frente trás para perto das vértebras lombares ou para baixo o CG do tronco, braços e cabeça. Se a espinha está estirada entre o tórax e o sacro, é porque o "CG" se localizou anteriormente a essa vértebra, ocorrendo uma solicitação do eretor da espinha e outros grupos posteriores para manter o tronco ereto. Assim, o "CG" do tronco pode ser mantido acima das vértebras lombares e dentro da área de base em uma pequena e intermitente atividade dos apropriados grupos musculares anteriores e posteriores da coluna espinhal.

Na posição sentada deve-se considerar o tronco, a cabeça e os braços, onde a base é agora a tuberosidade isquiática e tecidos circundantes. Sentado na posição convencional, com o ângulo dos quadris em 90°, reduz-se a lordose lombar fisiológica, causando tensão nos músculos dorsais e nos ligamentos, para compensar o aumento do momento de força criada pelo "CG" do tronco e cabeça. No sentido, de seja minimizada essa sobrecarga adicional sobre a coluna, devemos nos sentarmos de forma a direcionar o "CG" dessas partes superiores do corpo, mais posteriormente em relação à espinha nesse ponto.

De acordo com os três diferentes tipos de postura sentada, que foram destacadas por Schoberth (1962), como sendo, anterior, média ou posterior, definidas em função da localização do centro de massa do corpo (CG) e do peso corporal transmitido ao solo pelos pés, as posturas se diferenciam com respeito à configuração da espinha lombar. Na postura intermediária (média), o centro de massa está diretamente posicionado acima da tuberosidade isquiática e o piso suporta em torno de 25% do peso do corpo. Quando em posição relaxada, na média postura, a espinha lombar está igualmente ereta ou em branda cifose. A postura anterior (inclinada à

frente) pode ser obtida da média postura, por uma rotação à frente da pélvis com a espinha ereta, ou assumindo uma pequena cifose, sem o giro da pélvis, mas com uma grande indução da cifose na espinha. Nestas posturas o centro de massa está na frente da tuberosidade isquiática e o piso suporta mais de 25% do peso corporal (Chaffin e Andersson, 1984).

Ainda, segundo os autores, na postura posterior (inclinação para trás), menos que 25% do peso corporal é suportado pelo piso e o *centro de massa* está localizado atrás da tuberosidade isquiática. A postura posterior é muitas vezes obtida por uma rotação para trás da pélvis e simultaneamente aparece a cifose na espinha.

Segundo Wirhed (1986), constrangimentos ao corpo do indivíduo na posição sentada regular podem ser explicados pela posição do centro de gravidade (CG). Admite-se, que na posição em pé normal, a linha vertical do *centro de gravidade* passa aproximadamente a 5 cm à frente do centro do disco intervertebral. A força muscular para equilibrar o tronco deve ser de 50% do peso do corpo, uma vez que a metade do peso corporal encontra-se acima da L3. Quando o sujeito encontra-se sentado em uma cadeira convencional, tal linha passa 15 cm à frente da L3. O braço de alavanca do músculo (como na posição em pé) tem 5 cm. Para manter o equilíbrio, portanto, é necessária uma força 3 vezes maior. Somando-se a isto, o fato de que o homem executa a maioria de suas tarefas sentado, estas posturas estáticas prolongadas trarão prejuízos ao *sistema músculo-esquelético*, uma vez que provocam restrições no fluxo sanguíneo, perturbam o equilíbrio químico dentro dos músculos, acumulam produtos metabólicos residuais que causam desconforto e favorecem o aparecimento da fadiga muscular (Floyd e Roberts, 1958).

Quando uma pessoa está ereta, os músculos posturais permanecem constantemente ativos. Essa atividade pode ser minimizada quando os segmentos do corpo encontram-se bem alinhados. Durante a posição em pé a linha da gravidade do tronco geralmente passa da ventral para o centro da 4ª vértebra lombar do corpo (Nordin e Frankel, 1989). Desse modo, esta distância ventral ao eixo transversal do movimento da espinha produz um momento de força constante para frente, que deverá ser contrabalançado pelas forças dos ligamentos e dos músculos eretores da espinha. Por outro lado, com um deslocamento da linha de gravidade alteramos a magnitude e direção do momento na espinha. Para o corpo retornar ao equilíbrio, o momento deverá ser contrariado pelo acréscimo da atividade muscular, que causa

interrupção do movimento postural. Em adição ao músculo eretor da espinha, os músculos abdominais são depois intermitentemente ativados na manutenção da posição ereta do tronco. A porção vertebral do *músculo psoas* é também envolvida na produção da movimentação postural. O nível de atividade desses músculos variam consideravelmente entre os indivíduos e contribuem significativamente na configuração da espinha, como por exemplo a magnitude da habitual cifose e lordose.

A pelve também tem uma influência importante na atividade muscular, o que resulta em cargas na espinha durante a postura em pé. A base do sacro é inclinada para frente e para baixo. O ângulo de inclinação ou ângulo sacral na postura em pé relaxada deverá ocorrer ao redor de 30°, para o plano transversal. Flexionando a pelve ao redor do eixo transversal ocorre uma mudança de ângulo na articulação dos quadris. Quando a pelve é flexionada para trás, o ângulo sacral diminui e a lordose lombar é achatada. Este achatamento afeta a espinha torácica, a qual se estende inadequadamente para ajustar o CG do tronco, e assim diminuir a energia despendida pelo trabalho muscular. Quando a pelve é girada para frente, o ângulo sacral aumenta acentuando a lordose lombar e a cifose torácica. À frente e para trás, a rotação na pelve tem influência na atividade dos músculos posturais, por afetar a distribuição da carga estática na espinha de acordo com (Chaffin, Andersson e Martin, 1999).

Na posição em pé relaxado, a carga no 3º disco lombar, calculado para a pressão discal, é de aproximadamente 70 Kg em um homem que pesa 70 Kg; esta carga é quase 2 vezes o peso do corpo acima do nível medido, que é de aproximadamente de 60% do total do peso do corpo, ou aproximadamente 40 Kg (Nachemson, apud Nordin e Frankel, 1989). Conforme o autor, quando o tronco é flexionado ocorre um aumento desta carga devido ao acréscimo, para frente, do momento de força na espinha. A inclinação para frente da espinha faz no disco uma saliência (protusão) na porção anterior e uma concavidade (retração) na porção posterior. Conseqüentemente, ambas compressionam e tencionam, causando um aumento de estresse no disco. A adição de um movimento de rotação acompanhado de carga tencional ajuda a aumentar o estresse no disco.

Na postura sentada relaxada sem encosto, as cargas na espinha lombar são maiores do que em pé relaxado. Nessa posição a pelve é girada para trás e a lordose lombar normal desaparece. A posição da linha de gravidade da parte superior do

corpo, que já era ventral em relação a espinha lombar, é deslocada mais ventralmente ainda, criando um grande braço de alavanca para a força exercida pelo peso do tronco.

De acordo com Nachemson, este braço de alavanca produz um aumento no momento de força (torque) na espinha lombar, o qual faz com que o tronco seja encurvado para frente. A ação do *músculo psoas* também, contribui para que ocorra este aumento na carga da região lombar na posição sentada (Figura 6). Essa mudança origina um longo braço de alavanca (LP) para o peso da parte superior do corpo. Quando o sujeito está sentado ereto o giro para frente da pelve faz diminuir o braço de alavanca (C), porém esta posição não é tão adequada como a posição em pé relaxada (Nordin e Frankel, 1989).

Na posição sentada ereta, inclinando-se a pelve para frente e aumentando-se a lordose lombar, reduz-se as cargas na espinha lombar. Contudo, essas cargas aliviadas excedem as da postura em pé ereto. Durante esta posição sentada, particularmente, se os joelhos estiverem um tanto estendidos, os músculos posteriores da coxa são estirados devido à restrição causada pela rotação para frente da pelve, podendo causar, também, um aumento na carga da espinha lombar (Stokes e Abery, in Nordin e Frankel, 1989).

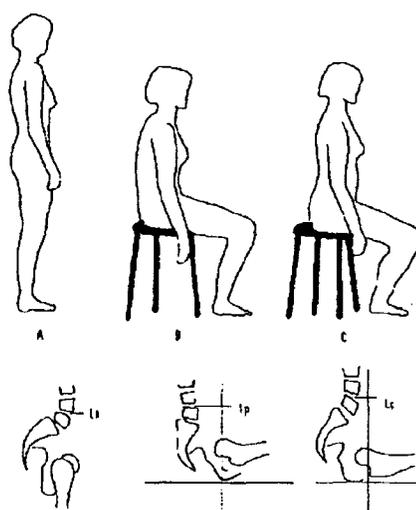


Figura 6: Comparada com a posição em pé relaxada (A), a linha de gravidade da parte superior do corpo modifica-se, afastando-se ventralmente na posição sentada relaxado sem encosto, bem como, a pelve faz uma rotação para trás retificando a lordose lombar e aumentando o braço de momento L_p (B) (Nordin e Frankel, 1989).

Yu e Keyserling (1989) afirmaram que a vantagem do uso da cadeira para as atividades laborais é o fato de que na posição sentada o desperdício de energia física é eliminado, reduzindo-se a fadiga corporal. Por outro lado, a cadeira pode também introduzir um excessivo estresse musculoesquelético, principalmente, se a postura sentada for suportada inapropriadamente por um longo período de tempo. No entanto, essas cargas na espinha lombar, poderão ser diminuídas sentando-se com o auxílio do encosto, porque parte do peso da porção superior do corpo será transmitido em parte para este. Inclinando-se o encosto para trás, juntamente com a colocação de um apoio na região lombar, poder-se-á também, diminuir as sobrecargas desta posição.

Moro (1995), utilizando-se de um protótipo equipado com células de carga e interligadas a um microcomputador, observou, a partir dos dados registrados em 37 sujeitos estudados, mudanças significativas na distribuição do peso corporal sobre o assento da cadeira. Essa variabilidade de distribuição de peso corporal, segundo o autor, deu-se em função da disposição diferenciada dos suportes (assento, encosto, mesa, piso e joelho) que representavam um mobiliário do tipo cadeira-mesa, presente na situação experimental simulada pelo protótipo, conforme ilustrado na Figura 7, abaixo.

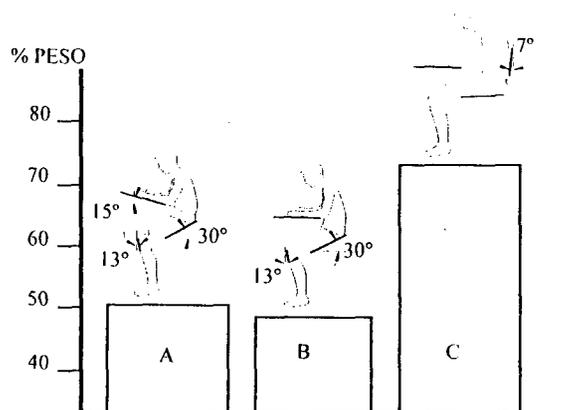


Figura 7: Percentagem de peso corporal verificada na superfície do assento, nas três situações experimentais, utilizando-se a Dinamometria (Moro, 1984).

Conforme pode ser observado na Figura 7, a carga maior no assento, ou seja o valor percentual de peso ocorreu no conjunto cadeira-mesa convencional (C). A

diferença de carga distribuída sobre o assento da cadeira C, quando comparada com a distribuição de peso sobre os assentos A e B foi significativamente maior. Entretanto, o peso distribuído sobre a superfície do assento do mobiliário B parece levemente diminuída em função do ângulo do tampo da mesa de trabalho. Apenas o mobiliário C (convencional) induziu um ângulo aproximado de 90 graus entre a coxa e o abdome. Tanto o mobiliário A quanto o B permitem uma abertura do ângulo coxo-femural superior aos noventa graus convencionais, conforme recomendação apoiada em estudos biomecânicos para reduzir a pressão intradiscal da coluna vertebral. Esses dados apresentam, também, relações com níveis de conforto, movimentação excessiva e posturas não convencionais.

2.5. Pressão Intradiscal

Segundo Grandjean (1973), a curvatura da espinha causa uma desigual distribuição de pressão nos discos intervertebrais, resultando num fator contribuinte para o desenvolvimento de distúrbios na coluna vertebral. Conseqüentemente, as costas deverão ser conservadas de forma ereta e na posição perpendicular para que possam ser evitados os super esforços. Conforme o referido autor, essas recomendações também são válidas para quando assumimos posturas sentadas e para quando levantamos objetos pesados com a flexão das costas, onde os valores das forças relativas são aparentemente reduzidos.

Em 1964, Nachemson e Morns (apud Chaffin e Andersson, 1984) publicaram dados sobre pressões intradiscais *in vivo*, de sujeitos assumindo a postura em pé e sentados com suporte. As pressões mensuradas, quando o sujeito estava em pé, eram de aproximadamente 35% menores comparadas quando o sujeito assumia a posição sentada.

Outros estudos, sobre pressões em vértebras lombarares (a nível de L3), foram conduzidos por Andersson et al. (1979) que coletaram dados sobre essas medidas com sujeitos na posição em pé, sentados em diferentes cadeiras e com diferentes suportes, colocados na região dorsal. Os resultados desses estudos indicaram que a pressão nos discos é consideravelmente baixa em pé e utilizando-se

do assento com suporte, quando comparadas com as demais posições, conforme pode ser observado na Figura 8, a seguir.

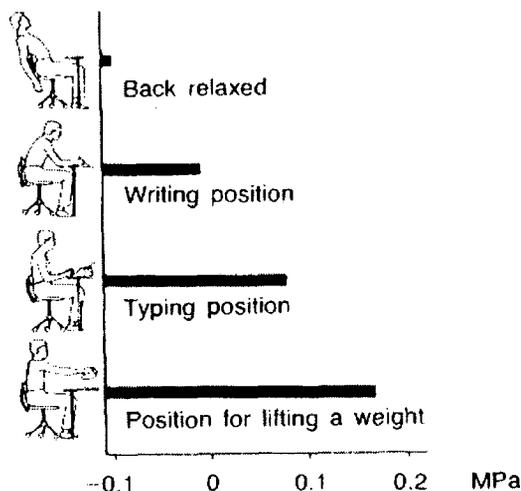


Figura 8: Comparação da pressão intradiscal na 3^a vértebra lombar medida em diferentes posturas (in Chaffin e Andersson, 1984).

Segundo Chaffin e Andersson (1984), nas posturas adotadas em assentos com suportes, as menores pressões intradiscais ocorrem quando o indivíduo encontra-se sentado com as costas eretas (na posição vertical). Sendo que as pressões em certos pontos são causadas principalmente pelo aumento no momento da carga do tronco (peso), devido à rotação da pélvis para trás, em conjunto com a flexão da espinha lombar e dorsal para frente e, devido à deformação dos discos provocado pelo achatamento da espinha lombar. Quando os sujeitos eram testados sentados, utilizando-se de cadeiras com suportes lombares, os valores medidos das pressões foram consideravelmente menores com o encosto inclinado em 110° a partir da linha de referência vertical. Este decréscimo na pressão também foi constatada com o uso de suporte na região lombar.

Yamaguchi (apud Grandjean, 1973) em estudo envolvendo 122 sujeitos sentados, experimentou mudanças na posição das costas pela variação de 0° a 20° no assento e pela variação do ângulo de inclinação do encosto de 90° a 135° . Os resultados mostraram que a atitude neutra (força de compressão igual a zero) não pode ser conseguida se o ângulo entre o assento e o encosto for menor que 105° ; mesmo com uma maior inclinação do assento. A relação existente entre as mudanças

de inclinação do assento e do encosto encontradas pelo autor foram as seguintes: quanto menor for a inclinação do assento, maior deverá ser o ângulo entre o assento e o encosto para alcançar a posição neutra. A maior inclinação do assento exige um pequeno ângulo entre ele e o encosto, para manter a neutra posição.

De acordo, ainda, com Yamaguchi, os valores mais baixos das pressões intradisciais foram atingidos quando a inclinação do assento permanecia entre 15° e 20° e o encosto entre 120° e 125° inclinação. O autor concluiu que a postura para a frente estava associada com as altas forças de compressão nos discos intervertebrais e, quando o sujeito permanecia sentado imóvel por longos períodos de tempo, esta posição poderia levá-lo a um processo degenerativo dos discos intervertebrais. A sugestão proposta é que se trabalhe sentado, alternando-se de tempo em tempo a posição do tronco, em uma postura inclinada para frente e para trás.

Resultados semelhantes, aos descritos anteriormente, foram reportados por Nachemson (1970) e Andersson (1974) (apud Chaffin e Andersson, 1984). Segundo esses autores, um ângulo de 14° do assento em conjunto com um encosto inclinado de 110° a 130°, a partir da linha horizontal, ocorreram os menores valores na pressão interdiscal. Sendo que, para Grandjean (1998), um aumento do ângulo do assento para 110° ou 120°, associado a uma almofada com 5 cm de espessura, colocada na altura da L4 ou L5, representam as melhores condições para se aliviar a pressão dos discos intervertebrais e o trabalho estático da musculatura das costas.

Esses resultados podem ser melhor compreendidos da seguinte maneira:

- (a) quando um suporte lombar é usado, parte do peso do corpo é transferido para o encosto se a pessoa repousa as costas, reduzindo assim parte do peso na espinha lombar, causado pelo peso da parte superior do corpo;
- (b) um aumento na inclinação do encosto produz também uma transferência da carga do peso do tronco para o encosto, ocorrendo uma redução na pressão intradiscal;
- (c) o uso de apoio para os braços reduz a pressão porque absorve para si a carga dos membros superiores; e
- (d) o uso de um suporte lombar faz mudar a configuração da espinha lombar, aumentando a lordose e, conseqüentemente reduz a deformação irregular dos discos lombares e a correspondente pressão discal.

Quando a curvatura lombar é fletida, a força de compressão dos discos lombares aumenta aproximadamente numa ordem de 35%, conforme referido anteriormente, ocasionando uma força assimétrica no interior dos discos lombares, dirigindo-os posteriormente. A combinação dessas duas forças quando carregadas cronicamente, podem gradualmente levar ao rompimento do disco, através do traumatismo e prolapso da lamela posterior do anel fibroso. Esse processo também faz com que os ligamentos fiquem estirados substancialmente, causando um grande *estresse*, podendo inclusive romper sua fixação nos processos espinhais (Andersson et al., 1979). Se esse fato ocorrer, os nervos ficarão comprimidos no canal espinhal, onde, poderão surgir isquemias, rompimento de nutrição e resultar em disfunção neurológica.

Esses *estresses* podem ser diminuídos se um ângulo de valo maior for mantido entre o tronco e a coxa. De acordo com Keegan (1953), se for mantido um ângulo de 135° e uma não significativa rotação da pélvis para trás, a espinha lombar permanecerá numa condição neutra, com um mínimo de setresses músculo-esquelético. Esse dado foi confirmado posteriormente através de estudos sobre gravidade zero no espaço sideral (Thornton, 1978) e por Andersson et al. (1986), conforme mostrado na Figura 9. Baseado nesses dados, Mandal (1976) sugeriu que esse conceito fosse observado na construção dos assentos dos postos de trabalho, para que essa postura fosse adotada, se possível.

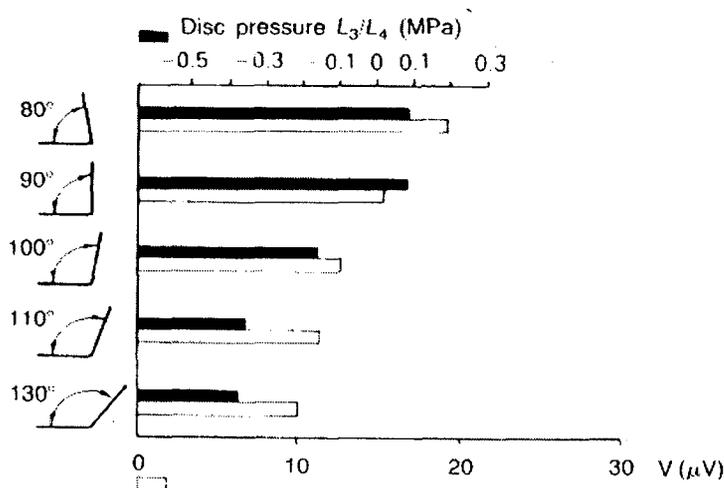


Figura 9: Efeito do ângulo do assento na pressão intradiscal e na atividade mioelétrica paravertebral a nível de T8 (in Kroemer e Grandjean, 1997).

Estudo realizados sobre posturas típicas de trabalho de escritório, utilizando-se de uma escrivaninha, foi observado um decréscimo na pressão intradiscal, em posições que eram assumidas com os braços apoiados na superfície de trabalho, quando comparadas a outras posições. Também, em outras atividades de ofício, como por exemplo, a datilografia e ao pegar um telefone com os braços estendidos, ocorriam um aumento nos níveis de pressão, devido ao aumento do momento de força na espinha vertebral, gerado pela carga externa (Kroemer e Grandjean, 1997).

De acordo com os resultados de uma pesquisa conduzida por Schoberth (1962), envolvendo escolares, ficou observado que o encurvamento na região lombar ocorriam nos discos lombares na altura de L4 e L5, em todos os casos avaliados. Foi verificado, que na altura dessa região, que ocorrem a maioria dos casos de deslize de disco (prolapso). Por esse motivo, segundo o autor, é importante que se evite o superencurvamento da coluna. Esta inclinação das partes anteriores das vértebras lombares causa uma pressão entre si, em uma magnitude considerável que varia de 500 a 1000 N. Deste modo, as vértebras lombares pressionam os discos para baixo em direção à espinha, enquanto que os lados posteriores das vértebras são separados com a mesma força. Mesmo para sujeitos que apresentam a coluna dorsal normal, uma flexão de 30° parece ser a pressão máxima que as costas podem suportar em períodos mais prolongados, de acordo com Keegan, 1953.

Occhipinti et al. (In Corlett, Wilson e Manenica, 1986), utilizando-se de uma metodologia da biomecânica, envolvendo eletromiografia (EMG) e radiologia (Rx), comparou 6 diferentes posturas sentadas com o uso de um mobiliário experimental. A pesquisa teve os seguintes objetivos: (a) Quantificar o nível de estresse nos discos da coluna lombar (L3/L4) e cervical (C6/C7), nas diversas posturas com os braços apoiados sobre a mesa, com e sem o uso de suporte lombar; (b) Analisar a atividade mioelétrica a nível da lombar L3 e do músculo trapézio; e, (c) Analisar a posição da pélvis e espinha lombar nas diferentes posições.

Os autores, escolheram 10 sujeitos para realizarem uma tarefa de digitação em diferentes tipos de assentos. Os resultados foram analisados sob a ótica do conforto postural, com a escolha de 2 posturas básicas para a posição da cabeça: (a) cabeça ereta (instante da visualização do *display* do computador) e (b) cabeça inclinada (instante da leitura do material a ser digitado). Para a posição do tronco foram escolhidas as seguintes situações posturais:

- 1- Sem suporte lombar: (1.a) tronco ereto, (1.b) tronco relaxado e (1.c) com o uso de um assento de superfície inclinada à frente em 20 graus.
- 2- Com suporte lombar: (2.a) tronco ereto e (2.b) suporte posicionado na vertical, tronco relaxado e com a nádega posicionada anteriormente no assento e, por último, (2.c) com o suporte reclinado em 110 graus em relação ao assento plano.

Para o estudo biomecânico, os pesquisadores utilizaram-se de uma plataforma piezoelétrica (modelo Kistler) para determinar a força de reação do solo, combinada com a geometria postural, obtida com o auxílio de uma câmera filmadora, posicionada sagitalmente aos indivíduos. O estresse no disco intervertebral refere-se à quantidade de carga suportada pela área do disco em cada sujeito. Conforme os resultados verificou-se que todas as posturas sentadas com suporte lombar, o estresse no disco lombar foi significativamente menor ($p < 0.001$), quando comparados às demais posturas sem o uso do encosto. Significativa quantidade de estresse foi verificada quando o sujeito encontrava-se sem o encosto e com a coluna relaxada e a menor quantidade de estresse quando foi utilizado o assento inclinado de 20° à frente. Quanto à atividade muscular, os maiores resultados (48%) foram encontrados na postura 1.a e 2.b, enquanto que o menor foi de 15% na postura 2.a. Quanto aos resultados radiográficos, foi constatado que as posturas de tronco ereto (1.a e 2.a), o ângulo sacral e profundidade da curva lombar reduziram em 14° e 14.5% respectivamente, desfazendo-se por completo a lordose lombar fisiológica. Com o tronco na posição relaxada (1.b e 2.b), houve uma redução de 26° no ângulo sacral e uma diminuição da profundidade lombar de 31%. Os Rx mostraram a ocorrência de inversão da lordose fisiológica. E, por último, o uso do assento inclinado (1.c), a redução do ângulo sacral foi da ordem de 22° e a profundidade da curva lombar decaiu em 22%. Neste caso também houve uma inversão da lordose lombar, porém numa magnitude menor que os casos anteriores.

Os autores concluíram que a postura sem o suporte dorsal é menos favorável em relação ao estresse no disco intervertebral. A postura com o assento inclinado apresentou resultados mais favoráveis nesse sentido, haja visto que a inversão da lordose lombar e a atividade mioelétrica foram menores que em relação a postura 1.a. Contudo, esses resultados precisam ser aprofundados. A postura 1.b apresentou a maior desvantagem, devido ao alto valor de carga no disco intervertebral, tanto a nível lombar como cervical. E, por último, o estresse na coluna cervical não depende

da posição do tronco; a flexão da cabeça durante a leitura do texto sobre a mesa plana, requer um grande esforço dos músculos do pescoço e produzem grandes cargas no disco cervical, comparada com a postura ereta da cabeça.

2.6. Ângulos Posturais

Freudenthal et al. (1991) realizou contínuos registros da posição do tronco e da cabeça para examinar os efeitos de uma mobília regulável (*Erasmus Office-Desk*) sobre a postura corporal sentada, durante tarefas de leitura e escrita, na qual a mesa possuía 10° de inclinação. Foram utilizados 2 inclinômetros para o registro da variação angular na cabeça e no tronco (T1-C7) no plano sagital e outro no tronco para medir a lateroflexão da postura. Os registros eram realizados com 10 sujeitos realizando a tarefa alternadamente entre uma mesa horizontal e a mesa com 10° de inclinação, durante testes de 45 minutos. A postura da coluna lombar foi controlada pelas dimensões da cadeira, especialmente do encosto, na relação do comprimento dos braços, pernas e coluna. Para criar uma situação de mínimo esforço muscular, a superfície do assento da cadeira foi posicionada 30 mm abaixo da região poplitea, com os sujeitos vestindo calçados. O suporte lombar foi posicionado na altura da L3 e o apoio para os braços posicionados a 30 mm acima da altura do cotovelo, todas medidas obedeceram às recomendações propostas por Andersson et al., (1986). Os resultados dessa pesquisa demonstraram que além de outras vantagens, a postura que os sujeitos adotaram na cadeira experimental permanecia mais ereta que na tradicional, principalmente a da cabeça e do tronco. A posição média do tronco mudou de 26° para 18.2° nas tarefas propostas. O momento causado pela ação da gravidade é proporcional ao seno desses ângulos. Uma mudança a nível da L5-S1, decaiu em 29%, com o máximo de 86%. Para a cabeça, o valor do ângulo foi alterado de 38.5° para 29.6°, resultando um decréscimo do momento de força em C7-T1 de 21%, com o máximo resultado em 51%. A latero flexão do tronco foi menor na cadeira experimental.

Em estudo-piloto anterior, ao descrito acima, realizado por Wall et al. (1991), 10 sujeitos foram avaliados realizando um teste de leitura e escrita, utilizando-se uma mobília, composta por uma cadeira com altura fixa de 47 cm e,

para uma mesa em 76 cm, com os mesmos 10 graus de inclinação do tampo da mesa. A mediana dos histogramas, gerados pelos inclinômetros, mostraram posturas mais eretas com o uso da mobília experimental. No teste de leitura, o valor médio adotado pelo tronco, para o 10 sujeitos no plano sagital foi de 7 graus mais ereto (vertical) e de 6° para a posição da cabeça. Ambas as diferenças foram estatisticamente significativas ($p < 0.05$). O ângulo entre o segmento do tronco e a cabeça não apresentou diferença significativa, da mesma forma, não foi encontrado, no plano frontal, uma preferência pela mesa inclinada. A postura dos sujeitos mostrou-se mais ereta por um longo tempo. Tomando-se o percentual médio de tempo para a posição da cabeça, os valores angulares decaíram de 38 para 32 graus, enquanto que o momento de força diminuiu em 15%. Para o tronco, essa diferença angular foi de 7° e o momento de força decaiu em 22%. Sendo que, para um sujeito da amostra, o resultado dos momentos de força foi de 35% menores para a cabeça e 95% menor para o tronco.

Blöte, Sieltra e Zoetewey (1987) observaram o comportamento postural de 55 crianças de 5,5-6,5 anos, no ambiente da escola, durante a realização de 3 diferentes tipos de cópia e de escrita, enquanto eram filmadas. Foram feitas detalhadas observações a respeito da posição do tronco e dos braços, manipulação do lápis e do movimento do braço durante a escrita. Os resultados das diferentes posições e movimentos foram separados em 4 grupos distintos: (a) postura inicial, (b) postura em curso da linha, (c) postura de apreensão do lápis e (d) movimento de deslocamento do braço com o lápis. Os autores constataram que mais da metade dos casos permaneciam inclinados à frente (constantemente ou intermitentemente) e outra metade na posição ereta. A posição do braço na atividade de escrita é o que confere a menor variação entre o grupo avaliado. Na maioria dos casos as crianças começavam a escrever com o antebraço e cotovelo descansando sobre a mesa, enquanto que ao final da linha de escrever, essa relação se modificava. O antebraço tende a ficar em um ângulo oblíquo com a linha de escrita (metade do caminho da linha de escrita). Alguns mostraram uma posição em ângulo reto; enquanto que a posição paralela a linha era rara.

Segundo os autores, na maioria dos casos, o sujeitos colocavam o papel a uma distância de 0-8 cm da borda da mesa, defronte ao corpo, posicionados de forma reta ou girados contra o sentido dos ponteiros do relógio.

Sumarizando, o resultado desse estudo demonstrou a ocorrência de grande variação de postura e movimento de escrita nas crianças estudadas; essa variação não tem relação com a idade ou com o sexo. O mais importante fator discriminante é atribuído à postura corporal que varia desde a escolha da mão, postura inclinada à frente, posição do papel e a postura ereta. Como essas categorias de eventos incluíam itens como, tensão muscular associado a postura inclinada à frente, acreditasse, com segurança, que essas crianças que assim se caracterizavam, realizavam um maior esforço para a realização da tarefa de escrita. Por outro lado, crianças que adotaram uma posição mais ereta, possuíam mais facilidade ou habilidade ao executar a mesma tarefa, devido a essa posição do tronco menos estressante. Os autores deixaram sugerido, que nos grupos 3 e 4, a posição ereta podia estar associada respectivamente ao grau de maturidade ou imaturidade no uso do braço de escrever. Contudo, não encontraram relação entre o produto e o processo, pois acreditam na existência de outros fatores individuais determinantes e que não obedecem a uma relação linear.

2.7. Ângulos da Cabeça e do Pescoço

Uma medida comumente utilizada para a determinação da postura da cabeça é *linha de visão* (ligação entre o olho e o objeto observado), (Figura 10), abaixo. Esta linha é determinada pela movimentação da pupila e, em segundo lugar, pela inclinação do pescoço e da cabeça. Quando uma pessoa encontra-se relaxada e sem fixar um objeto direciona sua visão para frente, diz-se obter a *linha normal de visão*. Um movimento do olho de 15° acima e abaixo desta linha, é considerado confortável e desprovido de esforço.

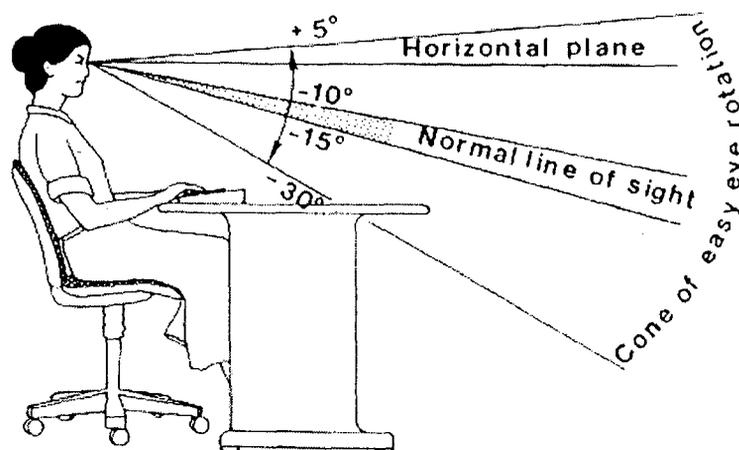


Figura 10: Cone de visão normal para atividades em postura sentada, segundo Kroemer e Grandjean (1999).

Segundo Kroemer e Grandjean (1999), isto significa que a direção do olhar durante o trabalho pode descrever um cone de 30° em torno da linha de visão normal. Se o objeto estiver fora deste limite, os segmentos da cabeça e do pescoço serão exigidos a movimentar-se.

Entre outros especialistas, como Chaffin, Andersson e Martin, (1999), também são da opinião que a linha normal de visão situa-se entre 10 a 15° abaixo da linha horizontal. Esta linha normal de visão é a posição de repouso dos olhos. Por esse motivo, é recomendado que os objetos a serem visualizados fiquem em um ângulo de visão entre 5° acima e 30° abaixo de uma linha horizontal imaginária, conforme pode-se observar na Figura 10, acima.

Em atividades de leitura e escrita em mesas de superfície plana exige-se uma maior inclinação da cabeça à frente, no sentido de obter a posição mais adequada para visualizar o texto; onde, segundo Mandal (1981), esta distância focal que seria em torno de 20 a 30 cm do material colocado a 90° em relação ao respectivo eixo ou linha de visão.

Baseado nesses aspectos, Grandjean (1998) concluiu que a mesa com uma inclinação facilitaria a adoção de uma postura do tronco mais ereta e auxiliaria na visão. No entanto, observou que o tampo da mesa, demasiado inclinado não se prestaria para se apoiar objetos, devido à propensão a escorregar.

Conforme Wall, Riel e Snijders (1991), quando da observação que crianças adotavam altos valores angulares de inclinação à frente, a procura da melhor

distância para visualizarem o material de trabalho, afirmaram ser esta posição de excessivo estresse para a musculatura paravertebral. Quando as crianças mantêm a cabeça em flexão, a musculatura do pescoço executa uma contração excêntrica para vencer a componente da força peso gerado por este segmento, e mantê-lo em equilíbrio estável. Por outro lado, com a cabeça posicionada mais próximo da linha vertical, menor será o braço de alavanca para esse peso, e por conseguinte menor será a tensão muscular na região cervical.

2.8. Antropometria e Mobiliário

2.8.1. Estudos de caso

Evans, Courtney e Fok (1988), realizaram uma coleta de dados antropométricos de 684 crianças, para serem usados na confecção de cadeiras e mesas educacionais para as escolas em Hong Kong. Esses dados foram comparados com os resultados da população britânica. Foram realizadas 13 medidas corporais, com o auxílio de um antropômetro e um banco. Como resultado, foram determinados que 5 tamanhos de cadeiras e mesas combinados atendiam a 6 turmas de alunos no ensino primário e 7 turmas no ensino secundário, população essa que varia de 6 a 18 anos em média.

Tabela 1: Recomendações chinesas e britânicas utilizadas na construção de móveis escolares, segundo Evans et al. 91988).

Alturas	Hong Kong		BS 5873:1980 Parte 1	
	Assento	Mesa	Assento	Mesa
1	295	490	260	460
2	320	520	300	540
3	350	570	340	580
4	375	610	380	640
5	400	670	420	700

Conforme Tabela 1, acima, os valores encontrados mostraram que as escalas de tamanho propostas para Hong Kong diferem das recomendadas pela BS 5873 (1980). As crianças britânicas são geralmente maiores que as de Hong Kong, através dos limites por idade. Esse fato reforçou a ênfase de se agrupar crianças por categorias de tamanho e não de realizar uma direta comparação, pelo fato de não ser o propósito do estudo a comparação da idade com categorias de tamanho. O

agrupamento dos alunos nas 5 categorias de mobiliário é razoavelmente bem distribuído. A grande maioria das crianças em cada classe em particular, era atendida pelos tamanhos apropriados. No entanto, deve-se ter o cuidado das crianças usarem a cadeira com a mesa adequada, para isso foi recomendado o uso de cores sugerido pela norma britânica. As diferenças entre meninos e meninas não foram significantes na idade anterior a 14 anos. No geral, para a escola secundária, foi mais aconselhável o uso de 4 tamanhos diferenciados do que os 5 do ensino primário.

Em outro estudo, Verbeek (1991) utilizou, em grupo de instrução programada, de trabalhadores de escritório, uma mobília de assento e mesa ajustáveis, baseados na individualidade de dimensões corporais. O programa foi avaliado por meio da mensuração dessa mobília antes e depois da instrução do grupo experimental, que foi comparado a outro grupo controle na mesma tarefa. O autor recrutou 68 sujeitos (36 homens e 32 mulheres), onde foram tomadas as medidas antropométricas do sentar - altura do cotovelo, altura poplíteia, profundidade do assento (comprimento da região poplíteia até a extremidade posterior do corpo sentado) e altura da porção mais espessa da coxa. Essas medidas serviram para a regulação do mobiliário individualmente, onde chamou de posição ideal. O grau de ajuste da altura do assento variava de 415-545 mm e profundidade de 375-445 mm e do braço de apoio em 5 posições de extensão de 75 mm. O encosto possuía 3 posições de inclinação para trás. Anteriormente à instrução, o grupo experimental possuía 71 mm de desvios médio da altura do "assento ideal" e 70 mm para a altura da mesa. Após a instrução esse desvio em altura, foi reduzido para 11 mm no assento e 18 mm para a mesa. Segundo os autores, apesar do resultado terem sido estatisticamente significativo, haveria pouca possibilidade de aplicação prática, haja visto que apenas 7% do trabalhadores sentiram a necessidade de melhorar a altura da cadeira, e 13% para melhorar a altura da mesa da mobília, conforme instruções que lhes foram passadas. Os autores, por outro lado, devido ao resultado pouco expressivo do trabalho, atribuíram em parte, como culpados, a influência do conceito arbitrário de postura sentada ideal, dificuldade de ajuste na forma de obter o adequado descanso para os pés e elevação da mesa, da social aceitabilidade de instruções, além dos impedimentos práticos que ocorreram.

2.8.2 O caso da Austrália

Segundo Oxford (1969), no ano de 1950, o Departamento de Educação de New South Wales na Austrália iniciou um projeto de reestudo das carteiras escolares, baseado em dados antropométricos, visando melhor atender às crianças em cada sala de aula. O resultado do estudo serviria de suporte para mudanças no *design* da mobília educacional utilizada até então, com base na antropometria, requisitos posturais, práticas educacionais e hábitos posturais. O estudo iniciou com o envio de um questionário para 1.760 crianças do ensino primário e secundário. O questionário continha questões sobre preferências de altura do assento, hábitos de sentar e a cadeira preferida.

Em um estudo preliminar de levantamento antropométrico, em 1949, em que foram tomadas 5 medidas, de 13.000 escolares, para determinar as proporções requeridas para mesas e cadeiras nas diversas classes de ensino. A partir dos resultados obtidos, ficou constatado o seguinte: (a) Não havia uma única carteira que acomodasse adequadamente a criança média nas classes; (b) Havia a necessidade do uso de cadeiras com 8 alturas, numa escala de variação de 254 mm à 457 mm de tamanhos (A - H); e, (c) Caberia para cada grade de ensino o uso de carteiras voltadas a suprir a necessidade das crianças com pernas mais curtas.

Tabela 2: Medidas de cadeiras e mesas utilizadas para atender as escolas na Austrália, baseadas na antropometria dos alunos (Oxford, 1969).

CADEIRAS	A	B	C	D	E	F
Altura do assento	255	290	330	368	406	445
Largura do assento	305	305	305	355	355	355
Profundidade do assento	228	267	305	343	368	368
Espaço assento-encosto	140	152	178	203	203	203
Profundidade do encosto	240	280	318	355	380	393
Atura suporte dos pés	145	175	197	240	267	292
MESAS				Alturas (mm)		
Infantil - em madeira (Altura até o guarda livros)	457	520	585	-	-	-
Primário - em madeira (Altura até o guarda livros)	-	520	585	640	705	-
Secundário - em metal (Sem guarda livros)	-	-	-	-	655	700

No entanto em 1954, os pesquisadores decidiram que deveriam reduzir, 8 para 6, as alturas de carteiras, porque a graduação de 25 mm, utilizada anteriormente

de intervalo de escala, foi considerada mais teórica que prática. Para isso deveriam obedecer a uma escala de variação de 254 mm à 445 mm de altura, com 38 mm de avanço de A a F (Tabela 2), respectivamente.

Segundo Oxford, dando continuidade ao trabalho inicial, no ano de 1965, o projeto foi estendido a mais de 13.000 estudantes terceários e adultos, onde as medidas antropométricas foram obtidas com o auxílio dos instrutores de Educação. Essas medidas referiam-se ao seguinte:

Em pé ereto: altura, cotovelos (fletidos) até o solo e escápula até os dedos com os braços estendidos.

Sentado ereto: altura dos olhos até o assento, assento até a escapula, assento até o cotovelo, pernas do calcanhar até o ângulo poplíteo, comprimento da coxa, nádega ao ângulo poplíteo, diâmetro da coxa e largura do corpo (na altura dos braços).

Do resultado antropométrico

Considerando-se a importância de prover cadeiras educacionais adequadas para todo aluno, e não meramente para o grupo central, o autor afirmou que era importante apreciar a extensão de diferenças que existem no comprimento da perna em todas as idades e em todos os níveis de escolaridade. As crianças em 5 anos ficaram 6,3 cm mais altas. Entre 5 e 17 anos, a diferença era de 6,5 cm para os meninos e de 4,8 cm para as meninas. Em 1908, os meninos de 17 anos eram 10,3 cm mais altos que as meninas na mesma idade; já em 1965, essa diferença aumentou para 12 cm. A diferença do menor aluno para o maior, na idade de 5 anos, representou uma diferença de 40% da medida do menor; para alunos com 12 anos, essa diferença era de 42% e, para os de 18 anos, a diferença aumentava para 44%, respectivamente. Essas diferenças mostram o problema da acomodação sentada desses alunos, especialmente quando meninas pequenas e meninos altos são colocados na mesma sala de aula. A altura das mesas foram reduzidos de 76 para 71 cm e das cadeiras de 45,7 cm para 43,2 cm.

Segundo Oxford, "A fabricação de carteiras em diferentes alturas é viável desde que cheguem ao destino correto ou a quem se destina propriamente". Prosseguindo, ...conseguir dados antropométricos dos alunos constitui-se em tarefa relativamente simples. De nada adiantaria realizarmos essas medições dentro de um

rigor científico, se não forem empregadas corretamente, no sentido das necessidades educacionais e postural modernas, como facilitador da produção e difusão, economicamente eficaz, e, acima de tudo, sem ter o entendimento que cadeiras e mesas cumprem uma atuação legítima como auxiliares do magistério, ao invés de meras peças de equipamento escolar. Cadeiras e mesas educacionais somente podem ser consideradas como satisfatório, se elas jogam sua atuação máxima na facilitação da aprendizagem, por isso, não é suficiente que eles estejam apenas localizados em uma escola. No sentido de merecer o termo educacional, devem encorajar uma boa postura sentada e ajudar o usuário na aquisição de conhecimentos. Cadeiras e mesas desajustadas existem em todos países por uma série de razões - inadequado tamanho para todos alunos, falta de conhecimento, pensamento conservador, design e construção pobres, inadequabilidade para suprir as necessidades de uma educação moderna e custos de substituições (manutenção). No entanto, o pensamento tradicional e conservador, não pode ser mais desculpado, principalmente, se ele significar oposição para medidas preventivas e indiferença para a postura sentada por causas de conveniências.

Do *design* da cadeira e da mesa

As cadeiras educacionais devem estar disponíveis em várias alturas. Tendo decidido aumentar a altura (por exemplo 38 mm), as outras medidas de cadeira devem ser então relacionadas ao vários dados médios aplicáveis para aquele comprimento particular cuidadosamente conferido. A profundidade do assento é tão importante como a altura, porque cadeiras de assentos profundos, combinados com declive excessivo, forçam a criança a se "empoleirar". A pesquisa de 1965 revelou a necessidade de diminuição da profundidade de assento para encorajar que os alunos a se utilizarem do encosto. O suporte para as costas deve apresentar uma combinação encurvada para atender aos requisitos de uma postura boa. Os assentos poderiam ser encurvados ligeiramente à frente, mas isto não deveria ser excedido. Assentos abaulados e assentos do tipo sela restringem a liberdade dos movimentos. Todas as cadeiras devem ser fortes, duráveis, preferivelmente empilháveis e de fácil manutenção. Tampo que se inclinam melhoram a postura. Para se evitar o barulho desnecessário, os móveis em tubo metálico deveriam ser recheados internamente

com espuma para combater a ressonância; cadeira e gavetas de mesa deveriam ser confeccionadas em borracha ou polietileno macio e jamais de fibra sintética.

Da mesma forma, apesar das autoridades de educacionais insistirem em um compartimento para livro sob o tampo da mesa, os pesquisadores alegaram ser este, freqüentemente, um mero depósito de "material morto" e de lixo, o que poderia desencadear com o tempo aumento da fadiga, aquisição de hábitos posturais inadequados e interferência no processo ensino-aprendizagem, por interferirem na altura da mesa.

Da precisão para tamanhos variados

Uma cadeira satisfaz exigências posturais quando o aluno pode sentar-se contra o apoio dorsal e a altura do assento estiver igual à altura poplitea do respectivo usuário. Por outro lado, satisfaz as condições de conforto e as necessidades educacionais, quando os usuários puderem se sentar por longos períodos, sem se dar conta da cadeira - ela deve passar despercebida.

Quando os alunos sentam em cadeiras muito baixas, há uma tendência marcante de se encurvarem, empurrar os pés à frente e geralmente adotam hábitos posturais ruins. Quando as cadeiras são muito altas, os alunos ficam forçados a se posicionarem na frente do assento, apoiando-se incomodamente na mesa, em detrimento do conforto do encosto. Da mesma forma, se a mesa for muito alta, os braços e cotovelos ficarão em um estado de tensão e a cabeça muito próxima da superfície de trabalho. Veja o Quadro 1 abaixo elaborado a partir das observações dos autores.

Útil à educação	Prejudicial à educação
-Ingresso e egresso fácil	-Mesa de 4 pernas restringe o ingresso e egresso
-Assento na altura poplitea	-Cadeira muito alta
-Declive leve no tampo	-Olhos muito longe
-Construção em metal simples	-O recipiente de livro causa má postura
-Encorajar uma boa postura	-Problemas disciplinares aumentam
-Econômico para compra e manutenção	-Fadiga acelerada
-Blocos de sucção prendem a base de mesa, reduzem o nível de ruído e restringem a movimentação da mesa.	

Quadro 1: Conveniências e inconveniências introduzidas pelo modelo de móvel escolar, segundo Oxford (1969).

Da preferência dos alunos

Anteriormente, no ano de 1968, 1.346 crianças das classes infantis foram suggestionadas pelos professores a sentarem-se em quatro cadeiras, A, B, C, D (apoiados ao encosto) e dizerem qual tamanho que prefeririam para uso diário. Foram pedidos aos professores que não influenciassem os alunos, mas notassem se cada criança poderia descansar ambos os pés ao chão.

Normalmente, professores instruem as crianças que são classificadas segundo o tamanho de cadeira a ser utilizada. Quando as crianças podiam fazer a própria escolha, fatores psicológicos dominaram as suas preferências. Por exemplo, 20% das crianças, do jardim de infância, disseram preferir o tamanho maior D (37 cm), que, no entanto, nunca seriam destinado a eles, devido permanecerem com seus pés balançando. Os professores, ficou óbvio (possivelmente de influências de casa) que elas gostam de sentir pressão na parte posterior da coxa ao se sentar.

Dos questionários

Os questionários, aplicados em conjunto com as tomadas de medidas antropométricas, mostraram que os alunos eram extremamente críticos, principalmente em relação a cadeira. Três por cento de alunos primários eram desavisados que cadeiras de tamanho diferentes estavam na sala de aula; e 30% desses que estavam atento disto, nunca tinham tentado achar fora o qual tamanho era o mais confortável.

Os fatos seguintes emergiram claramente dos questionários: (a) Os alunos preferem sentar-se de forma consciente de algum grau de pressão da frente do assento. A maioria dos meninos de sexta classe, e a maioria das meninas e meninos no início dos graus secundários preferiram cadeiras das que eram mais altas que o comprimento o mais baixo sob o joelho, alguns até 5 cm mais alto. Estudantes secundários adultos porém, mostraram uma preferência para alturas de assento que estavam aproximadamente igual a altura sob o joelho, e, às vezes, um pouco menos; (b) 50% de alunos do primários e 64% de estudantes secundários, expressaram uma preferência para um tampo inclinando e não horizontal; (c) 75% de alunos primários e 70% de estudantes secundários, mostraram uma preferência para mesas e cadeiras

de casa, do que as da escola, ao fazer lição de casa. Como este estado de conflito com o desejo por mais baixas cadeiras na escola, o avaliador foi provido com as razões de cada aluno por escrito. Para Oxford, as autoridades educacionais nunca deveriam subestimar a habilidade de alunos para avaliar fatores de conforto; e, (d) A metade dos alunos recorreram à vantagem de assentos e encostos macios, como uma ajuda para concentração; 34% dos alunos recorreram à desvantagem de cadeiras duras; 27% dessas razões, refletiram uma preferência para mesas grandes em casa para espalhar melhor os livros; Muitos recorreram a outros fatores - concentração melhor em casa, relaxamento, a existência de degraus de cadeira por apoiar os pés, mais espaço para joelhos, menos necessidade em dobrar o corpo, dentre outras. Somente, 8% das razões dadas pelos alunos primários, e 11% por estudantes secundários, especificamente, recorriam à necessidade por cadeiras e mesas mais elevadas.

Conclusões finais de Oxford

Não basta serem intituladas cadeiras escolares para assumirem caráter educacional, a menos que sejam adequadas ao tamanho de seus usuários, encorajam uma boa postura e auxiliam no processo de aprendizagem. Qualquer cadeira mal projetada, tanto grande ou pequena para uma criança em particular, e que interfira na concentração do aluno, não traz nenhuma ajuda à educação - não há nenhum lugar na educação moderna para mobília desajustada.

Infelizmente, para as crianças, em todos lugares a importância de cadeiras e mesas escolares, como auxiliares da educação, são equivocadamente entendidas pelos professores, pedagogos, administradores e fabricantes.

Enquanto os alunos, de diferença marcada em estatura, forem exigidos para que usem cadeiras e escrivaninhas de altura uniforme por longos períodos, será impossível proporcionar-lhes, em particular, uma oportunidade igual de adquirir bons hábitos posturais, de concentração e de aprendizagem, para o melhor dele ou de sua habilidade. Não é uma questão de prover tamanhos diferentes em termos de progressão de ano a ano, mas de prover alturas diferentes de cadeiras e mesas que atendam satisfatoriamente todas estaturas de alunos em todas classes.

2.9. Aspectos Importantes da Sala de Aula

Em estudo realizado por Nunes (1985), sobre o quanto os professores de educação especial percebiam a carteira escolar como elemento relacionado ao comportamento acadêmico das crianças. O resultado mostrou que 58% dos professores (N=199) esperavam que seus alunos trabalhassem sentados 3 a 4 horas diárias, o que se apresentou como uma expectativa irreal, dada a incompatibilidade constatada entre as características comportamentais dos estudantes e o *design* das carteiras. Contudo, acredita o autor que esses dados são pertinentes aos demais alunos do ensino tradicional. As más posturas, que podem ser resultantes de um mau design, interferem na concentração dos alunos mesmo nos assuntos de aula mais interessantes.

Floyd e Ward (1976) realizaram um experimento com 84 crianças com médias de idade de 17.2 anos, de escolas secundárias, para verificar o tempo gasto em cada diferente atividade e as diferentes posturas assumidas, conseqüentemente. O resultado demonstrou que, dentre outras atividades, a de maior duração foi a de ouvir, ocupando de 35 a 40% do tempo total, seguido da atividade de escrever, com 30% do tempo total.

Na observação da postura adotada, os autores afirmaram que as posturas mais freqüentes foram, sentar sem o uso do encosto da cadeira, sentado com o tronco inclinado para frente e ambos os braços apoiados sobre a mesa. Chegaram a conclusão que essas posturas, em conjunto, mesmo sendo impostas pela necessidade de escrever em uma superfície plana, são adotadas mesmo sem a devida necessidade. Também foi observado que o uso do encosto dorsal se dava mais quando um dos braços ou nenhum, permaneciam apoiados à mesa.

Hira (1980), através de estudos comportamentais em sala de aula, chegou a conclusão que para o melhor desempenho de suas atividades, a interação entre a mesa e seus usuários envolve três distintas posturas sentadas: (a) sentado com o tronco inclinado à frente, durante a escrita; (b) sentado com ambos os braços apoiados sobre a mesa, durante o prestar atenção e/ou escrever; (c) sentado com o corpo apoiado contra o encosto, durante o prestar atenção (ouvir); (d) em pé entre o assento e a mesa; e, (e) ingressando ou saindo da carteira.

Karvonen, Koskela, e Noro (1962) recomendaram que seja fornecido aos alunos uma educação sobre hábitos posturais, de modo a criar atitudes corporais saudáveis e favoráveis durante o crescimento. No entanto, alerta Mandal (1981) que embora a postura ereta de 90° seja a mais recomendada para os alunos, ela dificilmente seria adotada por mais de alguns minutos, pelas seguintes razões:

- a) Devido a extensão do tronco, há um excesso de sobrecarga muscular nas costas em função da ação contrária dos músculos posteriores da coxa, que atuam na posição de pelve;
- b) Não há um relaxamento da curva lombar devido a inclinação de 90° da articulação dos quadris. Haja visto, segundo estudos anteriores de Keegan (1953) que essa articulação descreve em média somente 60° de flexão, e que, os restantes 30°, são devidos a retificação da curvatura lombar natural;
- c) Existe uma incompatibilidade entre a distância do olho, de 50-60 cm adotada nessa posição, em relação ao material e a distância correta que seria de 20-30 cm para atividades de leitura e escrita. Desta forma, as folhas do caderno são visualizadas de um ângulo de 45° em relação a linha de visão, onde deveriam estar posicionado em ângulo reto. Na posição convencional, a criança para ler terá que fixar o globo ocular numa posição muito baixa, o que produzirá cansaço em pouco tempo.

Segundo Floyd e Ward (1969), hábitos posturais adquiridos durante anos nas escolas, estabelecem padrões para a vida adulta e, quanto mais longo durarem esses hábitos, mais difíceis serão para mudar. Por outro lado, com o uso de um apropriado *design* de mobiliário escolar, que atenda as características antropométricas dos usuários é de grande importância para o desenvolvimento de bons comportamentos posturais.

No sentido de amenizar essa problemática da sala de aula, Mandal (1981) propõe quatro recomendações importantes quanto ao mobiliário:

- 1ª) Tapos de mesa inclinados: a medida que o ângulo da superfície de trabalho for aumentada em 30°, pode-se observar a adoção de uma melhor postura para atividades de leitura e escrita; o material ficaria em um ângulo mais favorável em relação a linha de visão normal.

2ª) Cadeiras mais altas: um banco alto (72 cm) ou a borda de uma mesa, fará com que as pessoas que neles se sentem, mantenham uma postura perfeita, com a curva lombar preservada e a articulação dos quadris mais próximas da posição neutra (45°).

3ª) Mesa mais altas: alunos mais altos devem ter mesas mais altas para permitir-lhes, ao inclinarem-se à frente para a executarem suas tarefas, mantenham seus cotovelos em contato com a superfície da mesa, de forma que não seja necessário uma super flexão do tronco. As antigas carteiras eram consideravelmente mais altas que as usadas atualmente.

Schoberth (1962) havia recomendado uma mesa para leitura e escrita que tinha uma inclinação de 20° em direção aos olhos. Na prática, a mesa inclinada não é muito utilizada para a escrita devido ao papel e as canetas tenderem a escorregar.

2.10. NBR 14006/97

Neste documento, de 6 páginas, estão reunidos os critérios e recomendações para construção móveis escolares, elaborado por um comitê de normatização, junto a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), sediada no Rio de Janeiro, que representa o Fórum Nacional de Normatização.

Esta norma padroniza as classes e as dimensões para assentos e mesas escolares, que correspondem aos estágios de crescimento do aluno, dados antropométricos, assegurando a correta postura ao sentar, proteção à saúde e estruturação corporal do usuário. Permite ainda liberdade ao modelo para encontrar soluções técnicas, educacionais e econômicas particulares usadas em instituições educacionais em todo o País, exceto para escolas especiais.

Esta norma diz ainda, que o seu conteúdo foi preparado baseado no princípio de que o mobiliário escolar deve ser construído de forma a estimular a aluno a adoção de posturas corporais adequadas. Não especifica nenhum requisito de material, modelo, construção ou qualidade. Basicamente esta norma traz o seguinte:

- a) Prevê 7 classes de medidas para o dimensionamento do mobiliário escolar (assentos e mesas). Sendo que, cada classe deverá ser representada por números e cores correspondentes, especificando a estatura corporal média, com seus respectivos valores mínimos e máximos, que deverá ser visivelmente afixados no próprio mobiliário (Tabela 3 e Anexo 5). O aluno deverá ser classificado de acordo com sua altura, referente ao início do ano letivo.
- b) Como critério para o aluno ter uma boa postura, recomenda-se o seguinte: (a) o aluno deve sentar-se ereto; (b) o assento deve permitir que o aluno apoio os pés ao chão, sem contudo causar pressão na parte inferior da coxa; (c) o espaço entre a coxa e mesa deve permitir liberdade de movimentos; (d) a altura da mesa deverá ficar no mesmo ao nível dos cotovelos ou levemente inferior; (e) o encosto deve permitir o firme apoio da região dorsal baixa e lombar; (f) espaço livre entre as pernas frontais da cadeira, bem como, entre o encosto e a superfície do assento, para acomodar a região glútea. A norma faz referência a Figura 1, no início desta revisão.
- c) As carteiras devem ser colocadas na sala em ordem crescente de altura, em relação ao quadro.
- d) O mobiliário escolar pode ser regulável, através de equipamentos adequados.
- e) A superfície de trabalho da mesa deve ser horizontal, no entanto ressalva a possibilidade de uma inclinação de até 16 graus, em direção ao estudante.
- f) A parte principal da superfície do assento deve ser horizontal ou obedecer um inclinação de no máximo 4° no sentido posterior. A superfície do assento pode ser plana ou côncava, arredondada e com uma profundidade máxima de 15 mm.

Tabela 3: Resumo das principais alturas de mesas e cadeiras segundo ABNT.

Nº/Cor	0/brco	1/larja.	2/lilás	3/amarelo	4/verlho.	5/verde	6/azul
Alt.Aluno	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Alt.Mesa	400	460	520	580	640	700	760
Alt.Cadeira	220	260	300	340	380	420	460
Encos/mesa	-	100	120	130	150	160	170

Estas posturas inadequadas, assumidas quando crianças, tendem a prejudicar a saúde de sua coluna quando adulto, como bem frisou Ascher (1976) , talvez, por essa razão pouca atenção a escola tem dispensado ao assunto. No entanto, a escola

seria o lugar para se por em prática os cuidados e a prevenção, bastando que para isso, exigi-se a adoção de um mobiliário que melhor atenda as atividades que desenvolvem e as diferenças antropométricas de seus usuários.

Considerando-se que a sala de aula é um ambiente de trabalho como outro qualquer, onde as pessoas realizam tarefas específicas, é conveniente a aplicação desses resultados de pesquisa na solução de problemas práticos dentro da escola. (Nunes, 1985). Infelizmente, conforme sustentado por Kao (1976), a utilização de conhecimentos de Ergonomia às questões educacionais ainda são raros. As Normas Brasileiras (NBR 140006/1997) prevêm esse problema, dividindo a carteira escolar em sete classes de medidas de tamanho para mesas e assentos em todas as instituições educacionais, onde deverão ser observados as variáveis antropométricas de cada aluno. Porém, na prática, essa norma nunca foi obedecida. Talvez por não dispormos dados antropométricos de nossos alunos ou porque as nossas salas de aulas são usadas para diferentes níveis escolares com diferentes faixas etárias, ou ainda, será que é pelo custo? ou por não sabermos decidir? São questões sem soluções. As normas existem, mas parecem um pouco a margem de nossa realidade educacional.

3. MÉTODO

3.1 Participantes

Para o presente estudo, foram selecionados 220 participantes, de ambos os sexos (125 feminino e 95 masculino), com idade compreendida entre 9 a 16 anos, matriculados nas classes regulares do ensino fundamental, em uma escola pública da rede estadual de Santa Catarina. Todos esses participantes eram destros, ou seja, se da mão direita para a execução da transcrição do texto, conforme proposto como tarefa. Parte significativa desses alunos pertence às camadas populares, apesar do colégio estar situado em um bairro tradicional, com predominância da classe média.

3.2 Composição dos grupos de participantes

Os 250 participantes foram selecionados, aleatoriamente, na faixa de 4ª à 8ª série de um colégio estadual na cidade de Florianópolis. Trata-se de um estabelecimento tradicional de ensino, onde estão matriculados aproximadamente 1.200 alunos, que freqüentam a escola em três períodos diários (manhã, tarde e noite), para a realização do ensino fundamental.

Durante a primeira fase do estudo (fase descritiva), dos 230 participantes, 200 responderam ao questionário sobre hábitos posturais, relativos à rotina escolar, sendo que os 30 restantes foram filmados (*hidden camera*) no ambiente natural de sala de aula.

Na segunda fase do estudo (fase experimental), foram selecionados outros 20 participantes, envolvendo a simulação de tarefa de leitura e transcrição de texto, para fins de avaliação do protótipo cadeira e carteira escolar, em função dos padrões posturais.

Maiores detalhes sobre a composição dos grupos de participantes, encontram-se relacionados na Tabela 4, abaixo.

Tabela 4: Características médias dos participantes e respectivo desvio padrão, entre parênteses.

Características	I Etapa (230 Part.)	II Etapa (20 Part.)
Sexo (Masculino e Feminino)	101 M / 129 F	09 M / 11 F
Idade (anos)	12.87 (1.95)	11.73 (1.89)
Altura (cm)	155.87 (13.20)	152.93 (12.23)
Peso (kg)	46.89 (10.86)	47.11 (13.32)

3.3 Local

Os estudos observacionais preliminares foram realizados em uma escola da rede pública estadual na cidade de Florianópolis. Essa instituição de ensino fica estrategicamente localizado nas proximidades do Laboratório de Biomecânica, onde foi realizado o experimento. A Segunda etapa do estudo (estudo experimental) foi desenvolvida nas dependências desse mesmo laboratório de pesquisa em biomecânica. Nesse local, foram coletados dados relativos aos aspectos biomecânicos da postura sentada, durante a realização da atividade escolar proposta.

Para a realização da primeira fase do estudo, nas dependências da escola, foi selecionada uma sala de aula para a fixação da caixa de camuflagem, na qual foi alocada a câmera filmadora para o registro dos eventos. A referida sala era freqüentada por alunos da 4ª série, durante o período da manhã, 6ª série durante o período da tarde e 7ª série, durante o período noturno.

3.4 Definição de Variáveis

As variáveis independentes relacionam-se à angulação do tampo da carteira escolar (superfície de trabalho), conforme mostrado na Figura 11 abaixo, e as variáveis dependentes (variáveis biomecânicas), que se referem aos padrões posturais assumidos pelos participantes, no decorrer das fases do presente estudo.

3.4.1 Variáveis Independentes

- **Tampo a 5° (A):** refere-se ao primeiro estágio de posicionamento angular do tampo; representa a situação tradicional do mobiliário atualmente utilizado nas escolas. Portanto, este estágio de regulagem angular constitui-se em linha de base para fins de comparações com as duas outras situações experimentais.
- **Tampo a 16° (B):** refere-se ao estágio intermediário de inclinação do tampo utilizado no experimento. O valor desse ângulo corresponde à angulação máxima aconselhada pela ABNT (1997) para mobiliário escolar.
- **Tampo a 25° (C):** refere-se ao último estágio de inclinação do tampo experimental.

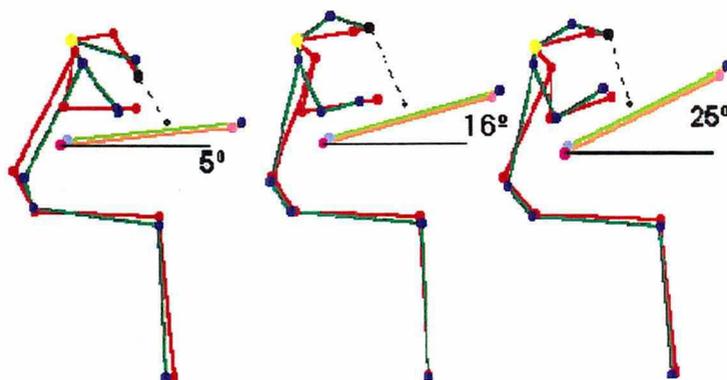


Figura 11: Representação gráfica no Peak Motus das três situações experimentais de angulação do tampo da carteira e o participante, vistos no plano sagital.

3.4.2 Variáveis Dependentes

A seguir, encontram-se listadas e definidas operacionalmente as variáveis dependentes, representadas pelos ângulos de variação postural dos participantes, durante a intervenção experimental, quando fazendo uso do conjunto escolar proposto.

- Cabeça (θ_1): ângulo formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 1 e 2, com a linha de referência horizontal;

- Pescoço lado direito (θ_2): ângulo formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 2 e 16, com a linha de referência vertical (Figura 12);
- Pescoço lado esquerdo (θ_3): ângulo formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 9 e 16, com a linha de referência vertical;
- Cotovelo Direito (θ_4): ângulo formado entre os segmentos do braço (pontos 3 e 4) e do antebraço (pontos 4 e 5) do participante;
- Cotovelo Esquerdo (θ_5): ângulo formado pelos segmentos do braço (pontos 10 e 11) e do antebraço (pontos 11 e 12) do participante;
- Quadril Direito (θ_6): ângulo formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 22 e 6, com a linha de referência vertical do sistema;
- Quadril Esquerdo (θ_7): ângulo formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 23 e 13, com a linha de referência vertical do sistema;
- Tronco Direito (θ_8): ângulo formado pela interseção, representado pelo segmento de reta que une os pontos 3 e 22, do tronco lado direito, com a linha de referência vertical do sistema;
- Tronco Esquerdo (θ_9): ângulo formado pela interseção, representado pelo segmento de reta que une os pontos 10 e 23, do tronco lado esquerdo, com a linha de referência vertical do sistema;
- Joelho Direito (θ_{10}): ângulo articular formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 6 e 7 (segmento da coxa), com o segmento de reta que une os pontos 7 e 8 (segmento da perna) do participante;
- Joelho Esquerdo (θ_{11}): ângulo articular formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 13 e 14 (segmento da coxa), com o segmento de reta que une os pontos 14 e 15 (segmento da perna) do participante;
- Braço Direito (θ_{12}): ângulo articular formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 3 e 22 (segmento do tronco), com o segmento de reta que une os pontos 3 e 4 (segmento do braço) do participante;
- Braço Esquerdo (θ_{13}): ângulo articular formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 10 e 23 (segmento do tronco), com o segmento de reta que une os pontos 10 e 11 (segmento do braço) do participante;

- Foco (θ_{14}): ângulo formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 9 e 21, representando o eixo de visão do sujeito, com o plano formado pela superfície da mesa (Figura 12);

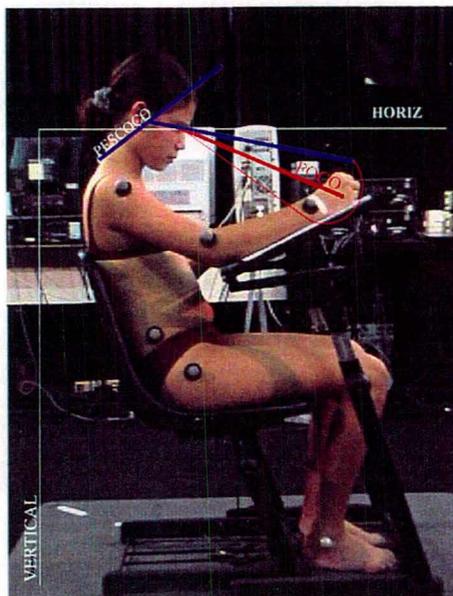


Figura 12: Foto de um participante durante atividade experimental no Laboratório de Biomecânica. Observe as marcas anatômicas e variável Foco com seu cone de movimento, no detalhe.

- Inclinação lateral da cabeça (θ_{15}): ângulo formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 2 e 9, com o plano horizontal XZ (Figura 14);
- Inclinação lateral do Ombro (θ_{16}): ângulo formado pela interseção do segmento de reta que une os pontos 3 e 10, com o plano horizontal XZ (Figura 14);
- Quadril e Tronco Direito (θ_{17}): ângulo formado pela projeção do segmento de reta que representa o quadril, com o segmento de reta que representa o tronco, no plano sagital do participante. Essa variável pode ser obtida, também, pela soma dos ângulos do tronco (θ_8) e quadril (θ_6);
- Quadril e Tronco Esquerdo (θ_{18}): ângulo formado pela projeção do segmento de reta que representa o quadril, com o segmento de reta que representa o tronco, no plano sagital do participante. Essa variável pode ser obtida, também, pela soma dos ângulos do tronco (θ_9) e quadril (θ_7);
- Distância Focal (d-Foco): comprimento, em centímetros, da variável Foco, isto é, a distância verificada entre o olho (ponto 9) e a ponta do lápis (ponto 21), durante o desenvolvimento da tarefa proposta.

3.5 Referências Físicas e Espaciais

Na Figura 13, a seguir, pode-se visualizar os pontos anatômicos nos participantes, e os pontos físicos, colocados no lápis e tampo da carteira, onde foram fixadas as marcas referenciais, juntamente, com a representação das conexões entre os diversos segmentos de reta, formados entre esses pontos. Para a localização exata dos pontos anatômicos seguiu-se os procedimentos apresentados por Riehle (1976).

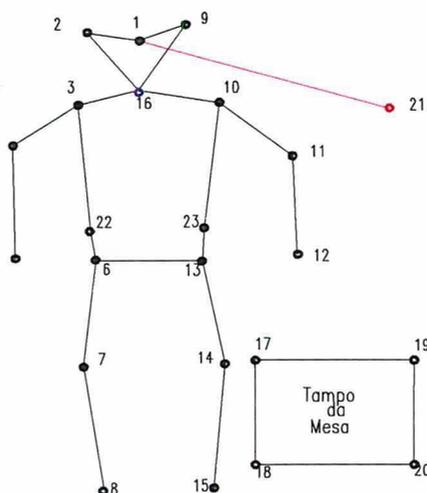


Figura 13: Representação gráfica dos pontos de conexão entre os diversos segmentos corporais do sujeito, ponta do lápis e tampo da carteira, definidos no Sistema Peak Motus, usados na digitalização das imagens.

- (1) Localizada no nariz, à nível dos olhos;
- (2) e (9) Articulação têmporo-mandibular, lado direito e esquerdo;
- (3) e (10) No ombro a 5 cm distal do acrômio, no lado direito e esquerdo;
- (4) e (11) Sobre a articulação do cotovelo, lado direito e esquerdo;
- (5) e (12) No punho sobre o processo estiloidal do rádio, lado direito e esquerdo;
- (6) e (13) No quadril sobre o trocanter maior do fêmur, lado direito e esquerdo;
- (7) e (14) Lateralmente a articulação do joelho, lado direito e esquerdo;
- (8) e (15) No tornozelo sobre o maléolo lateral, lado direito e esquerdo;
- (22) e (23) Na crista ilíaca, verticalmente aos pontos 6 e 13 respectivamente;
- (16) Sobre a proeminência da 7^a vértebra cervical;
- (21) Ponta do lápis;
- (17) e (19) Canto inferior direito e esquerdo do tampo da carteira, respectivamente; e,
- (18) e (20) Canto superior direito e esquerdo do tampo da carteira, respectivamente.

Na Figura 14, a baixo, pode ser visualizado os planos de referências espaciais, empregados para à análise do movimento postural dos participantes durante o experimento, juntamente com a representação gráfica da cinemática do movimento a partir do Sistema Peak Motus. Os segmentos corporais em cor vermelha representa o lado direito do corpo e a cor verde o lado esquerdo do corpo, respectivamente.

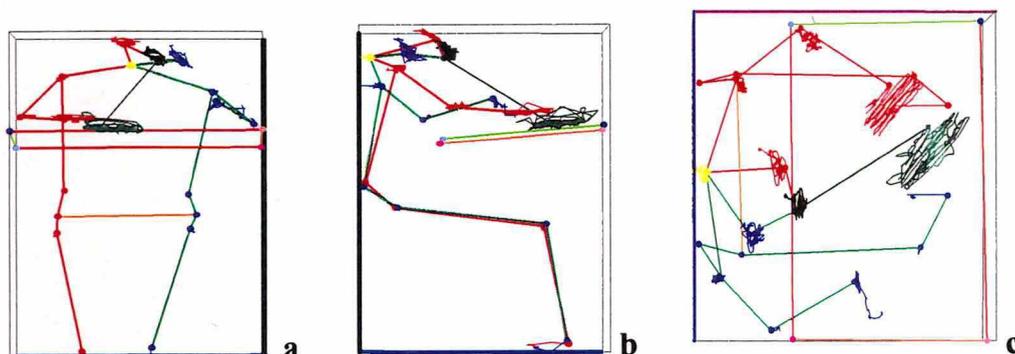


Figura 14: Representação gráfica do movimento desenvolvido para a execução da tarefa nos três planos espaciais, a partir da reconstrução tridimensional com o auxílio do Sistema Peak Motus. (a) Plano frontal (YZ) (b) Plano sagital (XY) (c) Plano transversal (XZ).

3.6 Instrumentos de Medida

Uma planilha, conforme Anexo 01, serviu de suporte para o registro cursivo dos padrões posturais, com maior probabilidade de ocorrência e observados *in loco*. Essas observações e registros foram gerados a partir do material videografado, no ambiente de sala de aula, envolvendo, aproximadamente, 30 participantes, durante atividades desenvolvidas no período escolar.

Um questionário de sondagem de opinião, constituído de 10 questões fechadas, conforme Anexo 02, foi administrado com o objetivo de identificar incompatibilidades entre as características dos alunos e o *design* do mobiliário. Mais especificamente, a proposta foi identificar a presença de constrangimentos músculo-esqueléticos, associados às cefaléias, dores lombares e cervicais, dentre outras queixas. Nesse questionário, foi anexado o diagrama do corpo humano modificado de Corlett e Bishop (1976), para a localização de pontos específicos de desconforto ou queixas de dores nas diferentes regiões corporais, conforme mostrado na Figura 15. Esse questionário consistia, também, de item contendo 10 fotos de posturas

corporais, na posição sentada, a serem apontadas pelos participantes, dentre as que mais se assemelhavam às posturas típicas assumidas durante o trabalho escolar.

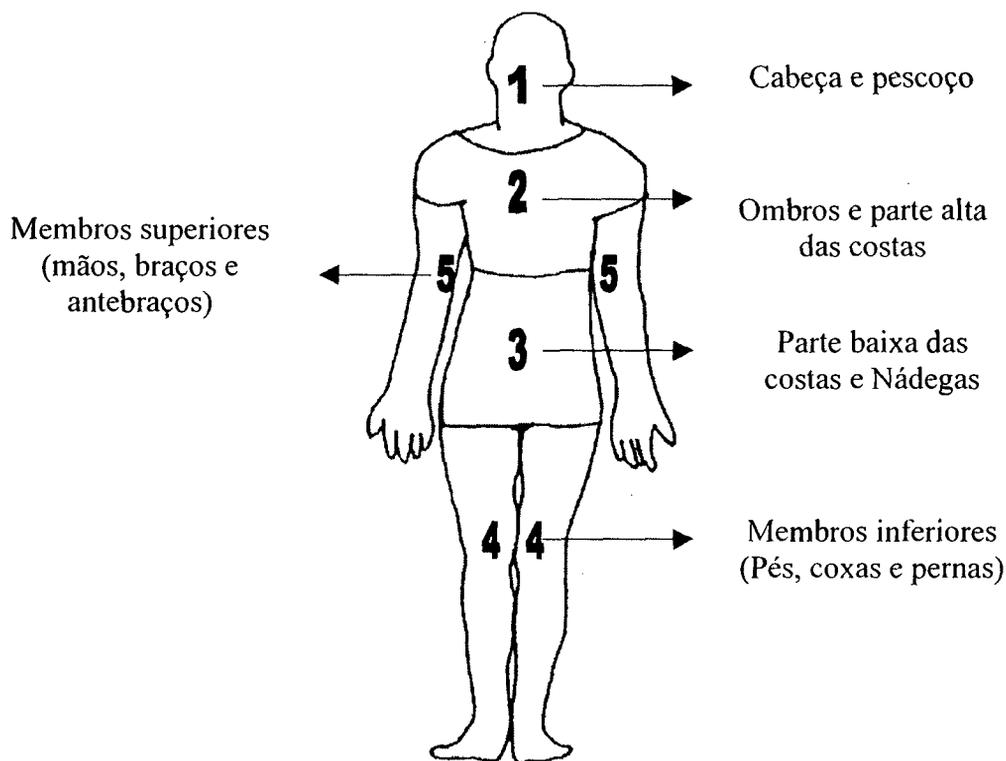


Figura 15: Diagrama do corpo humano, conforme itens 8 e 9 do questionário, para identificação das regiões de constrangimentos músculo-esquelético, em função das posturas assumidas na carteira escolar (adaptado de Corlett e Bishop, 1976).

Uma planilha, conforme Anexo 03, para fins de identificação de hábitos posturais, foi aplicada durante a coleta de dados no laboratório para um grupo de 20 participantes. Itens dessa planilha referiam-se ao tempo de permanência dos participantes em cada padrão postural relacionado às situações e locais multivariados, principalmente na escola e em casa.

Um livro de histórias infantis da Walt Disney Productions, denominado "Uma história por dia", editado no Brasil pela Editora Abril S/A em 1985, serviu de texto para a tarefa de leitura e transcrição proposta no estudo.

3.7 Equipamentos

- Filmadora compacta Panasonic (videocâmara VHS-C) VJ98, com controle remoto.
- Câmera fotográfica digital da marca Sony (MVC-FD7), com lente *zoom* de 10x.
- Vídeo Cassete (VCR) Toshiba 4 cabeças.
- Televisor Philips 29 polegadas (*color TV*).
- Uma caixa de 7 faces, medindo 40 cm x 40 cm x 40 cm, semelhante a uma peça de mobiliário doméstico (armário de canto), serviu de camuflagem para a instalação da câmera e do VCR no interior da sala de aula. A referida caixa, pintada de branco fosco, reproduzia as características daquele ambiente, sendo que a parte frontal constituía-se de vidro recoberto por película *fumée*, impedindo a visualização de fora para dentro. A próprio vidro da caixa serviu de "janela" para o foco exterior da câmera.
- Fio de prumo profissional da marca Famastil.
- Fita métrica de *nylon* marca Esilon, com precisão de milímetros.
- Régua metálica da marca Kawasa de 1 metro, com precisão de milímetros.
- Nível de superfície da marca Stanley de 355 mm.
- Nível de água, constituído de uma mangueira de plástico transparente de 10 metros de comprimento por 8 mm de diâmetro, preenchida com líquido contrastante na cor azul, para precisar a leitura do calibrador.
- Um banco especialmente projetado, serviu para tomada de medidas antropométricas, conforme Figura 16. Esse equipamento compreendia um assento (40 cm x 40 cm), em acrílico transparente, de 6 mm de espessura, dobrado na parte frontal (40 cm x 18 cm), de modo a formar um ângulo reto, para posicionar as pernas dos participantes durante a tomada de medidas. Esta superfície em acrílico foi alocada em um quadro tubular metálico e fixada a um macaco hidráulico (Heavy Duty - 3 Ton), para fins de ajuste de altura. Esse equipamento permitia posicionar o participante de forma a produzir e manter um ângulo de 90° na articulação do joelho, para fins de tomada de medidas na posição sentada.



Figura 16: Banco antropométrico, em superfície acrílica, sustentado por macaco hidráulico, concebido para mensuração antropométrica na posição sentada.

- Sistema Peak Motus versão 4.3 (Peak Performance Technologies Inc.): equipamento utilizado para gravação e digitalização das imagens em 3D, durante as sessões experimentais no laboratório. Trata-se de sistema constituído de 4 câmeras de vídeo (HSC-180 NS), operando em 60 Hz, com 4 lâmpadas (holofote) de 650 Watts, uma unidade de controle e sincronização E&VCU, 4 gravadores de vídeo SVHS (Panasonic (AG-5700), uma ilha de edição Sanyo modelo GVR-S955, com monitor Panasonic (CT-1384) e uma estação de trabalho equipada com processador pentium II 300 MHz da marca Intel e monitor Samsung SyncMaster 17 Gli.
- Calibrador: sistema de referência espacial, especialmente projetado, constituído de fios de prumo para a reconstrução tridimensional (3D) da postura sentada, com base no DLT (Direct Linear Transformation), conforme Abdel-Aziz e Karara (1971). Compunham este calibrador 5 fios de aço, de 2,6 metros de comprimento e 2 mm de diâmetro, fixados ao teto da sala, através de um quadrado em acrílico (40 cm x 40 cm) e distendidos verticalmente por "chumbadas" pesando 200 gr, cada uma. Ao longo desses fios de aço, foram aplicadas 9 esferas de isopor ($\varnothing=2,5$ cm), dispostas em diferentes alturas, de modo a configurar o cubo geométrico do calibrador, conforme mostrado na Figura 17, abaixo.

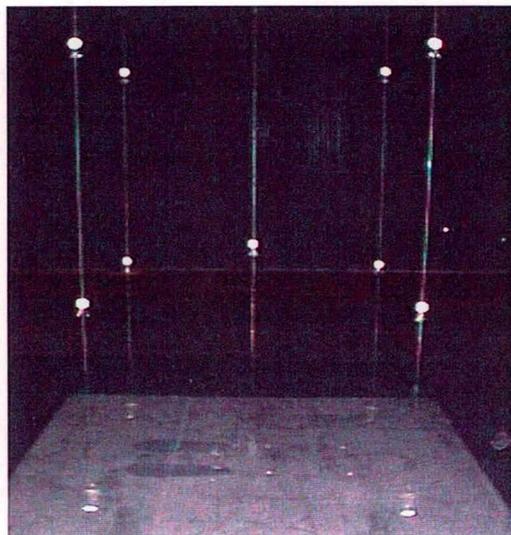


Figura 17: Calibrador concebido em fios de prumo e esferas de isopor, utilizado para a análise 3D no DLT.

- Conjunto escolar regulável: cadeira e carteira de alturas reguláveis cedidos pela empresa de móveis escolares CEQUIPEL (Conjunto SMC/Z) . A superfície do assento é moldada em resina especial, de alta resistência, obedecendo o formato de concha, conforme visualizado na Figura 18, a seguir. O tampo da carteira foi substituído por um outro de modelo tradicional (Modelo Carpe), afixado por 2 dobradiças e uma peça mecânica de ajuste, apoiada sobre uma base metálica de formato retangular. As dobradiças constituem-se no eixo, em torno do qual gira o tampo da carteira e, a peça mecânica que delimita as angulações selecionadas, servindo de um terceiro apoio de sustentação, conforme mostrado no detalhe da Figura 18. Este sistema de tampo inclinado, denominado "sistema de tampo basculante" encontra-se em processo de registro de patente. O conjunto escolar, como um todo, foi pintado na cor preta fosco para eliminar os efeitos reflexivos inconvenientes gerados pelos holofotes do Sistema Peak Motus.

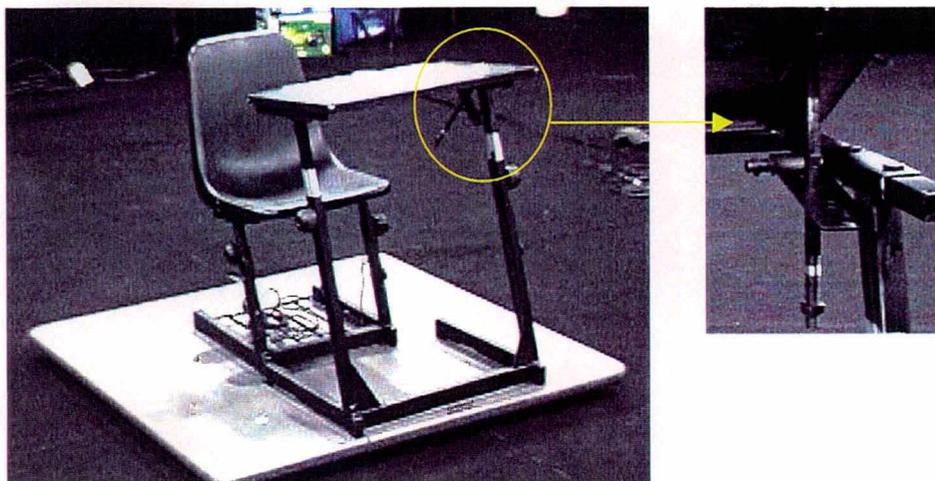


Figura 18: Conjunto escolar regulável utilizado na simulação de tarefa em situação experimental. No detalhe, o sistema de regulagem concebido para os ajustes de angulação do tampo da carteira.

3.8 Procedimentos

O presente estudo foi desenvolvido em duas etapas diferenciadas, a primeira referente ao trabalho observacional, utilizando-se da técnica da *hidden camera*, associada à aplicação de um questionário de sondagem de opinião (pesquisa descritiva) sobre a adequação do padrão de postura sentada, induzida pelo *design* do mobiliário escolar.

A segunda parte do estudo foi constituída de 20 sessões experimentais conduzidas, individualmente, com cada participante em situação de laboratório. O objetivo dessa fase do estudo foi coletar dados sobre os padrões posturais assumidos, no decorrer da execução das tarefas escolares propostas, quando os participantes se utilizavam do mobiliário experimental.

Um diagrama modificado do corpo humano (Corlett e Bishop, 1976) serviu de instrumento de sondagem de queixas específicas na posição sentada. Da mesma forma, informações à respeito de hábitos de sentar, constrangimentos e efeitos negativos da "má postura" foram também verificados na primeira parte do estudo.

3.8.1 1ª Etapa (Pesquisa Descritiva)

- Contato informal com a direção da instituição de ensino, para fins de esclarecimentos sobre o propósito da pesquisa.
- Formalização do pedido de execução do projeto junto à direção da escola e escolha da sala de aula para alocação da caixa com a *hidden camera* e, das demais salas, para a administração do questionário de opinião.
- A caixa projetada para a filmagem foi alojada no canto superior esquerdo da sala de aula, de modo que o foco da câmera apontasse frontalmente para os alunos, com o máximo aproveitamento do campo visual, observado-se, assim, o maior número de escolares possível.
- Com o objetivo de verificação de possíveis diferenças posturais dos alunos, de acordo com o nível de escolaridade (manhã, tarde e noite), foi filmado o ambiente escolar, após 2 semanas da colocação da caixa de camuflagem. Nesse procedimento, a câmera de filmagem era instalada, periodicamente, em horários diferentes da rotina dos participantes na escola. Esses cuidados tiveram como objetivo favorecer a espontaneidade dos participantes no ambiente natural de sala de aula.
- De posse do material de filmagem, com o auxílio do vídeo cassete, do televisor e de uma planilha, foi realizado o registro cursivo dos padrões posturais observados na sala de aula, no desenrolar do cotidiano escolar.
- Após a etapa anterior, foram selecionadas as principais posturas de interesse, e novamente procedeu-se à observação para o registro da permanência dos participantes nesse padrões posturais. O procedimento *plachek* (Risley, 1971) foi utilizado para a coleta dos dados amostral, definidos em intervalos de 10 minutos.
- Foi aplicado um instrumento de sondagem (questionário) a 200 alunos de diferentes turmas e séries escolares. Trata-se de questionário estruturado, conforme já especificado, administrado por três instrutores que se encarregaram de explicar cada pergunta, no ambiente natural de sala de aula, na presença do professor regular.

- No item do questionário que continha fotos ilustrativas, o participante era solicitado a apontar aquela que mais se assemelhava à sua própria postura, assumida durante a realização de tarefas típicas de sala de aula. Da mesma forma, opinar sobre qual daquelas posturas correspondia à "mais correta" para permanecer na carteira escolar.

3.8.2 2ª Etapa (Pesquisa Experimental)

- Os instrutores dirigiam-se à escola e, com a permissão do professor, convidavam grupos de 2 alunos, para que fossem acompanhados até o laboratório de biomecânica para realizarem a sessão experimental do estudo.
- No laboratório, esses alunos eram convidados a vestirem roupa de banho para que fosse possível a localização e colocação de sinalizadores em pontos anatômicos específicos para o estudo da variação postural.
- Pontos anatômicos foram identificados e sinalizados com material reflexivo, como preparo para as sessões de filmagem.
- Individualmente, os participantes eram convidado a realizar a tarefa na sala de filmagem, enquanto um segundo participante permanecia em sala anexa, respondendo a questionário e a um instrumento de sondagem sobre hábitos posturais, conforme descritos anteriormente.
- Anteriormente à filmagem, procedia-se à tomada de medidas antropométricas e do peso corporal de cada participante.
- Na seqüência, o participante sentava-se na carteira, enquanto o instrutor efetuava a regulagem do conjunto escolar, de modo a posicioná-lo adequadamente para iniciar a tarefa.
- O instrutor explicava ao participante a tarefa proposta no mobiliário e procedia à filmagem. Após 6 e 12 minutos fazia-se uma pequena pausa para a mudança de angulação do tampo da carteira, conforme havia sido estabelecido para o experimento.
- Após cada sessão de filmagem e a realização da tarefa, as crianças eram conduzidas novamente até o colégio, e entregue aos cuidados dos seus professores.

- As imagens gravadas foram transferidas para o computador com o auxílio do *software* do Sistema Peak Motus, numa taxa de amostragem de 1 Hz e 5 minutos de aquisição. Neste processo, as imagens são convertidas do registro analógico para o formato digital, totalizando 1.200 quadros para cada sujeito da amostra.
- Na seqüência, foram digitalizados os 23 pontos escolhidos (Figura 13), usando-se para isso, no mínimo 2 imagens para cada um, respectivamente, ou seja, o mesmo ponto focado por 2 câmeras colocadas em diferentes posições relativas ao sujeito. Este processo de digitalização ocorreu em parte manualmente, principalmente para os pontos colocados na cabeça e na ponta do lápis, e, por vezes, de forma semi-automática, no transcorrer dos 300 quadros que foram selecionados de cada uma das 4 fitas gravadas para cada sujeitos respectivamente.
- Após a digitalização e processamento (obtenção das coordenadas espaciais e cálculo dos ângulos posturais), esses dados numéricos eram exportados no formato *ASCII*, para serem tabulados em uma planilha eletrônica (Microsoft Excel 97), e dar prosseguimento aos arranjos necessários, antes da análise estatística.

3.9 Delineamentos de Pesquisa

Para o presente estudo, foi associado o delineamento de pesquisa experimental *Single Subject Research Design*, do tipo ABC (Tawney e Gast, 1984), com delineamentos estatísticos (*Step size*, *t de Student*, *Anova one-way* e teste de correlação de Pearson) para fins de análise das respostas posturais.

Conforme Nunes e Nunes (1988), os delineamentos de pesquisa experimental intrasujeitos são conhecidos na literatura científica como experimentos de caso único, pesquisa de sujeito único, delineamentos intensivos, pequeno N, comparação intrasujeitos, medidas repetidas, dentre outras designações. Os delineamentos intrasujeitos constituem-se em modalidades de investigação científica nas quais são examinados os efeitos de uma série de manipulações experimentais em um único indivíduo (Tawney e Gast, 1984), sendo que no presente estudo, esse único indivíduo está representado pelo grupo de participantes. Nessa perspectiva, valoriza-se o aspecto individual, sendo pouco destacadas ou até mesmo dispensadas as

comparações dos níveis de desempenho entre os indivíduos pertencentes ao mesmo grupo.

Barlow (apud Nunes e Nunes, 1988) sugeriu o uso da expressão *time series methodology* ao referir-se aos delineamentos que operam como medidas repetidas, no mesmo indivíduo ou grupo de indivíduos, ao longo do tempo, antes, durante e após a intervenção ou tratamento. Em se tratando do trabalho de atendimento no ambiente escolar, por exemplo, este modelo permite aplicar controle experimental aos estudos de casos outrora apenas descritivos.

No presente estudo, o delineamento de pesquisa intra-sujeitos ABC, associado a delineamentos estatísticos, conforme já apontados, foram os escolhidos para demonstrar experimentalmente, que os efeitos produzidos nas variáveis dependentes foram devidos às mudanças introduzidas no *design* do mobiliário (mudanças no ângulo do tampo da carteira escolar) e não por outros fatores contribuintes. A fase A (pré-tratamento), representa a linha de base, a fase B a primeira intervenção experimental e, a fase C, uma segunda intervenção experimental, conforme descritas nos procedimentos.

3.10 Tratamento dos Dados

Um arquivo com a base de dados foi gerado pelo Sistema Peak Motus e importado para uma planilha eletrônica (Microsoft Excel, versão 1997). Posteriormente, com auxílio do *software* estatístico *Statistica for Windows* (versão 5.0), procedeu-se à análise de frequência, com o procedimento *Step Size*, agrupando-se os dados em intervalos correspondentes ao valor do desvio padrão da respectiva variável. Nesse procedimento, foi escolhido o intervalo de maior frequência de ocorrência e, em seguida, calculado o ponto médio que representava a moda correspondente às variáveis dependentes. Novamente, foram tabulados dados para proceder-se aos demais testes estatísticos.

Para comparação entre os ângulos assumidos pelos diversos segmentos corporais correspondentes ao lado direito e ao lado esquerdo do corpo, utilizou-se o teste *t de Student*, para amostras independentes. Para a comparação desses mesmos valores de ângulos, nas três situações experimentais propostas (A, B e C), utilizou-se

a análise de variância (ANOVA *one-way*). Por último, o teste de correlação linear de *Pearson* (r) foi utilizado na verificação das relações entre variáveis.

3.11 Controle de Erros

Para a 1ª fase de coleta de dados, por ocasião da aplicação do questionário, tentaram-se eliminar os erros que por ventura pudessem ocorrer por falta de entendimento ou interpretação do instrumento, aja visto a faixa etária que se destinava a pesquisa, com a explicação detalhada de cada item em separado, durante todo o processo.

Para as avaliações biomecânicas no Laboratório, principalmente durante a fixação de marcas anatômicas, os erros humanos foram minimizados com o uso de procedimentos uniformes e padronizados para todas as fases da pesquisa e por uma equipe devidamente treinada, sendo que as medidas diretas foram realizadas sempre por um mesmo indivíduo, diminuindo-se assim, os vieses introduzidos pela variabilidade individual entre os examinadores.

O controle de erros do sistema de referência (calibrador) para a reconstrução tridimensional das imagens, deu-se pelo próprio *software* do Sistema Peak Motus, onde o valor de tolerância admitido é de apenas 1%. Caso esse valor fosse ultrapassado, o sistema emitia um aviso de erro e solicitava que o usuário efetuasse novamente a digitalização dos pontos do referencial (Calibrador). No caso, o erro percentual médio foi de 0.271% para o X, 0.112% para o Y e 0.225% para o eixo Z, portando, com bastante precisão, considerando o tipo de experimento (movimentos discretos).

Contudo, admite-se que em situação de laboratório, devido as exigências metodológicas, onde os participantes deveriam permanecer somente de roupa de banho (sunga e biquínis), a ocorrência de algum tipo de constrangimento, com pequenas alterações de padrões de comportamento, bem como, em função da própria situação solitária em uma sala preparada como se fosse um estúdio fotográfico.

3.12 Material de Pesquisa

- Um bloco de folhas pautadas (papel almaço), acompanhado, do lado esquerdo de cada página, por cópias da história infantil escolhida.
- Lápis Faber-Castell preto n.º 2, tendo a ponta revestida com fita adesiva de propriedades reflexivas.
- Esferas de isopor ($\varnothing=2,5$ cm), revestidas com fita reflexiva.
- Fita adesiva de dupla face 3M.
- Fita adesiva especial, com propriedades reflexivas, sem especificação da marca do fabricante.
- Fitas VHS - TDK (120 min.) e VHS - JVC (30 min.).

4. RESULTADOS

4.1 Resultados Referentes a Iª Etapa do Estudo

Os dados observacionais da Iª Parte do estudo apontam mudanças significativas nas respostas posturais dos participantes, de acordo com o nível de escolaridade de cada grupo participante, bem como, em função das diferentes tarefas envolvidas na sala de aula. Nessa mesma fase do estudo, por ocasião da aplicação do questionário de sondagem de opinião sobre posturas e mobiliário, foi evidenciado que 41% dos participantes queixaram-se de desconfortos (constrangimentos) músculo-esquelético na região superior das costas, pescoço e cabeça.

4.1.1 Posturas adotadas pelas crianças em sala de aula

Conforme mostrado no gráfico da Figura 19, abaixo, estão representados as 3 tarefas (cópia, escrita e escuta), desempenhadas pelos participantes durante atividades escolares em ambiente de sala de aula, assim como, o percentual de tempo de permanência, levantado com o auxílio da *hidden camera*, para cada uma dessas tarefas em função da postura corporal assumida.

Conforme os dados, apenas em 1% do tempo de duração do período escolar, os participantes observados haviam abandonado temporariamente o assento.

Atividade de cópia: no decorrer desta tarefa escolar, copiar do quadro, em média, 76% do tempo as crianças encontravam-se sentadas sem contudo se utilizarem do apoio para as costas (encosto da cadeira). Nesta mesma atividade, 18% dos participantes encontravam-se na posição sentada com encosto parcial das costas contra o apoio da cadeira. Em 5% do tempo, esses participantes encontravam-se voltados para trás ou para o lado, apoiando ou não o braço sobre o encosto da cadeira.

Atividade de escrita: conforme a Figura 19, 72% do tempo os participantes desenvolveram atividades de escrever na posição sentada sem a utilização do apoio

para as costas. Sendo que, 23% do tempo, essas mesmas crianças encontravam-se sentadas parcialmente apoiadas no encosto da cadeira. Os dados apontam também, que essas 30 crianças permaneceram 5% do tempo voltadas para trás ou para o lado, apoiando o braço ou deixando de apoiá-lo sobre o encosto do assento.

Atividade de escuta: conforme Figura 19 a seguir, 7% do tempo os participantes permaneceram sentados voltados para trás ou para o lado apoiando-se ou não sobre o encosto da cadeira. Em 65% desse tempo os participantes encontravam-se sentados sem a utilização do apoio para as costas e 26% encontravam-se sentadas apoiando parcialmente as costas contra o suporte da cadeira (encosto).

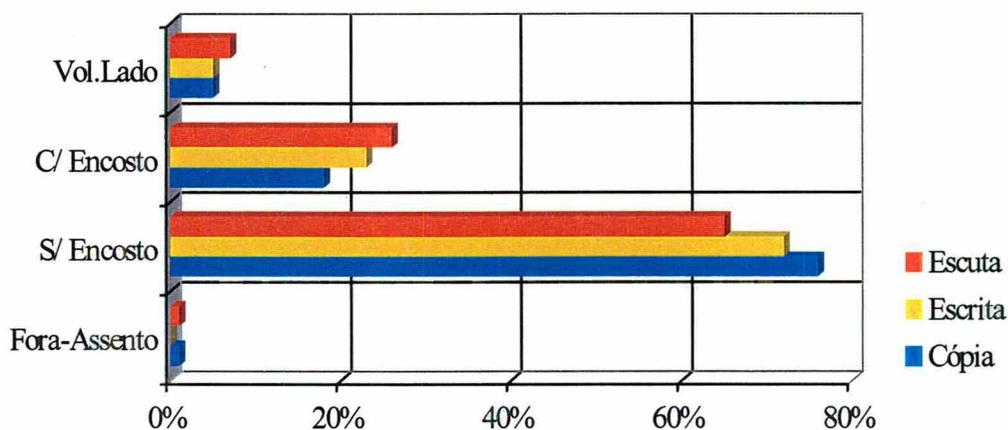


Figura 19: Gráfico representativo do percentual de duração nas situações observadas em cada tipo de tarefa respectivamente (N=30).

Em geral, estas crianças observadas permaneceram, durante o período no interior da sala de aula, 29% do tempo em atividade de atenção ou voltadas para o professor (escuta), 34% escrevendo e 37% na atividade de copiar do quadro. Estas observações conferem as atividades mais rotineiras da sala de aula, em que não foram incluídos dias com aplicação de provas, aula de desenho e atividades voltadas a recreação.

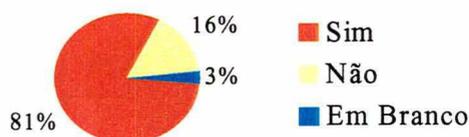
4.1.2 Sondagem de opinião

O resultado dessa etapa, que se referia a uma sondagem com os alunos (200 participantes) sobre problemas enfrentados com o seu mobiliário escolar, será mostrado seguindo a mesma ordem do instrumento que foi aplicado (Anexo 02). Da

mesma forma, logo após o objetivo de cada pergunta, seguirá um gráfico ou uma tabela com as respostas, baseado em seu respectivo percentual médio, que foram apontado pelos alunos, com a resposta predominante em destaque.

Item 1: Objetivava verificar se os alunos haviam recebido algum tipo de informação sobre o modo de se posicionar no mobiliário escolar, durante as atividades escolares.

Conforme resultados, visualizados no gráfico, foi encontrado que na maioria dos alunos questionados, a afirmação de que foram instruídos da forma como deveriam se posicionarem na carteira escolar, enquanto que em 16% deles afirmaram o contrário e apenas 3% não responderam.



Item 2: Objetivava saber dos alunos qual a peça do mobiliário escolar (cadeira ou carteira) que mais os incomodava durante a realização de suas atividades escolares.

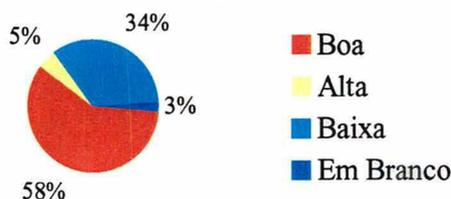
Os resultados desse item apontaram que 81% dos participantes, indicaram ser a cadeira a peça do mobiliário escolar mais problemática, enquanto que, outros 16% referiram-se a mesa, principalmente devido a sua altura, e os 3% restantes não opinaram.



Item 3: Objetivava saber dos alunos se o dimensionamento de altura da sua carteira (mesa) correspondia adequadamente ao seu padrão antropométrico (estatura corporal).

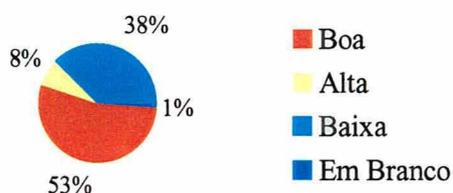
De acordo com os resultados plotados no gráfico abaixo, 58% dos alunos questionados, referiram-se a sua carteira como sendo de altura adequada, 34% acham ela baixa, 5% acham ela alta e os 3% restantes, não opinaram à respeito. Foi também

observado, que estas respostas estavam relacionadas a estatura corporal dos participantes questionados.



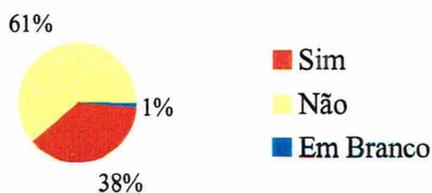
Item 4: Objetivava saber dos alunos se o dimensionamento de altura da sua cadeira escolar correspondia adequadamente ao seu padrão antropométrico.

De acordo com os resultados exibidos no gráfico abaixo, 53% dos alunos questionados, referiram-se a cadeira como sendo de altura adequada, 38% acham ela baixa, 8% acham ela alta e apenas 1% não opinaram à respeito. Estas respostas, da mesma forma do item anterior, estavam relacionadas a estatura corporal dos participantes questionados.



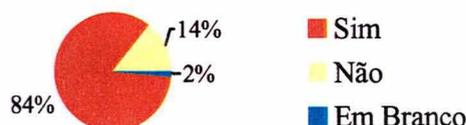
Item 5: Objetivava saber dos alunos se já haviam se machucado acidentalmente de alguma forma em seu mobiliário escolar.

Este item, que relacionava o conjunto escolar com acidentes no interior da sala de aula, foi apontado por 38% dos participantes a afirmação dessa relação com os pequenos acidentes que sofreram. Contudo, a maioria (61%) desses participantes não haviam se machucado no mobiliário da escola, enquanto que 1% não lembravam e deixaram a questão em branco.



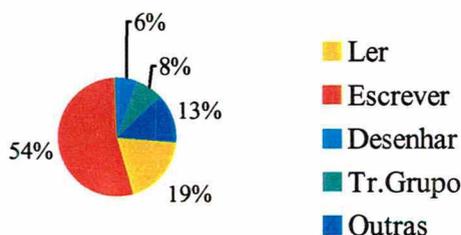
Item 6: Objetivava saber por parte dos alunos, se eles costumavam a movimentar-se constantemente de posição (postura) na carteira escolar.

A maioria dos participantes, conforme mostra o gráfico abaixo, responderam afirmativamente esta questão, contra a 14% de negação e apenas 2% não souberam responder ou deixaram em branco.



Item 7: Objetivava saber dos alunos qual a atividade, dentre as listadas, a que mais ficava prejudicada em função do *design* do conjunto escolar.

Conforme pode-se observar no gráfico abaixo, a atividade escolar que mais fica prejudicada pelo *design* do mobiliário, na opinião dos alunos, foi a de escrever, apontada por 54% dos participantes. Na seqüência, seria a atividade de leitura (19%), outras atividades (13%), trabalhos em grupos (8%) e desenho (6%). Observou-se, no entanto, que essas opiniões ficaram bastante condicionadas ao tipo de atividade escolar que aparece em maior freqüência no cotidiano da sala de aula, como é o caso da escrita e da leitura.



Item 8: Objetivava saber dos alunos qual, dentre 10 fotos mostradas de um escolar em diferentes posturas sentadas, a que mais se aproximava daquela que adotava no conjunto escolar (Anexo 02).

A primeira linha, do Quadro 2, abaixo, representa a numeração da foto, a segunda linha, a freqüência de respostas e, na terceira linha, o seu equivalente percentual. Conforme pode se observar, 35% (f=70) dos participantes apontaram a foto número 5 (Figura 20) como a que mais se aproximava daquela postura que costumam adotar na carteira escolar. Na seqüência, a foto n°7 obteve 15% das

preferências e a foto nº 1 obteve 13.5%, enquanto que apenas 3 dos participantes não conferiram semelhança com as fotos indicadas.

Quadro 2: Frequência de respostas e seu respectivo percentual referente ao Item 8.

Foto	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9	F-10	Não
f	27	7	14	70	12	11	30	10	10	6	3
%	13.5	3.5	07	35	6	5.5	15	5	5	3	1.5



Figura 20: Foto nº 4 do item 8 do questionário de sondagem. Postura apontada por 35% dos alunos como a mais semelhante adotada em sala de aula.

Item 9: Objetivava saber dos alunos qual das fotos mostradas (iguais do item anterior), aquela que melhor representava, no seu entender, a postura mais correta para se adotar no conjunto escolar.

Conforme resultados no Quadro 3 abaixo, a foto número 3 (Figura 21) foi a escolhida por 74.5% dos participantes, como sendo a que melhor representava a postura correta para se posicionar no mobiliário escolar, enquanto que a foto 10 seguiu depois com 18.5% de indicação. Observa-se também, que essas duas fotos representam a postura sentada padrão, preconizada para ser adotada em atividades na carteira escolar.

Quadro 3: Frequência de respostas e seu respectivo percentual referente ao Item 9.

Foto	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9	F-10	Não
f	0	6	149	0	2	1	0	0	0	37	5
%	0	3	74.5	0	1	0.5	0	0	0	18.5	2.5



Figura 21: Foto nº 3 do item 9 do questionário de sondagem. Postura que corresponde para 74.5% dos alunos, como sendo a mais correta a se adotar na posição sentada no mobiliário escolar.

Item 10: Objetivava saber dos alunos, a partir da visualização de um diagrama do corpo humano (Anexo 03), qual(is) dentre as regiões demarcadas correspondia a parte do corpo humano relacionada a ocorrência de constrangimento ou queixa músculo-esquelética, durante a realização de atividades no conjunto escolar.

De acordo com os resultados, mostrados no Quadro 4 abaixo, e na Figura 22, a seguir, 41% dos participantes referiram-se a região número 1 do diagrama, como a porção do corpo de maior constrangimento músculo-esquelético, seguido da região 2 (30%) e 3 (21%) respectivamente. Como resultado de uma livre escolha em segunda opção, observou-se a indicação da região nº 3 do diagrama a que mais chamou a atenção por 30% dos participantes.

Quadro 4: Frequência de respostas e seu respectivo percentual referente ao Item 10.

Região Corporal	Reg. 1	Reg. 2	Reg. 3	Reg. 4	Reg. 5	Não Resp.
1ª Opção	82	60	42	2	2	12
Percentual	41%	30%	21%	1%	1%	6%
2ª Opção	0	35	60	1	2	102
Percentual	0%	17.5%	30%	0.5%	1%	51%

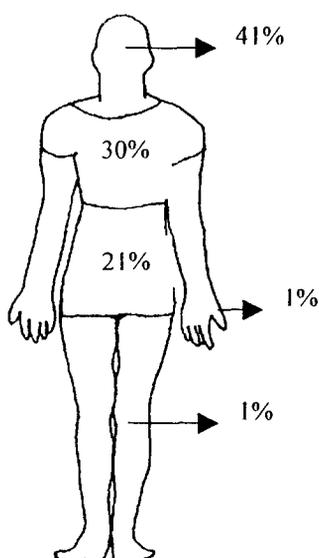


Figura 22: Diagrama do corpo humano, com a indicação dos resultados do Item 10 do questionário, relacionado a constrangimentos músculo-esqueléticos no uso da carteira escolar.

4.2 Resultados Referentes a IIª Etapa do Estudo

Os dados experimentais da IIª Parte do estudo apontam mudanças importantes nas respostas posturais nos participantes, principalmente, quanto a inclinação do tronco a cabeça à frente, de acordo com as mudanças nos valores dos ângulos de inclinação da superfície da carteira.

Da mesma forma, gostaríamos de salientar que esses dados, referentes aos ângulos posturais, foram calculados a partir das coordenadas espaciais referentes a cada ponto digitalizado das respectivas imagens, gravadas no momento da realização do experimento. No entanto os dados brutos obtidos para cada um dos participantes não constarão nos anexos por serem inviáveis devido ao volume de folhas que seria gerado (mais de 600). Porém, estão relacionados, em formas de tabelas, os valores das modas que foram encontrados para cada sujeito nas três situações experimentais que foram propostas, bem como, seus respectivos valores máximos e mínimos.

4.2.1 Comparação dos dados para fins de verificação da assimetria postural

Conforme delineamento estatístico proposto na metodologia, foram comparados os valores correspondentes aos ângulos posturais assumidos pelos segmentos corporais do lado direito e do lado esquerdo do corpo, conforme mostra a Tabela 4. Através da inferência estatística, foi verificado a necessidade de se analisar independentemente estas variáveis em função de seus resultados.

Tabela 4: Resultado da aplicação do teste estatístico (*t-test* amostras independente) para comparação das variáveis do lado direito (Dir) com o lado esquerdo (Esq) do corpo.

Segmentos	Mo(Dir)	Mo(Esq)	S(Dir)	S(Esq)	t-valor	p
Pescoço ($\theta_{2,3}$)	71	84	12	15	-5.2925	0.000001
Braço ($\theta_{12,13}$)	51	58	12	20	-2.3920	0.018335
Cotovelo ($\theta_{4,5}$)	79	64	29	21	3.1942	0.001798
Tronco ($\theta_{8,9}$)	15	18	7	6	-2.5184	0.013128
Quadril ($\theta_{6,7}$)	43	44	19	17	-0.5660	0.572439
Joelho ($\theta_{10,11}$)	83	83	13	13	-0.0284	0.977390
Qua+Tro ($\theta_{17,18}$)	58	63	20	18	-1.4168	0.159166

Conforme os resultados, mostrados na Tabela 4 acima, observa-se a probabilidade (p), em destaque, dos ângulos cujos valores apresentaram uma diferença significativa quando comparados o lado direito e o esquerdo do corpo. Esses valores mostram uma forte diferenciação nos ângulos obtidos para o pescoço ($p < 0.001$), braço ($p = 0.018$), cotovelo ($p = 0.001$) e do tronco ($p = 0.013$), portanto, conferem valores próprios para cada caso em separado.

Conforme mostra a Figura 23 acima, o segmento do tronco, representado pelas variáveis θ_8 e θ_9 , apresentou uma grande variação de valores angulares, tanto quando tomados do lado direito e esquerdo do corpo, bem como, entre as três situações experimentais (A, B e C). Nesses valores, observa-se, também, uma maior variabilidade dentro o grupo de alunos, na situação A, do lado direito respectivamente.

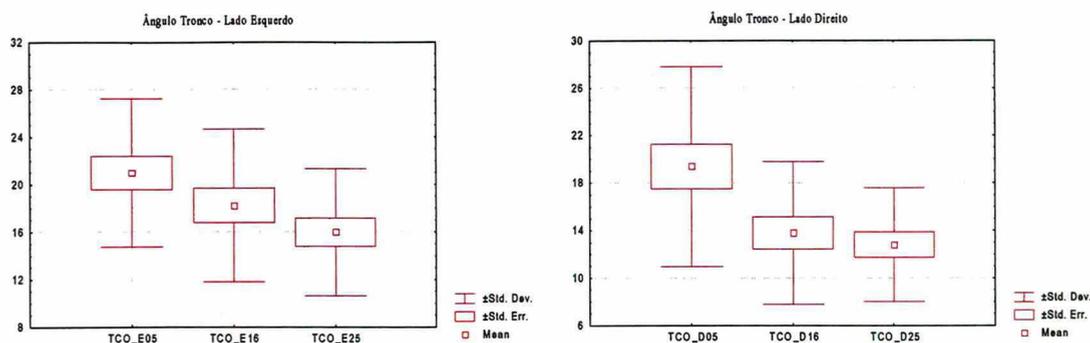


Figura 23: Gráficos representativos da variação angular do segmento tronco.

Os demais valores angulares, correspondentes as variáveis relacionadas a posição do quadril, joelho e quadril e tronco (Qua+Tro), não apresentam diferenças estatisticamente significativas ($p > 0.05$), portanto, para efeitos práticos, esse valores encontrados para o lado direito, correspondem aos mesmos que foram encontrados para o lado esquerdo do corpo.

4.2.2 Comparação dos ângulos posturais nas três situações experimentais

A partir da aplicação do teste estatístico de variância (ANOVA *one-way*), foi obtido os resultados da comparação de todos os parâmetros posturais, nas três intervenções experimentais proposta no trabalho (A, B e C), ou seja, com o tampo da carteira posicionado em 5, 16 e 25 graus, respectivamente.

Os resultados quando comparados, apresentaram ser estatisticamente diferentes para as variáveis θ_8 ($p=0.005$), θ_9 ($p=0.038$) e θ_{14} ($p=0.041$), conforme mostra a Tabela 5, a seguir. As variáveis θ_{12} e θ_{13} , que se referem à posição dos braços, apesar de não apresentarem diferenciação estatística para um nível de significância usual de 5%, apresentam valores relativamente diferenciados ($p=0.07$).

As demais 16 variáveis estudadas, quando analisadas estatisticamente, não apresentaram resultados significativos. Portanto, seus valores, tomados pela moda, se mantiveram constantes durante a manutenção da postura corporal, no desenrolar das atividades propostas no trabalho.

Esses resultados já eram esperados, aja visto, que o arranjo experimental com base no protótipo regulável (cadeira e carteira escolar), buscava, efetivamente, alterar o posicionamento do tronco, a partir da distância e do ângulo focal do aluno à

superfície de trabalho, com uma melhor adequação da altura da mobília e das mudanças de inclinação no tampo da carteira, baseados na literatura ergonômica.

Tabela 5: Resultados do teste estatístico de variância (ANOVA *one-way*), onde foram comparadas as diversas variáveis dos sujeitos nas três situações experimentais proposta no estudo. Em destaque as variáveis com **p** significativo.

Ângulos da Mesa		Mo(5°)	Mo(16°)	Mo(25°)	F	p
Cabeça	(01)	56.87	56.91	55.46	0.1413	0.8686
Pescoço-D	(02)	73.90	71.06	68.13	1.1977	0.3094
Pescoço-E	(03)	87.62	84.98	79.36	1.6587	0.1994
Cotovelo -D	(04)	88.70	74.49	73.23	1.8403	0.1681
Cotovelo -E	(05)	67.62	64.57	60.04	0.6364	0.5329
Quadril-D	(06)	41.00	42.50	43.96	0.1136	0.8928
Quadril-E	(07)	42.28	45.40	45.49	0.2135	0.8084
Tronco-D	(08)	19.39	13.79	12.82	5.8183	0.0050
Tronco-E	(09)	21.01	18.25	16.00	3.4547	0.0384
Joelho-D	(010)	86.69	81.19	81.56	1.1222	0.3327
Joelho-E	(011)	86.68	80.42	82.54	1.2143	0.3045
Braço-D	(012)	55.14	50.19	46.44	2.8240	0.0677
Braço-E	(013)	63.87	59.27	49.91	2.7913	0.0697
Foco	(014)	44.22	48.36	50.59	3.3738	0.0412
INC-Pescoço	(015)	15.10	16.65	13.02	0.8990	0.4127
INC-Ombro	(016)	4.39	4.04	4.56	0.1221	0.8853
Qua+Tro-D	(017)	60.40	56.30	56.77	0.2386	0.7885
Qua+Tro-E	(018)	63.29	63.65	61.48	0.0784	0.9247
D-FOCO	(mm)	318.34	290.02	293.48	0.5401	0.5857

A variável 01, conforme pode-se observar na Tabela 6 a seguir, apresentou uma variação nos valores angulares de 61° à 53°, na situação experimental A (mesa inclinada em 5°), de 62° à 52°, na situação B (mesa inclinada em 16°) e, de 61° à 50°, na situação C (mesa inclinada em 25°). Descrevendo um movimento de 10° em média, em torno da moda principal que foi 56 graus.

Esta variável 01, que representa o ângulo de inclinação para frente da cabeça (lado direito), não possui a sua correspondente, que deveria estar relacionada ao movimento do lado esquerdo do corpo, como as demais variáveis, devido a problemas operacionais durante a digitalização das imagens.

Os ângulos 02 e 03, que mostram o valor da flexão do pescoço em relação a ambos os lados da cabeça, apresentaram uma moda geral em torno de 78°, bem como, em ambos os casos, uma tendência em diminuir de valor, à medida que era aumentado a inclinação do tampo da mesa (sentido de A para C). Na situação A, foi

encontrado um valor angular de moda de 74° para θ_2 e, de 88°, para θ_3 ; na situação B, esses valores foram de 71° para θ_2 e 85° para θ_3 ; e, na situação C, esses valores foram de 68° e 79° para θ_2 e θ_3 , respectivamente. Foi também constatado, uma diferença entre os valores de mínimo e de máximo em torno de 5°, para o lado direito do pescoço e, de 7°, para o lado esquerdo deste segmento corporal. Esta diferença, está relacionada a variação da posição da cabeça no plano frontal de referência.

Tabela 6: Valores modais (Mo), mínimos e máximos, encontrados para cada variável e sua respectiva diferença, nas três situações experimentais.

Variáveis	Tampo - 05 graus			Tampo - 16 graus			Tampo - 25 graus		
	Min	Máx	# 05°	Min	Máx	# 16°	Min	Máx	# 25°
θ_1	61.33	52.46	8.87	61.95	51.86	10.09	61.03	49.90	11.13
θ_2	71.51	76.30	4.79	68.51	73.61	5.10	65.38	70.88	5.50
θ_3	84.06	91.17	7.11	81.32	88.65	7.33	75.47	83.25	7.78
θ_4	92.68	100.71	8.03	75.97	84.43	8.46	74.94	83.99	9.05
θ_5	71.87	79.43	7.56	66.61	73.91	7.30	62.55	69.49	6.93
θ_6	33.83	35.22	1.39	34.81	36.75	1.93	35.67	37.80	2.13
θ_7	35.63	37.18	1.55	38.07	39.71	1.64	38.35	40.37	2.02
θ_8	18.14	20.65	2.50	12.51	15.07	2.56	11.32	14.31	2.98
θ_9	19.89	22.12	2.22	17.04	19.45	2.40	14.78	17.22	2.44
θ_{10}	83.90	86.44	2.54	80.18	84.21	4.02	81.23	83.86	2.63
θ_{11}	83.27	85.78	2.51	79.67	82.81	3.15	81.55	83.83	2.27
θ_{12}	52.87	57.40	4.54	46.53	51.47	4.94	43.06	49.83	6.76
θ_{13}	62.16	65.59	3.44	57.23	61.31	4.08	47.38	52.44	5.06
θ_{14}	41.33	47.11	5.78	44.58	52.15	7.57	46.73	54.46	7.73
θ_{15}	11.47	18.73	7.26	13.09	20.21	7.11	9.53	16.77	7.24
θ_{16}	3.67	5.11	1.44	3.37	4.70	1.33	3.70	5.04	1.35
θ_{17}	51.97	55.87	3.89	47.33	51.82	4.49	47.00	52.11	5.11
θ_{18}	55.52	59.30	3.77	55.11	59.16	4.04	53.12	57.59	4.46
D-foco	300.90	338.81	37.90	265.65	313.65	48.00	271.10	315.05	43.95

As variáveis θ_4 e θ_5 , que representam o ângulos do cotovelo, apresentaram resultados diferenciados, como já foi mencionado no item anterior. A variável θ_4 apresentou um valor modal médio de 79°, enquanto que a variável θ_5 , apresentou um valor de 64°, diferenciando-se portanto, em 15° uma da outra. Nas três situações experimentais (A, B e C), em separado, os valores angulares encontrados para o θ_4 , foram de 89°, 75° e 73° e, para o θ_5 , foram de 68°, 65° e 60°, respectivamente. Observando-se um decréscimo de valor a medida que o tampo da mesa era inclinado. Constataram-se também, uma variação, de movimento angular, de 8°, em torno da moda central, em ambos os casos.

Faz-se importante, constar aqui, que o ângulo θ_4 representa a posição do braço direito e, que em todos participantes da amostra, está relacionado a mão da escrita; por conseqüência, o ângulo θ_5 representa a posição do braço de apoio, respectivamente.

Os ângulos θ_6 e θ_7 , que representam a posição do quadril, apresentaram valores bastante próximos entre si, 43° e 44° , respectivamente, com variações de apenas 2° no geral. Esses dados, tomados nas três situações experimentais (A, B e C), mostraram valores angulares para o θ_6 de 41° , 42.5° e 44° , e, para θ_7 , valores de 42° , 45° e 46° , respectivamente. Observando-se, portanto, em ambos os casos, um pequeno aumento de valor, na mesma ordem de aumento do ângulo de inclinação do tampo da mesa.

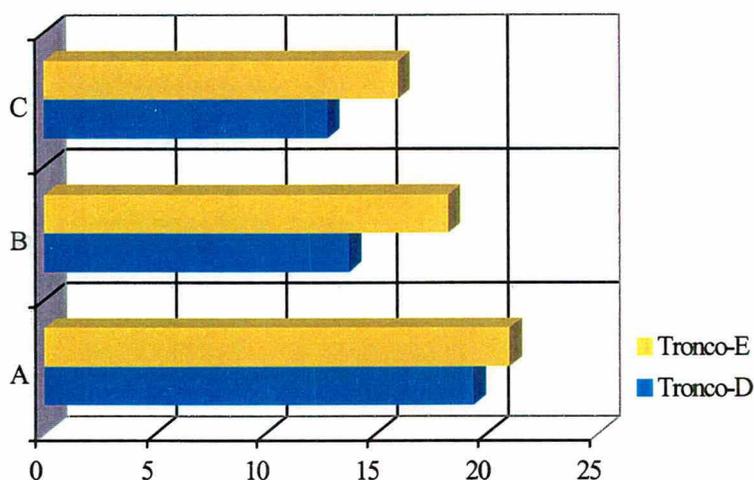


Figura 24: Representação gráfica das variáveis θ_8 (Tro_E) e θ_9 (Tro_D) nas três situações experimentais estudadas.

De acordo com a Figura 23 acima, os ângulos θ_8 e θ_9 , que representam a posição do tronco em relação a linha vertical, apresentaram valores bastante diferenciados, principalmente, se tomar-mos como referência as diferentes propostas de intervenção a partir do mobiliário. Os valores de θ_8 , encontradas situações A, B e C, foram de 19° , 14° e 13° e, para θ_9 , de 21° , 18° e 16° , respectivamente. Portanto, esses valores tendem ao decréscimo de valor, à medida que o ângulo de inclinação da mesa era aumentado favoravelmente, contrariando os resultados observados para o quadril, descritos anteriormente. Foi também verificado, que esses ângulos do tronco,

apresentam uma pequena variação (2.5°) em relação as modas principais, que eram de 15° e 18° , para θ_8 e θ_9 , respectivamente, conforme pode-se observar na Tabela 4.

Complementando os resultados das variáveis relacionadas anteriormente, descreveremos aqui, os resultados das variáveis θ_{17} e θ_{18} , que são complementares a estas, visto que, foram obtidas da soma dos ângulos relacionados ao quadril e ao tronco. Apesar de serem de valores redundantes, deverão auxiliar na discussão dos resultados, por terem sido também relacionadas por outros autores.

Conforme pode ser observado na Tabela 5, os resultados encontrados para ambos os lados ficaram em torno de uma média de 60° , numa variação de 4 graus de posição. Observa-se também, que essas variáveis apresentam uma pequena diferenciação entre elas, causado, principalmente, pela variação mais efetiva da participação dos ângulos adicionados do tronco.

Para os ângulos θ_{10} e θ_{11} , que representam a posição da perna em direção ao segmento da coxa na postura sentada, em geral apresentam valores semelhantes de 83° e, uma variação média, em torno de 3 graus. Os resultados dessas variáveis, observados individualmente, apresentaram também grande semelhança nas três situações experimentais, como segue: 87° para a A, 81° e 80° para a B e 82° e 83° para a situação C.

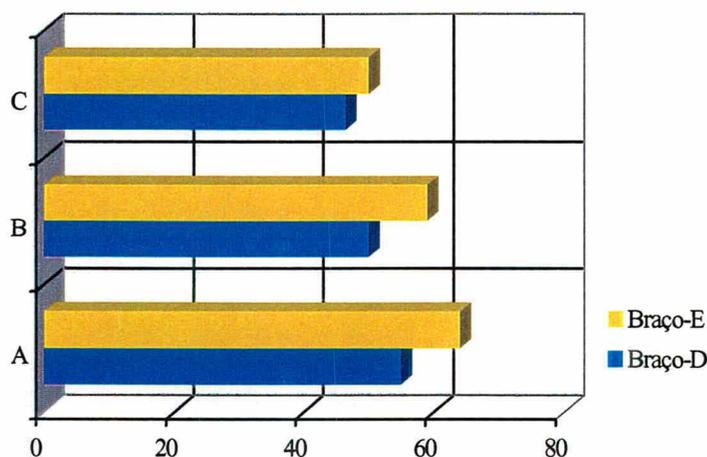


Figura 25: Representação gráfica das variáveis θ_{12} (Braço-D) e θ_{13} (Braço-E) nas três situações experimentais estudadas.

No entanto, conforme mostra a Tabela 5, esses valores foram mais expressivos quando o tampo da mesa encontrava-se na posição de linha de base (A).

Nota-se que, apesar dos valores dos ângulos encontrados para a articulação do joelho terem sido semelhantes, conforme pode-se observar na Tabela 5, geralmente ocorre uma alternância em suas posições. Quando o joelho direito encontrava-se flexionado, o joelho esquerdo encontrava-se mais estendido e vice-versa, porém, com predominância para uma flexão menor que 90° .

Para os ângulos θ_{12} e θ_{13} , que representam os valores de abdução do braço, foram observados um significativa diferença entre eles, conforme pode se observar nas Tabelas 4 e 5. O lado direito (θ_{12}) apresentou uma moda geral de 51° e, o lado esquerdo, uma moda geral de 58° , com uma variação média, para ambos, ao redor de 5 graus. Para as três situações estudadas (A, B e C), conforme mostra a Figura 25 abaixo, foram encontrados valores de 55° , 50° e 46° para θ_{12} , e de 64° , 59° e 50° para θ_{13} , respectivamente. Contudo, esses valores mostram um semelhante e acentuado declínio, à medida que fora aumentado a angulação do tampo da carteira. O braço direito utilizado para escrever, tende a ter maiores valores de angulação do que em relação ao seu oposto, conforme pode ser visualizado na Figura 25 anteriormente.

Visualizando-se a Figura 26 abaixo, observaremos a variação dos valores representativos da variável Foco, a partir da introdução do tratamento com a inclinação do ângulo do tampo. Os valores encontrados foram de 44° para a situação A (Foco 5), 48° para a situação B (Foco 16) e, de 51° , para a situação C (Foco 25), com uma variação média de aproximadamente 8 graus.

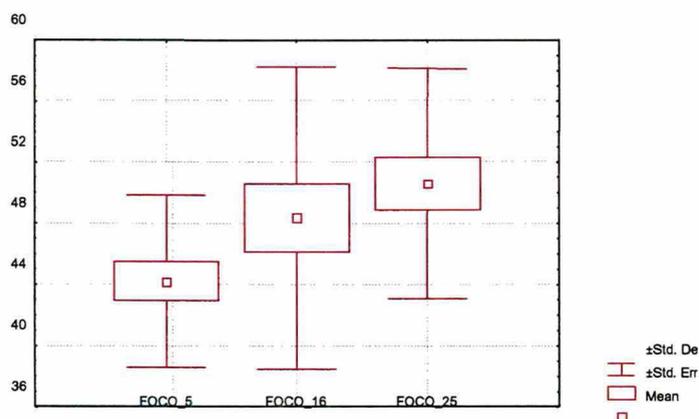


Figura 26: Gráfico representativos da variação angular da variável Foco (θ_{14}) nas três situações experimentais estudadas.

Conforme a Figura 26, esses valores angulares tendem a aumentar à medida que o tampo da mesa aumenta de inclinação. Houve uma grande diferenciação de resultados se compararmos a situação A com a C, bem como, na situação B, encontramos a maior variabilidade de resultados no mesmo grupo.

Esses resultados, como era de se esperar, são devidos a variação no ângulo da mesa, pois, esta variável representa o ângulo que a linha de visão faz com o plano da superfície da mesa, ou seja, está atrelada diretamente às modificações introduzidas nesta. Isto, que dizer também, que a situação C melhorou o posicionamento dos olhos para a execução da tarefa proposta.

A variável θ_{15} , que mostra a ocorrência de inclinação lateral ou no plano frontal do pescoço, mostrou resultados semelhantes para as três situações estudadas. O valor encontrado, foi em média, de 15° , com importantes variações em torno de 7 graus. Este resultado indica a tendência de se inclinar a cabeça e o pescoço para o lado oposto ao da mão de escrever; como no caso dos participantes, em que todos eram destros, essa inclinação deu-se sempre para o lado esquerdo do corpo, acompanhada de flexão à frente, demonstrado pela variável θ_3 .

A variável θ_{16} , por sua vez, representa a inclinação do ombro, também, no plano frontal. Apesar da relação com a variável anterior, apresentou resultados mais estáveis de variação (1.4°), com uma média modal de 4° , conforme mostram as Tabelas 4 e 5. Este valor de inclinação tende a sofrer influência direta vinda da abdução do braço (θ_{13}), no momento em que é apoiado na mesa sobre o material de leitura; característica da atividade proposta. Em contra posição, o ombro oposto, (direito no caso) permanece mais elevado, devido a função que tem, em transportar o braço, sobre as linhas da folha, no momento da transcrição do texto (escrita).

A variável D-Foco, única, da lista estudada, que não tem unidade de medida em ângulo, pois se refere ao valor em milímetros da distância do eixo focal do indivíduo. No estudo, essa variável estava relacionada a posição da ponta do lápis (ponto de digitalização 21 da Figura 13) para que fosse possível a tomada da respectiva medida. Os resultados se mantiveram semelhantes em todas as 3 situações, permanecendo praticamente constante em 300 mm, com uma pequena variabilidade em torno de 43 mm. A informação desta variável tem uma grande importância no entendimento do posicionamento do corpo, devido ser esta distância de 300 mm a

mais natural para os olhos e, por conseguinte, ela é adotada intuitivamente (influência fisiológica) em torno deste patamar.

Em geral, observou-se, a partir dos resultados obtidos que as variáveis θ_2 , θ_3 , θ_4 , θ_5 , θ_8 , θ_9 , θ_{12} , θ_{13} , θ_{17} e θ_{18} tiveram ser valores diminuídos, à medida que se aumentava a inclinação da superfície da carteira (mesa), portanto, elas têm uma relação inversa de causa e efeito com o mobiliário. Por outro lado, as variáveis θ_6 , θ_7 e θ_{14} tiveram seus valores aumentados, respectivamente, no aumento das inclinações do tampo, numa relação de valores quase direta de causa e efeito. Já, as variáveis θ_{15} , θ_{16} e D-Foco, permaneceram indiferentes a mudança introduzidas pelo tampo da mesa, ou seja, permaneceram em níveis constantes de valores.

4.2.3 Características da curva de movimento da cabeça

Na Figura 27 abaixo pode ser visualizada o tipo de curva descritas que foram encontrado, neste estudo, para o movimento da cabeça e olhos no desenvolvimento da tarefa pelo participante da amostra.

Estas curvas que são mostradas não passaram por nenhuma espécie de filtro matemático, ou seja, elas descrevem no momento da frequência de 1 Hz que haviam sido processadas as imagens. São portanto, 300 quadros representativos deste movimento para cada uma das três situações experimentais estudadas.

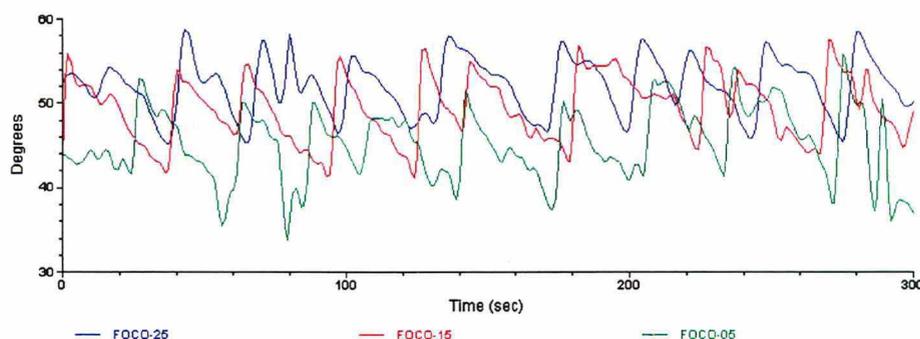


Figura 27: Gráfico representativo do movimento realizado pelo olhar (variável Foco) durante a atividade de transcrição do texto, para os 300 quadros digitalizados com o auxílio do Sistema Peak Motus. As situações estudadas podem ser vistas pelas diferença de cores das curvas.

Observando a forma dessas curvas, notaremos que, grosseiramente, se parecem com as descritas por um eletrocardiograma. Tem picos de valores acima e abaixo, com pequenas "imperfeições" intermediárias.

4.2.4 Correlações de dados antropométricos

Apesar da amostra ter sido pequena para maiores inferências estatísticas, os gráficos das figuras a seguir apresentam relações importantes, principalmente quando se fala em agrupar alunos de diferenças marcantes em uma mesma sala, provida de mobiliários padronizadas.

Neste estudo, apesar de terem sido tomadas mediadas da altura do cotovelo de cada participante, antes de começarem o trabalho experimental, essas medidas não serviram arbitrariamente para referenciar a altura da mesa, mas sim para futuras comparações que se fizessem necessárias. No momento de posicionarem-se no mobiliário os participantes eram auxiliados apenas para efetuar a regulagem da mobília, porém era ele que dizia, após de uma rápida provada, a posição que mais lhe era confortável. No entanto, após essas regulagens terem sido efetuadas, por ocasião da primeira situação de tarefa (A), permaneciam inalteradas para as demais situações propostas (A e B).

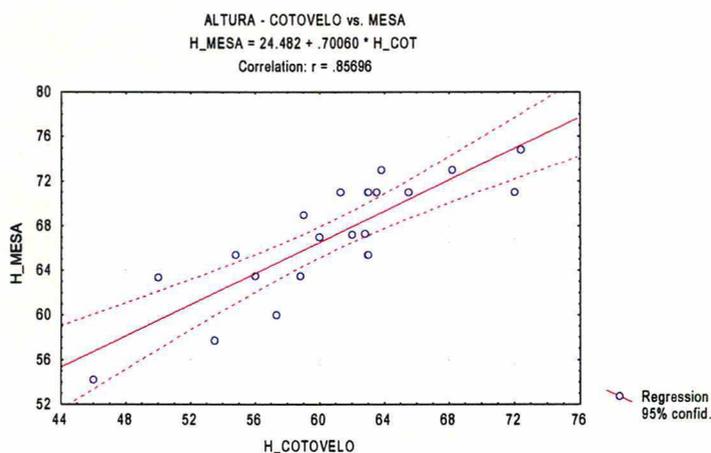


Figura 28: Gráficos do resultado da correlação entre a altura do cotovelo e altura da mesa e estatura e altura do cotovelo, respectivamente.

Na Figura 28, observando-se o gráfico, podemos perceber as diferenças de medidas de alturas que estavam presentes nesse pequeno grupo de 20 alunos que fizeram parte da amostra. Da mesma forma, pelo resultado demonstrado, ficou patente a grande relação que tem entre a altura do cotovelo e a respectiva altura da mesa ($r=.86$).

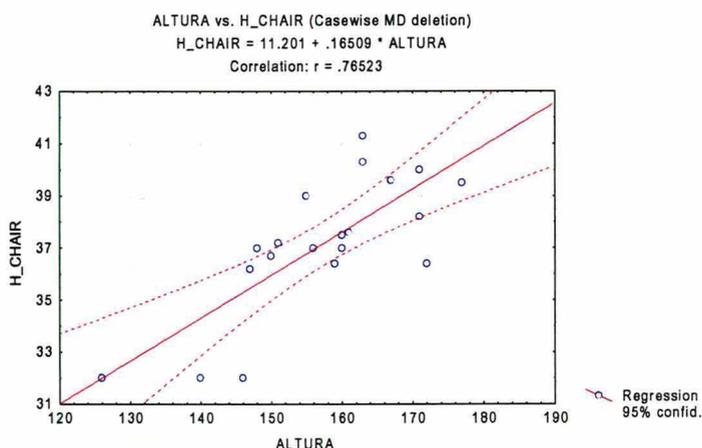


Figura 29: Gráficos do resultado da correlação entre a altura dos alunos e altura do assento da cadeira.

Por outro lado, se analisarmos a Figura 29, observaremos que, a relação de estatura do aluno e altura do assento da cadeira, não é tão forte ($r=.77$). Há bastante variabilidade entre a estatura do indivíduo e a altura do cotovelo.

Observando as distribuições dos pontos nos dois gráficos, observaremos a grande variação de medidas nos participantes da amostra, bem como, das suas exigências quanto as diferentes alturas demandadas para o mobiliário.

Portanto, a partir dessas informações, foi possível mostrar que a altura da mesa tem uma grande dependência da altura do cotovelo, tomada a partir da posição sentada e, uma dependência em menor escala da altura do indivíduo (aluno).

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O objetivo principal deste estudo é a análise biomecânica da postura sentada, em escolares realizando tarefas típicas de sala de aula, com o uso de um conjunto escolar regulável. Neste contexto, serão discutidos aqui somente os resultados referentes aos objetivos específicos do projeto, conforme já assinalados.

Os resultados do estudo experimental, conduzido no laboratório de biomecânica, sugerem mudanças significativas nos valores dos ângulos correspondentes as variáveis estudadas. Basicamente, as modificações angulares observadas referem-se aos segmentos do tronco e do pescoço. Essas mudanças ocorreram em função do tratamento aplicado, qual seja, a mudança no valor do ângulo de inclinação do tampo da carteira conforme as condições experimentais propostas.

Apesar dos resultados biomecânicos terem sido bastante contundentes, quanto a melhora da postura corporal, os resultados encontrados não representaram valores angulares diretamente proporcionais aos mesmos valores introduzidos na inclinação da mesa, conforme esperávamos e por terem sido observados por pesquisadores como Mandal (1981 e 1985). Das explicações que encontramos, para o fato, seria, na medida em que a inclinação do tampo da mesa era aumentada, percebia-se a necessidade de um acompanhamento na altura da mesa, que por motivos operacionais não foram efetuados. Como já foi comentado, o devido ajuste de altura da mesa, para o respectivo participante, só era efetuado no início dos trabalhos e com o tampo na situação A (5° de inclinação). Outro fato, complementando ao anterior, teria sido, por que os sujeitos sempre começavam a tarefa proposta, também, na situação A. Nunes e Nunes (1988), descrevem tratamentos experimentais desse tipo, onde os pesquisadores replicavam os testes, invertendo-se as ordens das situações.

Quanto ao uso da cadeira do tipo concha, apesar de não ser recomendada pelos ergonomistas em geral, devido a falta de espaço entre o assento e o encosto para acomodar a região das nádegas, neste estudo, ficou verbalizado pelo participantes, a sua comodidade. A concha, que era moldada em um material bastante resistente, apresentava com uma concavidade anatômica entre o assento e o apoio

dorsal que acomodava "confortavelmente" os alunos, principalmente os maiores, apesar do espaço reduzido de tempo que permaneceram sentados (aproximadamente 25 min). Esta peça única, também proporcionou um apoio mais efetivo da região lombar, sem contudo, oferecer aos alunos, o risco de submeterem-se a grandes pressões, como as exercidas pelas bordas do encostos das cadeiras tradicionais, bem como, nas cadeiras tradicionais, há também os problemas de dimensionamentos dessa peça com relação ao assento, principalmente, para atender crianças de diferentes estaturas.

Por outro lado, o que justificaria a não utilização desse tipo de assento, seria devido aos casos mais antigos, quando utilizaram de plástico (pouca resistência) para moldar a concha. No momento em que o sujeito procurava o apoio, o material cedia, forçando em demasia às costas, o que levava ao cansaço mais rapidamente.

Ao contrário do que muitos imaginam, as crianças durante a execução das tarefas de aprendizagem, sentadas em suas cadeiras e carteiras escolares, assumem posturas corporais de formas assimétricas e variadas. Da mesma forma, esta postura não pode ser entendida como estática. O corpo e seus segmentos realizam pequenos movimentos, que representam ajustes de posicionamento e movimentos inerentes ao tipo de atividade que o indivíduo executa.

Nas três situações experimentais propostas, os participantes mantiveram-se com uma diferença semelhante de angulação do pescoço, tomados para os dois lados do corpo. Isto representa a influência da cabeça, que na adoção desse tipo de postura sentada, vai depender do tipo de tarefa ocupacional a ser realizada. A medida que a criança se posiciona para a execução da tarefa, ele tende a posicionar-se mais na sua frente o texto, e mais ao lado (lado direito para o caso dos destros) e de forma inclinada, as folhas pautadas para a transcrição do texto. Isto faz com que no momento dessa tarefa, a cabeça incline-se para a esquerda, causando a variação descrita. Os segmentos de retas que representam essas variáveis tem uma origem comum (C7) e pontos de inserção diferentes na cabeça (Direito e Esquerdo). Este fato apesar de não ter sido descrito em trabalho literário, supõem-se normal, para este tipo de atividade e, de fácil verificação empírica.

O caso dos membros inferiores, essas trocas de posicionamentos, não representam deslocamentos significativos, principalmente quando comparados o lado direito e o esquerdo. Porém, biomecanicamente, esses pequenos deslocamentos

angulares são importantes, e servem para dar o melhor equilíbrio necessário para se manter uma postura favorável (adequada) durante a realização das atividades durante o desenrolar da aula. Por outro lado essa articulação influencia na posição do quadril, conforme mencionou Moro (1994), devido agir na musculatura posterior da coxa (isquios-tibiais), que por sua vez influenciam o movimento de basculação da pelve.

A posição do quadril desempenha um papel fundamental na anatomia da postura sentada. A medida que aumentamos o ângulo no sentido posterior do corpo (basculação posterior), estaremos retificando a coluna lombar (de lordose natural passa-se a formar uma cifose). Esta adoção posterior da pelve com a retificação da coluna lombar, foi verificado em todos os casos estudados, com uma mínima variação quando da introdução das mudanças de inclinação da superfície da carteira. Tomando-se pela moda, verificou-se uma angulação em torno de 43° posteriormente. A rotação para trás da pelve, tem um influência do posicionamento do joelho e da própria articulação do quadril. A medida que flexionamos a coxa, estamos estendendo os músculos posteriores deste segmento (músculos isquiocrurais), que originam-se no osso ísquio e inserem-se na tibia a nível do joelho. Por serem músculos mais ativos e, conseqüentemente, mais fortes que os da musculatura paravertebral, predominando o seu fator resistência na adoção da postura sentada convencional. O indivíduo para manter a pelve alinhada verticalmente, despenderá de um esforço adicional da musculatura dos costas em conjunto com uma flexão do joelho (pés sob a cadeira).

De acordo com Mandal (1981 e 1982), esta é uma posição forçada e que suportaremos por pouco tempo. Em geral, o corpo tende a se acomodar na mobília, de forma a ter o maior relaxamento muscular possível, principalmente dos músculos paravertebrais. Esses músculos, considerados também de antigravitacionais, devido a sua função de sustentar o tronco em equilíbrio contra a força da gravidade, são pouco resistentes, e sempre que possível indivíduo procura apoiar-se. Exceções desse comportamento são determinados atletas que possuem grande rigidez e resistência muscular geral e, pianistas, que trabalham em demasia o hábito de sentar ereto.

Outro fator importante, neste estudo, se refere ao ângulo de visão, representado pela variável Foco, que apresentaram resultados bastante favoráveis quando da inclinação máxima proposta. Segundo Grandjean (1998), para se ter uma

boa postura de trabalho, o ângulo estabelecido pelo olho ao objeto observado deve ficar de no máximo 30° abaixo da linha horizontal. No caso, a situação experimental C, obtivemos um ângulo de visão de 26°, ou seja, dentro do recomendado pelo autor.

Este conjunto escolar, que foi utilizado no estudo, foi concebido dentro da visão ergonômica, que tem sua preocupação maior em adequar o posto de trabalho às características psicofisiológicas do homem. Corroborando, com Wisner (1994) estas adequações, visam reduzir os desconfortos posturais do sujeito, através da indução de uma adequada postura de trabalho, de forma que haja uma facilidade na percepção e recebimento das informações da tarefa, para que sua execução seja feita com eficiência, segurança e bem-estar.

6. CONCLUSÃO

A preocupação com a utilização de um mobiliário adequado na sala de aula contribuí para a melhoria da qualidade de vida dos usuários, uma vez que pode reduzir os custos humanos posturais na posição sentada e, conseqüentemente, contribuir para um aumento no rendimento escolar. Esta melhoria na qualidade de vida das crianças, encarada sob a perspectiva de uma preocupação social, passa a ser também responsabilidade das indústrias e *designers*, já que possuem capacitação para alterar este quadro desfavorável. Os parâmetros aqui definidos tiveram por objetivo propiciar uma melhor adequação do posto de trabalho ao usuário e, conseqüentemente, melhorar a seu bem-estar na medida que contribui para a otimização do sistema como um todo.

Do registro, dos padrões posturais assumidos em sala de aula, concluímos que, as crianças sentam-se na maioria do tempo com o tronco flexionado (encurvado) sobre a mesa, principalmente em atividades de leitura e escrita. Também foi levantado, que a maioria das crianças apresentam queixas na região do pescoço e da cabeça, fato esse confirmado, pelo contingente uso da mão sobre o queixo, durante as atividades na carteira, na tentativa de aliviar o peso da cabeça.

O mobiliário utilizado nas escolas públicas brasileiras, em geral (como foi no caso estudado), não proporcionam ao aluno um sentar-se favorável para a realização de suas tarefas, principalmente, por não atenderem as normas quanto aos tamanhos diferenciados que deveriam prover. Por outro lado, as normas (NBR 14006) não atendem as necessidades das escolas, devido a falta de adequação dos sete diferentes tamanhos previstos, as variadas turmas e graus de escolaridade de alunos que se utilizam de uma mesma sala de aula, nos diferentes turnos do dia.

O mobiliário escolar regulável, desenvolvido para o estudo, atendeu as expectativas de melhora da postura sentada, principalmente, pela diminuição dos ângulos de flexão do pescoço e do tronco nos alunos participantes, à medida que o tempo da carteira era aumentado em angulação, em conjunto com o uso da altura preferida individualmente.

Portanto, o conjunto escolar para atender adequadamente a demanda exigida pela escola deve ser regulável, caso contrário, continuaremos com os mesmos problemas que aqui foram levantados e com as normas "na gaveta".

Uma proposta ergonômica para o mobiliário escolar implica primeiramente em disseminar os resultados de estudos sobre o tema e adoção de medidas práticas de substituição do *design* da mobília atual para reduzir custos humanos nos alunos. Essa humanização do posto de trabalho do estudante exigiria, também, a revisão crítica de procedimentos associados as práticas antigas de concepção. As práticas atuais de manejo do comportamento, para manter o estudante na posição sentada, devem paulatinamente serem substituídas por conseqüências reforçadoras presentes no próprio conjunto cadeira-mesa, como foi abordado.

Conforme os resultados de pesquisa relatados nesses estudos, gostaríamos de sugerir a Associação Brasileira dos Fabricantes de Móveis Escolares, baseados nos recentes resultados de pesquisa, para que elaborem critérios mínimos voltados a proteção e saúde dos seus usuários, e serem considerados nos projetos de concepção industrial. Da mesma forma, que sejam elaborados manuais práticos para servirem como fonte de ensino sobre o melhor entendimento da biomecânica da postura corporal e atividades na posição sentada. Pois, o que se percebe na prática é a grande desinformação, principalmente, por parte dos educadores, de como educar o aluno sobre a correta postura à assumir e, atuarem de forma crítica e consciente, para a escolha do mobiliário escolar.

Não basta que cadeiras e mesas educacionais, para serem reconhecidas como tal, localizem-se dentro das salas de aula. Antes de mais nada, essas peças de mobiliário devem cumprir seu papel de agente físico facilitador no processo educacional, como bem salientou Oxford (1969). Nessa perspectiva, acreditamos que a carteira e a cadeira escolar regulável, atenderá as quesitos mínimos de se ter a adequação antropométrica exigidas para cada criança em particular e, num futuro quem sabe, estaríamos contribuído efetivamente para amenizar o problema das chamadas dores nas costas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAGAARD-HANSEN, J.; STORR-PAULSEN, A. A comparative study of three different kinds of school furniture. *Ergonomics*, 38 (05), p. 1025-1035. 1995.
- AARÅS, A.; WESTGAARD, R. H.; STRANDEN, E. Postural angles as an indicator of postural load and muscular injury in occupational work situations. *Ergonomics*, 31 (6), p. 915-933. 1988.
- ABDEL-AZIZ, Y. I.; KARARA, H. M. *Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates in close-range photogrammetry*. In: Symposium on Close-Range Photogrammetry. Illinois: Urbana - Champaign, 1971.
- AMADIO, Alberto Carlos. *Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento humano*. São Paulo: Laboratório de Biomecânica - EEF-USP, 1996.
- ANDERSON, F. B. J. et al. Biomechanical analysis of loads on the lumbar spine in sitting and standing postures. *Biomechanics VIII-A*, p. 543-551. 1983.
- ANDERSSON, G. B. J. et al. The influence of backrest inclination and lumbar support on lumbar lordosis. *Spine*, 4 (1), p. 52-58. 1979.
- ANDERSSON, G. B. J.; SCHULTZ, A. B.; ÖRTENGREN, R. Trunk muscle forces during deskwork. *Ergonomics*, 29 (9), p. 1113-1127. 1986.
- ASCHER, Cécile. *Variações de postura na criança*. 1 ed. São Paulo: Editora Manole, 1976.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Móveis escolares- assentos e mesas para instituições educacionais (classes e dimensões)*, NBR 14006. Rio de Janeiro, 1997.
- BARNES, R. M. *Estudo de Movimentos e de Tempos: projeto e medida do trabalho*. 6 ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1977.
- BASMAJIAN, J. V.; Mac COLNAIL, M. A. *Muscles and movements, a basic for human kinesiology*. 2 ed. New York: Robert & Krieger Publishing, 1977.
- BENDIX, T. et al. What does a backrest actually do to the lumbar spine? *Ergonomics* 39 (4), p. 533-542. 1996.
- BLÖTE, A. W.; ZIELTRA, E. M.; ZOETEWY, M. W. Writing posture and writing movement of children in kindergarten. *Journal of Human Movement Studies*, v. 13, p. 323-341. 1987.
- BRANTON, P. Backshapes of seated persons - how close can the interface be designed? *Applied Ergonomics*, 15 (2), p. 105-107. 1984.
- CAILLIET, RENÉ. *Lombalgias: síndromes dolorosas*. São Paulo: Editora Manole, 1979.

- CHAFFIN, D. B.; ANDERSSON, G. B. *Occupational Biomechanics*. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- CHAFFIN, D. B.; ANDERSSON, G. B.; MARTIN, B. J. *Occupational Biomechanics*. 3 ed. New York e Toronto: John Wiley & Sons, 1999.
- COLOMBINI, D. et al. Biomechanical, electromyographical and radiological study of seated postures. In: CORLETT, N.; WILSON, J.; MANENICA, I. *The ergonomics of working postures*. London and Philadelphia: Taylor & Francis, 1986. p. 331-344.
- CORLETT, E. N.; BISHOP, R. P. A technique for assessing postural discomfort. *Ergonomics*, 19 (2), p. 175-182. 1976.
- CORLETT, N.; WILSON, J.; MANENICA, I. *The ergonomics of working postures*. London and Philadelphia: Taylor & Francis, 1986.
- COTE GIL, H. J. e TUNES, E. Posture recording: a model for sitting posture. *Applied Ergonomics*, 20 (1), p. 53-57. 1989.
- DUL, J. *Improved body posture at sloping office desk (measurements)*. Nashville (USA), 1981. Ph.D. Dissertation - Department of Biomedical Engineering, Vanderbilt University.
- EBY, C. S.; JETTON, R. L. School desk dermatitis: primary irritant contact dermatitis to fiberglass. *Archives of Dermatology*, v. 105, p. 89- 91. 1972.
- EVANS, W. A.; COURTNEY A. J.; FOK, K. F. The design of school furniture for Hong Kong schoolchildren. *Applied Ergonomics*, 25 (1), p. 3-16. 1988.
- FLOYD, W. F.; ROBERTS, D. F. Anatomical and physiological principles in chair and table design. *Ergonomics*, 2 (1), p. 100-110. 1958.
- FLOYD, W. F.; WARD, J. S. Anthropometric and physiological considerations in school, office, and factory seating. *Ergonomics*, v. 12, p. 132- 139. 1969.
- FREUDENTHAL, A. et al. The effect on sitting posture of a desk with a ten-degree inclination using an adjustable chair and table. *Ergonomics*, 22 (5), p. 329-336. 1991.
- GRANDJEAN E.; HUNTING, W. Ergonomics of posture - review of various problems of standing and sitting posture. *Applied Ergonomics*, 8 (3), p. 135-140. 1977.
- GRANDJEAN, Etienne. *Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. 4 ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 1998.
- HELANDER, M.; ZHANG, L. Field studies of comfort and discomfort in sitting. *Ergonomics*, 40 (9), p. 895-915. 1997.
- HIRA, D. S., An ergonomic appraisal of educational desks. *Ergonomics*, v. 22, p. 213-221. 1980.
- HULLEMANN, K. D. et al. *Medicina Esportiva: clínica e prática*. São Paulo: EPU/EDUSA, 1978.

- IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. 4 ed. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 1997.
- IIDA., Itiro & WIERZBICKI, Henri. *Ergonomia*. 2 ed. São Paulo: Faculdade de Engenharia Industrial, 1973.
- International Standard Organization. *Furniture: chairs and tables for educational institutions – Functional sizes*, ISO 5970–1979. Genebre, 1977.
- KAO, H. S., On educational ergonomics. *Ergonomics*, v. 19, p. 667-681. 1976.
- KAPANDJI, I. A. *Fisiologia Articular: esquemas comentados de mecânica humana*. São Paulo: Manole, 1980.
- KARVONEN, M. J.; KOSKELA, A.; NORO, L. Preliminary report on the sitting postures of school children. *Ergonomics*, v. 5, p. 471-477. 1962.
- KEEGAN, J. J. Alterations of the lumbar curve related to posture and seating. *Bone it Surg*, v. 35, p.589-603. 1953.
- KERR, M. M.; NELSON, C. M., 1989. *Strategies for managing behavior problems in the classroom*. Columbus, Ohio: Merril Publishing Company.
- KERR, M. M.; NELSON, C. M.; LAMBERT, D. L. *Helping adolescents with learning and behavior problems*. Columbus, Ohio: Merril Publishing Company, 1987.
- KROMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. *Fitting the task to the human: a textbook of occupational ergonomics*. 5 ed. London: Taylor & Francis, 1997.
- KROMER, K. H. E.; HERTZBERG, W. F. Engineering Anthopology. In: *Joint Army-Navy-Air Force Steering Committee, Human Engineering Guide to Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons. 1972. p. 467-584.
- KUMAR, S.; MITAL, A. *Eletromyography in ergonomics*. London: Taylor & Francis, 1996.
- LANGLADE, A.. *Gimnasia Especial: curso técnico*. Buenos Aires: Editorial Stadium, 1975.
- LE VEAU, B. *Biomechanics of human motion*. 2 ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1977.
- MANDAL, A. C. The correct height of school furniture. *Human Factors*, 24 (03), p. 257-269. 1982.
- MANDAL, A. C. The seated man (Homo Sedens) - The seated work position. Theory and practice. *Applied Ergonomics*, 12 (1), p. 19-26. 1981.
- MANDAL, A. C. *The seated Man: homo sedens*. Denmark: Dafnia Publications, 1985.
- MORAES A.; SOARES, M. M. *Ergonomia no Brasil e no mundo: um quadro, uma fotografia*. Rio de Janeiro: ABERGO, UERJ-ESDI e UNIVERTA, 1989.
- MORO, A. R. P. et al. Análise experimental dos efeitos de dois conjuntos diferenciados assento-mesa, no ângulo de flexão da cabeça de um sujeito em atividade de leitura. *1º Encontro África-Brasil de Ergonomia, V Congresso Latino-Americano de Ergonomia e IX Congresso Brasileiro de Ergonomia*.

- Anais (CD-Rom). Salvador: Associação Brasileira de Ergonomia - ABERGO, 1999.
- MORO, A. R. P.; AVILA, A. O. V.; NUNES, F. O design da carteira escolar e suas implicações na postura das crianças. *VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica*. Anais. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 1999; p. 125-130.
- MORO, A. R. P.; AVILA, A. O. V.; NUNES, F. P. *Evaluation of Zero Gravity Chair for simulated keyboard operator workstation in a prototype for occupational studies in a seated position*. In: Proceedings of the 13th Triennial Congress of the International Ergonomics Association. FINLAND: Tampere University, 1997. P. 480-482.
- MORO, A. R. P.; NASSER, J. P.; AVILA, A. V. Metodologia para análise da postura sentada: uma contribuição da Biomecânica. In: *8º Congresso Brasileiro de Ergonomia e 4º Congresso Latino Americano de Ergonomia*. Anais (CD Rom), Florianópolis: ABERGO e FUNDACENTRO, 1997. p. 1149-1154.
- MORO, Antônio R. P. 1994. *Distribuição do peso corporal do sujeito na posição sentada: um estudo de três situações experimentais simuladas por um protótipo*. Santa Maria, 1994. Dissertação (Mestrado em Biomecânica) - Centro de Educação Física e Desportos, Universidade Federal de Santa Maria.
- MURRELL, K.F.H. *Ergonomics: man in his working environment*. London: Chapman and Hall, 1965.
- NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*. 2 ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1989.
- NUNES, F. P. e NUNES, L. R. Metodologia da pesquisa em educação especial: delineamento de sujeito como seu próprio controle. *Revista Brasileira de Tecnologia Educacional*. 16, 78-79. 1988.
- NUNES, F. P. et al. *Análise experimental do comportamento na posição sentada: ergonomia do mobiliário escolar*. In: Rangé, Bernard. *Psicoterapia Comportamental e Cognitiva*. Campinas: Editorial PSY II. 1995. p. 313-322.
- NUNES, F. P. et al. *Mobiliário escolar: ergonomia da sala de aula*. In: *Anais 40a Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1988.
- NUNES, F. P. et al. *Mobiliário ocupacional: uma perspectiva ergonômica*. In: *Anais do V Congresso Brasileiro de Biomecânica*. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Biomecânica e Universidade Federal de Santa Maria, 1993. p. 101-106.
- NUNES, F. P. et al. *Special education teacher's perception of the educational desk: a survey report*. *International Journal of Instructional Media*. v. 12, p. 231-246. 1985.
- NUNES, F. P., 1985. *An experimental analysis of the effect of desk design on body motion, oral reading accuracy, and reading comprehension of hyperactive*

- students*. Nashville (USA), 1981. Ph.D. Dissertation - Department of Psychology, Vanderbilt University.
- NUNES, F. P.; AVILA, A. V.; MELLO, O. S. Mobiliário escolar: uma proposta de redimensionamento. In: *IV Seminário Brasileiro de Ergonomia*. Anais. Rio de Janeiro: ABERGO e FGV, 1989. p. 149-152.
- OBORNE, D. J. *Ergonomics at work*. New York: John Wiley & Sons, 1983.
- OXFORD, H. W. Anthropometric data for educational chairs. *Ergonomics*, v. 12, p. 38-46. 1969.
- PAGE, A. et al., Methodology to analyze and evaluate furniture: application to school furniture design. In: *Proceedings of the 14th Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA) – Toronto, 1994*.
- PALMER, Colin. *Ergonomia*. FGV - Instituto de Documentação. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, 1976.
- PANERO, J.; ZELNIK, M. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Mexico: Gustavo Gili, 1984.
- PHEASANT, Stephen. *Bodyspace: anthropometry, ergonomics and design*. London: Taylor & Francis, 1986.
- RASCH, Philip j.; BURKE, Roger K. *Cinesiologia e Anatomia Aplicada a Ciência do Movimento Humano*. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1977.
- RIEHLE, H. *Introdução a biomecânica do esporte - Parte 1*. Curso de Especialização em Biomecânica. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1976.
- RISLEY, T. R. Spontaneous language in the preschool environment. In: J. Stanley (Ed.), *Research on curriculums for preschools*. Baltimore: John Hopkins, 1971.
- ROEBUCK, John A. *Anthropometric Methods: Designing to fit the human body*. Santa Monica (USA): Human Factors and Ergonomics Society, 1995.
- SABOTTA. *Atlas de anatomia humana*. 20 ed. 2 vol. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.
- SASAKI, R. Carteira escolar: a dura luta pelo direito de sentar direito. *Nova Escola*, v. 20, p. 12-17. 1988.
- SCHOBERTH, V. H. Die Wirbelsaule von Schulkindern – Ortopadische Forderungen an Schulsitze. In: GRANDJEAN, E. (edit.). *Proceedings of the symposium on sitting posture / sitzhaltung / posture assise*. London: Taylor & Francis, P. 98-111. 1976.
- SOARES, M. M. *Custos humanos na postura sentada e parâmetros para avaliação e projeto de assentos: "carteira universitária", um estudo de caso*. Rio de Janeiro, 1990. Dissertação de mestrado - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- TAWNEY, J. W.; GAST, D. L. *Single subject research in special education*. Columbus: Bell & Howell Company, 1984

- TENÓRIO, Edir Carvalho. *Quick and Easy Vocabulary (English - Brazilian Portuguese)*. Belo Horizonte: Associação Brasileira das Indústrias do Móvel, 1997.
- THORNTON, W. Anthropometric changes in weightlessness. In: MCCORMICK, E. J. e SANDERS, M. S. (Eds.). *Human factors in engineering and design*. New York: Mc Graw-Hill Book Co., 1978. p. 453-482.
- TICHAUER, E. R. *The biomechanical basis of ergonomics: anatomy applied to the design of work situations*. New York: John Wiley & Sons, 1978.
- TOUGAS, G.; NORDIN, M. C. Seat features recommendations for workstations. *Applied Ergonomics*, 18 (3), p. 207-210. 1987.
- VENTURA, L. M. Análise multivariada das medidas antropométricas de crianças das escolas do I grau do Município de Santa Maria. Santa Maria, 1984. Dissertação de Mestrado - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria.
- VERBEEK, J. The use of adjustable furniture: Evaluation of an instruction programmed for office workers. *Applied Ergonomics*, 22 (3), p. 179-184. 1991.
- WÆRSTED, M.; WESTFAARD, R. H. Working hours as a risk factor in the development of musculoskeletal complaints. *Ergonomics*, 34(3), p. 265-276. 1991.
- WALL, M.; RIEL, M. P. J. M.; SNIJDERS, C. J. The effect on sitting posture of a desk with a 10° inclination for reading and writing. *Ergonomics*, 34 (5), p. 575-584. 1991.
- WIRHED, Rolf. *Atlas de anatomia do movimento*. São Paulo: Editora Manole, 1986.
- WISNER, A. *A inteligência no trabalho: textos selecionados de ergonomia*. São Paulo: FUNDACENTRO, 1994.
- YU, C. Y.; KEYSERLING, W. M. Evaluation of a new work seat for industrial sewing operations. *Applied Ergonomics*, 20 (1), p. 17-25. 1989.

ANEXOS

DADOS SÓCIO-DEMOGRÁFICOS - POSTURA SENTADA

QUESTIONÁRIO N.º _____

DATA / HORA _____ / _____

Nome _____ Idade _____ Sexo _____
 Série _____ Altura _____ H-Cotovelo _____ Peso _____ Kg

1. Você realiza alguma atividade física regularmente ? () SIM () NÃO
2. Você apresenta algum tipo de problema físico ou postural ? () SIM () NÃO
3. Você fica mais tempo durante o dia: () sentado () em pé () deitado
4. Quanto de tempo diário você costuma ficar sentado ?
 () menos de 3 horas () entre 3 e 5 horas () entre 5 e 8 horas
 () mais de 8 horas
5. Nas horas vagas, que atividade(s) você costuma fazer quando não está na escola ?

6. Quanto de tempo diário você realiza esta atividade ?
 () menos de 1 hora () entre 1 e 3 horas () mais de 3 horas
7. Classifique a sua carteira na escola quanto a altura ?
 () alta () baixa () de acordo
8. Você sente dores ou desconforto nas costas ? () SIM () NÃO
 Aponte a região correspondente no desenho N.º _____
9. Você sente dores ou desconforto em outra parte do corpo ? () SIM () NÃO
 Aponte a região correspondente no desenho N.º _____
10. Observando as figuras, marque aquela que mais se aproxima com a você adota ao sentar.
 N.º _____

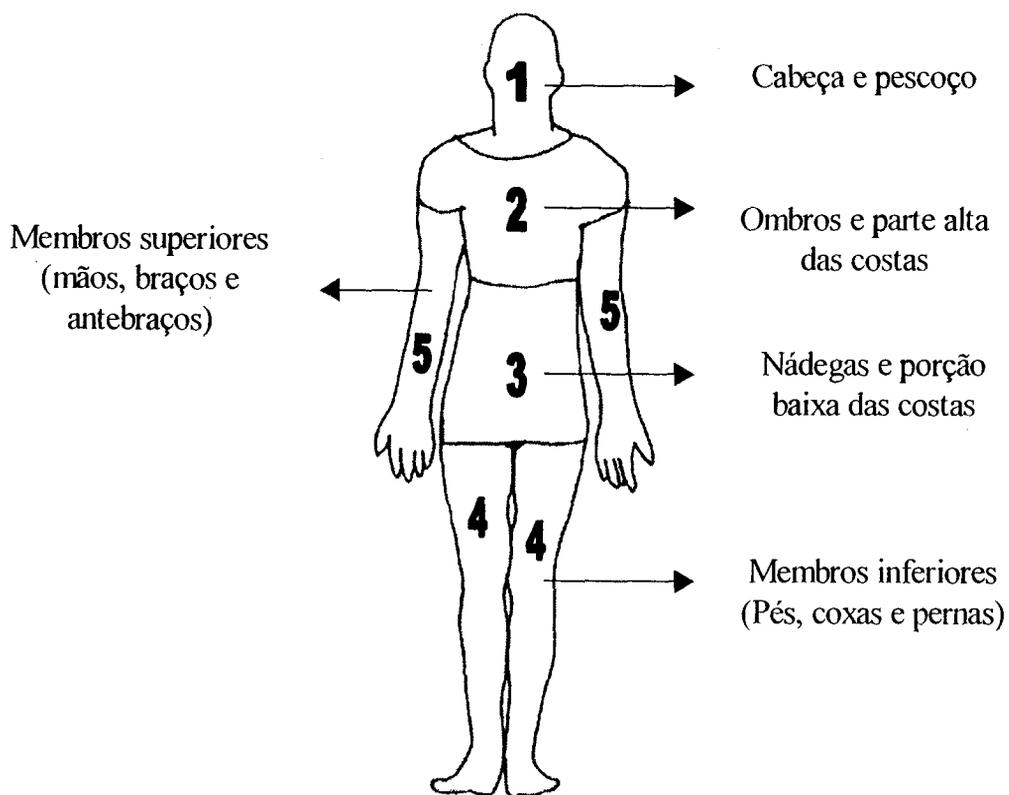
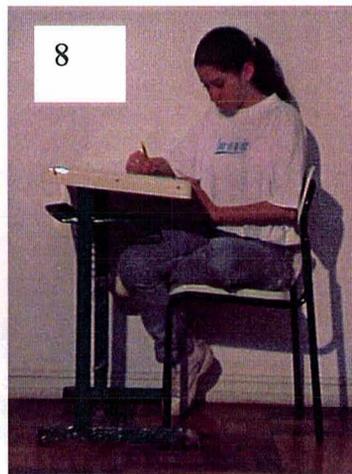
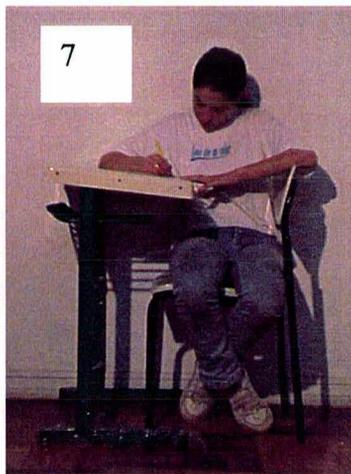
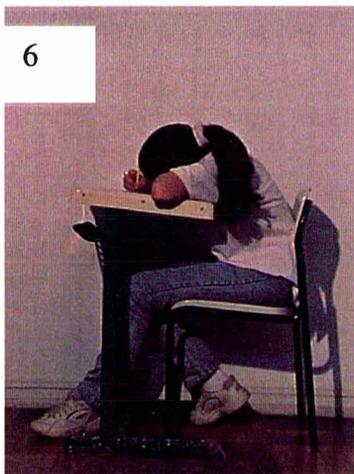
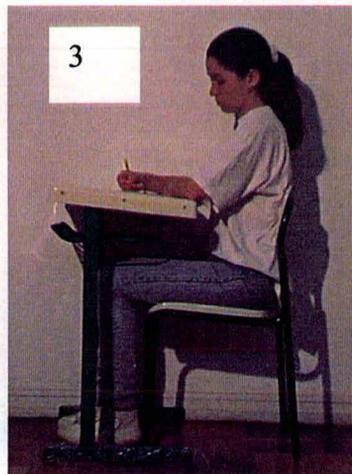
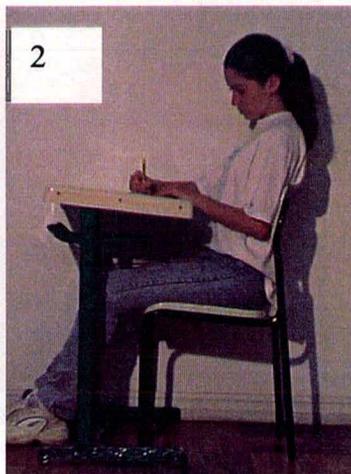
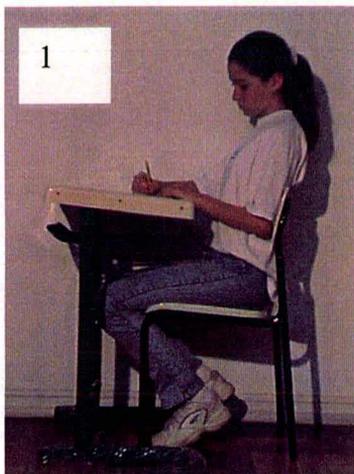


Diagrama do corpo humano relativo às Questões 8 e 9



Fotos relativas a Questão nº 10

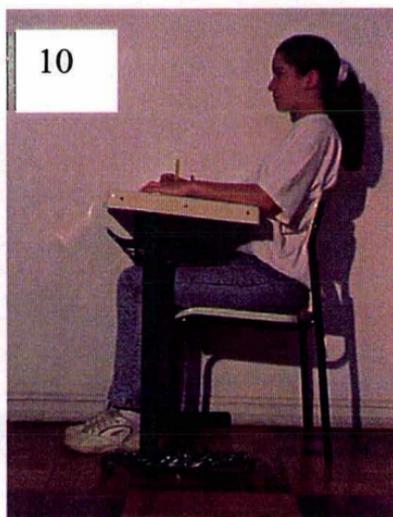
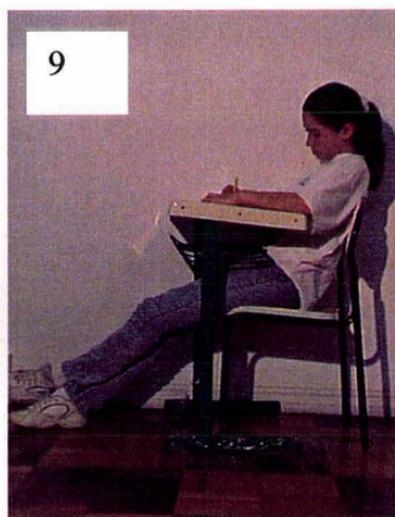
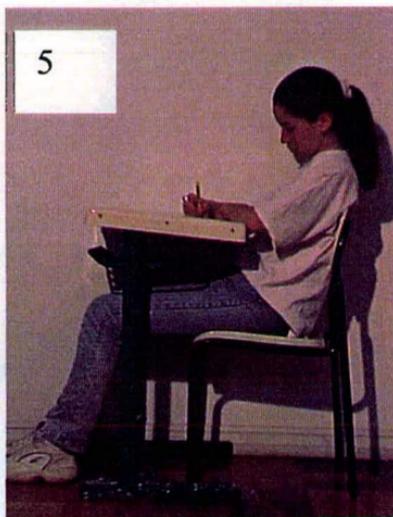
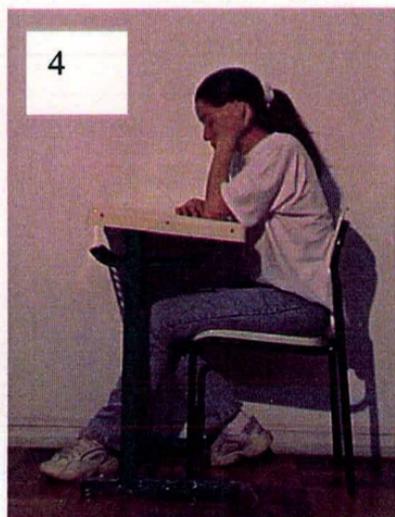


Tabela A1: Resultado dos ângulos para os 20 sujeitos, durante o experimento com o tampo da carteira em 5 graus.

	Cabeça	Pes-D	Pes-E	omb-D	omb-E	qua-D	qua-E	tro-D	tro-E	joe-D	joe-E	cot-D	cot-E	Foco	inc-cab	inc-omb	D-foco
S-11	50.96	76.69	92.52	55.06	91.15	18.90	12.89	34.93	34.33	92.21	87.80	60.63	79.05	48.95	7.33	2.34	184.15
S-12	46.93	57.07	60.54	44.14	50.87*	32.60	38.66	18.20	27.16	58.03	57.18	126.94	102.26	42.49	3.02	3.33	440.29
S-13	63.38	87.60	99.46	52.70	91.43	23.42	34.52	31.47	28.71	93.76	92.36	70.72	69.09	38.53	17.69	4.24	201.63
S-14	40.03	56.79	67.44	59.28	67.79	31.41	40.12	6.14	13.04	87.92	83.90	108.27	77.39	40.59	6.82	6.10	389.33
S-15	52.83	81.26	89.62	64.86	78.88	33.83	36.62	32.09	23.90	97.06	98.79	72.03	50.32	51.68	4.32	1.01	178.22
S-16	56.55	60.12	93.41	59.37	71.18	53.34	62.28	13.41	16.73	87.07	84.57	99.90	101.87	44.22	25.08	0.76	407.26
S-17	48.54	90.84	90.54	31.91	64.86	28.46	18.98	27.98	28.46	87.09	89.27	89.75	70.42	49.55	2.19	2.51	293.26
S-18	55.49	80.60	100.51	45.19	50.16	25.15	29.70	16.94	13.15	62.33	54.61	77.26	99.26	42.44	23.13	0.50	336.91
S-19	50.32	85.40	100.37	55.22	82.05	40.93	48.18	19.60	27.07	81.55	80.81	81.00	99.85	39.73	20.86	3.54	251.35
S-20	47.93	78.97	90.83	61.68	74.61	31.07	22.40	23.19	26.02	86.85	84.42	85.87	60.39	47.02	4.16	3.95	254.49
S-21	68.80	81.94	96.39	60.49	71.93	41.83	34.75	16.12	17.92	93.56	88.28	97.62	78.10	45.79	25.84	3.27	295.57
S-22	64.07	72.96	86.36	57.70	64.63	29.55	35.67	29.85	16.86	83.26	80.91	97.63	70.35	56.79	17.66	0.25	328.22
S-23	60.46	56.06	62.23	59.94	24.08	31.05	23.43	14.24	19.64	98.49	97.50	129.73	44.31	49.01	13.00	12.81	423.05
S-24	68.17	61.05	73.93	67.98	29.80	42.01	40.15	15.51	17.16	82.13	89.42	92.72	55.45	43.51	21.62	6.44	423.47
S-25	54.25	89.03	117.59	57.18	71.82	35.99	45.32	20.20	24.88	91.15	99.76	74.91	70.95	50.48	28.77	5.93	192.47
S-26	50.93	64.62	77.58	54.76	62.95	29.27	42.19	8.30	16.91	85.50	88.36	132.99	111.40	35.56	14.80	4.03	435.23
S-27	78.04	84.39	111.38	51.50	68.98	37.49	30.71	21.37	23.10	61.26	62.40	84.93	49.23	36.45	26.99	3.51	237.54
S-28	64.24	65.62	86.45	65.51	70.02	43.47	54.16	14.99	13.78	97.29	96.53	113.46	96.93	43.37	20.01	6.28	323.19
S-29	67.66	82.80	96.25	45.10	60.90	27.76	34.65	17.22	13.30	92.73	89.10	96.63	75.86	39.66	17.01	6.95	311.48
S-30	47.79	64.26	58.93	53.15	29.39	52.97	42.74	6.15	17.97	84.16	84.49	140.89	50.49	38.50	1.77	10.06	459.77
Mo	56.87	73.90	87.62	55.14	63.87	34.52	36.41	19.39	21.01	85.17	84.52	96.69	75.65	44.22	15.10	4.39	318.34

Tabela A2: Resultado dos ângulos para os 20 sujeitos, durante o experimento com o tampo da carteira em 16 graus.

	Cabeça	Pes-D	Pes-E	omb-D	omb-E	qua-D	qua-E	tro-D	tro-E	joe-D	joe-E	cot-D	cot-E	Foco	inc-cab	inc-omb	D-Foco
S-11	64.52	70.74	88.21	30.64	63.11	13.87	10.77	12.50	8.04	93.69	90.58	60.73	62.31	65.04	27.72	1.01	254.15
S-12	44.37	61.00	68.22	42.02	49.53	28.55	42.46	21.92	17.34	63.92	61.39	95.83	87.49	49.77	6.10	0.76	378.27
S-13	56.91	88.02	102.57	43.72	55.92	24.74	35.16	22.10	22.27	95.63	92.56	59.54	40.05	44.33	12.50	2.72	152.70
S-14	38.35	61.10	70.78	49.08	66.68	30.47	40.67	3.95	14.76	87.95	84.11	80.96	60.25	37.72	4.71	7.58	317.48
S-15	44.30	76.12	89.64	63.55	65.11	40.40	39.31	23.75	18.54	98.40	98.48	63.74	61.23	51.96	4.15	0.76	154.48
S-16	53.64	56.29	86.98	86.98	67.40	55.68	51.84	15.99	14.62	87.19	85.28	104.23	97.68	40.39	30.41	1.00	427.29
S-17	44.56	91.13	87.54	13.70	56.30	34.82	30.73	16.76	29.45	92.37	86.35	61.79	60.71	67.83	3.50	5.39	250.46
S-18	59.64	83.09	92.49	37.12	47.76	24.18	28.99	11.75	11.65	69.56	70.10	62.91	66.91	45.96	16.52	2.12	286.54
S-19	63.90	77.92	94.74	46.33	88.21	40.03	46.00	14.78	22.77	82.48	92.53	68.49	97.49	29.44	25.15	1.13	277.10
S-20	63.10	84.02	92.92	60.85	86.53	35.35	30.73	21.62	30.46	59.72	56.30	47.08	51.96	56.78	18.08	1.96	121.47
S-21	60.46	77.20	88.63	55.07	67.79	41.65	37.35	6.48	12.89	90.81	87.70	87.93	100.66	43.87	17.84	2.77	311.04
S-22	54.67	62.93	73.15	51.72	56.43	34.75	38.15	9.11	11.44	84.42	80.86	100.30	80.43	57.94	16.25	0.26	367.83
S-23	71.00	51.38	57.24	59.11	26.36	39.47	33.10	8.99	21.72	95.33	92.83	115.79	47.87	53.90	15.63	13.58	399.55
S-24	62.92	53.17	70.88	52.47	29.40	47.06	43.45	12.70	22.98	82.57	87.19	95.42	79.06	50.45	19.31	5.22	458.57
S-25	62.50	86.19	107.67	54.72	64.43	42.69	46.34	10.77	13.96	72.01	70.64	67.27	61.07	59.93	26.30	3.80	154.05
S-26	47.69	59.56	82.78	56.18	67.01	25.42	40.93	3.25	24.10	82.90	87.23	105.01	95.28	41.52	17.60	4.99	337.11
S-27	70.07	77.97	104.49	55.19	79.20	31.85	35.86	21.00	25.36	65.02	69.47	62.00	40.87	36.57	27.22	4.30	220.46
S-28	65.08	67.88	84.40	63.10	66.99	38.48	52.63	13.33	14.23	68.56	61.05	83.20	75.80	45.30	26.92	4.52	263.57
S-29	64.84	75.87	96.57	43.98	51.62	28.52	37.60	12.26	9.66	86.55	84.85	66.46	86.58	39.44	15.19	6.81	278.63
S-30	45.63	59.64	59.72	38.34	29.65	57.63	55.73	12.89	18.66	84.87	85.30	115.37	51.47	49.07	1.87	10.05	389.59
Mo	56.91	71.06	84.98	50.19	59.27	35.78	38.89	13.79	18.25	82.20	81.24	80.20	70.26	48.36	16.65	4.04	290.02

Tabela A3: Resultado dos ângulos para os 20 sujeitos, durante o experimento com o tampo da carteira em 25 graus.

	Cabeça	Pes-D	Pes-E	omb-D	omb-E	qua-D	qua-E	tro-D	tro-E	joe-D	joe-E	cot-D	cot-E	Foco	inc-cab	inc-omb	D-Foco
S-11	70.57	76.26	88.49	30.77	72.97	14.57	15.84	11.08	5.29	62.01	63.93	54.48	73.67	62.04	22.70	7.54	232.43
S-12	43.79	63.81	67.73	35.59	30.42	34.52	46.87	20.21	20.70	58.58	65.13	70.68	64.78	63.77	1.26	0.50	330.02
S-13	51.34	77.89	89.43	46.48	59.28	27.61	38.38	9.32	14.16	94.41	90.88	60.15	46.23	50.70	6.01	3.00	171.32
S-14	39.25	64.01	72.49	40.70	38.06	32.00	41.49	7.59	10.75	88.13	84.01	57.74	48.85	47.70	7.51	6.00	275.09
S-15	53.48	76.76	97.02	56.19	58.19	45.48	42.84	21.32	19.56	96.77	98.00	51.32	54.61	48.13	20.09	0.65	121.63
S-16	51.37	45.61	60.10	42.35	47.96	59.24	64.70	6.88	20.67	88.15	81.56	107.16	102.73	46.25	16.00	1.53	496.89
S-17	42.98	87.81	82.08	25.12	30.99	29.74	21.27	22.42	10.07	91.03	87.49	67.00	65.16	67.82	3.00	0.77	269.05
S-18	46.00	75.09	86.95	34.54	34.43	24.62	26.25	11.32	7.68	78.83	65.71	64.07	63.94	51.85	4.29	3.32	287.32
S-19	63.89	87.36	98.97	38.10	89.60	50.76	45.10	13.12	16.27	87.69	98.13	61.39	77.60	37.45	4.00	3.05	207.62
S-20	46.04	69.29	78.38	60.76	98.30	30.12	24.77	18.07	23.05	82.59	84.63	75.62	69.59	49.19	12.13	4.76	209.23
S-21	50.82	72.44	85.12	51.84	51.19	41.48	38.01	5.35	12.31	95.58	91.84	97.24	68.69	49.11	9.51	3.84	296.90
S-22	63.92	64.58	76.52	50.75	57.31	36.62	38.88	11.17	11.38	86.43	80.98	92.12	73.36	53.35	17.50	0.61	333.81
S-23	68.07	53.73	57.25	63.30	29.16	39.20	30.72	6.47	19.73	92.43	95.37	120.20	50.63	54.77	11.85	14.54	384.10
S-24	64.80	54.48	69.91	59.34	26.95	47.09	43.90	11.84	23.98	82.13	87.35	105.08	84.43	53.09	20.71	5.67	452.80
S-25	56.77	75.85	90.97	38.48	61.65	43.24	50.02	13.88	16.61	67.24	72.09	62.84	75.77	52.50	24.33	1.51	250.91
S-26	56.19	58.03	76.05	52.05	65.60	27.33	36.97	13.84	21.45	84.76	87.70	88.17	75.60	44.26	23.93	3.26	318.96
S-27	76.58	73.79	98.18	45.82	27.25	36.61	43.33	14.06	14.32	88.02	89.59	66.51	47.88	39.04	18.03	5.06	246.24
S-28	54.99	61.34	78.06	55.14	28.03	38.35	52.10	14.65	17.11	58.83	59.94	68.54	50.84	46.43	17.54	10.89	290.72
S-29	60.56	65.48	80.50	49.62	56.67	28.79	38.07	11.43	13.27	81.01	84.03	89.47	78.87	43.82	15.46	7.13	296.00
S-30	47.88	58.95	53.00	51.95	34.21	47.35	47.67	12.31	21.61	86.31	85.43	129.51	47.14	50.62	4.57	7.62	398.63
Mo	55.46	68.13	79.36	46.44	49.91	36.74	39.36	12.82	16.00	82.55	82.69	79.46	66.02	50.59	13.02	4.56	293.48

Tabela A4: Valores da moda (Mo) e desvio padrão (S) encontrados para as três inclinações introduzidas no tempo da carteira.

Variáveis	Mo(5°)	S (5°)	Mo(16°)	S (16°)	Mo(25°)	S (25°)
Cabeça (01)	123.13	9.59	123.09	9.67	124.54	10.11
Pescoço-D (02)	73.90	11.97	71.06	12.31	68.13	11.10
Pescoço-E (03)	87.62	16.32	84.98	14.22	79.36	13.21
Cotovelo -D (04)	88.70	32.15	74.49	25.35	73.23	26.98
Cotovelo -E (05)	67.62	24.00	64.57	22.15	60.04	17.47
Quadril-D (06)	41.00	18.56	42.50	20.12	43.96	20.11
Quadril-E (07)	42.28	18.29	45.40	17.87	45.49	16.83
Tronco-D (08)	19.39	8.41	13.79	6.02	12.82	4.79
Tronco-E (09)	21.01	6.26	18.25	6.44	16.00	5.34
Joelho-D (010)	86.69	11.13	81.19	13.70	81.56	13.95
Joelho-E (011)	86.68	12.10	80.42	13.54	82.54	13.07
Braço-D (012)	55.14	8.56	50.19	14.86	46.44	10.48
Braço-E (013)	63.87	18.83	59.27	17.06	49.91	21.04
Foco (014)	44.22	5.61	48.36	9.88	50.59	7.56
INC-Pescoço (015)	15.10	9.13	16.65	8.97	13.02	7.58
INC-Ombro (016)	4.39	3.18	4.04	3.45	4.56	3.68
Qua+Tro-D (017)	60.40	18.83	56.30	21.42	56.77	21.23
Qua+Tro-E (018)	63.29	18.15	63.65	19.78	61.48	17.49
D-FOCO (mm)	318.34	93.85	290.02	97.13	293.48	91.00

Tabela A5: Sujeitos relacionados pela altura do cotovelo e altura da mesa.

Cot\Mesa	54.0	58.0	60.0	63.0	64.0	65.0	67.0	69.0	71.0	73.0	75.0	Estatura
46.0	1											1 260
50.0				1								1 550
54.0		1										1 400
55.0						1						1 514
56.0					1							1 480
57.0			1									1 457
59.0					1			1				1 552
60.0							1					1 503
61.0									1			1 630
62.0							1					1 562
63.0						1	1		1			1 600
64.0									1	1		1 661
66.0									1			1 670
68.0										1		1 712
72.0									1		1	1 750
Total %	5	5	5	5	10	10	15	5	25	10	5	-