

### 3 Ergonomia da postura sentada - I

#### 3.1 Conforto em cadeiras

A posição sentada oferece algumas vantagens para o ser humano, como a diminuição do gasto energético e do esforço das articulações dos membros inferiores, a redução da pressão hidrostática na circulação dos membros inferiores e uma maior estabilidade na realização de tarefas minuciosas (Andersson 1986).

Os animais quadrúpedes, por sua vez, também buscam vantagens idênticas na posição sentada. No Tratado de Anatomia Veterinária pode-se observar animais grandes como os cavalos, que só podem se manter em pé por muitas horas de uma maneira econômica graças à ação de um sistema de sustentação passiva, que mantém os membros em extensão sem gasto de força (Dyce *et al.* 1997). Os outros quadrúpedes preferem se sentar ou se deitar quando não estão em atividade.

Os estudos de *cadeiras de descanso* feitos por Grandjean (1973) e, mais recentemente, as pesquisas de Serber, *apud* Lueder (1994) mostram que a posição do encosto da poltrona reclinada em cerca de 110° favorece o descanso dos músculos espinhais e diminui a pressão sobre os discos intervertebrais. Citando Keegan, Grandjean aponta a lordose como a forma ideal da coluna lombar, que deve ser mantida por um apoio na posição sentada reclinada.

Qualquer perfil de assento, porém, mesmo muito confortável no início, torna-se progressivamente incômodo após um longo e ininterrupto tempo sentado (Roebuck 1995; Bendix, *apud* Lueder 1994). Além do desconforto provocado pela imobilização e pela deformação na coluna lombo-sacra, há necessidade de mudanças de posição para aliviar a pressão sob as tuberosidades isquiáticas e coxas, facilitando a circulação sanguínea (Sember III, *apud* Lueder, 1994; Moraes 2000).

Ao estudar a distribuição do peso na postura sentada, Moraes (2000) mostra o eixo sagital de suporte do tronco passando através da projeção do ponto mais baixo das tuberosidades isquiáticas sobre a superfície do assento. Ao se sentar, portanto, o ser humano apóia cerca de 75% de todo o peso de seu tronco

sobre as protuberâncias ósseas chamadas tuberosidades isquiáticas, cuja área não passa de 26 cm<sup>2</sup>. Com esses dados Moraes aponta a compressão altíssima exercida sobre a área caudal da nádega, de 6 a 7 kg/cm<sup>2</sup>.

Moraes (2000) cita o resultado da pesquisa de Lundervold, feita através de registros eletromiográficos: quando o indivíduo se senta ereto, ocorre uma considerável atividade elétrica, resultante do esforço estático dos músculos das costas. Explica-se, portanto, por que a posição em cifose da coluna vertebral, na qual o tronco fica em balanço consigo mesmo, é freqüentemente adotada pelas pessoas sentadas em cadeiras normais.

Por outro lado, surpreendentemente, a pressão nos discos intervertebrais é maior quando se está sentado (140%) do que quando se está de pé (100%), mesmo com o tronco ereto. Segundo Moraes, isto ocorre em consequência da rotação posterior da pelve que leva a uma diminuição da lordose lombar. Moraes (2000) cita Keegan, que afirma ser de 30° o máximo de redução da curva lombar que as costas podem tolerar por um período mais longo. Moraes conclui que existe um conflito de interesses entre as exigências dos músculos e as demandas dos discos intervertebrais: enquanto na postura em pé o posicionamento em lordose favorece os discos, os músculos espinhais preferem uma posição levemente curvada para frente na postura sentada.

A revisão bibliográfica em ergonomia se divide em dois grupos de autores, sendo o primeiro grupo em pesquisas de conforto em cadeiras (tabela 3.1) e o segundo grupo em pesquisas de pressão sob a pelve (capítulo 4)

Tabela 3.1 Sumário das pesquisas em conforto em cadeiras\*

Autor	Tarefa	Sujeitos/ Objetivos	Abordagem	Resultados
(1) Grandjean (1973)	Teste do perfil de cadeiras	N=52,38,68 Conforto na postura sentada reclinada	Experimento com aplicação de questionário	1. Posturas confortáveis são ortopedicamente corretas 2. Recomendações de medidas e formas de cadeira de descanso
(2) Lueder et al, (apud Lueder 1994) (3) Mandal (apud Corlett 1986)	Rotação posterior da pelve	Revisão bibliográfica	Estudos anatômicos	Os músculos ísquio-tibiais são parcialmente responsáveis pela rotação posterior da pelve
(4) Serber (apud Lueder 1994)	Estudo da mobilidade lombar na postura sentada – relação entre ângulos do quadril e lombar	Revisão bibliográfica; Design de cadeira de trabalho	Modelo de manequim com movimento lombar	1. Centro instantâneo de flexão lombar, no centro do corpo vertebral de L3 2. Facilitação do design de cadeiras 3. Estudo da dinâmica dos passageiros de transportes públicos durante acidentes 4. Necessidade de micro e macromovimentos para promover circulação sanguínea 5. Apoio lombar que acompanha movimentos da cadeira
(5) Bendix (apud Lueder 1994)	Dor lombar na postura sentada	Revisão bibliográfica		1. O problema da posição sentada é a combinação da carga sofrida com o tempo de duração 2. Mesmo uma cadeira confortável pode levar a lesões em um longo período sentado
(6) Reinecke (apud Lueder, 1994)	Alterações posturais da postura sentada	Revisão bibliográfica		1. Ao deslizar a pelve para frente os motoristas de automóveis perdem o apoio lombar
(7) Helander e Zhang (1997)	Questionário conforto/desconforto na postura sentada	N=20,37 Adequação do questionário	Experimento com 21 cadeiras de escritório e 3 checklists para avaliação	1. O tempo só mostra os efeitos da fadiga 2. Dificuldade no julgamento entre cadeiras 3. O corpo humano é muito adaptativo
(8) Goossens (2000)	Antropometria e biomecânica de cockpits de pilotos	Comparação entre 5 perfis de poltronas de pilotos		1. Nádegas e lombar são as regiões mais sujeitas a desconforto 2. Inadequação da poltrona à antropometria 3. Inadequação ainda maior da poltrona à biomecânica do corpo humano

\*Segundo modelo de Gall, Borg, 1996

### 3.1.1

#### Primeiras pesquisas de Grandjean – Cadeiras de descanso

Etienne Grandjean (1973), ao estudar as cadeiras de descanso – *easy chairs* - no seu livro sobre a *ergonomia do lar*, descreve sua pesquisa buscando o perfil ideal de cadeiras, visando ao conforto na posição sentada reclinada para leitura ou para descanso.

Na revisão bibliográfica, o autor cita os primeiros trabalhos importantes no campo do design para a postura sentada, feitos pelos ortopedistas Akerblom, (1948) e Keegan (1952). Ambos enfocam, em primeiro lugar, as necessidades da coluna vertebral do ser humano, indicando uma forma similar à da coluna vertebral para o perfil do encosto. Um suporte lombar convexo anteriormente na altura das vértebras lombares baixas foi também recomendado.

Partindo dessas colocações ortopédicas, Grandjean desenvolveu sua pesquisa, analisando o conforto na postura sentada em relação a diferentes perfis de cadeiras de descanso. A pesquisa foi feita entre usuários saudáveis e pacientes com queixas de dores nas costas.

#### 3.1.1.1

##### Primeira experiência

Na primeira série de testes, cinco perfis de cadeiras bem conhecidas, incluindo a recomendada por Akerblom, foram montados numa “máquina de sentar” ajustável e testadas por 10 homens, durante 150 minutos cada um. Na segunda série, 52 pessoas (36 homens e 16 mulheres), em períodos de 8 minutos cada, testaram os novos perfis desenvolvidos a partir dos achados da primeira série de testes. No final, usando o perfil de cadeira que foi julgado o melhor, mudaram-se os ângulos do assento e do encosto e a altura do assento até que cada pessoa atingisse o seu conforto máximo.

Todas as experiências foram feitas em duplicata, sendo que uma vez o sujeito lia e outra só descansava. A idade dos 52 sujeitos variava entre 18 e 63 anos; as mulheres mediam entre 1.52 e 1.71m de altura, os homens entre 1.63 e 1.87m. Usando os resultados da primeira série de testes, obteve-se um novo perfil para cadeira de descanso (perfil VI).

As medidas seguintes foram consideradas as mais confortáveis:

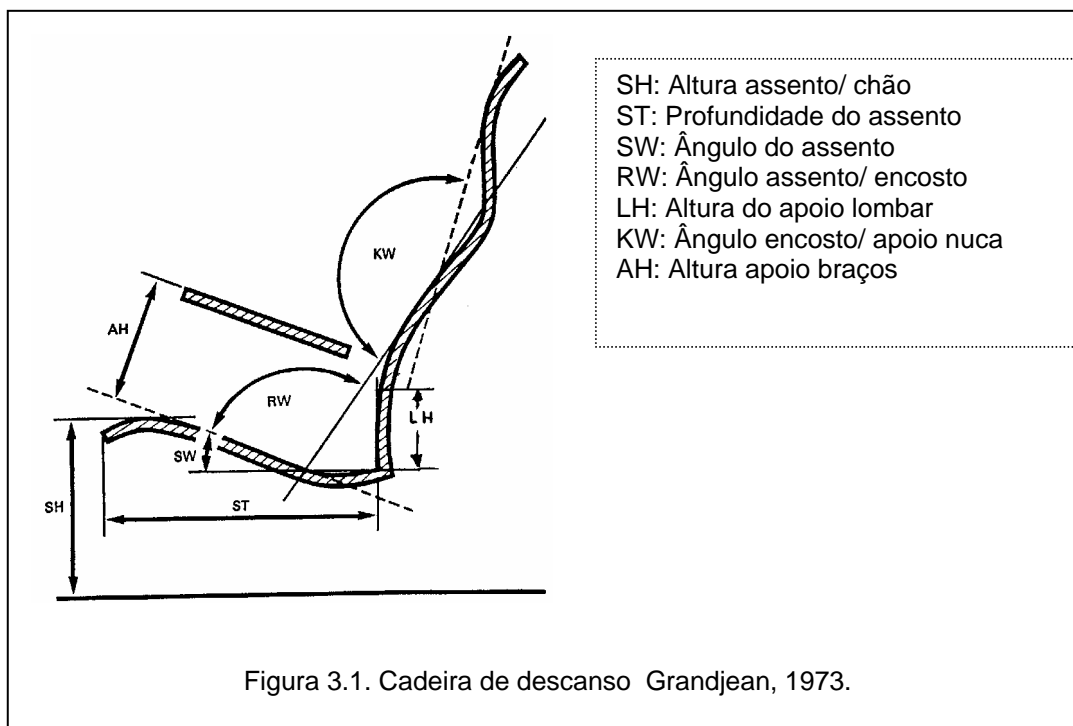
*Para leitura:*

- inclinação do assento .....23-24°
- ângulo entre assento e encosto.....101-104°
- altura do assento ao chão.....39-40cm

*Para descanso numa posição relaxada:*

- inclinação do assento ..... 25-26°
- ângulo entre assento e encosto .....105-108°
- altura do assento ao chão.....37-38cm

Todos os resultados entre usuários saudáveis mostram uma preferência em relação ao perfil cujo encosto tenha um bom suporte lombar. Este perfil tem uma saliência convexa anterior com uma projeção máxima num raio de 11-14 cm acima do bordo do assento, isto é, a partir do ponto mais baixo sob a tuberosidade isquiática (figura 3.1).



Ficou evidente nos resultados dos testes que uma grande inclinação do assento, com um ângulo entre 20-28° é o preferido, pois a inclinação acentuada previne o deslizamento da pelve para frente, induzindo a um bom apoio das costas no suporte lombar.

Prosseguindo no estudo de Grandjean, em pesquisa feita entre pacientes do Instituto de Zurich com problemas sacro-lombares (17 homens e 21 mulheres), todos tinham problemas entre a 5ª vértebra lombar e o sacro, diagnosticados clinicamente e com confirmação de exames radiológicos. Na época da pesquisa, eles já haviam passado da fase aguda dos sintomas, mas ainda se queixavam de dores lombares. Suas idades variavam entre 30 e 75 anos (média 59) para as mulheres e entre 33 e 82 anos (média 55) para os homens.

Os sujeitos pesquisados foram divididos entre os portadores de ‘hiperlordose’ (curva lombar acentuada) e os portadores de ‘alordose’ (curva lombar retificada). É sabido que as mulheres têm mais curvas, sendo mais freqüentemente hiperlordosadas, enquanto que os homens são mais comumente retificados, o que se confirmou nesta pesquisa:

- hiperlordose .....13 mulheres, 7 homens
- retificação.....4 mulheres, 14 homens

O teste durava uma hora por vez na posição de descanso usando o perfil VI, perfil desenvolvido a partir dos experimentos com pessoas saudáveis. O questionário devia ser respondido duas vezes em cada teste, uma vez após 5 minutos e outra após 60 minutos na posição de descanso sentada. Não foi verificada diferença significativa em relação ao tempo. Entre as pessoas saudáveis e as que se queixam de dores a distribuição dos sintomas nas diferentes partes do corpo – ombros, dorso, lombos – foi a mesma. A diferença maior foi em relação à altura, onde os pacientes com dor regulavam a cadeira na posição mais alta.

- *Na visão da presente pesquisa, um comentário deve ser feito em relação à altura da cadeira: numa cadeira mais alta o ângulo entre o tronco e os membros inferiores pode ser maior, em favor do conforto dos músculos pelvitrocantarianos piramidais da pelve, que sofrem menos constrangimentos (ver capítulo 2, anatomia).*

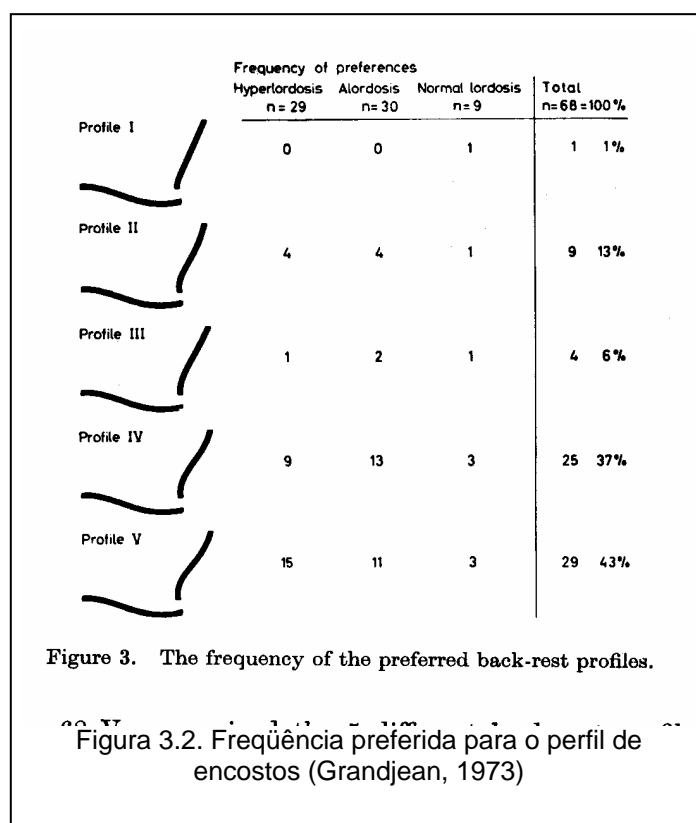
A análise estatística de Grandjean mostra que no perfil VI o apoio da pelve (nádegas) estava mais confortável, mas as queixas eram mais freqüentes quando o assento estava muito baixo ou muito estreito. Outro ponto interessante foi o

referente a dorso e lombos, sem diferenças significantes entre os grupos da hiperlordose e da retificação.

- *Isto vai de encontro ao problema levantado pela presente pesquisa de que o 'pires' sofre deformações, tanto numa coluna com hiperlordose lombar como na lordose retificada (ver capítulo 2).*

### 3.1.1.2 Segunda experiência

Aprofundando as experiências, foram testados 5 tipos diferentes de perfis de encosto (figura 3.2), para verificar o perfil mais aceito por todos os que se queixavam de dores nas costas.



Foram 68 pessoas, sendo 33 mulheres e 35 homens nesta nova série de testes, agrupados de acordo com seu diagnóstico: hiperlordose - 29 sujeitos; alordose 30 sujeitos; lordose normal - 9 sujeitos. A idade média foi de 52 anos (extremos 27 e 82) e a altura média de 1,66 m (extremos 1,47 e 1,86 m). Todos haviam recebido alta da clínica, mas ainda sofriam de dores ocasionais nas costas.

A grande maioria (81%) preferiu os perfis IV e V, levando à conclusão de que pessoas com queixas nas costas preferem um perfil de encosto nitidamente convexo para frente na altura da região lombar e levemente côncavo para frente acima deste nível. O perfil reto do encosto (I e III) foi virtualmente rejeitado por todos (63 entre 68).

A aplicação do teste  $X^2$  não mostra diferenças significativas entre os grupos 'hiperlordose' e 'retificação', mas mostra uma tendência interessante: pessoas com hiperlordose preferem uma maior inclinação do encosto, com um apoio lombar mais pronunciado.

O resultado surpreendente desses ajustes individuais é a altura preferida do suporte lombar principal, 8 a 10 cm acima do ponto de contato com o assento, com poucas variações individuais. Enquanto Akerblom e Keegan indicavam uma altura de 17 a 21 cm, Schoberth (1969) propunha um encosto de cadeiras principalmente dirigido ao apoio do sacro e do bordo superior da pélvis, na tentativa de limitar a rotação posterior da pelve, que levaria à cifose lombar (inversão da lordose lombar).

Grandjean compara então seus resultados com as medidas de pressão feitas por Yamaguchi em 1970, com pontos interessantes em comum: o ângulo do assento de 19-21° e a inclinação do encosto de 103-110°, preferidas pelos doentes lombares, estão na mesma zona que Yamaguchi registrou como de equilíbrio neutro das forças entre as vértebras, isto é, com forças de compressão resultantes da curvatura da coluna vertebral iguais a zero. Grandjean conclui que a concordância entre as impressões subjetivas de conforto ou desconforto e as medidas relevantes ortopédicas mostra que a hipótese original ergonômica está correta: as posturas confortáveis são também ortopedicamente corretas. Partindo das bases dos perfis IV e V, muito parecidos e ligeiramente diferentes do perfil VI, escolhido como o melhor entre os usuários saudáveis, Grandjean desenvolveu o perfil de uma cadeira de descanso. Nessa proposta os ângulos da inclinação do assento e do encosto causaram mais problemas do que as outras dimensões avaliadas.



### **3.1.1.3 Discussões**

O projeto de Grandjean de cadeira de descanso foi trabalhado com as seguintes discussões:

- Uma inclinação forte do assento para trás previne o deslizar da pelve para frente, induzindo o ocupante a se encostar contra o encosto com sua região lombar e sacra; infelizmente, quanto maior a inclinação mais difícil será para ele levantar-se da cadeira. Este ponto é particularmente importante em relação aos idosos.
- A inclinação do encosto em relação ao assento da cadeira mais confortável tem um índice maior de variações entre as pessoas com queixas lombares. Um valor confiável de 95% optou por ângulos com cerca de 101° a 113°. O valor médio de 107° leva em consideração também as medidas de pressão de Yamaguchi.
- A altura do ponto principal de apoio oferecido pela almofada lombar pode ser resolvida dentro de uma média de 6 cm mais ou menos a partir de sua posição mais eficiente. A média de 8-14 cm acima do assento também está de acordo com os argumentos ortopédicos de Schoberth.

### **3.1.1.4 Conclusões**

Em suas considerações finais, Grandjean conclui pelas seguintes definições para o design de cadeiras de descanso:

- A coluna vertebral deve ser mantida na sua forma normal, preservando suas curvas, com um mínimo de forças sobre os discos intervertebrais, com o maior relaxamento possível dos músculos das costas.
- A cadeira de descanso deve poder variar as posições e dimensões de acordo com as diferentes atividades.
- As cadeiras de descanso devem ter no encosto uma almofada lombar convexa anteriormente, com uma pequena concavidade anterior atingindo o nível das vértebras torácicas. O ponto de apoio principal da almofada deve ser 8-14 cm na vertical acima do assento quando ocupado, na altura do bordo superior do sacro e da 5ª vértebra lombar.
- Cadeiras de descanso devem ser bem estofadas para distribuir o peso do corpo sobre uma área grande das nádegas. É desejável uma almofada que distribua o peso do corpo sobre um círculo de 6-10 cm de diâmetro.

- Para o design de uma cadeira de descanso mais simples, com poucas possibilidades de ajustes, deve-se usar como critério mínimo as seguintes dimensões:

- . altura do assento ..... 39-41 cm
- . profundidade do assento ..... 47-48 cm
- . inclinação do assento ..... 20-26°
- . ângulo assento/encosto ..... 105-110°

### 3.1.2

#### **Sobre a rotação posterior da pelve**

##### 3.1.2.1

#### **Lueder et al, (*apud* Lueder 1994)**

Em busca de explicações sobre a forma do apoio lombar, os autores afirmam que as causas da rotação posterior da pelve e conseqüente retificação da lordose lombar são os músculos ísquiotibiais e glúteos. Citando Anderson, Lueder *et al* mostram medidas específicas: “a lordose lombar, quando o sujeito está sentado, diminui em média 38°. Desses 38°, 2/3 (ou 28°) são em função da rotação da pelve, 1/3 (ou 10°) em função da retificação da coluna lombar”. Bendix (*apud* Lueder 1994) sugere a ocorrência de dor como efeito da compressão prolongada nas articulações interfacetárias das vértebras lombares como resultado da postura sentada.

Salientando dificuldades na revisão de pesquisas na postura sentada, Lueder et al (*apud* Lueder 1994) questionam:

Quando um sujeito se reclina contra uma cadeira, com um ângulo aberto entre tronco e coxas, os músculos ísquiotibiais relaxam ao levar a pelve para a rotação posterior, enquanto a lordose lombar muda em relação à posição de pé. Quais seriam as associações com a profundidade ideal do apoio lombar em diferentes ângulos de encosto? Indivíduos podem ser bem acomodados de uma mesma maneira sendo suas lordoses acentuadas ou retificadas?

##### 3.1.2.2

#### **Mandal (*apud* Corlett 1986)**

Ao estudar a flexão lombar em trabalhadores de escritórios, Mandal lamenta o fato de que quase metade da população do mundo industrializado sofre de alguma queixa lombar. Aparentemente, diz Mandal, existe uma concordância

de que a distensão das costas é um fator essencial na origem da dor lombar. Em sua opinião nada provoca um estiramento tão longo, já que a maior parte das pessoas passa grande parte de suas vidas sentada, com as costas arqueadas. Comentando o conceito de *postura correta*, mostra a ilusão do apoio lombar como solução para o conforto da postura sentada, uma vez que este apóia cerca de 5% do peso do corpo – apenas na postura sentada reclinada.

Em revisão bibliográfica dos estudos de anatomia do ser humano sentado, Mandal (1986) cita pesquisa de Keegan com fotos de Raios-X com sujeitos deitados de lado, em cinco posições com diferentes ângulos de flexão de quadril (figura 3.3, já citada no capítulo de anatomia).

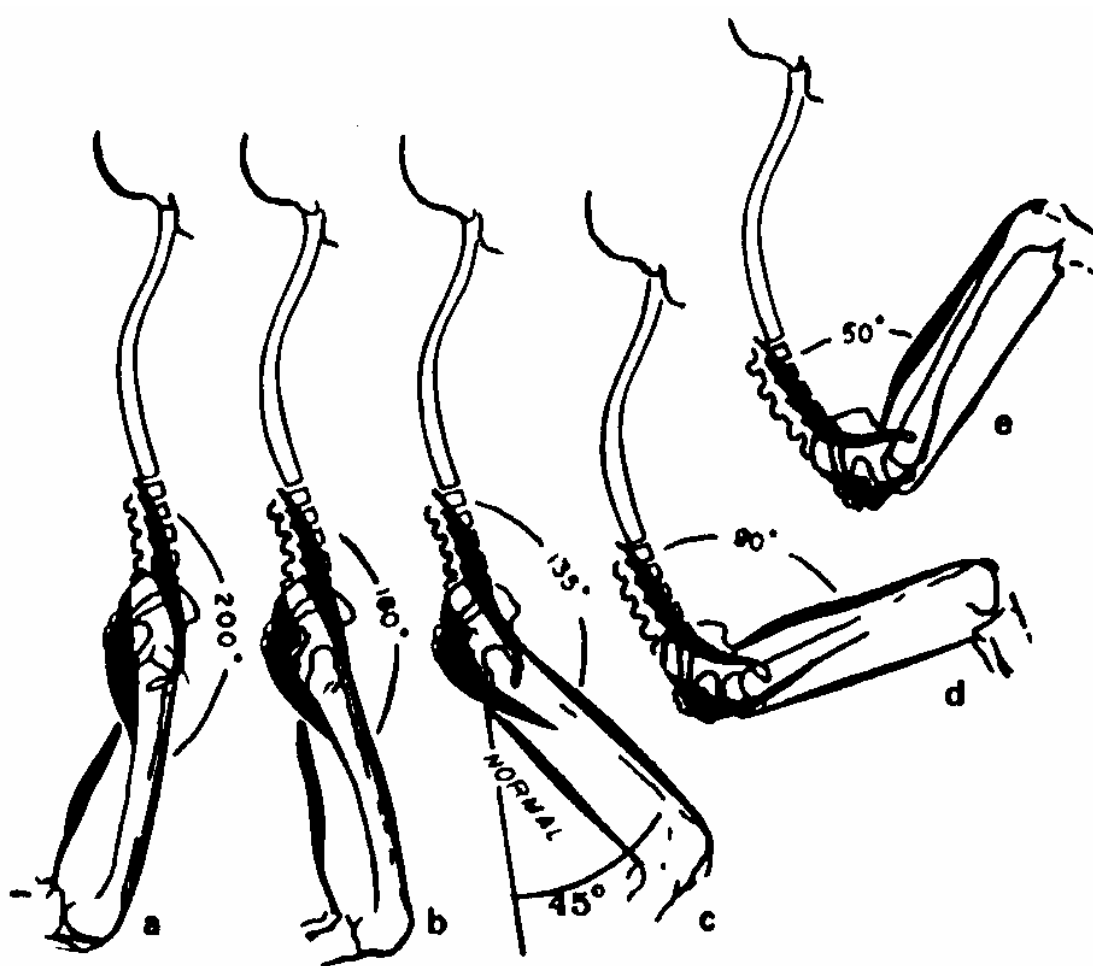


Figura 3.3. Desenhos de Keegan dos raios-X das posições de um sujeito deitado de lado.  
(Citado por Mandal, 1986)

O cirurgião ortopédico Keegan, citado por Mandal, considerou a postura de 45° de flexão de quadril (figura 3.3c) como a normal ou média, sendo a posição assumida geralmente quando se está deitado de lado, relaxado. Nas posições *a* e *b* o cirurgião diz que os músculos anteriores estão mais tensos e os posteriores relaxados, levando a um aumento da lordose; nas posições *d* e *e* os músculos posteriores estão mais tensos e os anteriores mais relaxados, com a coluna lombar arqueada em cifose, parcialmente devido à tensão dos músculos ísquiotibiais.

### 3.1.2.3

#### Discussões – aplicações à pesquisa

A questão da influência dos músculos ísquiotibiais na rotação posterior da pelve vai ser revista no capítulo 8 – Discussões, uma vez que as considerações do capítulo 2 – Anatomia acrescentam dados sobre o assunto.

### 3.1.3

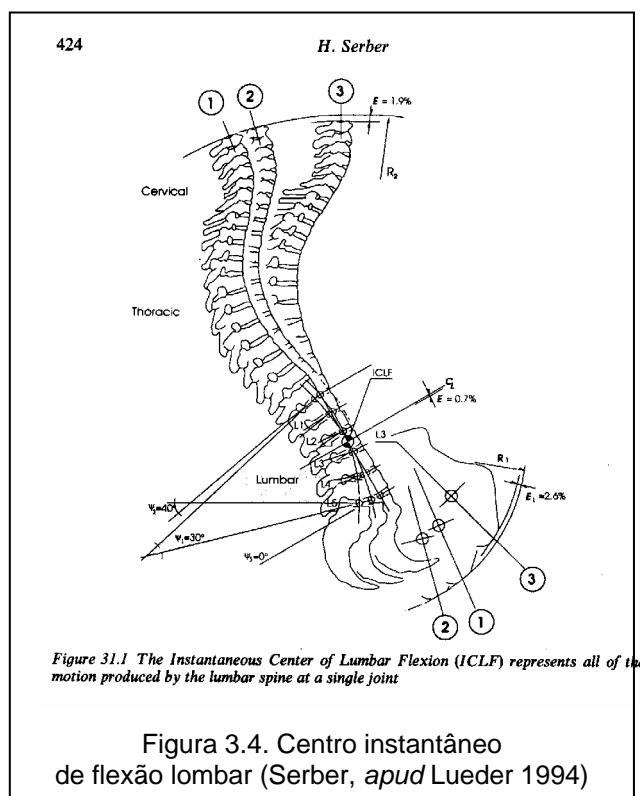
#### Mobilidade lombar na postura sentada (Serber, *apud* Lueder *et al.*, 1994)

O artigo de Serber traz uma visão mais atual da ergonomia de cadeiras de trabalho. As cadeiras ergonômicas tradicionais visavam à manutenção de uma postura alinhada. Várias pesquisas foram desenvolvidas definindo as formas, ajustes e dimensões do assento e do encosto, mas a necessidade de movimento do segmento lombar foi ignorada, segundo Serber. A coluna lombo-sacra, diz ele, é um complexo sistema de articulações.

Manequins para estudo do design da postura sentada foram concebidos com movimento somente na articulação do quadril, considerando erroneamente a coluna lombar como um segmento rígido. O modelo de manequim com movimento lombar (*lumbar motion model mannequin*) foi desenvolvido visando ao estudo da mobilidade lombar.

Foi postulado que uma articulação localizada no corpo vertebral de L3 pode representar todo movimento lombar no plano sagital médio, com precisão de 99% em relação a todos os movimentos do segmento lombar. Esse local está na intercessão entre a altura média lombar e a linha do centro longitudinal do tronco.

O centro instantâneo de flexão lombar (CIFL) é usado para representar todos os movimentos produzidos pela coluna lombar como uma única articulação (figura 3.4). O CIFL está localizado no centro do corpo vertebral de L3, servindo como centro virtual de movimento. O movimento da articulação é representado como uma bola de rolimã, onde as regiões cervical e dorsal rodam como um todo a partir da articulação acima de L1. O objetivo desse modelo é facilitar o design de cadeiras.



### 3.1.3.1 Construção do modelo

O modelo de Serber (*apud* Lueder 1994) é baseado nas dimensões do 50º percentil masculino de Kremer. Os centros de massa e momentum da inércia foram obtidos da Webb Associates e os ângulos lombares associados ao ângulo tronco-coxas foram extraídos de Link (Serber, *apud* Lueder 1994). Valores médios da curva da lordose lombar na postura de pé foram de 34.4°. Já na posição sentada em uma cadeira padrão, a média desse ângulo foi de - 6.5°. Isso condiciona uma

mudança de ângulo de 40.9°. Esta relação foi usada em seis posturas de interesse, conforme tabela 3.2, que se refere à figura 3.5.

Tabela 3.2. Relações entre ângulos proporcionais – coxas/ lombar/ pelve/ quadril\*

Especificações: estatura=175.58cm; peso= 78.49kg; manequim masculino percentil 50%					
Postura	Ângulo coxas	Ângulo lombar	Rotação coxas	Rotação pelve	Rotação quadril
1**. De pé	180°	34.4°	0°	0°	0°
2. NASA NBP <sup>1</sup> (a)	128°	10.7°	52°	23.6°	28.4°
2 <sup>a</sup> . Sentada (b)	110°	2.6°	70°	31.8°	38.2°
3. Sentada (c)	90°	-6.5°	90°	40.9°	49.1°
4. Em carga (d)	60°	-20.1°	120°	54.5°	65.5°
5. Flexão total (e)	35°	-31.5°	145°	65.5°	79.5°

\*Serber, apud Lueder 1994; 1.Neutral Body Position

\*\* Os números das posturas estão no desenho da figura 3.5

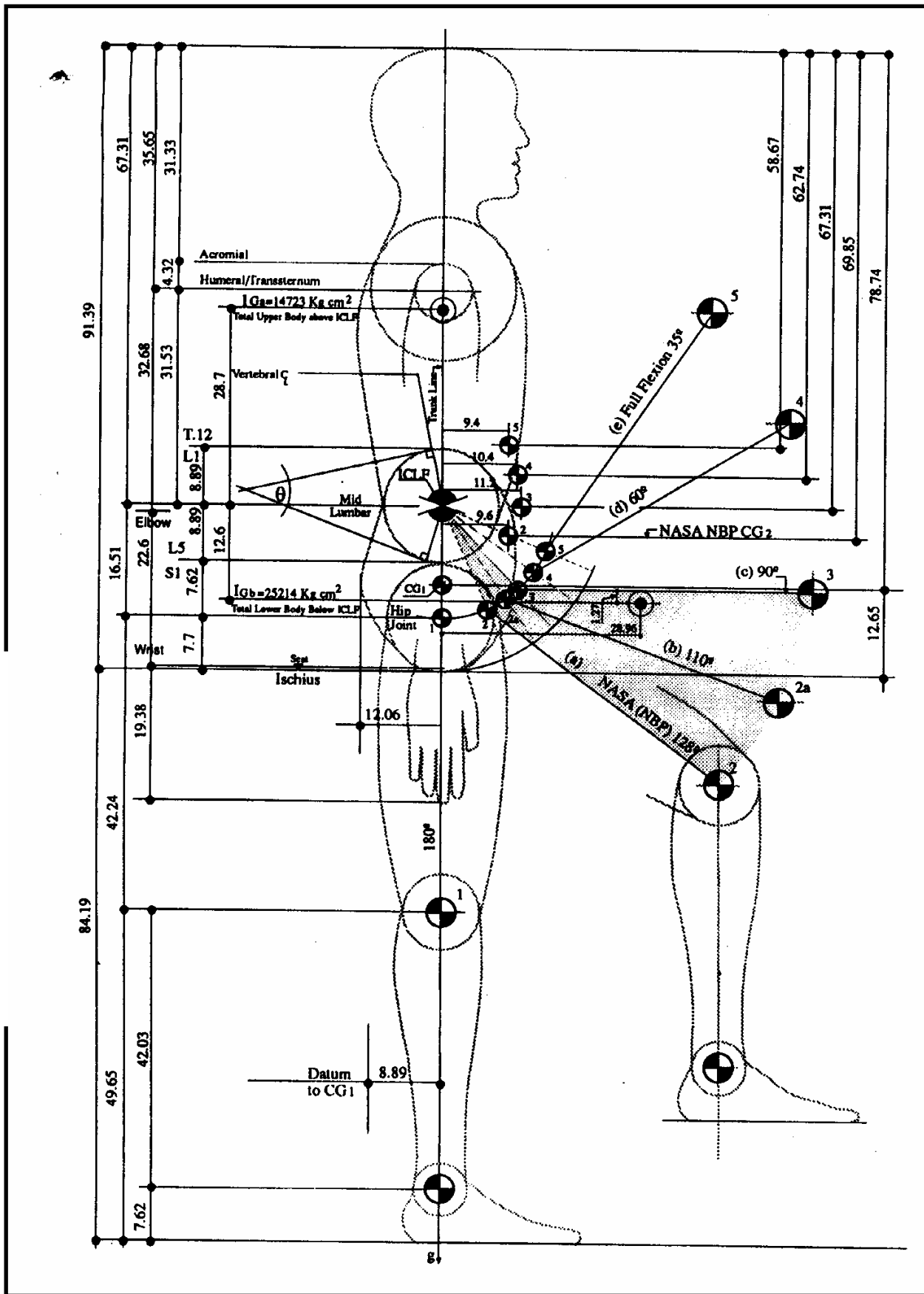


Figura 3.5. Modelo de manequim de movimento lombar. Os números correspondem às posições definidas na tabela 3.2. Serber, *apud* Lueder, 1994

### 3.1.3.2

#### Uso do modelo

O modelo de Serber representa a silhueta do corpo humano, sendo usado em tarefas específicas para facilitar o design de cadeiras e testes ergonômicos. Os momentos da inércia são empregados para analisar o equilíbrio biomecânico e os constrangimentos na postura sentada enquanto as partes grandes do corpo se movem. O movimento lombar associado aos ângulos tronco-coxas de  $128^\circ$  a  $90^\circ$  é de especial interesse no design de cadeiras ergonômicas. O movimento lombar associado aos ângulos tronco-coxas entre  $110^\circ$  e a flexão completa de  $35^\circ$  é muito importante para a indústria de transportes públicos no estudo da dinâmica dos passageiros durante acidentes. Traduzido num diagrama corporal, o ICLF é facilmente aplicado em equações dinâmicas relacionadas ao movimento.

### 3.1.3.3

#### Conclusão

Quando o ângulo tronco-coxas abre de  $90^\circ$  para  $128^\circ$ , os ângulos da coluna lombar e do quadril aumentam na mesma proporção. São valores médios obtidos na avaliação de um fisioterapeuta com uma régua flexível apropriada. É uma técnica simples e não invasiva para se medir a curva lombar, colocando a régua flexível contra os processos espinhosos de L1 a S2. Hart e Rose (Serber, *apud* Lueder 1994) confirmam esse método como confiável e válido. O efeito do peso do corpo sobre a coluna lombar pode ser analisado usando essas medidas e aplicado ao estudo do suporte postural.

É fato bem conhecido que a coluna vertebral, assim como todo o sistema esquelético, precisam de micro e macro movimentos para suas necessidades metabólicas e que os movimentos musculares são necessários para promover a circulação sanguínea. Posições sentadas estáticas impedem a mobilidade lombar e retificam e deformam a curva lombar. A postura sentada estática impede a mobilidade lombar e retifica a curva lombar, quando a tarefa leva o tronco da posição reclinada (posterior) para a posição ereta ou debruçada para frente. Quando o tronco se move para frente e nádegas e coxas permanecem estáticos, o esforço sobre os segmentos lombares aumenta dramaticamente.



- *A análise de Serber mostra os efeitos das mudanças de posição sobre o ângulo lombo-sacro. A cadeira proposta a seguir pode proporcionar uma alternativa para a proteção da coluna lombo-sacra ao evitar sua deformação durante os movimentos.*

Serber cita os dados de Nachemson e Morris: na posição de pé a pressão intradiscal é 30% menor que a pressão na posição sentada ereta, descendo para 50% na posição sentada reclinada, salientando que Andersson e Ortengren notaram que, se o ângulo encosto/assento aumenta, diminui a atividade dos músculos costais, medida na eletroneuromiografia.

A partir desses estudos, Serber desenvolveu o design de uma cadeira (figura 3.6) que faz um movimento em equilíbrio constante (*continuous balanced motion* – CBM).

O assento roda seguindo o movimento pélvico, localizado próximo ao centro instantâneo de flexão lombar (ICLF) e ao centro de gravidade sagital do corpo (CG), ajudando a manter a lordose lombar. O corpo tem apoio da cadeira, tanto em movimento como parado.

Seu apoio lombar firme e ajustável na espessura e na altura modela a lordose lombar na altura do ICLF. O movimento do assento responde ao movimento corporal num arco de 24°. Os ajustes do encosto variam entre 30° de reclinção para trás e 3° de inclinação para frente. Como o centro de rotação (CR) é fixo, a coluna lombar média se mantém em contato com o apoio lombar durante os movimentos pélvicos.



### 3.1.3.4 Discussões – aplicações à pesquisa

Numa poltrona de avião, em viagens longas, o passageiro se movimenta dentro de limites como o espaço entre as fileiras de poltronas, o constrangimento com os vizinhos e a largura do seu assento. O movimento proposto por Serber é uma alternativa no sentido frente/trás apreciável. Não resolve, porém, a necessidade de mudanças laterais ou de torção de pelve.

### 3.1.4 Estudo sobre a dor lombar e a postura sentada (Tom Bendix , *apud* Lueder, 1994)

Bendix afirma que a incidência de dor lombar aumenta com o tempo de permanência na postura sentada, e que esta aumentou consideravelmente nas últimas décadas, apesar de não ter piorado em qualidade. Segue comentando a pesquisa de Kelsley, onde motoristas que dirigem automóveis por mais de quatro horas por dia correm um risco três vezes maior de sofrer uma hérnia de disco e salienta que justamente as pessoas com ‘costas instáveis’ tendem a escolher um trabalho sedentário. Paradoxalmente vários estudos sugerem que as tarefas sentadas são em si mesmas um fator de risco.

As causas da maioria das dores lombares são desconhecidas para Bendix: a explicação para a maior parte das dores lombares está nas dificuldades de interação entre o disco intervertebral e as facetas articulares posteriores. O disco consiste em um envoltório de lâminas que envolvem um núcleo macio. Durante a adolescência e a vida adulta jovem surgem rupturas nos discos lombares na maioria das pessoas (Hirsch e Schajowitz, citados por Bendix, 1994). Somente as grandes rupturas determinam uma hérnia no disco, podendo causar dores quando as raízes do nervo são comprimidas.

Citando Miller; Yang e King, Bendix diz que a deformação nos discos altera o encaixe das articulações interfacetárias, que podem então ser uma fonte de dor. Neste caso, a origem da deformação está no disco, mas os agentes da dor são as facetas. A dor lombar está mais frequentemente ligada ao sistema ligamentar e capsular e à compressão óssea do que a problemas musculares. Dores musculares podem aparecer mais tarde, provocadas por espasmos na região afetada.

Bendix então pergunta: por que acontecem as rupturas dos discos? E responde com as opiniões de Nachemson e Andersson, em pesquisas dirigidas às

peessoas que são submetidas a cargas pesadas em seus trabalhos. Viu-se que alterações discais em pessoas *sedentárias* (principalmente motoristas) podem ter menos ligação com as cargas sofridas do que com o fenômeno de desgaste das estruturas colágenas, causadas por má nutrição do disco.

Bendix descreve a fisiologia da nutrição do disco intervertebral, que se dá por osmose, comparável a uma esponja dentro d'água. Quando o disco é comprimido, os detritos são eliminados, ao se aliviar a pressão todos os nutrientes são absorvidos. O disco é a maior estrutura do corpo que não possui vasos sanguíneos, e tem uma tendência grande a se romper.

Abrindo parênteses no estudo de Bendix, é curioso observar o ponto de vista da medicina veterinária, ao analisar a coluna vertebral dos quadrúpedes:

Os discos estão entre os órgãos que mais consistentemente apresentam alterações degenerativas com o avanço da idade; lesões de disco constituem uma fonte comum de distúrbio lombar, há pouco tempo reconhecido no homem e no cão, agora diagnosticado também em outros animais domésticos e mesmo em animais silvestres. [...] Alterações insidiosas envolvendo o núcleo e o anel iniciam-se cedo durante a vida. A fragmentação do anel pode permitir que o núcleo escape, geralmente na direção do canal vertebral, onde, direta ou indiretamente, pode empurrar a coluna. A calcificação do núcleo diminui a elasticidade e a flexibilidade normais da espinha. Alterações degenerativas podem acometer qualquer disco, mas os efeitos naturalmente têm probabilidade de ser mais graves quando envolvem os discos nas regiões mais móveis; os discos do pescoço, em grandes animais, e aquele da junção lombossacral, são especialmente suscetíveis. (Dice et al., 1997).

Na sua revisão bibliográfica, Bendix consulta Sanjevi, Bojsen-Moller e Weismann para entender as cápsulas articulares e os ligamentos, formados por fibras elásticas colágenas. Essas fibras têm a propriedade de suportar um alongamento [*deformação*] por algumas horas. Quando a força de estiramento é retirada existe um lapso de tempo até que o comprimento original se refaça. Este lapso de tempo varia entre 20 minutos a algumas horas. Ao se permanecer horas sentado, alguns ligamentos serão habitualmente estirados, dependendo da postura. Posturas em cifose lombar, por exemplo, vão distender as fibras posteriores. Após várias horas sentado num carro ou escritório, diariamente, a estabilidade vertebral é ligeiramente reduzida ao se perder o ajuste preciso dos ligamentos, permitindo movimentos não habituais que levam a um stress nas articulações envolvidas.

Na conclusão de Bendix, o problema da posição sentada é a combinação entre a carga sofrida e o tempo de duração. Sentar-se numa cadeira incômoda, que provoca grande carga sobre várias partes do corpo, pode não ser um problema por um período curto. As tarefas e o hábito condicionam a um tempo muito longo na postura sentada, levando a lesões, mesmo numa cadeira confortável.

### 3.1.5 Alterações posturais da postura sentada (Reinecke *et al.*, *apud* Lueder, 1994)

Os autores partem dos princípios de Schobert, que, em 1962, descreve três tipos de posturas sentadas: *mediana*, *anterior* e *posterior*. Elas são definidas em função do peso do centro de gravidade do tronco sobre as tuberosidades isquiáticas.

(a) Na postura *mediana*, o centro de gravidade está diretamente sobre as tuberosidades. Se os eretores da coluna (músculos espinhais) e os músculos íliopsoas estiverem relaxados, a coluna lombar estará ereta ou ligeiramente cifótica. Se estiverem ativos, a pelve estará em rotação anterior, com lordose lombar (figura 3.7, no alto).

(b) Na postura *anterior* o tronco está inclinado para frente, transferindo o peso para o apoio sobre os pés (figura 3.7, centro), mudando o centro de gravidade para um ponto anterior às tuberosidades. Se os eretores da coluna estiverem em ação a coluna se retificará, com rotação anterior da pelve, mas se estiverem inativos, a pelve fará uma rotação posterior, aumentando a cifose da coluna vertebral.

(c) Já na postura *posterior* (figura 3.7, inferior) o centro de gravidade cai por trás das tuberosidades, a pelve faz uma rotação posterior e estabiliza o tronco com apoio das tuberosidades e do cóccix.

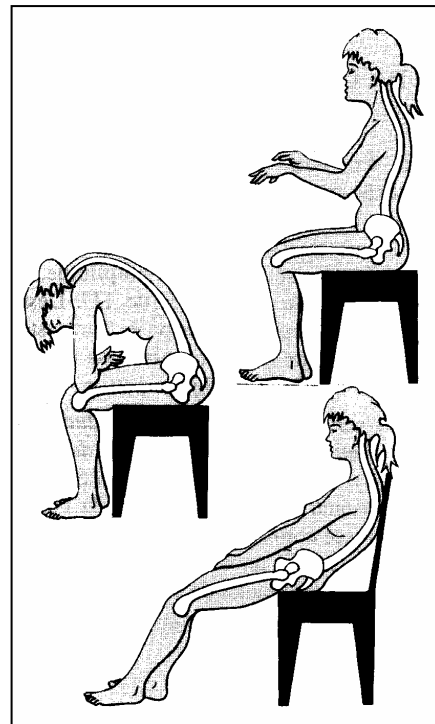


Figura 3.7. Postura sentada mediana, anterior, posterior (Kapandji 2000)

Quando os músculos estão relaxados na postura anterior ou posterior a coluna lombar está em cifose, e os ligamentos posteriores sustentam a coluna.

Reinecke conclui que na postura sentada prolongada nos automóveis e no trabalho sedentário um apoio lombar não garante a lordose lombar. Na sua opinião, muitos usuários deslizam a pelve para frente, provavelmente para estabilizar a postura. O apoio lombar, no entanto, segundo ele, deve ser usado; os efeitos biomecânicos dos apoios lombares devem ser reconsiderados; as investigações devem prosseguir sobre um apoio que realmente induza à lordose no encosto do carro ou de uma cadeira de descanso, verificando se o stress sobre a coluna está sendo aliviado.

### **3.1.5.1**

#### **Discussões – aplicações á pesquisa**

Quando Reinecke diz que os músculos estão em ação, seriam músculos *em movimento* ou rígidos? A postura anterior, com “erectores de coluna em ação” seria uma maneira de dizer que o tônus desses músculos sustenta a coluna? Pode-se considerar o tônus como o responsável pela *ação* de Reinecke, confirmando o que foi visto no capítulo 2 – Anatomia, sobre os músculos antigravitários.

### 3.1.6 Medidas de conforto na postura sentada (Helander e Zhang, 1997)

#### 3.1.6.1 Introdução

Este artigo aborda a avaliação de conforto e desconforto em cadeiras, em prosseguimento a estudos anteriores dos mesmos autores. Eles argumentam que o conforto é um conceito mal definido. Em linguagem corrente, o termo pode traduzir sensações tanto de conforto como de desconforto, sendo insatisfatório do ponto de vista científico. Em estudo anterior de Zhang *et al.*, citado pelos autores, sentimentos de desconforto foram associados a sensações como dor, cansaço, dolorido, enrijecido. Essas sensações foram causadas por constrangimentos físicos devidos ao design de estações de trabalho, tais como ângulos articulares, pressão sobre tecidos, contrações musculares, bloqueio circulatório. Uma observação importante foi o aumento do desconforto com o tempo, durante o dia de trabalho. Sensações de conforto, por outro lado, se basearam em impressões de bem estar e do efeito da estética da cadeira sobre o sujeito. Já que conforto e desconforto se baseiam em fatores independentes, uma redução do desconforto não traz necessariamente uma sensação de conforto. A partir dessa independência de conceitos, se poderia deduzir que não há conexão entre eles, o que não é muito razoável. Deve-se admitir que, para que haja conforto o nível de desconforto deve ser baixo, enquanto grande desconforto só pode ser sentido se o nível de conforto for baixo.

Os objetivos primários do estudo de Helander e Zhang (*ibidem*) foram (1) desenvolver uma escala para avaliação de conforto e desconforto em cadeiras, e (2) validar uma escala, através de estudos de campo, usando como sujeitos trabalhadores de escritório. Parte da validação dos resultados foi comparada com dois métodos já existentes, a escala de Avaliação de Conforto Geral (ACG), desenvolvido por Shackel em 1969; e os índices do Mapa de Desconforto Corporal (MDC), publicado por Corlett e Bishop em 1976. Um terceiro objetivo do artigo foi analisar o efeito da estatura do sujeito na avaliação de cadeiras pequenas e grandes. Isto porque, em estudo de 1987, Zhang *et al.* acharam que pessoas baixas geralmente não gostam de cadeiras grandes, pois o assento é muito profundo e o apoio lombar é alto demais para elas. Já as pessoas altas não gostam

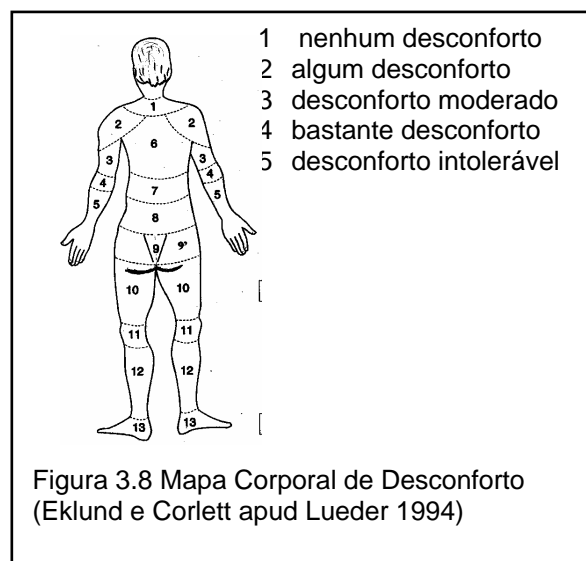
de cadeiras pequenas, porque o assento é curto demais e o apoio lombar é muito baixo.

### 3.1.6.2

#### Estudos de campo: avaliação de conforto e desconforto

Existem duas escalas bem estabelecidas no campo da ergonomia para avaliação de conforto e desconforto. A Avaliação de Conforto Geral (ACG) ou *General Comfort Rating (GCR)* de Schakel descrita em 1969 (*apud* Serber 1994) tem 11 pontos com as seguintes âncoras verbais: *sinto-me completamente relaxado; sinto-me perfeitamente confortável; sinto-me bem confortável; sinto-me razoavelmente confortável; sinto-me confortável; sinto-me inquieto; sinto-me confinado; sinto-me enrijecido; sinto-me dormente; sinto-me dolorido; sinto dor insuportável.*

Helander e Zhang (*ibidem*) descrevem a segunda escala muito utilizada, o Mapa de Desconforto Corporal (MDC) ou *Body Part Discomfort Scale (BPD)*, publicado em 1976 por Corlett e Bishop, aplicável a todos os tipos de avaliação de trabalho (figura 3.8). Um desenho do corpo humano segmentado em partes (ombros, braços, região dorsal, etc) é apresentado aos sujeitos; estes são guiados pelo entrevistador para definir o desconforto, numa escala de 5 pontos em cada segmento.



A Avaliação de Conforto Geral (ACG) e o Mapa de Desconforto Corporal (MDC) são enfocados neste estudo como construtos (ou variáveis) complementares.

Os autores desenvolveram uma Checklist de Avaliação de Cadeiras (CAC) ou *Chair Evaluation Checklist*, com 16 classificações selecionadas de estudos anteriores, como o de Shackel e outras dos próprios articulistas. Para medir a intensidade de cada classificação foi usada uma escala de 9 pontos de Lickert (tabela 3.3). Comparadas com os estudos anteriores, algumas classificações foram modificadas para descreverem melhor a sensação. “A cadeira parece boa” foi usada para representar fatores estéticos como “suntuosa” e “luxuosa”; “sinto pressões desiguais do assento ou do encosto” foi usada para representar a sensação de não ser bem apoiado pela cadeira. “Gosto da cadeira” foi acrescentado, já que Habsburg e Middendorf (apud Helander 1997) apontam essa afirmação como a mais importante de uma avaliação de cadeiras.

Tabela 3.3. Escala ACG para avaliação de conforto/desconforto em cadeiras \*

Avaliação	Classificação
<i>Classificações de desconforto</i>	
1.	Sinto meus músculos doloridos
2.	Sinto minhas pernas pesadas
3.	Sinto-me endurecido
4.	Sinto-me cansado
5.	Sinto-me dolorido
6.	Sinto dormência
7.	Sinto pressões desiguais
8.	Sinto-me confinado
9.	Sinto-me irrequieto
<i>Classificações de conforto</i>	
10.	Sinto-me relaxado
11.	Sinto-me descansado
12.	Sinto-me tranquilo
13.	A cadeira é espaçosa
14.	A cadeira parece boa
15.	A cadeira parece macia
16.	Gosto da cadeira
Avaliação geral	
17.	Sinto-me confortável
18.	Sinto-me desconfortável

\* Helander e Zhang , 1997



### 3.1.6.3 Estudo nº1 a) Método

Foram selecionadas 21 cadeiras de escritório segundo critérios de durabilidade, solidez e conformidade com os modelos padrões. Suas características ergonômicas foram avaliadas, e as cadeiras foram classificadas em ordem de preferência para possível inclusão no mobiliário do escritório onde se realizou a pesquisa. Eram 11 cadeiras de gerentes (maiores, projetadas para homens) e 10 cadeiras de secretárias (projetadas para mulheres, menores). O propósito de testar as cadeiras em relação ao tamanho era de validar e estender um estudo prévio dos autores. Neste primeiro estudo, dois grupos de sujeitos, sendo 10 secretárias (mulheres) e 10 gerentes (homens), avaliaram dois grupos de 10 cadeiras de trabalho. As secretárias avaliaram as cadeiras menores e os gerentes avaliaram as cadeiras maiores.

No estudo nº 1, dez secretárias e dez gerentes participaram como sujeitos, sendo que as secretárias avaliaram as 10 cadeiras menores e os gerentes avaliaram as 10 cadeiras maiores. Suspeitava-se que tomadas de medidas simultâneas de conforto e desconforto numa mesma *checklist* ACG pudessem levar a viés de julgamento, pois os sujeitos poderiam considerar o conforto como oposto ao desconforto, sem maior reflexão. Usaram-se por isso duas versões da *checklist* CAC, onde a única diferença era o último item. Na versão A esse item perguntava sobre a avaliação de conforto enquanto na versão B avaliava o desconforto.

Dez sujeitos (5 secretárias e 5 gerentes) responderam à versão A e os outros 10 sujeitos responderam à versão B. Os dados dos sujeitos estão na tabela 3.4. Todos trabalharam sentados por 8 horas, sendo as cadeiras distribuídas ao acaso na tarde anterior ao teste. No início de cada dia, os sujeitos eram instruídos quanto às diversas maneiras de ajustarem suas cadeiras. Ao longo de cada dia os sujeitos preencheram as três avaliações (ACG, MDC e CAC) em três momentos (9:00h, 11:30h e 16:30h).

Tabela 3.4. Informações demográficas\*

Medidas	Secretárias**			Gerentes***		
	Faixa	Média	DP	Faixa	Média	DP
Idade(anos)	20 – 60	40	10.2	30 – 60	44	9.14
Estatura (cm)	156 – 175	163	6	157 – 183	170	9
Peso (kg)	55 – 90	67	10	50 – 100	68	15

\* Helander e Zhang, 1997, \*\* (9mulheres, 1homem), \*\*\*(5 mulheres, 5 homens)

A análise dos dados (210 sujeitos/dia de coleta de dados com 60 questões/dia num total de 12.600 pontos de dados) constou de três análises. (1) Análise de fatores para validar a natureza multidimensional de conforto/desconforto. (2) Análise de variância para compreender como os itens diferentes das *checklists* foram influenciados por três fatores: cadeiras, estatura e hora da tarefa. (3) Coeficientes de correlação de Pearson foram calculados para ACG, MDC e CAC, para compreender as diferenças entre os três métodos de medidas de conforto/desconforto.

### **b) Avaliação da *checklist* revisada**

Com base nos resultados do estudo nº1, as 16 classificações da escala de Avaliação de Conforto Geral (ACG) foram reduzidas a 12, sendo 6 para desconforto e 6 para conforto, mais 2 medidas gerais de conforto e desconforto. Apesar da separação ostensiva das classificações de conforto e desconforto na avaliação, ainda existia a possibilidade de que o sujeito simplesmente escolhesse o conforto como oposto ao desconforto, sem refletir nos significados diferentes desses conceitos.

#### **3.1.6.4 Estudo nº2**

Os objetivos da segunda experiência foram (1) validar o conceito dos fatores conforto e desconforto usando a *checklist* modificada, com menos itens, (2) investigar as possíveis transferências de efeito entre as avaliações de conforto e desconforto na nova *checklist*.

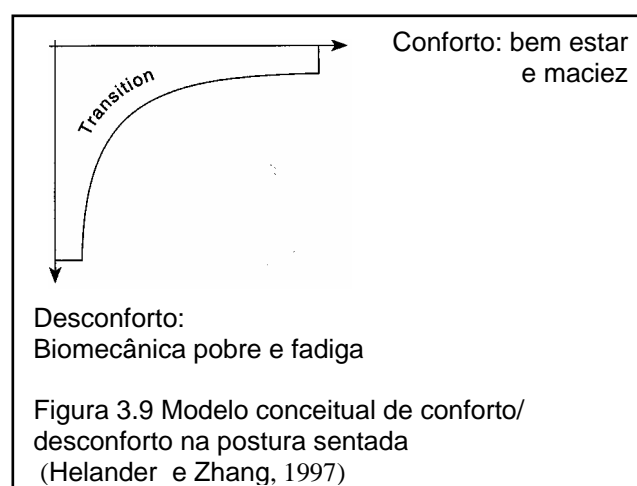
[Para leitura dos procedimentos do estudo nº 2 veja o artigo completo segundo a referência bibliográfica. Alguns conceitos serão apresentados neste resumo, somente aqueles pertinentes à presente pesquisa.]

### 3.1.6.5 Conclusão

Os resultados não mostraram efeitos significativos quanto à eficácia das duas diferentes *checklists* sobre a avaliação de conforto e desconforto. Os sujeitos comentaram verbalmente que era mais fácil estimar o conforto geral e o desconforto geral após observarem as classificações das *checklists*. As variações dos resultados de medidas de conforto foram muito maiores que as de desconforto, o que contradiz o conceito de conforto como antagonista de desconforto. Os autores acreditam que esses conceitos merecem medidas diferenciais.

Há que se considerar o modelo desenvolvido nos resultados de trabalho anterior dos autores, onde o desconforto está sujeito a fatores biomecânicos como constrangimentos articulares, pressões sobre os tecidos, distensões musculares e dificuldades circulatórias. A questão maior afetando o desconforto foi a hora do dia: a fadiga está relacionada com o tempo. Já na avaliação do conforto as impressões se baseiam na sensação de bem estar e na impressão estética da cadeira. Partindo dessas premissas, os autores propuseram um modelo conceitual para o conforto e o desconforto na postura sentada, conforme a figura 3.9.

Na discussão do artigo pelos autores, as classificações de conforto relacionadas ao design da cadeira não foram influenciadas pelo tempo, enquanto as classificações de conforto ligadas ao bem estar, assim como a maioria das classificações de desconforto foram influenciadas pelo tempo. Eles acreditam que a influência do tempo mostra somente os efeitos do cansaço, o que está de acordo com o modelo da figura 3.9.



É preciso considerar este modelo para o uso da *checklist*: o desconforto é afetado pelos fatores biomecânicos e pela fadiga. Para os usuários de cadeiras com um bom design, a fadiga causada pela passagem do tempo é muito mais importante que aquela provocada por fatores biomecânicos.

Os autores comentam a observação de muitos pesquisadores sobre mudanças de posição, supostamente para aliviar as pressões do peso do corpo, como cruzar as pernas ou colocar uma perna sobre a outra, mudando a distribuição da pressão sobre as tuberosidades isquiáticas. Os usuários não se dão conta desse comportamento, não sendo, portanto, capazes de apontá-lo numa avaliação. Mudanças de posições são normais e visam à redução do desconforto. Estes gestos, porém, não são associados ao desconforto sentido na cadeira.

Pode parecer que o design da cadeira ou a biomecânica da postura sentada não são tão importantes – a não ser que o usuário tenha problemas lombares (os autores citam Michel e Helander 1994) – ou quando o design da cadeira viola os conceitos básicos de uma maneira severa. Exemplos: assento muito longo para pessoas baixas; borda do assento agudo, pressionando as coxas; apoio lombar alto ou baixo demais, deformando a lordose lombar; espuma do assento extremamente mole ou dura, prejudicando a distribuição das pressões, ou uma cadeira que não permita uma abertura além de 100° ao ângulo do quadril. A maioria das cadeiras segue os critérios básicos de design, sendo difícil ordenar várias cadeiras por medidas de desconforto. O corpo humano é surpreendentemente adaptativo, pouco sensível a variações do design das cadeiras. Cadeiras ergonômicas podem ser “*over designed*” e muitas propostas para redução do desconforto são apenas truques publicitários. A estética, a maciez e o estofamento são elementos importantes, no entanto, associados a uma sensação de bem-estar.

Os resultados levam a implicações metodológicas na medida de conforto e desconforto. Os autores aconselham a evolução desse estudo, juntando-se campos de áreas diferentes como a biomecânica, o design estético, a satisfação no trabalho, que merecem ser explorados em sua intercomunicação.

### 3.1.6.6

#### Discussões - Aplicações à pesquisa

Vê-se através dessas considerações a dificuldade em relação ao questionário, aplicado a passageiros chegando de viagens aéreas longas, atordoados e cansados, e ainda sem preparo na observação de seu corpo. Pessoas comuns não observam de onde vem o desconforto. Fogem dele antes de estarem conscientes do que se passa. Por outro lado, pode-se observar na prática clínica de fisioterapia que o conforto não é uma sensação extraordinária, mas uma condição normal, sem registro na consciência. A ausência da dor que se sentia há algum tempo – ontem, por exemplo, não é comemorada como um fato extraordinário, a não ser que causasse perda de capacidade funcional. As dores, a irradiação, exigem medidas, pois são sinais de desconforto muitas vezes insuportável.

No questionário aplicado para verificação das variáveis dessa pesquisa foi usado o Mapa de Desconforto Corporal para medir a intensidade do desconforto sentido durante a viagem, já que é o desconforto que fala mais alto. No teste-piloto realizado no início da pesquisa viu-se a unanimidade de respostas apontando para o desconforto físico nas viagens aéreas longas. As perguntas sobre as características das poltronas que mais incomodaram, inspiradas nas checklists de Helander e Zhang (1997), acrescentam dados para serem comparados ao item principal, o índice de desconforto corporal extraído do Mapa de Desconforto Corporal.

Os principais pontos dos resultados da análise dos autores pertinentes à presente pesquisa foram:

- A interação cadeira X estatura foi muito significativa na medida do desconforto.
- Não houve interação significativa entre cadeira e período de tempo, isto é, o desconforto não mudou em função da hora do dia. Entretanto, enquanto os fatores de desconforto biomecânicos aumentaram em função da hora do dia, o design da cadeira não pareceu importar para o desconforto. Os sujeitos foram capazes de observar a sensação de conforto imediatamente, enquanto as diferenças notadas entre as cadeiras em relação ao conforto não mudaram com o passar do tempo.

- O desconforto (constrangimento físico) tem um efeito dominante. O desconforto resultante de pressões desiguais foi imediatamente notado, assim como a sensação de confinamento causada por um espaço limitado. Os resultados analisados podem indicar que o desconforto tem um efeito dominante, principalmente em relação ao constrangimento físico. Quando fatores de desconforto estão presentes, fatores de conforto se tornam secundários na percepção de conforto ou desconforto.
- Os resultados da análise de variâncias de secretárias e gerentes foram consistentes. Houve várias interações entre cadeira X estatura: índices menores de desconforto para os sujeitos menores; as secretárias altas sofreram maior desconforto devido a pernas pesadas e pressões desiguais do encosto e do assento; os sujeitos altos não podem se adequar bem em cadeiras pequenas; os gerentes baixos se queixam de pressões desiguais; as secretárias baixas se sentiram mais cansadas e mais confinadas; as secretárias altas se sentiram mais confortáveis.
- Estudos anteriores indicam duas horas como um período suficiente para a avaliação de uma cadeira. Os resultados, entretanto, demonstraram que o desconforto estava relacionado à fadiga acumulada durante o dia de trabalho e não ao design da cadeira. Não houve uma interação significativa entre *cadeira X período de uso*, indicando que a ordem de preferência entre um grupo de cadeiras foi estabelecida durante o primeiro momento e não mudou durante o dia.
- Não houve uma apreciação de conforto/desconforto significativa entre cadeiras com design diferentes. Era esperado que problemas biomecânicos como pressões desiguais, pressões que bloqueiam a circulação, rigidez do assento, etc., pudessem aumentar com o passar do tempo, ou que o problema fosse maior em certas cadeiras. Os resultados mostraram que os fatores biomecânicos aumentaram, de fato, em função da hora do dia, mas o design da cadeira não alterou o desconforto com o tempo. Um resultado importante da análise dos dados é que não parece necessário usar a cadeira por um dia inteiro para testar o conforto; uma pessoa ou um grupo de indivíduos deve ser capaz de avaliar o conforto imediatamente, de uma maneira confiável.

### 3.1.7

#### **Estudos de poltronas de pilotos de avião (Goossens, Snijders, 2000)**

Goossens *et al.*, no artigo “*Biomechanical analysis of the dimensions of pilot seats in civil aircraft*”, analisam as dimensões de cinco assentos diferentes de pilotos de aeronaves civis em modernos aviões comerciais de médias e longas distâncias. Pode-se ver, neste artigo, que nenhum dos assentos favoreceu uma posição sentada confortável. As medidas antropométricas não foram satisfatórias frente aos padrões da aviação, e as dimensões baseadas na biomecânica foram ainda menos satisfatórias, como se verá a seguir.

Assentos de pilotos com várias opções de ajustes foram projetados pelas empresas aéreas para garantir o conforto na postura sentada. As queixas, porém, continuaram. O desconforto na região lombar durante vôos médios e curtos pode gerar uma perda da capacidade de concentração do piloto e, em conseqüência, diminuir a segurança do vôo. Tentando resolver esses problemas, engenheiros melhoraram o estofamento dos *cockpit seats* modificando a forma e a densidade do assento, além de cobri-lo com pele de ovelha para favorecer a circulação de ar entre a pele do piloto e a superfície do assento.

Tomando como base os estudos de aviação militar, de bancos de automóveis, cadeiras de escritório e de escola e poltronas domésticas de outros autores, a pesquisa de Goossens *et al.* questiona se as queixas dos pilotos poderiam estar ligadas a determinadas características do *cockpit seat*. A pesquisa baseia-se na análise de dados antropométricos e biomecânicos, realizada em cinco aeronaves comerciais modernas.

Considerações vindas da antropometria e da biomecânica têm uma influência muito forte no conforto da postura sentada. O padrão usado para os assentos de pilotos (*Aerospace Standard AS290B*, 1965) se baseia somente na antropometria. Os autores discutem, a seguir, os aspectos biomecânicos neste artigo.

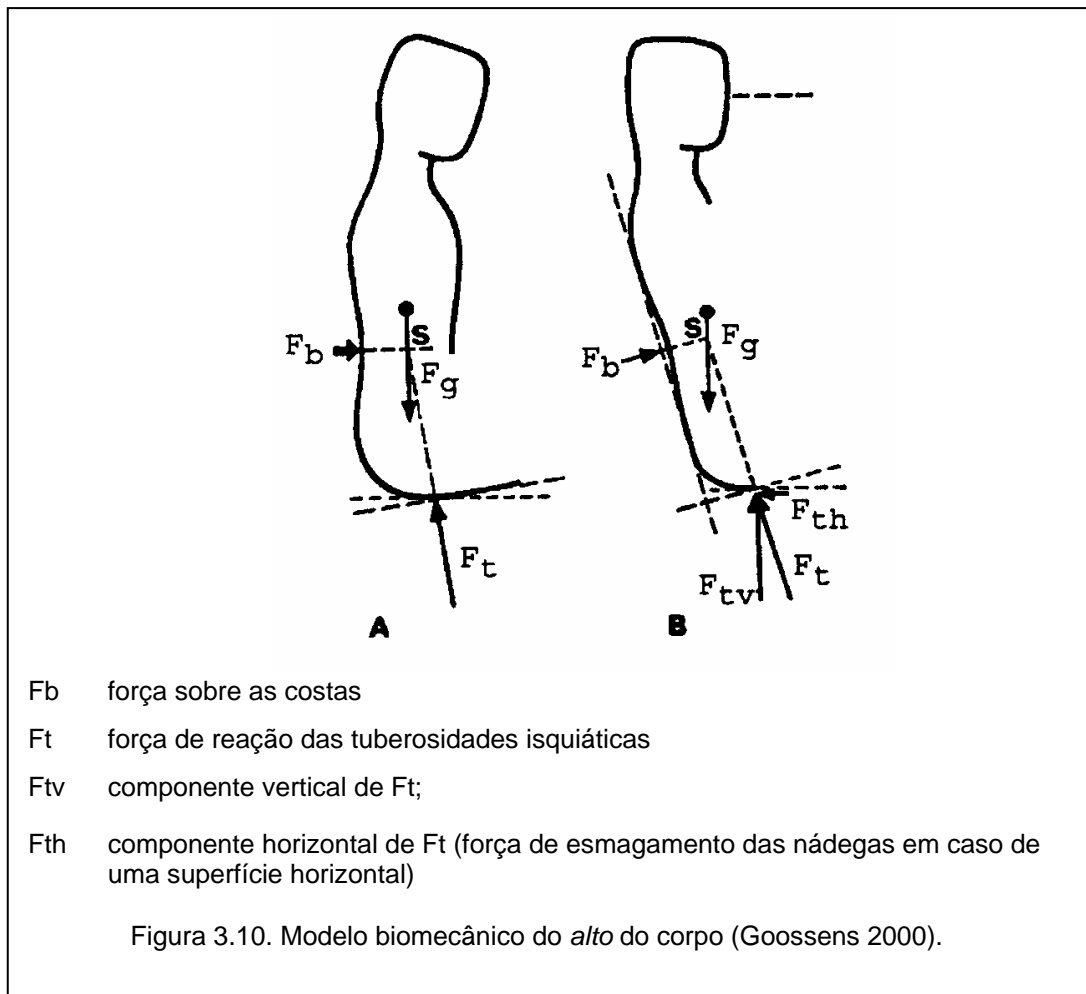
#### 3.1.7.1

##### **Biomecânica – princípios da postura sentada**

Os autores discutem os aspectos biomecânicos nos assentos usados por pilotos de aeronaves comerciais. O padrão usado pela *Aerospace Standard AS290B*, de 1965, baseia-se somente na antropometria.

### a) Ângulo assento / encosto e inclinação do assento

O modelo biomecânico de Snijders (*apud* Goossens 2000) demonstra esquematicamente que, quando o encosto é usado, o assento deve ser inclinado para trás na região das tuberosidades isquiáticas, para eliminar as forças de esmagamento entre a pele e a almofada do assento. A figura 3.10 mostra um diagrama da parte superior do corpo (braços, cabeça e tronco) com as forças de ação do tronco no sujeito sentado.



Numa situação de equilíbrio estático (sentado ereto), considerem-se as linhas de força do encosto ( $F_b$ ), do peso do corpo ( $F_g$ ) e a força sobre as tuberosidades isquiáticas ( $F_t$ ); as três se cruzam no ponto de interessão ( $S$ ).



Como consequência, a força de reação das tuberosidades isquiáticas ( $F_t$ ) não pode ser vertical, pois apresenta uma leve inclinação quando o encosto é usado. A figura 3.10, B mostra que, quando o tronco se inclina para trás, a inclinação da força de suporte ( $F_t$ ) aumenta, porque sua linha de ação deve ir na direção de S.

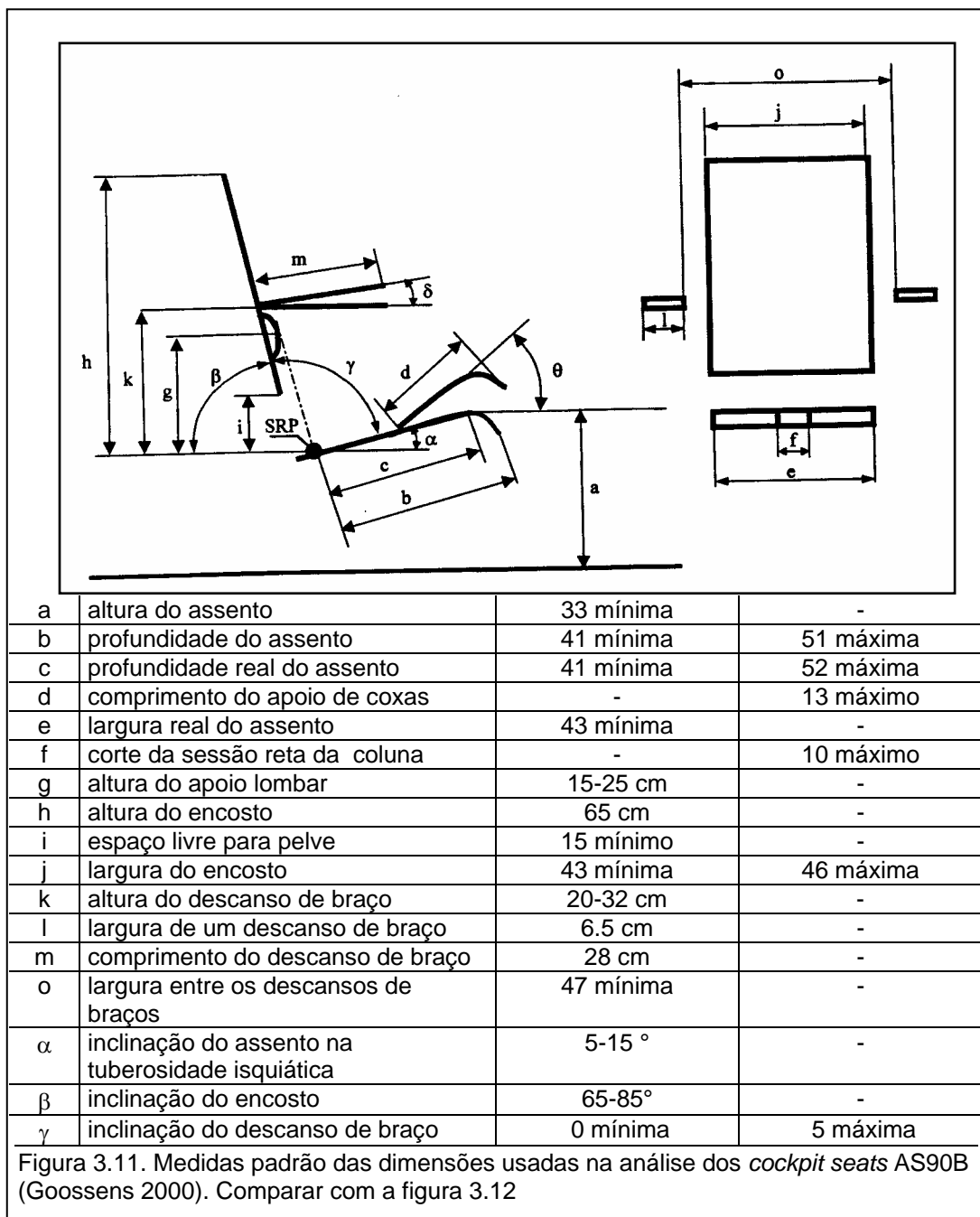
A força de cisalhamento ou de trituração entre o assento e as tuberosidades isquiáticas age em conjunto com a pressão causada por  $F_{tv}$  e agrava o desconforto durante uma postura sentada prolongada [Deformação que sofre um corpo quando sujeito à ação de forças cortantes – dicionário Aurélio; cisalhar: fazer cortes – dicionário Houaiss]. Essa força de cisalhamento ou de esmagamento age em conjunto com a pressão causada por  $F_{tv}$  e agrava o desconforto durante uma postura sentada prolongada. A difusão de oxigênio e de metabólitos nas células pode ser interrompida quando os níveis de pressão forem muito altos.

Teoricamente, as forças de esmagamento entre o assento e as tuberosidades isquiáticas podem ser eliminadas completamente ao se optar por um ângulo de 90-100° entre assento e encosto porque a força de apoio ( $F_t$ ) está orientada perpendicularmente à superfície do assento. De acordo com o padrão *Aerospace AS290B* (1965) na poltrona do piloto o ângulo do encosto durante o vôo deve ser entre 65 e 85°, com um ângulo do assento entre 5 e 15°.

## **b) Apoio lombar**

Para prevenir a rotação posterior da pélvis durante a posição sentada é necessário um suporte na altura da espinha ilíaca póstero-superior, impedindo a cifose lombar e favorecendo a leve curva da lordose lombar. Mas não se vai conseguir uma curva lombar comparável à da posição de pé pois a coluna lombar sempre vai se deformar um pouco na postura sentada.

Existem poucos dados antropométricos sobre a altura da espinha ilíaca póstero-superior. Num estudo em 91 sujeitos, Diebschlag *et al.* (*apud* Goossens *et al* 2000) encontraram, em 90% da população, alturas entre 18-25 cm para a espinha ilíaca póstero-superior. A altura preferida de apoio lombar ajustável entre 15 e 25 cm foi recomendada por Coleman *et al.* (*apud* Goossens *et al* 2000) para cadeiras de escritório. Já Zacharkow (*apud* Goossens *et al* 2000) sinaliza para a necessidade de pelo menos 12 cm de espaço livre entre o assento e o encosto para o apoio lombar (figura 3.11, i).



### c) Descansos para os braços

Descansos para os braços numa altura suficiente para um apoio estável reduzem consideravelmente o peso sobre as costas. Se estiverem muito baixos podem favorecer uma postura escoliótica, ao se inclinar o alto do corpo para um lado, ou uma postura em cifose total da coluna, ao se buscar um apoio bilateral muito baixo. Um descanso de braços deve dar apoio sob o centro de massa da gravidade de braço / antebraço. Os autores consideram um erro de design em relação à biomecânica os projetos com ajustes de altura dependentes da báscula do

descanso de braços (figura 3.11,  $\delta$ ): pessoas mais altas são incapazes de descansar seus cotovelos na superfície de apoio. O *Aerospace Standard* para a altura do descanso de braços tem alcance de 20-32 cm (figura 3.11, k). Somente pequenos ângulos de menos de  $5^\circ$  são permitidos, para que o antebraço se apóie por inteiro no descanso.

#### d) Dimensões eficazes

Do ponto de vista biomecânico, apenas as partes das superfícies que realmente dão apoio às partes do corpo (assento, encosto, descanso de braços) podem ser chamadas de funcionais. É importante que a inclinação do assento (figura 3.11,  $\alpha$ ) seja definida como uma inclinação na altura das tuberosidades isquiáticas.

Os ângulos das medidas padrão de Goossens (*ibidem*) da figura 3.11 podem ser justapostos à figura 3.12 de Roebuck *et al* (1993) para compreensão da interação poltrona/passageiro.

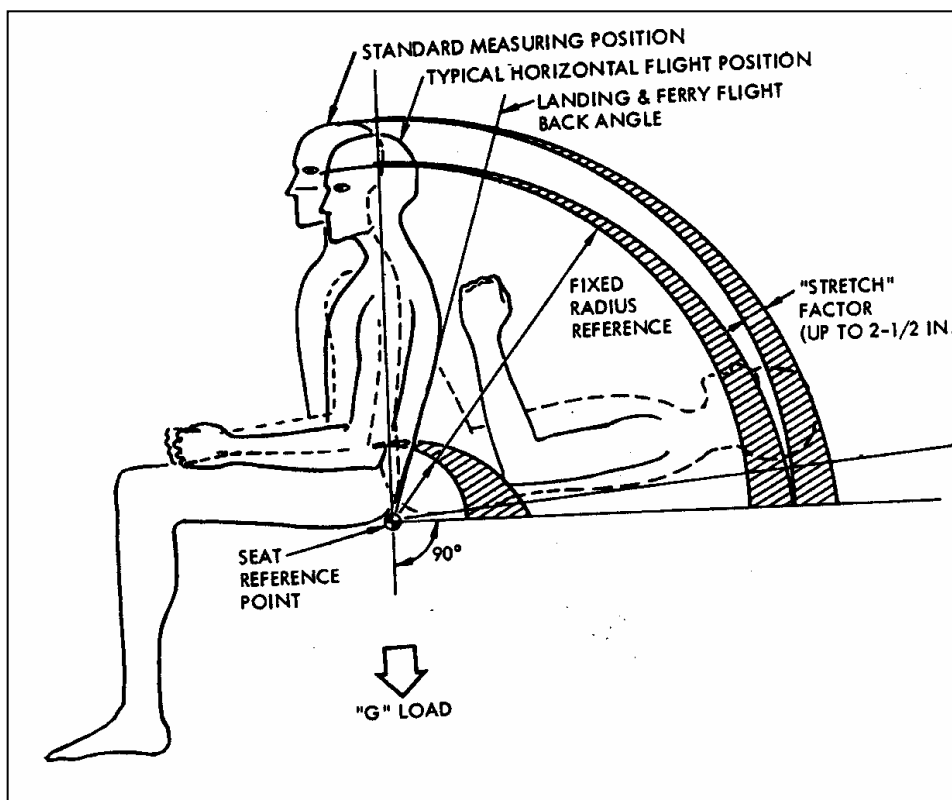


Figura 3.12. Mudanças de ângulos do tronco de acordo com as atitudes do corpo (Roebuck 1973)

### 3.1.7.2

#### Métodos

Os *cockpit seats* foram avaliados em suas dimensões e ajustes. Como o desconforto acontece com mais frequência durante a postura sentada prolongada, foram considerados os *cockpit seats* de aviões de média e longa distância como Boeing 747-400, Boeing 747-300, McDonnell Douglas DC10-30, Airbus A310 e Boeing 737-300.

Todas as dimensões lineares foram medidas com uma régua, com divisão de escala de 1 mm. A altura do apoio lombar é definida até o seu ponto mais proeminente, a partir da superfície do assento. As posições de ajuste mínimo e máximo do apoio lombar foram medidas. As medidas de ângulo de assento, altura do assento, profundidade efetiva e largura do assento, e altura do descanso de braços foram feitas usando-se uma pelve de madeira, com peso de 500 N. A unidade para medidas de força é o Newton (N); nesse caso está se medindo o efeito da força da gravidade do tronco sobre o assento.

O ponto de referência da poltrona é mostrado na figura 3.11 como SRP (*seat reference point*). O ponto é definido como a intersessão da tangente da superfície do assento com a linha que passa tangente à superfície do encosto, quando comprimidas sob um peso de uma pessoa do 50º percentil. Baseando-se em estudos prévios, os autores usaram o valor de 500 N para este percentil. O ângulo do assento  $\alpha$ , o ângulo do encosto  $\beta$  e a inclinação do descanso de braços  $\delta$  foram medidos com um inclinômetro (Seca, 1 grau por divisão de escala). Foram avaliados 5 *cockpit seats* diferentes, de 4 fábricas.

### 3.1.7.3

#### Discussão dos autores

Lusted *et al* (*apud* Goossens 2000) aplicaram questionários para avaliar o conforto de cadeiras na tripulação da viação *Qantas*, descobrindo certas áreas de desconforto, mas não as razões desse desconforto. Estudos recentes de Zhang *et al.* (*apud* Goossens 2000) mostraram que alguns aspectos do desconforto podem ser ligados a aspectos biomecânicos. O modelo biomecânico proposto neste artigo só é válido para uma situação estática restrita ao plano sagital, e portanto não estuda a influência das mudanças posturais. Os autores usaram uma *checklist*

baseada em dimensões biomecânicas e antropométricas. Os resultados do estudo do artigo e os resultados dos questionários do estudo de Qantas não são excludentes: as principais áreas de desconforto relatadas nas duas pesquisas foram as nádegas e a região lombar baixa, indicando uma falha nos requisitos biomecânicos para essas regiões.

Os autores citam a pesquisa de Hobson (1992) na influência das mudanças de posição sobre a força de cisalhamento nos tecidos das nádegas contra o assento. Segundo Hobson, quando o tronco se inclina lateralmente em  $15^\circ$ , numa população saudável, aparecem apenas pequenas mudanças na força de cisalhamento em comparação com a posição simétrica do tronco (5N). Citam também a pesquisa de Hawkins (1973) onde as queixas desconforto de pilotos estavam relacionadas com o *stress* e com um estofamento impróprio. Os autores ponderam que os *cockpit seats* deveriam ser muito confortáveis, por apresentarem numerosas opções de ajustes. Algumas medidas estão ligadas à antropometria de pilotos baixos e altos, como altura do assento, comprimento dos descansos de braços, distância entre descansos de braços. Tais dimensões, no entanto, não estão de acordo com os padrões da aviação.

As dimensões baseadas na biomecânica que poderiam estar ligadas ao desconforto foram ainda menos satisfatórias, como a profundidade efetiva do assento, a altura do apoio lombar, altura e posição dos descansos de braços e inclinação do assento na área de contato das TI. Apesar de todas as possibilidades de ajuste, algumas dimensões importantes não poderiam ser alcançadas.

A profundidade efetiva de todos os assentos, por exemplo, era muito pequena para a maioria dos pilotos, assim como a altura dos descansos de braços e o apoio lombar. Curiosamente, os designers proclamam que a altura dos descansos de braços pode ser ajustada ao rodar os descansos sobre um eixo do encosto. Os dados encontrados nessa pesquisa indicam que a adaptação da altura dos descansos às alturas individuais é insuficiente.

Uma característica típica dos assentos de pilotos é o ajuste de apoio de coxas com molejo, aparentemente devido a projetos antigos onde parte do assento deveria se ajustar para baixo sob a pressão das coxas, para permitir uma pressão nos pedais em situação de emergência. A flexão do apoio de coxas, atualmente, a  $30^\circ$  (figura 3.11,  $\theta$ ), não tem qualquer função relacionada à biomecânica: a superfície do assento deve ser reta no sentido antero-posterior. O perfil do plano

sagital deve ser reto, já que curvas e bordas elevadas não vão se adequar à anatomia humana. Elas provocam uma diminuição na profundidade do assento e podem afetar a curvatura lombar. Quando o apoio lombar é usado, a poltrona inteira deve sofrer uma inclinação para trás, para oferecer um suporte apropriado às TI em todas as posições.

A impressão dos autores sobre os resultados desse estudo é que as poltronas avaliadas não oferecem alternativas de posições confortáveis na posição sentada, sugerindo as seguintes melhorias, que não perturbam a operação dos controles da aeronave ou o espaço disponível no *cockpit seat*:

Aumento da profundidade efetiva do assento, que deve ser reto na direção antero-posterior; elevação do apoio lombar; ajustes de descansos de braços na altura, com uma translação em vez de uma rotação; inclinação de toda a poltrona para um ângulo de 7 a 10° na altura das TI.

#### **3.1.7.4**

##### **Conclusões dos autores**

Nenhuma das 5 poltronas de piloto avaliadas alcançou critérios biomecânicos básicos de design: a maioria das dimensões não está adequada aos padrões da aviação; os ajustes oferecidos são insuficientes, particularmente para os pilotos mais altos; os maiores problemas identificados foram o assento horizontal sob as TI, profundidade efetiva insuficiente, altura do apoio lombar insuficiente, e ausência de ajuste de altura para os descansos de braços.

#### **3.1.8**

##### **Discussões – aplicações à pesquisa**

Em relação aos dados colhidos na revisão bibliográfica dos autores de ergonomia, pode-se chegar a algumas recomendações para o conforto nas poltronas de aviões.

1. Quando o encosto é usado, o assento deve ser inclinado para trás na região das tuberosidades isquiáticas, para eliminar as forças de esmagamento entre a pele e a almofada do assento (Grandjean 1973, Goossens e Snijders 2000).

2. A força de reação das tuberosidades isquiáticas ( $F_t$ ) não pode ser vertical, pois apresenta uma leve inclinação quando o encosto é usado. Teoricamente, as forças de esmagamento entre o assento e as tuberosidades isquiáticas podem ser eliminadas completamente ao se optar por um ângulo de 90-100° entre assento e encosto (Goossens e Snijders 2000).
3. Para prevenir a rotação posterior da pélvis durante a posição sentada é necessário um suporte na altura da espinha ilíaca póstero-superior, impedindo a cifose lombar e favorecendo a leve curva da lordose lombar. Mas não se vai conseguir uma curva lombar comparável à da posição de pé, pois a coluna lombar sempre vai se deformar um pouco na postura sentada (Goossens e Snijders 2000).
4. Quando o apoio lombar é usado, a poltrona inteira deve sofrer uma inclinação para trás, para oferecer um suporte apropriado às tuberosidades isquiáticas em todas as posições (Grandjean 1973; Goossens e Snijders 2000).
5. As principais áreas de desconforto relatadas nas duas pesquisas foram as nádegas e a região lombar baixa, indicando uma falha nos requisitos biomecânicos para essas regiões (Goossens e Snijders 2000).
6. Sugestões de melhorias: Aumento da profundidade efetiva do assento, que deve ser reto na direção antero-posterior; elevação do apoio lombar; ajustes de descansos de braços na altura, com uma translação em vez de uma rotação; inclinação de toda a poltrona para um ângulo de 7 a 10° na altura das tuberosidades isquiáticas. O apoio de braços deve favorecer o equilíbrio de tronco (Goossens e Snijders 2000).