

LIGIA BORDINI DE SANTIS

**ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES POSTURAS DURANTE A
MARCHA INDUZIDAS POR SOBRECARGA.**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO MOTORA
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO PARA BIOMECÂNICA
CAMPINAS -2000

Ligia Bordini De Santis


LIGIA BORDINI DE SANTIS

**ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES POSTURAIS DURANTE A
MARCHA INDUZIDAS POR SOBRECARGA.**

Monografia apresentada como exigência
parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Treinamento Esportivo
realizado na faculdade de Educação
Física UNICAMP, sob
a orientação do Prof. Dr. Ricardo
Machado Leite de Barros.

CAMPINAS – 2000



AGRADECIMENTOS

À todos do laboratório de biomecânica, que me ajudaram e agüentaram minhas reclamações;

Aos amigos que colaboraram com a fase de coleta dos dados deixando que eu os filmasse;

Às sempre meninas da I7;

Aos amigos da natação e escalada;

Aos meus pais e irmãos que me apoiaram;

Ao meu namorado Fernando, que comigo passou suas férias em um lugar bem diferente, o laboratório de biomecânica, “espero que ele tenha gostado”.

DEDICATÓRIA

*À todos aqueles que por algum motivo se interessarem
em ler esta monografia.*

RESUMO

O trekking é um esporte que se caracteriza por longas caminhadas e frequentemente torna-se necessário transportar grandes cargas em uma mochila, que é carregada nas costas. Esta sobrecarga aplicada às costas do sujeito altera sua postura normal durante a marcha, obrigando-o a se adaptar à nova situação submetendo a coluna do indivíduo à esforços adicionais.

Nesta pesquisa estudou-se as alterações posturais durante a marcha, induzidas por sobrecarga (mochila), a partir de variáveis biomecânicas, comparando as posturas assumidas pelo sujeito durante a marcha com e sem a presença da sobrecarga.

A metodologia biomecânica que utilizou-se na pesquisa foi a análise cinemática tridimensional de movimentos humanos, onde consiste em representar a coluna vertebral e a porção posterior do tronco por um conjunto de marcadores fixados à pele do sujeito, a seguir filmou-se, mediu-se e foi reconstruído as posições dos marcadores em função do tempo, foi selecionado então a comparação com e sem mochila.

ÍNDICE

Resumo	6
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	8
2. LITERATURA PESQUISADA	10
3. OBJETIVO	18
4. METODOLOGIA	19
Dvideow : Descrição do Sistema	19
Medição	20
b) Ferramentas para Processamento de Imagens	20
c) Calibração	20
d) Opções de Salvamento	21
Teste Piloto	21
Montagem da mochila equivalente	23
Montagem da instrumentação para a determinação do centro de massa da mochila	24
Caracterização dos sujeitos	27
Pontos anatômicos que utilizamos na filmagem sem e com mochila.	28
Procedimentos experimentais	29
Mudança do sistema de referências	30
5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	33
6. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mochila equivalente	22
Figura 2	Prancha de Reação	24
Figura 3	Pesagem da mochila e pesagem da prancha	25
Figura 4	Eixo longitudinal, sagital e vertical da mochila	25
Figura 5	Eixo longitudinal, transversal e vertical da mochila equivalente	25
Figura 6	Esquema da prancha sobre os apoios	26
Figura 7	Pontos Anatômicos	28
Figura 8	Imagens das câmeras superior e inferior	29
Figura 9	Sistema de referência do laboratório	31
Figura 10	Sistema de coordenadas do laboratório e do tronco	32
Figura 11	Demonstração do tracking automático dos marcadores	33
Figura 12	Variação da distância entre dois pontos fixados na estrutura rígida da mochila	34
Figura 13	Boxplot da distância entre dois pontos localizados na estrutura da mochila	35
Figura 14	Coordenada x (cm), da sétima cervical	36
Figura 15	Coordenada y (cm), da sétima cervical	37
Figura 16	Coordenada z (cm), da sétima cervical	37
Figura 17	Resíduo das medidas (em centímetros) em cada coordenada	38
Figura 18	Marcadores 1, 3, e 5 no eixo x	39
Figura 19	Marcadores 1, 3, e 5 no eixo y	40
Figura 20	Marcadores 1, 3, e 5 no eixo z	41
Trajatória comparada intra-sujeito com e sem mochila em função do tempo		
Figura 21	Ponto 5 dos bilaterais, eixo z	42
Figura 22	Pontos 2 e 6 dos bilaterais, eixo z	43
Figura 23	<i>Plano frontal dos pontos bilaterais com e sem mochila</i>	44
Figura 24	<i>Plano sagital dos pontos laterais com e sem mochila</i>	45
Figura 25	<i>Plano transversal dos pontos laterais com e sem mochila</i>	46
Figura 26	<i>Marcadores da coluna observados no plano sagital em um frame</i>	47
Figura 27	<i>Pontos da coluna e laterais com e sem mochila em um frame</i>	48
Figura 28	<i>Variação do ângulo alfa em função do tempo</i>	49
Figura 29	<i>Variação do ângulo beta em função do tempo</i>	49
Figura 30	<i>Variação do ângulo gama em função do tempo</i>	50

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O *trekking* é um esporte que se caracteriza pela realização de longas caminhadas em diferentes terrenos, com diferentes graus de dificuldade, em que o indivíduo freqüentemente leva grandes cargas em uma mochila carregada nas costas. Atualmente vem crescendo mundialmente o número de praticantes deste esporte e com isso o interesse em estudá-lo de maneira mais sistemática.

O crescente interesse por essa atividade pode ser creditado a inúmeros fatores como, por exemplo, o interesse ecológico despertado pelo contato com a natureza, o descobrimento de novas rotas para turismo, além da atividade física propriamente dita proporcionada pela modalidade. O fato é que pessoas de várias idades e ambos os sexos estão se tornando adeptos a esta prática. Um dos indicadores desse fato é o surgimento de associações desses praticantes os chamados *Trekkers*.

Como qualquer outra prática esportiva, o *trekking* também oferece riscos de lesões, podendo estas serem provocadas por acidentes ou pela repetição de esforços submáximos. No *trekking*, além do esforço ser intenso em caminhadas de longa duração, a pessoa deve levar sua bagagem básica numa mochila que está sendo carregada nas costas. A sobrecarga colocada às costas do sujeito altera sua postura normal durante a marcha, fazendo com que o indivíduo seja obrigado a se adaptar à nova situação, submetendo a coluna do indivíduo a esforços adicionais. Estas alterações posturais durante a marcha induzida pela sobrecarga podem contribuir para o aumento dos riscos de lesões.

Pretende-se nesta pesquisa estudar as alterações posturais durante a marcha, induzidas pela sobrecarga (mochila), comparando biomecanicamente as posturas assumidas pelo sujeito durante a marcha com e sem a presença da sobrecarga.

A metodologia biomecânica que utilizou-se na pesquisa é a análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. Essa metodologia foi aplicada de maneira que a marcha de sujeitos carregando uma mochila foi comparada com a do mesmo sujeito sem carregá-la. Para representar a coluna durante a marcha, foram colocados marcadores sobre a pele dos sujeitos, de modo a indicar a posição em que a coluna se encontrava. As trajetórias desses marcadores foram obtidas por meio da filmagem estereoscópica em vídeo e reconstrução tridimensional das coordenadas, utilizando-se para isso o sistema de análise de movimentos disponível no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica, descrito em Barros et al. (1997).

Houve, entre outros, um desafio neste trabalho, pois a visualização da coluna em movimento durante a marcha é impedida obviamente pela oclusão proporcionada pela mochila. Para solucionar este problema, construiu-se uma mochila vazada (armação), com as mesmas propriedades inerciais (massa, momento de inércia, posição do centro de massa) da mochila real, de maneira a poder registrar as trajetórias dos marcadores.

2. LITERATURA PESQUISADA

Na literatura, encontrou-se pesquisas voltadas à otimização da distribuição da carga dentro da mochila, descrições das alterações na trajetória do centro de massa do corpo do sujeito, as alterações na demanda energética, à análise dos efeitos da sobrecarga unilateral em situação estática, a análise das características geométricas da coluna de 97 voluntários, estudos dos ajustamentos posturais causados por mochilas com estruturas diferentes (interna e externa), estudos das mudanças no contorno da coluna causadas pelo fato de se carregar pesos em mochilas. Conforme descreveremos a seguir:

EPSTEIN *et al.* (1998), realizaram um trabalho onde estimou-se a demanda energética provocada ao se carregar uma mochila. Para isso recrutaram seis pessoas treinadas onde tiveram de caminhar durante 20 minutos à uma velocidade média de 1.25 m/s em um terreno com inclinação de 5 graus e portando uma mochila de massa variando entre 25 kg a 40 kg. Os resultados relatam que o crescente aumento de carga causa fadiga física quando a intensidade do trabalho excede à 50% da capacidade de trabalho máxima. Portanto a demanda energética aumenta, isso provavelmente é devido a uma locomoção biomecânica alterada que de outra forma leva a um aumento na demanda energética, e portanto deve ser usado com certa precaução se for carregado grandes cargas e em exercícios de longa duração, pois isto pode subestimar a demanda energética atual.

Em outro trabalho KNAPIK *et al.* (1997) analisaram a performance das habilidades de soldados sendo estes influenciados pelo pesos carregado e sua distribuição na mochila. Foram observados 15 homens que caminharam 20 km carregando pesos de 34, 48 e 61 kg cada com dois modelos diferentes de mochilas. Os

autores puderam observar alguns sintomas como: (a) com o aumento crescente do peso, a fadiga e o desconforto crescem também, aumentando com isso o mau-estar e a distração e (b) foram observados índices de dor de cabeça e aflição ao se carregar o pesos de 61 kg com o modelo doublepack (onde o peso está distribuído nas regiões anterior e posterior do tronco).

Também foram feitos trabalhos onde a ênfase foi dada aos efeitos provocados nos músculos das costas que sustentam uma mochila com certa carga, por BOBERT *et al.* (1984). Para que pudessem realizar este trabalho duas mochilas foram analisadas : uma tendo como sustentação a parte superior das costas e outra tendo seu peso concentrado abaixo do meio das costas. O EMG do músculo eretor da espinha, o EMG do músculo trapézio e os batimentos cardíacos foram medidos por telemetria. Os sujeitos caminharam em um terreno de inclinação considerado leve em uma velocidade média de 5.6 km /h carregando uma mochila com peso de 19 kg. A média retificada do EMG foi calculada para ambos os tipos de sustentação. Pode-se observar que o aumento de peso localizado ao nível superior das costas resultou num aumento da atividade muscular já o peso localizado abaixo não obteve este mesmo efeito e que os batimentos cardíacos não foram significativamente diferentes entre os dois lugares observados, e quanto a análise quantitativa biomecânica sugere que o EMG diferente são primariamente as diferenças nos momentos e forças originárias da aceleração angular e linear da carga e do tronco.

MUNHOZ (1995) escreveu sobre os efeitos observados na postura ao se provocar uma sobrecarga crescente e unilateral a metodologia utilizada para isso foi a seguinte: analisou-se mulheres com idades variando entre 18 e 25 anos com peso corporal caracterizado normal para idade e altura e que não possuindo qualquer patologia clínica que pudesse influenciar de certa forma na análise. Estas mulheres não

possuíam vida sedentárias. A sobrecarga foi conseguida através de bonecos simulando bebês, onde seus pesos e alturas eram correspondentes a de bebês humanos com idades de 1 mês, 16 meses e 36 meses, sendo carregados por apenas um braço flexionado à 90 graus. Foram marcados 20 pontos ao longo da coluna sobre os processos espinhosos desde a quinta cervical até a quinta lombar. A metodologia usada foi a reconstrução tridimensional, conseguida através de fotos tiradas por câmeras localizadas em lugares estratégicos, seguindo-se com o processo de digitalização e análise dos gráficos obtidos. Foi observado um deslocamento no plano sagital no sentido ântero- posterior a medida que se ia aumentando a carga de 4 kg a 16 kg. Já na região torácica observou-se maiores variações com o peso de 16 kg.

Alguns importantes trabalhos foram feitos por Andreoni *et al.* (1997), para analisar a postura das costas em pessoas sentadas representando os importantes parâmetros para os trabalhadores e para cálculo do conforto também em aparelhos ergonômicos. A metodologia usada por eles foi por coordenadas em 3d e pontos marcados de acordo com o sistema da ELITE. No protocolo do experimento pode-se observar o posicionamento de 7 marcas usadas para definir o sistema de referências anatômicas para a parte superior e pélvica do tronco. A superfície foi escaneada diretamente e manualmente projetando por sobre a pele algumas pequenas marcas, sendo reconhecidas pela ELITE.

A superfície da área superior do tronco e área inferior foram consideradas corpo rígidos e por essas razão minimamente deformados. As duas superfícies foram separadamente localizadas e definidas pela técnica de marcação, sendo considerado qualquer postura adotada pelo sujeito. Posteriormente três diferentes posturas foram analisadas, sendo estas posturas sentadas: a posição normal menosprezando a flexão

lombar; a postura ereta; e o sujeito como se tivesse caído, caracterizado pela pronunciada cifose devido ao relaxamento do sujeito.

Alguns resultados obtidos por esta pesquisa foram que as diferenças observadas na parte superior e inferior das costas quando uma pessoa sentada e seu reposicionamento é de 2,5mm. Este valor é crescente nas regiões laterais tendo uma pequena margem de erro. A melhor reconstrução do método foi a mudança da espinha, no qual apresentou erro de 3mm, considerando-se todas as superfícies lombares, na posição normal e na sentado, e grande erro pode ser observado em uma pessoa simulando a queda.

Mais um trabalho feito na análise de postura foi o realizado por DUQUE *et al.* (1997), que analisou as características geométricas de 97 sujeitos voluntários, sendo eles 52 mulheres e 45 homens e balconistas de bancos. A principal variável usada neste trabalho é a curvatura geométrica da coluna no espaço. A metodologia usada para isso foi a marcação dos processos espinhosos da vértebra dos sujeitos com adesivos contrastantes, sendo que na hora de marcar os sujeitos permaneceram na postura ereta e estática, para depois serem fotografados. Uma dupla de estereoscópio e fotografia dos sujeito foram feitos antes do sistema de calibração. Uma reconstrução precisa das posições das marcas foi empregada usando a metodologia descrita por BREZIKOFER (1993).

BLOOM *et al.*(1987), analisaram os ajustamentos posturais causados por duas estruturas diferentes (interna e externa) em mochilas de *trekking*, em um grupo controle foram analisados nove mulheres e sete homens entre 19 a 26 anos, sendo estes praticantes de esportes e com previa experiência em caminhadas, as mulheres carregaram mochilas com peso de 14 kg enquanto os homens mochilas com peso de

19kg, isso dá uma média de 27% do peso do corpo. A média de altura dos homens foi de 178 cm e média de peso de 70.1 kg e a média de altura das mulheres foi de 165 cm e 53.6 kg a média de peso.

Para todos indivíduos perguntou-se qual das duas mochilas eles preferiam (sem especificar pesos ou distância), a maioria das mulheres preferiram a mochila com estrutura externa e os homens a mochila com estrutura interna. Cada mochila possuía alças de ombros e cintura. Os sujeitos foram postos de perfil numa posição ereta e estática com um quadro no fundo fotografados por oito vezes sem a mochila com a mochila de estrutura externa e com a mochila de estrutura interna, sendo que estas eram ajustadas de forma que ficassem confortáveis ao corpo do usuário. Seus dados foram digitalizados e analisados pelo método WOODHULL *et al.* (1985). As posições dos centros das articulações do tornozelo, joelho, quadril e ombros e foram marcadas por um observador externo.

Foi observado que a posição dos joelhos, quadril e ombros teve significativa inclinação para frente dos sujeitos que estavam portando mochila. Sendo que a posição antero-posterior do centro de gravidade dos tornozelos não obteve mudanças significativas. De qualquer modo o centro de gravidade acima do quadril afastou-se das costas significativamente, em sujeitos carregando qualquer tipo de mochila e o centro de gravidade acima dos joelhos também mudou para trás significativamente. Sendo que na mochila com estrutura interna apenas 52% do torque é compensado pela mudança de posição do corpo e 74% do torque da mochila com estrutura externa é compensado. Medidas estáticas aqui descritas indicam que a estrutura interna requer maior compensação pelo corpo; estando a maior parte do peso localizada em baixo, na lombar, assim o uso da inclinação do corpo para frente para manter o equilíbrio. Porém, esta

mudança do centro de massa pode ser vantajoso em duas situações, em terrenos de estabilidade e em terrenos inclinados, pois isso resulta numa “queda” do movimento de inércia quando os pés estão tocando o chão com o eixo de rotação (calcâneo). Consequentemente a estrutura externa pode ser melhor em terrenos nivelados, a estrutura interna tem vantagens para se adaptar em situações dificultadas (terrenos desnivelados).

VACHERON *et al.* (1999), estudaram as mudanças no contorno da coluna causadas pelo fato de se carregar peso em mochilas, o foco foi dado no movimento do tronco com os pesos colocados em níveis diferentes. Foram analisados neste estudo onze sujeitos com idade de 32 anos, com 174.5 cm de altura e 71.3 kg aproximadamente, todos eles sem antecedentes médicos. Sendo destes 11, quatro guias experientes de montanha, três são montanhistas ocasionais e quatro novatos. Os sujeitos estavam vestindo shorts e seus próprios sapatos e as marcas anatômicas foram previamente encontradas. Foi pedido para manterem a mesma postura dos membros superiores quando caminhavam (com as mãos ao nível do peito). A mochila usada foi um protótipo desenhada e feita no laboratório. Foi feita com uma armação de aço contendo uma bandeja para sustentar o peso ao nível da T9. A mochila vazia pesava 2,5kg. Os sujeitos foram orientados para caminhar com as duas, primeiro com a mochila vazia e em seguida com a mochila cheia, esta pesando 22,5 kg. Para a filmagem foram utilizadas quatro câmeras de vídeo (50 Hz). Sendo que duas câmeras foram colocadas atrás e duas na frente do sujeito, para ter no mínimo duas câmaras capazes de visualizar as mesmas marcas durante o movimento. As marcas foram colocadas nos processos espinhosos da C7, T7, T12, L3 e S1, também no queixo e EOT (tuberosidade occipital externa). Cada câmara foi calibrada usando um volume de calibração objetivo e cada sinal de vídeo foi

Station (Vicon 140 system). A mobilidade intersegmentar eficaz (obtida pelo ângulo entre dois segmentos consecutivos, identificado pela projeção de um nível da coluna na vertical na eficaz curvatura da espinha num plano sagital determinada pelos lugares marcados em S1, L3, T12, T7, C7 e EOT, caracterizando o eficaz movimento dos segmentos S1-L3-T12, L3-T12-T7, T12-T7-C7, T7-C7-EOT e dos segmentos S1-C7-T7. Esta técnica foi designada para gravar deslocamentos do ângulo em cada segmento vertebral.

O dado coletado durante a fase da passada foi usado para determinar o deslocamento médio e a média da variação angular de cada segmento vertebral no plano sagital. Para avaliar a variação angular, foi usado valores correspondentes a 80% do total da distância das medidas do EISM para evitar deslocamentos extremos. Para as mesmas condições experimentais a diferença vértebra EISMs foi comparada usando um teste complementar. Os valores médios das distâncias das medidas foram comparados. O efeito do peso (mochila vazia Vs. mochila cheia) foram estudados para diferentes níveis do tronco para serem comparados. Todos os valores médios, desvio padrão e distância total das medidas (80%) do EISM, foram calculados de acordo com o total da população. Comparando-se a variação angular com a mochila cheia e vazia, os sujeitos davam a impressão de ter a variação angular máxima entre o nível das vértebras torácica e lombar e não foi relatado nenhuma diferença significativa para os graus de perícia. Comparação da variação angular ou flutuação da distância total das medidas com a mochila cheia e mochila vazia: a variação angular na qual representa 80% da distância total das medidas observadas em todo EISM, não teve qualquer mudança para o peso transportado. Na análise das variações foi notado uma significativa diferença entre os processos espinhosos. O pequeno número de sujeitos representantes de cada grupo

impediu uma discussão separadamente de cada grupo. Foi notado também uma diferença na tendência da variação angular para os diferentes níveis de experiência dos sujeitos, os sujeitos mais habilidosos tiveram menor flutuação no EISM quando carregavam peso. Somente (T7-C7-EOT)EISM apareceu uma oscilação crescente (+2,7°). Os sujeitos semi-treinados eram semelhantes a análise do resto da população não desde a maior mudança aparecida na oscilação. E os sujeitos novatos pareceram ser mais sensíveis para os efeitos do ato de carregar peso, especialmente ao nível de T7-C7-T7 EISM com a oscilação crescente (+15,6) se comparados com os sujeitos mais habilidosos. No deslocamento médio do sujeito num plano sagital, medido ao nível de S1 não foi notado significativas diferenças entre diferentes modalidades.

O trabalho confirma que os sujeitos portando pesos na mochila adequam a posição das vértebras cervicais, dorsais e lombares. Todos os sujeitos apresentam um decréscimo no EISM torácico e lombar, mas a oscilação da coluna é diferente de acordo com o nível de habilidade do sujeito. Os sujeitos mais habilidosos suportam melhor o controle da nova postura, pelo decréscimo de oscilação se comparados com os novatos, os quais apareceram mais sensíveis na ação do peso. Este comportamento pode ser explicado com uma resposta voluntária aumentado pelo desenvolvimento e treinamento. Este comportamento postural adaptativo foi necessário para promover performance e proteger os ombros e a espinha durante a ato de carregar peso.

3. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar as alterações posturais de indivíduos durante a marcha, induzidas por sobrecarga nas costas, causadas por mochilas de *trekking*, comparando biomecanicamente as posturas assumidas pelo sujeito durante a marcha com e sem a presença da sobrecarga.

4. METODOLOGIA

Dvideow : Descrição do Sistema

A finalidade do sistema é fornecer ferramentas que possibilitem ao usuário efetuar estudos a respeito do reconhecimento e a análise de deslocamentos humanos. Para a concepção do sistema foram utilizadas conceitos de morfologia matemática aplicadas ao processamento de imagens, procedimentos de calibração e reconstrução de coordenadas. A base em que o sistema Dvideow foi implementado foi o MFC Visual C++, sendo adotadas as padronizações para a entrada de dados com as seguintes características: formatos BMP e AVI, tamanho dos arquivos - máximo de 480 linhas por 640 colunas). Para a saída dos dados, os arquivos foi adotado o padrão ASC.

O Sistema Dvideow é um sistema composto de hardware e software desenvolvido no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica. Os equipamentos que dão suporte constituem-se de: Câmaras de vídeo, tripés para Câmara de Vídeo, Conversor Analógico-Digital para Sinal de Vídeo e um computador pessoal.

Para a seqüência de imagens, no formato BMP ou AVI como entrada de dados, é efetuada o processamento (calibração, medição e reconstrução) e produz como resultado as coordenadas bidimensionais ou tridimensionais dos pontos de interesse, em função do tempo.

Uma vez obtido um arquivo do tipo BMP ou AVI pela digitalização de uma seqüência de imagens, pode-se efetuar a medição, a calibração e a reconstrução.

Medição

a) Rastreamento (tracking automático)

É a medição automática em que feita a marcação inicial dos pontos a serem perseguidos, o algoritmo executa automaticamente para toda a seqüência da imagem.

Em alguns casos em que ocorre a oclusão de uma determinada marca ou quando a marca é confundida por uma outra, seja pela proximidade entre os marcadores ou pela semelhança com alguma marca que surja pelo efeito do reflexo da luz, faz com que o algoritmo perca o marcador original. Nestes casos, pode ser utilizado um conjunto de ferramentas presentes no sistema que utilizam a morfologia matemática para melhorar a detecção das marcas ou em casos extremos pode-se utilizar a medição manual para contornar o problema.

b) Ferramentas para Processamento de Imagens

Para possibilitar a realização da medição automática com eficácia e para solucionar os problemas encontrados no mesmo, existem algumas ferramentas e outras estão sendo desenvolvidas.

Algumas ferramentas que utilizamos para a morfologia matemática:

Inversão / Erosão

Getmarkes / Select control

c) Calibração

A calibração e a reconstrução de coordenadas refere-se à transformação que leva das coordenadas medidas na tela (linha e coluna) para valores reais. O Sistema Dvideow possui também, a opção para calibração e a reconstrução tridimensional, o qual usou-se para posterior análise no Matlab.

d) Opções de Salvamento

O sistema oferece alguns tipos de salvamento em que visa dar maior flexibilidade e opção ao usuário.

- Salvar apenas os pontos medidos

Uma opção em que o usuário pode salvar as medidas tridimensionais (X, Y e Z) ou simplesmente as coordenadas X e Y dos pontos medidos na seqüência de uma filmagem.

- Salvar Desktop

Este processo salva todas as informações necessárias de uma forma que o usuário possa reiniciar o seu trabalho a partir do ponto em que parou.

- Salvar a calibragem

Para evitar a realização de todo o processo de calibragem, este processo salva os valores calculados na calibragem. Assim, o usuário deve apenas carregar os valores calculados da calibragem no momento da reconstrução.

Teste Piloto

O teste piloto foi realizado afim de preparar e testar a metodologia proposta buscando detectar dificuldades a serem resolvidas antes de começar as filmagens finais para o trabalho, os seguintes aspectos foram observados:

- seleção dos pontos a serem marcados;

Foram marcados um total de 43 pontos anatômicos, divididos em pontos sobre a coluna e pontos laterais. Os pontos da coluna foram marcados a partir da sétima vértebra, as doze vértebras torácica e mais as cinco vértebras lombares, além desses pontos, foram marcados pontos prolongando a coluna para cima e para baixo somando-se assim 27 pontos no total, oito pontos foram dispostos na parte posterior do tronco são eles: acrômio direito e esquerdo, ângulo superior da escápula, ângulo inferior da

escápula, espinha ilíaca pósterio superior, trocanter e epicôndilo lateral do fêmur, maléolo lateral e epicôndilo lateral do úmero e o processo estilóide ulnar.

- determinação do tamanho do marcador a ser utilizado;

Os adesivos utilizados para marcar os processos espinhosos foram: os cinco primeiros medindo 6 mm de diâmetro, mais quinze adesivos com o diâmetro de 8 mm e os sete últimos tendo o diâmetro de 6mm: acrômio direito e esquerdo que foram marcados por uma bola de isopor de 2.5cm de diâmetro, ângulo superior da escápula, ângulo inferior da escápula, espinha ilíaca pósterio superior, todos estes pontos também foram marcados nos lados direito e esquerdo com uma bola de isopor de 1.5cm de diâmetro, ainda foram marcados pontos nos trocânteres e epicôndilo lateral do fêmur, maléolo lateral e epicôndilo lateral do úmero e processo estilóide ulnar, usou-se para a marcação desses pontos bolinhas de isopor com 8mm de diâmetro. Todos os adesivos e bolas de isopor que utilizou-se foram de cor branca para sua melhor visualização no vídeo.

Montagem da mochila equivalente

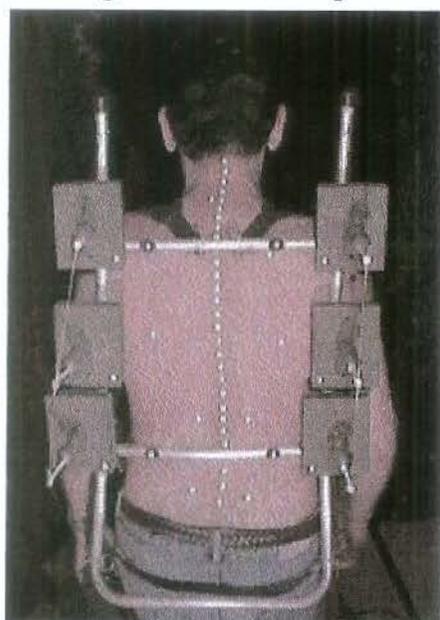


Figura 1- vista da mochila equivalente

Para obter-se uma mochila onde se pudesse observar os pontos anatômicos marcados na coluna e em sua lateral, montou-se uma mochila equivalente à mochila original utilizando a estrutura externa da própria mochila, onde foi retirada a parte feita de pano e construiu-se uma armação da seguinte forma: foi acoplada a armação seis parafusos tendo esses rosca em seu comprimento total, e medindo 25 cm cada. Os parafusos, foram colocados paralelamente nas barras laterais da estrutura principal, estes foram fixados com porcas e um fio de nylon que suporta até 75 libras, preso por uma ponta à estrutura principal e pela outra ao parafuso “rosqueado”, sendo ainda fixado com duas porcas para que o fio não se desloca-se, este fio foi necessário para estabilizar o parafusos, ainda pensando na estabilidade dos parafusos prendeu-se com o fio de nylon os parafusos que se encontravam na mesma barra um com o outro. Um peso de 2.4 kg e dois de 0.16 kg, foram dispostos nos parafusos e presos por aruelas e porcas, assim foi facilitado seu deslocamento no parafuso, para acharmos o centro de massa

equivalente ao da mochila cheia, esta contendo equipamentos necessários para trilha, sendo estes dispostos segundo Berger K. 1995.

Montagem da instrumentação para a determinação do centro de massa da mochila

Para encontrar-se o centro de massa da mochila foi utilizado o método de Prancha de Reação, onde apoiou-se uma prancha de madeira na posição horizontal em cima de duas extremidades pontiagudas. A distância entre estas extremidades era de 0.55 m. Uma das extremidades estava apoiada sobre um suporte e a outra sobre uma balança. As posições em que o suporte de madeira estava apoiado, foram marcadas para que pudesse reproduzir a situação no momento da determinação do CM da mochila. Além disso, os suportes estavam nivelados.

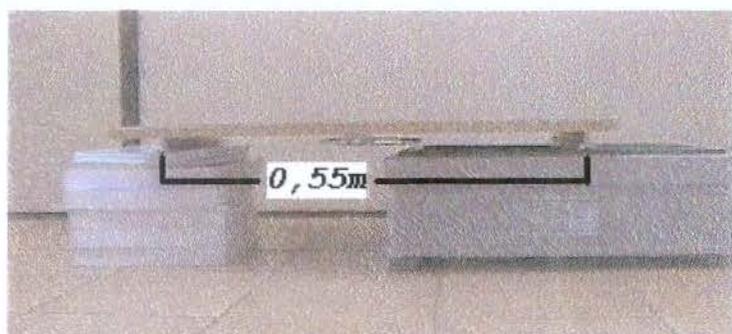


Figura 2- prancha apoiada em duas extremidades pontiagudas.

Em primeiro lugar, definiu-se um sistema de referências fixado à prancha de reação com a origem coincidente com o eixo no qual apoiou-se a prancha. Para que fosse possível a determinação espacial do CM da mochila a partir do método da prancha de reação, a mochila foi colocada sobre a prancha em três orientações diferentes, de maneira a que as projeções do CM em relação ao sistema de referências fixado na prancha de reação fornecesse as três componentes do vetor posição do CM da mochila.

Feito isso, foram anotados os valores que a balança marcava nas seguintes situações: a) só com a madeira apoiada, 1.3 kg; b) mochila colocada de maneira a que a projeção do CM estivesse sobre seu eixo longitudinal, 8.9 kg; c) mochila colocada de maneira a que a projeção do CM estivesse sobre seu eixo transverso, 8.7 kg; d) mochila colocada de maneira a que a projeção do CM estivesse sobre seu eixo sagital, 8.7 kg. Para garantir a recolocação da mochila na mesma posição relativa à prancha, foi marcado na madeira a posição na qual a estrutura da mochila real se encontrava em cada tomada, para posteriormente, com a mochila equivalente já montada, reposicionar sua estrutura da mesma forma e assim achar o centro de massa coincidente.



Figura 3- pesagem da mochila e pesagem da prancha.

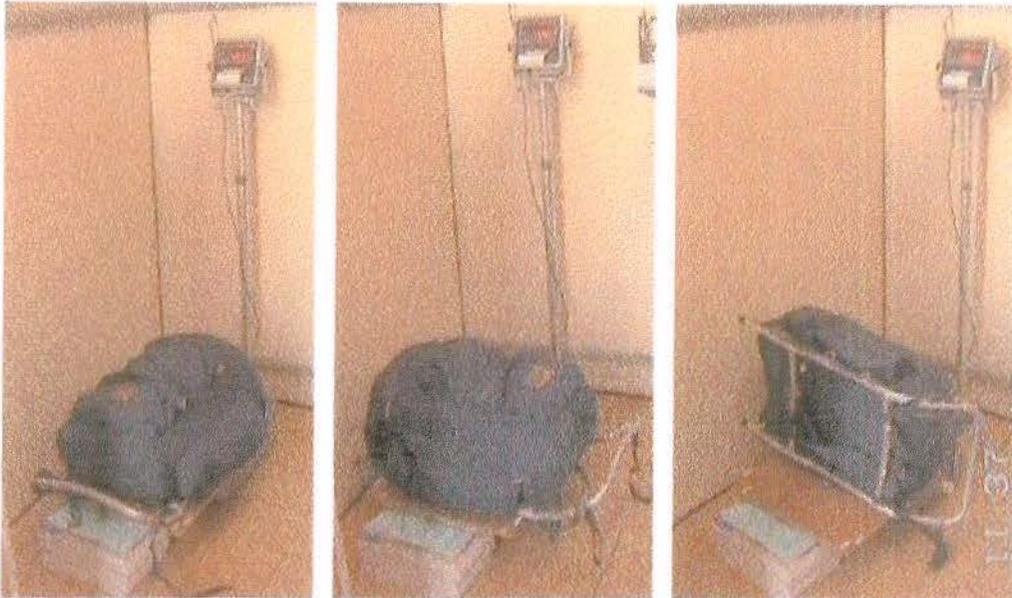


Figura 4- mochila sobre eixo longitudinal, transversal e sagital respectivamente.



Figura 5- mochila equivalente sobre eixo longitudinal, transversal e sagital respectivamente.

Determinação do centro de massa da mochila real e equivalente

A princípio foi calculado o centro de massa do suporte de madeira a ser usada como apoio, as determinação do CM da mochila foram feitas segundo a equação:



Figura 6- esquema da prancha sobre os apoios.

$$x = L (R2 - R1) / P$$

Onde,

x é a posição da projeção do CM sobre o eixo do sistema de referências

R1 indica a leitura da balança sem a mochila;

R2 indica a leitura da balança com a mochila;

L indica a distância entre os apoios;

P o peso total da mochila;

Agora já definido o centro de massa da mochila original e a estrutura da mochila já montada possibilitou-se através do deslocamento dos pesos posicionar o centro de massa da mochila equivalente.

Além dos pontos anatômicos marcados na coluna e nas costas do sujeito, foram marcados também pontos na estrutura da mochila, para com isso avaliar o deslocamento da mochila em relação ao sujeito. Também usou-se a distância (fixa) entre dois pontos colocados sobre a mochila para avaliar a precisão das medições realizadas. Foram fixados à armação da mochila quatro pontos, dispostos paralelamente, dois em cima e dois em baixo nas barras centrais.

Caracterização dos sujeitos

	<i>idade</i>	<i>altura</i>	<i>Peso</i>
sujeito 1	38 anos	1.76m	72Kg
sujeito 2	21 anos	1.73m	70Kg

Os sujeitos não apresentam históricos de problemas na coluna.

Pontos anatômicos que utilizamos na filmagem sem e com mochila.

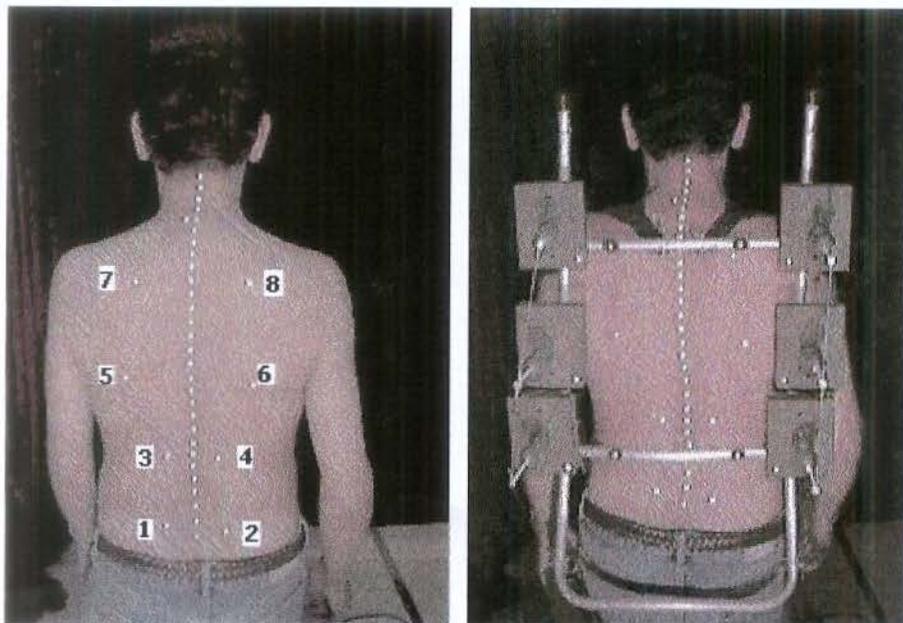


Figura 7- Pontos anatômicos observados sem e com mochila

Algumas mudanças foram feitas após a realização do teste piloto, são elas: marcou-se 29 pontos ao longo da coluna inteira sendo que utilizamos espaços de 1cm entre estes, a sétima vértebra cervical foi destacada, oito pontos anatômicos foram marcados no tronco são eles: ângulo superior da escapula, ângulo inferior da escapula, espinha íliaca pósterio superior e um ponto na altura da 12^a costela, perto da 1^a vértebra lombar. Todos estes pontos foram marcados tanto no lado direito como no lado esquerdo do tronco. Além destes utilizou-se um ponto no calcâneo esquerdo, lado onde se posicionava a câmera, este ponto foi necessário para orientação quanto a posição da passada durante a marcha. Ressaltando ainda que no indivíduo com a mochila foram incobertos alguns pontos, como os pontos localizados no ângulo superior da escápula e outros na coluna, mas isso não prejudicou os resultados, pois já eram previstos.

Os pontos marcados na coluna do indivíduo, foram localizados da seguinte maneira: o indivíduo ficava com uma postura ereta e por palpação era encontrada a sétima vértebra cervical, os demais pontos foram marcados dando-se uma espaço de 1cm entre cada adesivo. Os pontos laterais foram marcados por palpação e com a coluna ereta.

Através de alguns testes verificou-se que os marcadores reflexivos medindo 6mm de diâmetro, seriam melhores visualizados no sistema Dvideow utilizado e como sua visualização foi melhorada, utilizou-se o mesmo diâmetro em todas as marcas anatômicas, apenas no calcâneo que utilizou-se uma bola também reflexiva de 1,5cm de diâmetro.

Procedimentos experimentais

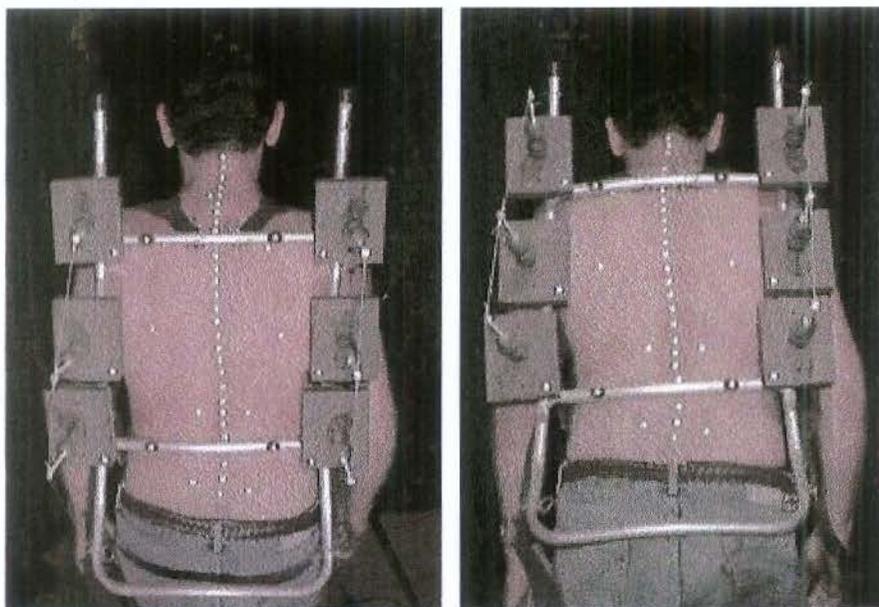


Figura 8 - software Dvideow, com imagens das câmeras superior e inferior enquadrando a coluna e os pontos laterais marcados, no movimento do caminhar na esteira com a mochila.

Foram utilizadas três câmaras, digitais JVC GR9500 (sistema NTSC), as câmeras foram dispostas uma acima e outra abaixo focalizando a coluna por completo e uma

disposta lateralmente, focalizando o pé esquerdo do sujeito. O tempo de exposição utilizado foi de 1/125, tempo de gravação 3min e meio, numa frequência de 30 Hz. a sincronização das cameras, usou-se o sistema de sincronização desenvolvido no laboratório de instrumentação para biomecânica que se utiliza de sinais sonoros codificado e gravado simultaneamente por todas as câmeras.

Os dados medidos e analisados correspondem a um mínimo de cinco ciclos consecutivos de marcha. A princípio filmou-se o sistema de calibração, depois os sujeitos eram filmados parados e sem a mochila durante 15 segundos, agora com a esteira ligada o sujeito caminhava com os braços soltos ao longo do corpo realizando o movimento pendular, até se acostumar com a velocidade (velocidade de 3 km/h), por aproximadamente 2 minutos, e então foi filmado o sujeito caminhando sem a mochila na esteira com a mesma velocidade descrita anteriormente, por aproximadamente 1min. Após isto, filmou-se o sujeito parado em cima da esteira com a mochila equivalente também por 15 segundos e depois caminhando sobre a esteira com a mochila nas costas com velocidade de 3 km/ h, durante 1 min.

Mudança do sistema de referências

Usamos primeiramente como referência um sistema de coordenadas arbitrário já existente no laboratório de instrumentação para biomecânica da FEF, e a partir dele definimos um sistema de coordenadas fixadas ao corpo:

O sistema de referências do laboratório tem sua origem em um ponto no plano do chão colocado ao lado da esteira e sua orientação é indicada na figura abaixo, se indica o sentido de rotação da esteira.

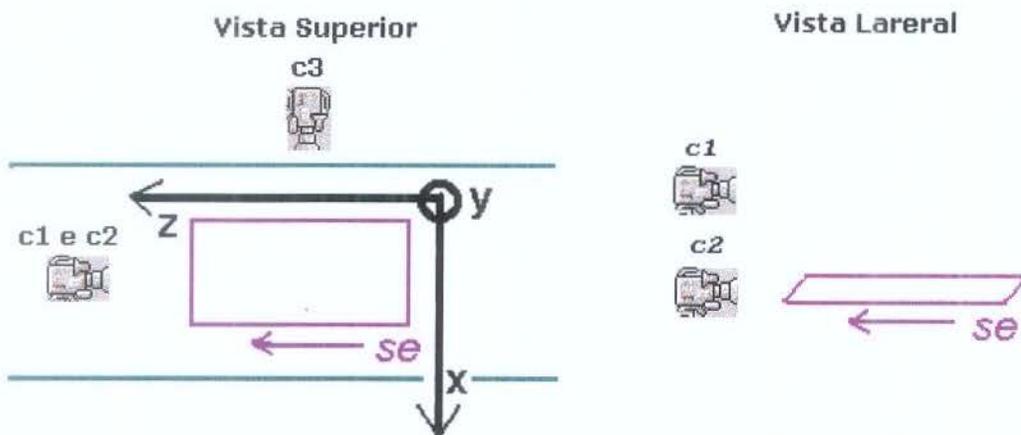


Figura 9- sistema de referência do laboratório, c1 câmera superior, c2 câmera inferior, c3 câmera lateral e se indica o sentido da esteira.

Os resultados apresentados são tanto relativos ao sistema de referências do laboratório como também a um sistema de referência ligado ao tronco do sujeito, conforme descreveremos a seguir.

A origem do sistema de referência ligadas ao tronco é o ponto médio entre os marcadores 1 e 2, correspondentes as espinhas ilíacas póstero-superior esquerda e direita, respectivamente. A orientação do sistema de referência ligado ao tronco foi obtida da seguinte maneira:

- Origem: Ponto médio da posição dos marcadores correspondentes as espinhas ilíacas póstero-superior esquerda e direita.
- Eixo y' : Dado pela direção do vetor que une a nova origem e o marcador correspondente à sétima vértebra cervical. Sentido positivo para cima.

- Eixo x' : É dado por um vetor ortogonal a y' e que pertence ao plano formado pelos marcadores correspondentes as espinhas ilíacas póstero-superior esquerda, direita e sétima cervical. O sentido é da esquerda para a direita.
- Eixo z' : É o vetor obtido do produto vetorial entre x' e y' .

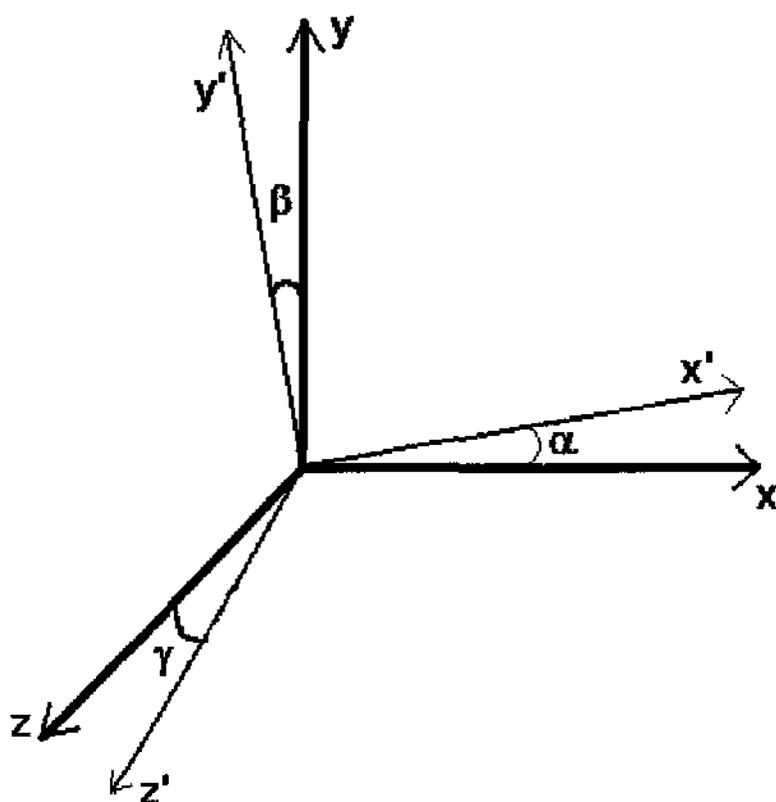


Figura 10- Sistema de coordenadas do laboratório e do tronco do sujeito.

Neste desenho estão representados o sistema de coordenadas do laboratório e do tronco do sujeito, depois da mudança da origem. Os ângulos α , β e γ representados correspondem aos ângulos de projeção de cada eixo do sistema de referências do tronco sobre o respectivo eixo do sistema de referências do laboratório, e serão apresentados no capítulo de resultados.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Dentre os inúmeros resultados que podem ser obtidos apresentamos alguns que descrevem o movimento.

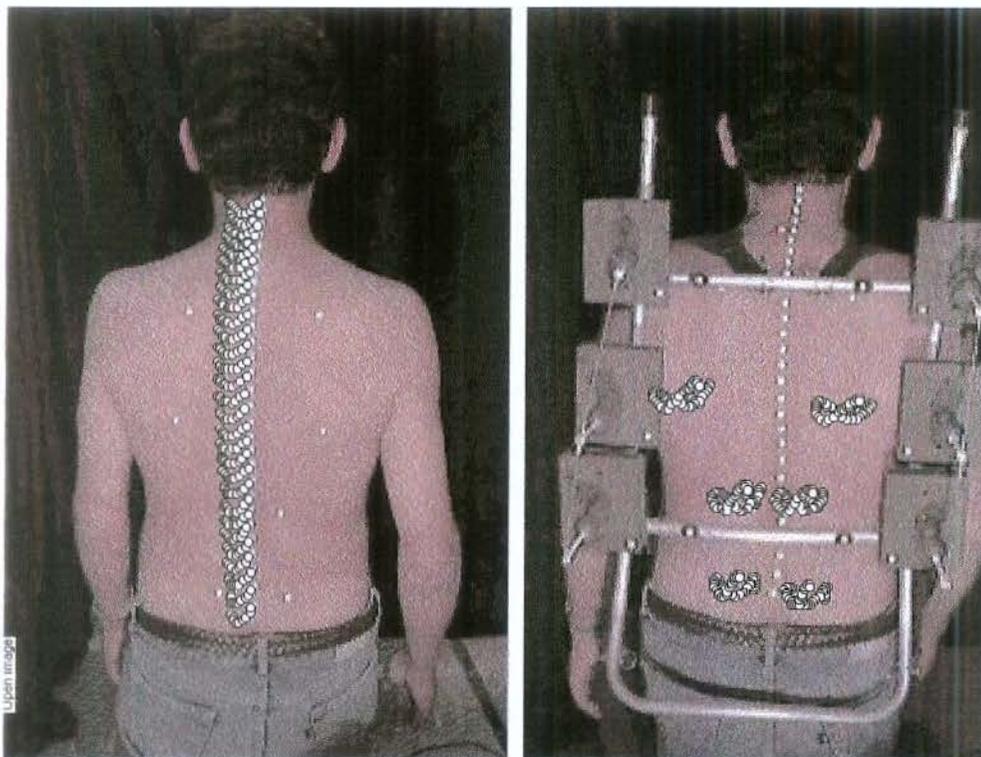


Figura 11 -software Dvideow, com imagens que demonstram o tracking automático dos marcadores associados aos pontos anatômicos da coluna (esquerda) e dos pontos laterais (direita).

A seguir, mostramos os resultados da distância entre dois marcadores colocados sobre a estrutura rígida da mochila, de maneira a podermos avaliar a precisão e acurácia do método empregado. O gráfico abaixo mostra o valor médio (37.82 cm) e o desvio padrão (0.12 cm) de dois pontos encontrados na estrutura da mochila. O valor entre os pontos medido diretamente com uma régua metálica milimetrada, foi 37.9cm.

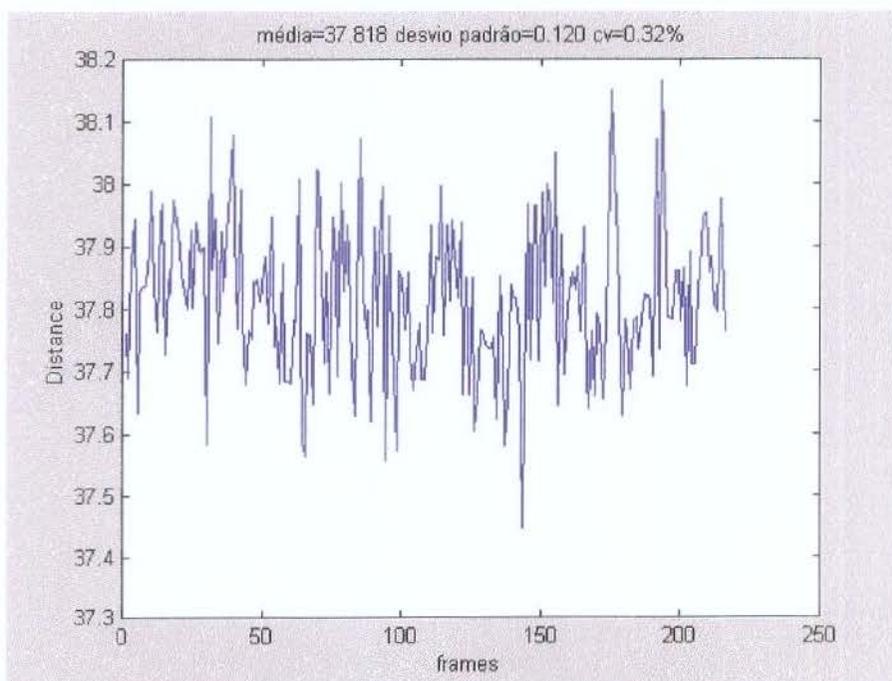


Figura 12 –Variação da distância entre dois pontos fixados na estrutura rígida da mochila.

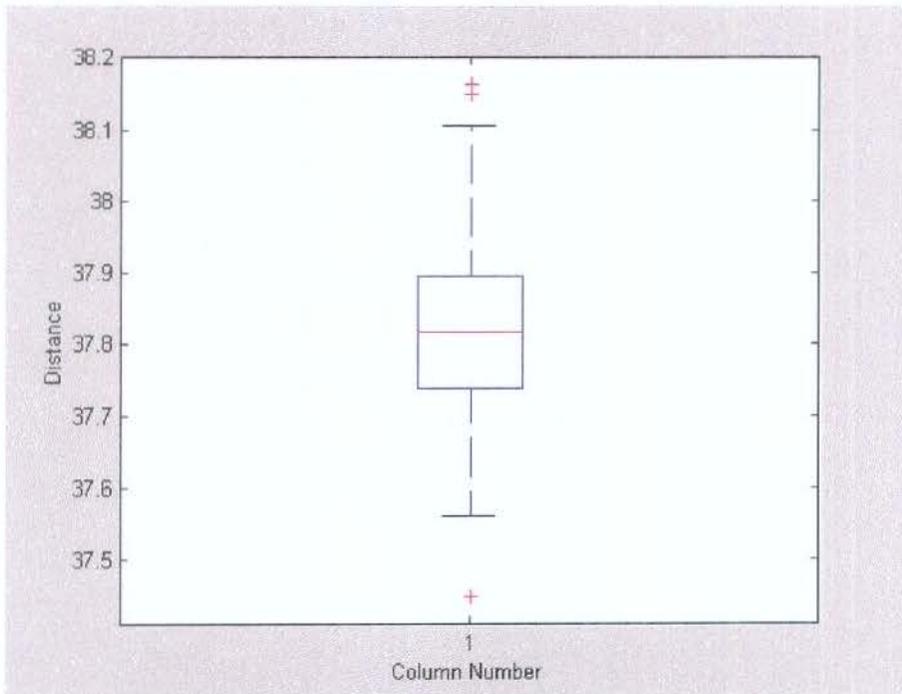


Figura 13- Boxplot da variação da distância entre dois pontos encontrados na estrutura rígida da mochila.

No gráfico acima observamos a distribuição dos valores obtidos.

Trajétoria do marcador localizado na sétima vértebra cervical (sujeito 2)

As trajetórias são mostradas para exemplificar o procedimento de suavização.

As figura 14, 15 e 16 mostram os dados brutos e as trajetórias suavizadas, utilizando-se funções spline cúbicos, com parâmetro de filtragem igual a 0.6, em rotina disponível no software Matlab 0.5 (função csaps), do marcador colocado na posição correspondente à sétima vértebra cervical.

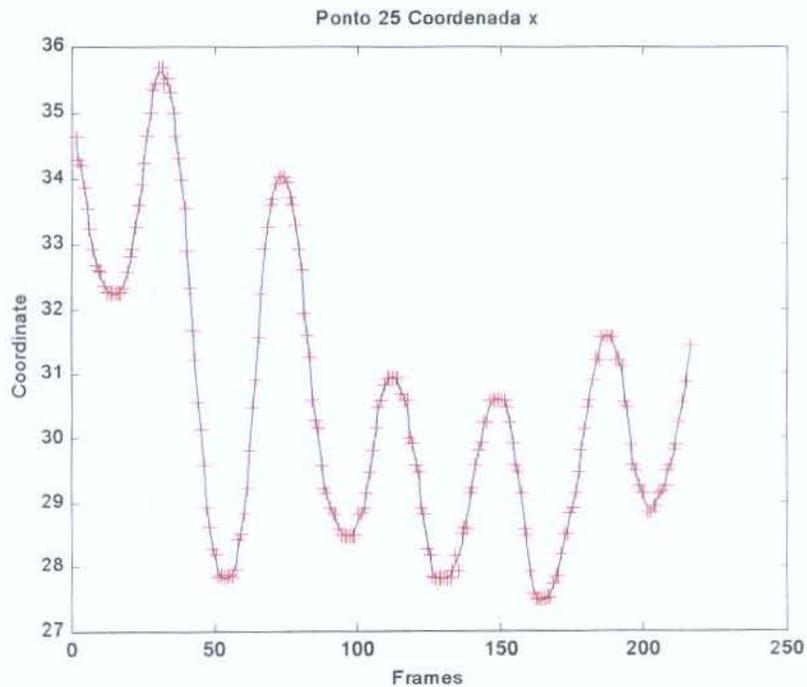


Figura 14- Coordenada x (cm) em função dos frames (30 Hz)

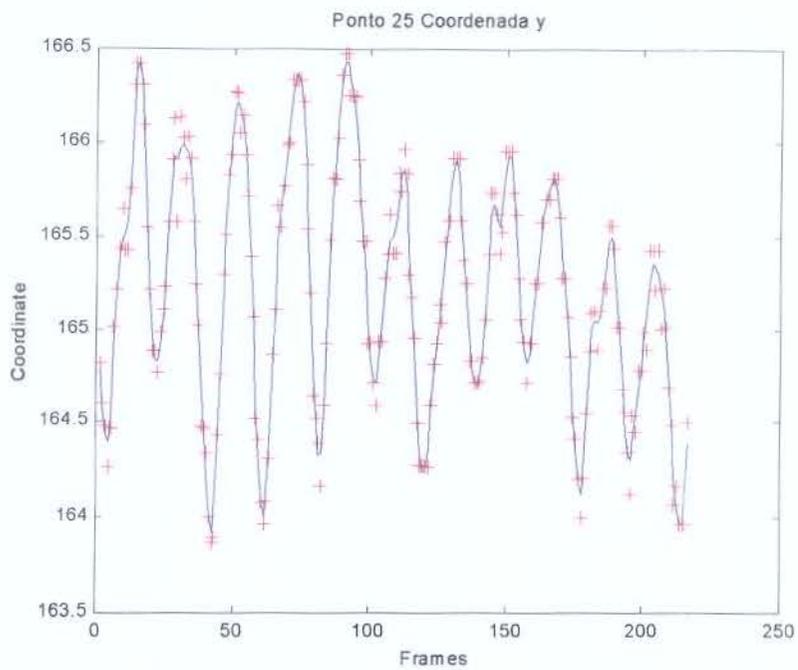


Figura 15- Coordenada y (cm) em função dos frames (30 Hz)

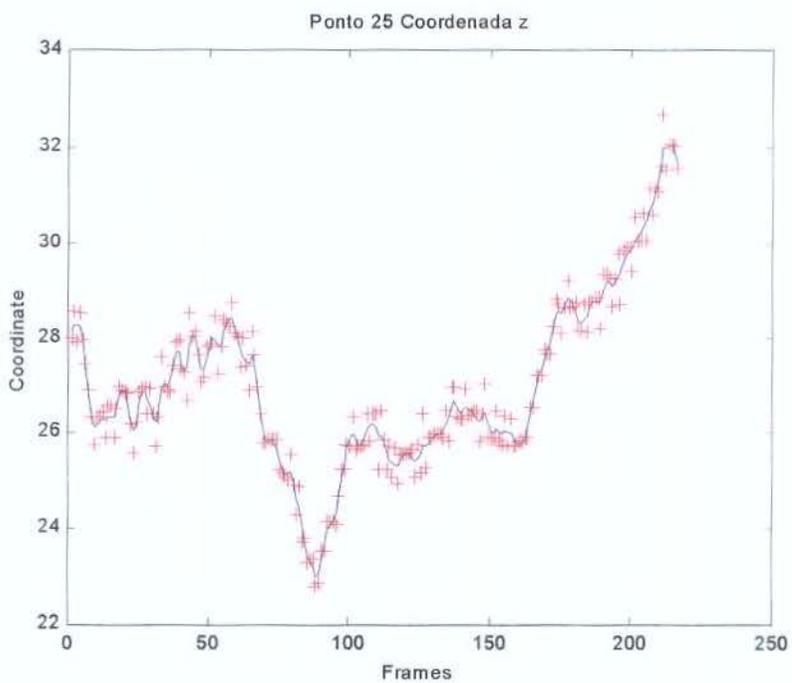


Figura 16- Coordenada z (cm) em função dos frames (30 Hz)

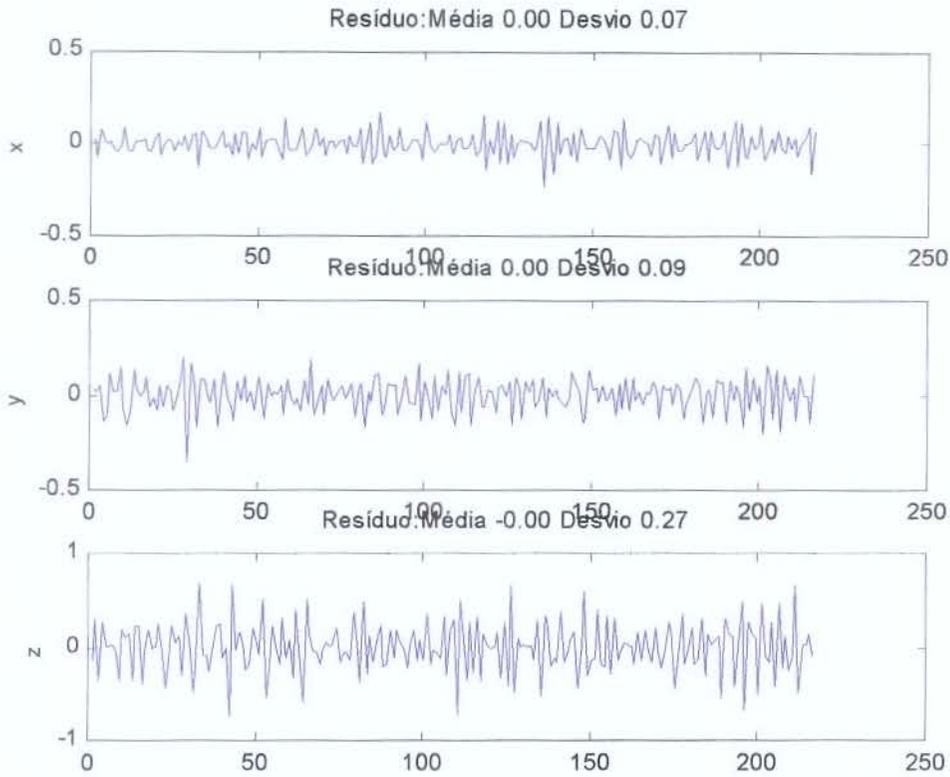


Figura 17- resíduo das medidas (em centímetros) em cada coordenada.

A figura 17 mostra os resíduos das filtrações em cada uma das coordenadas. Nota-se que o resíduo médio na coordenada z é maior do que nas outras duas coordenadas. Considerando-se dado, da literatura e estudos anteriores realizados no LIB, este fato pode estar associado à disposição das câmeras. Conforme descrito na metodologia, as câmeras foram posicionadas acima e abaixo da posição em que o movimento foi realizado. O ângulo entre os eixos ópticos era menor que 90° .

Trajétória comparada dos pontos bilaterais em função do tempo

As coordenadas dos pontos medidos, mostradas a seguir, são relativas a um sistema de referência que tem sua origem transladada. A origem é o ponto médio dos marcadores colocados nas espinhas ilíacas póstero-superiores.

Os pontos 1 e 2 correspondem a espinha ilíaca póstero-superior esquerda e direita respectivamente, pontos 3 e 4 correspondem a 12^a costela próximos à 1^a vértebra lombar dos lados esquerdo e direito respectivamente e pontos 5 e 6 correspondem ao ângulo inferior da escápula esquerda e direita respectivamente.

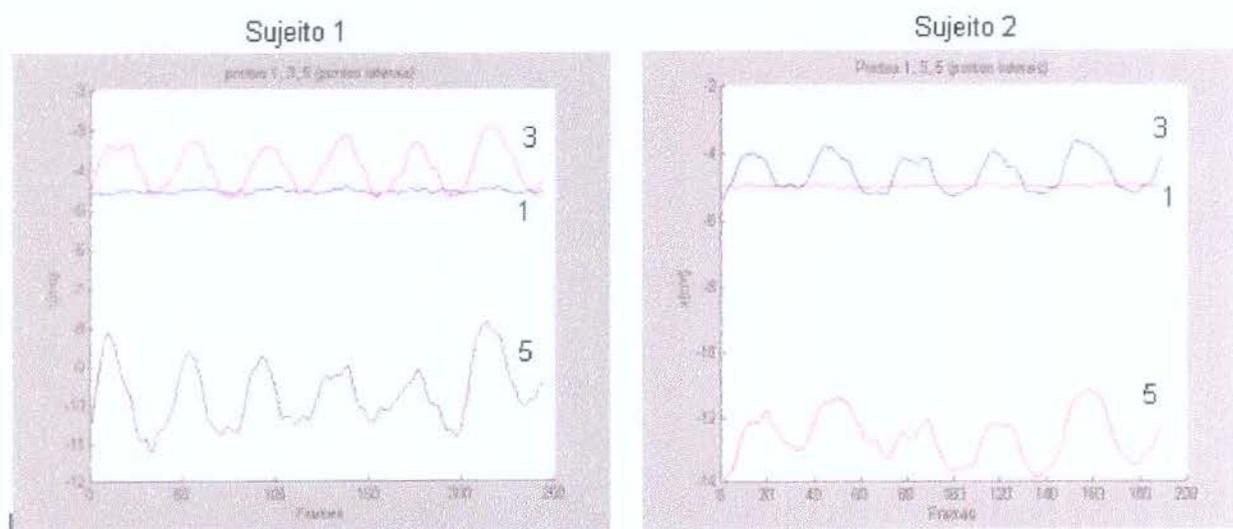


Figura 18 – Marcadores 1, 3, e 5 no eixo x.

Os gráficos nos fornecem informações sobre a variação no eixo x (latero-lateral), dos marcadores localizados nos pontos 1, 3 e 5. Percebemos claramente os ciclos da passada para o sujeito 1 (6 ciclos) e para o sujeito 2 (5 ciclos).

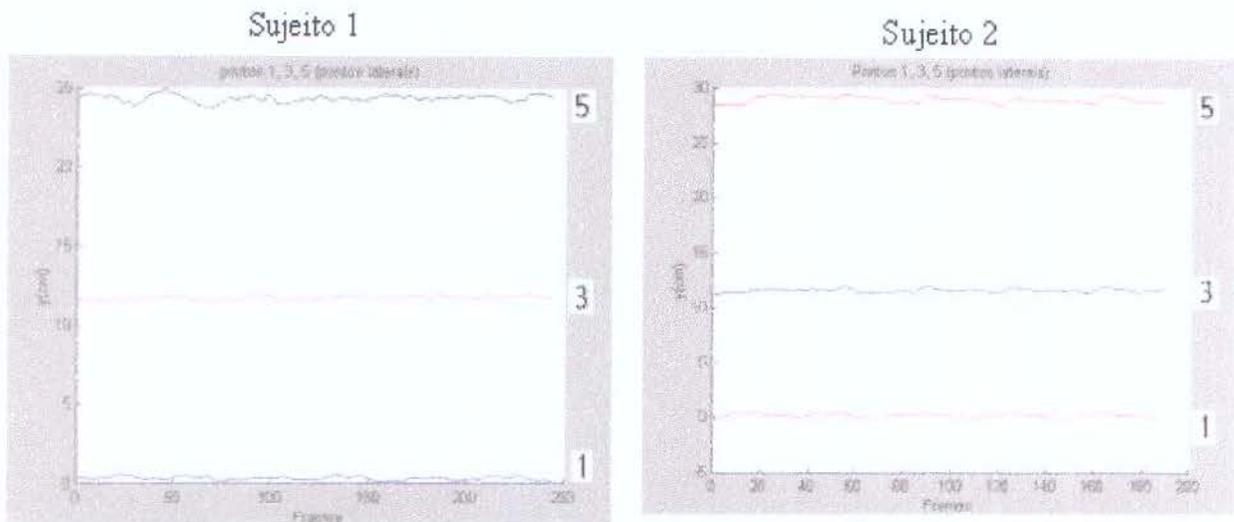


Figura 19-: Marcadores 1, 3 e 5 no eixo y.

O gráfico acima não nos fornecem muitas informações sobre a oscilação vertical, dos pontos bilaterais dos marcadores localizados nos pontos 1, 3 e 5, variando no eixo y, devido a escala do gráfico.

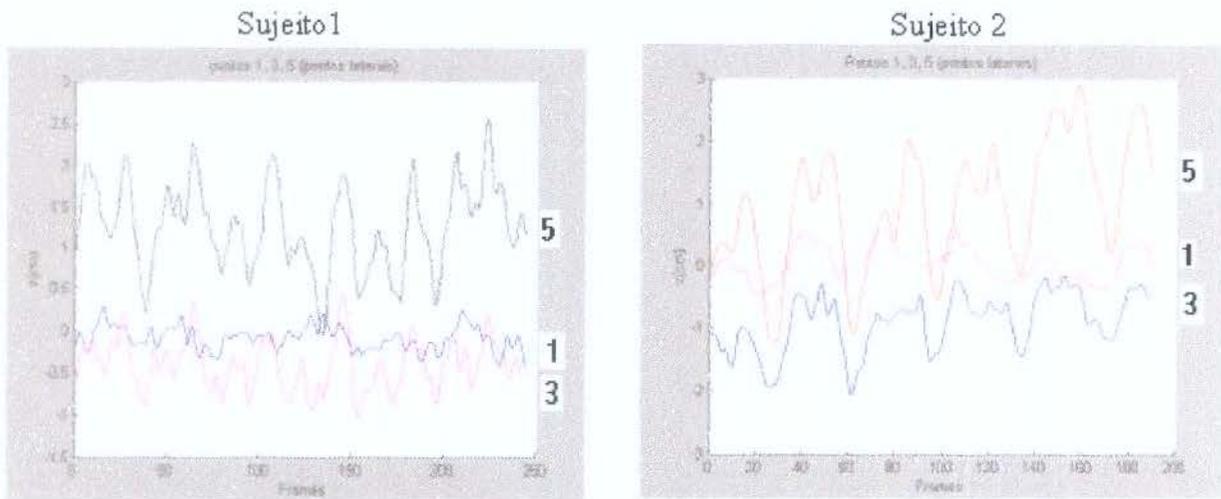


Figura 20-Marcadores 1,3 e 5 no eixo z.

Nos gráficos acima obtemos informações sobre as variações das posições no eixo sagital que ocorre no plano transversal dos marcadores localizados nos pontos 1,3 e 5 dos pontos bilaterais.

Após análise o comportamento dos pontos bilaterais, apresentamos, a seguir, alguns resultados em que o efeito da sobrecarga pode ser detectado.

Trajétoria comparada com e sem mochila em função do tempo.

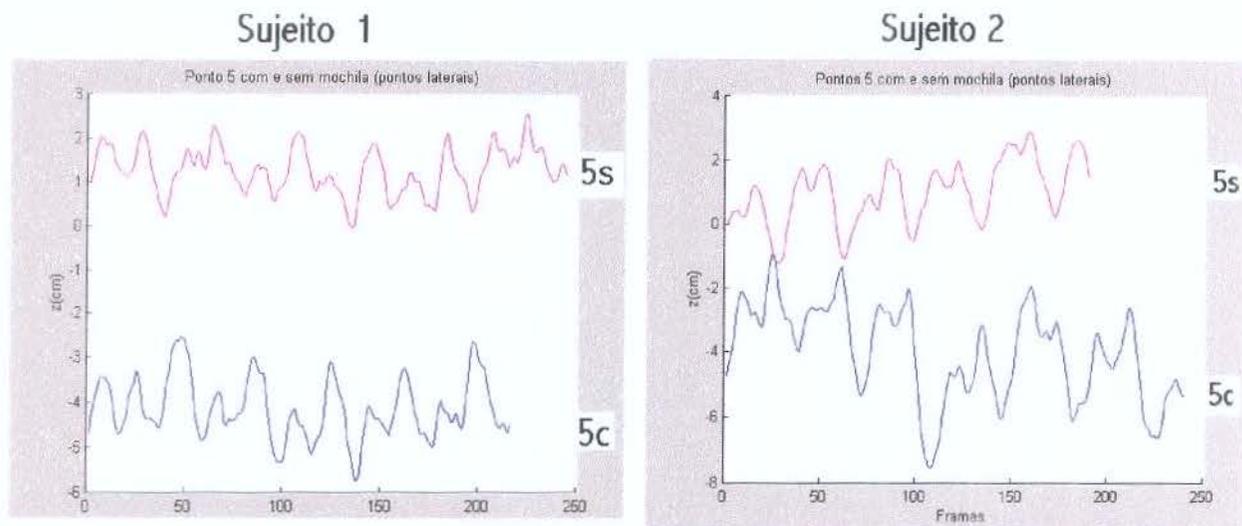


Figura 21 - Neste gráfico o ponto 5 dos pontos bilaterais no eixo z, c (com mochila) e s (sem mochila).

Percebemos que com a mochila esta variação oscila entre -4.5cm e -2.5cm , e sem a mochila varia entre 0cm e 2.5cm , no sujeito 1 e entre -8cm e -1cm , e sem a mochila varia entre 1cm e 3cm , estando os valores do sujeito com mochila deslocados negativamente, não sendo este deslocamento necessariamente provocado pela mochila, podendo ser apenas um deslocamento do sujeito na coleta dos dados.

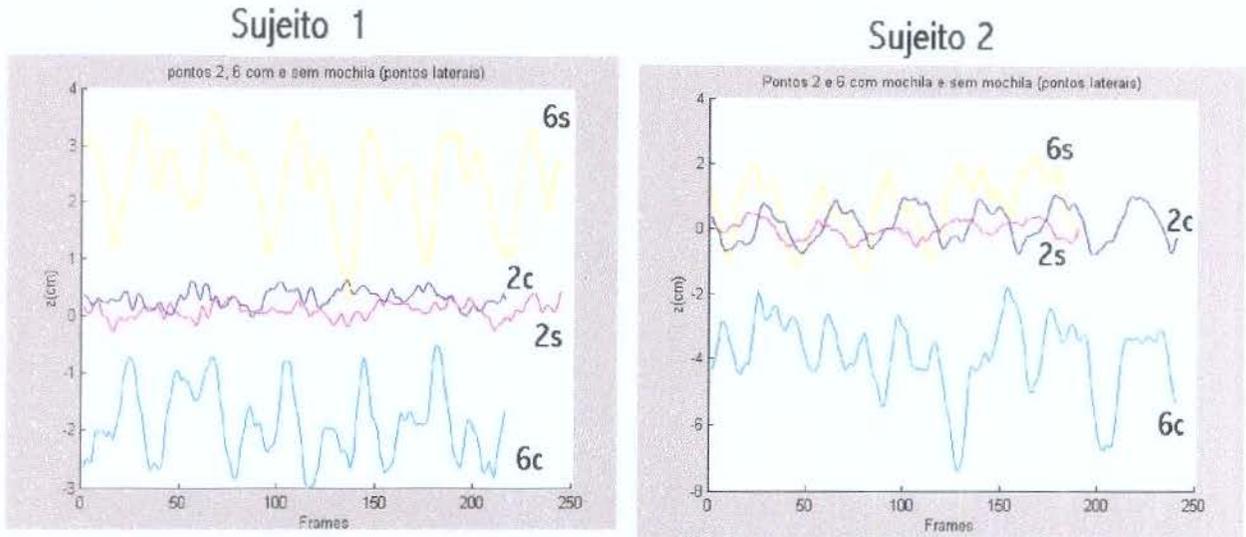


Figura 22– Pontos bilaterais 2 e 6 na coordenada z, c (com mochila) e s (sem mochila).

Nesta figura estão representados os marcadores localizados nos pontos 2 e 6, dos pontos bilaterais, na coordenada z, dos sujeitos 1 e 2. Nos dois gráficos podemos observar a maior do ponto 6 se comparado ao marcador localizado no ponto 2. O comportamento do ponto 2 é de difícil análise pela sua pequena movimentação e pelo fato de ser utilizado na translação do sistema de referência.

A oscilação média no sujeito 2, desloca-se em função da presença ou não da mochila. Nos dois casos houve diminuição do valor médio da coordenada do ponto 6 no eixo z (sagital, positivo para trás). Este fato indica que a sobrecarga poderia estar provocando uma inclinação à frente do tronco.

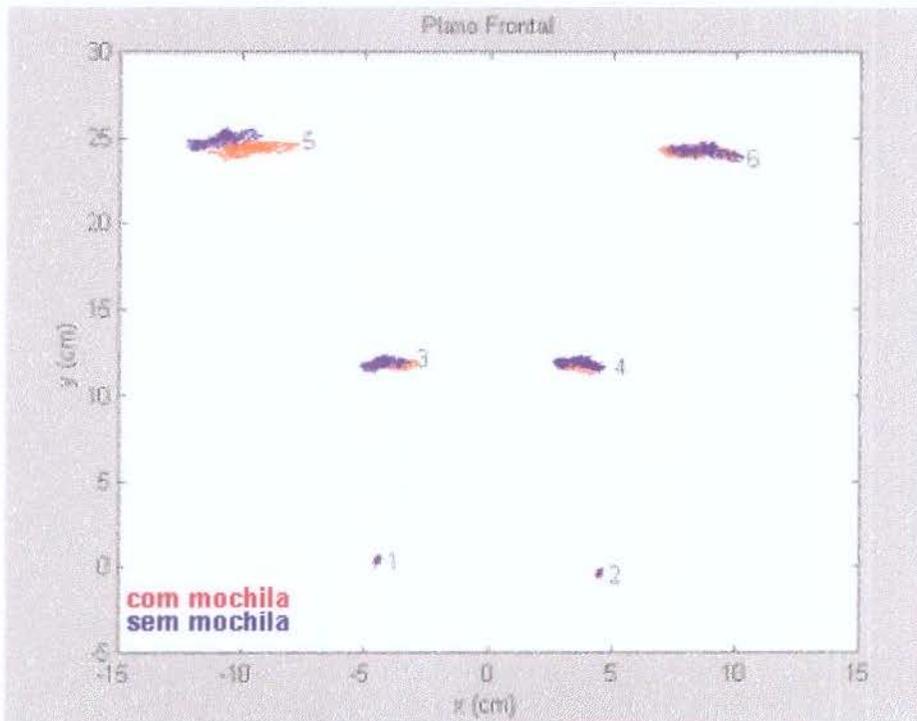


Figura 23 –Plano frontal dos pontos bilaterais.

Este gráfico descreve os deslocamentos latero-laterais dos pontos laterais do sujeito com e sem mochila, no plano frontal. Não é possível perceber, neste plano alterações devido á sobrecarga.

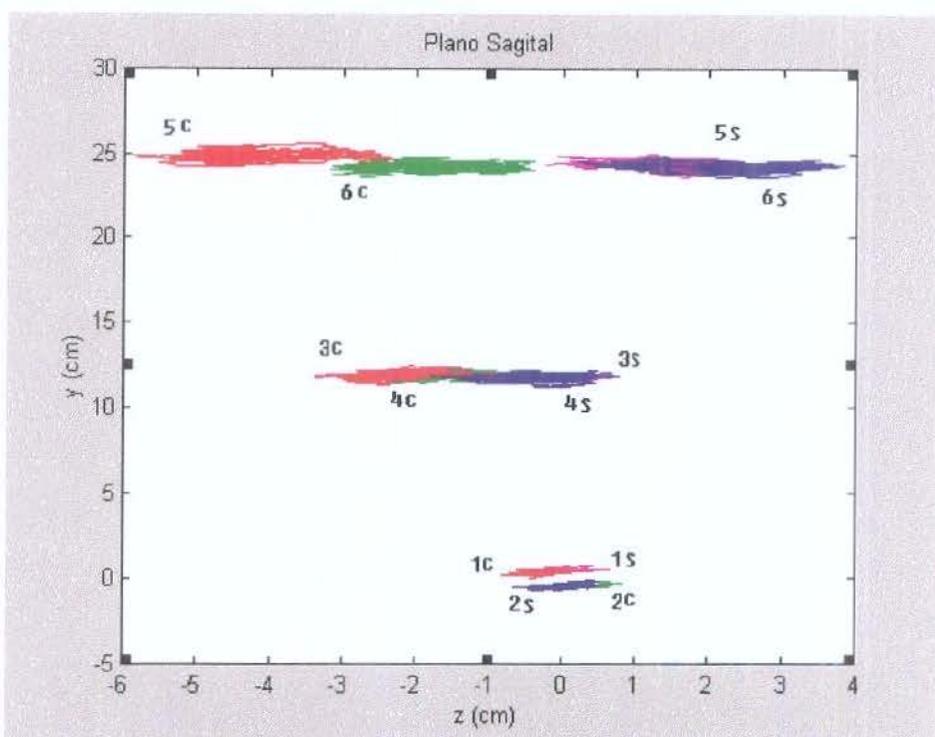


Figura 24- Plano sagital dos pontos laterais, s (sem mochila) e c (com mochila).

Este gráfico descreve o deslocamento antero-posterior, e corresponde à trajetória realizada pelos pontos laterais com mochila e sem mochila, vista no do plano sagital. Os resultados indicam o deslocamento das posições médias de oscilação do tronco do sujeito devido à sobrecarga, na direção contrária ao sentido positivo de z, isto indicando uma inclinação à frente do tronco do sujeito.

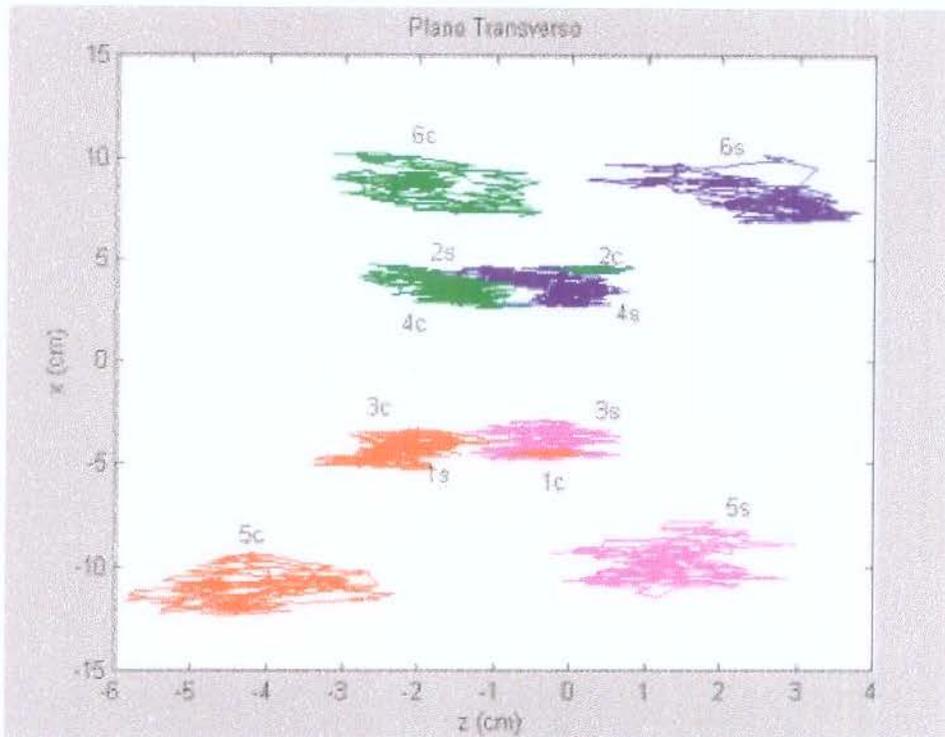


Figura 25 –Plano transversal dos pontos laterais, s (sem mochila) e c (com mochila).

Este gráfico trata-se da trajetória do plano transversal dos pontos laterais do mesmo sujeito. Percebemos que existe um deslocamento no sentido negativo do eixo z, quando na presença da sobrecarga, isto indica uma inclinação á frente do tronco do sujeito.

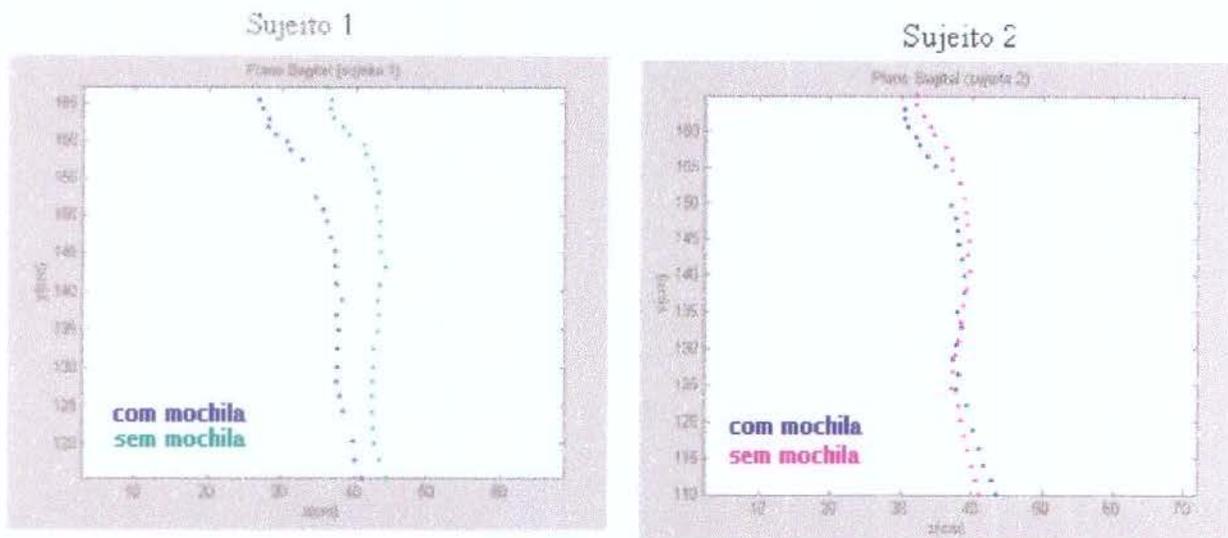


Figura 26- marcadores da coluna observados no plano sagital.

O gráfico representa a posição dos marcadores da coluna observados no plano sagital, vistas apenas em um frame, sendo que as posições foram retirados durante o mesmo instante da passada, considerando-se também que estes gráficos não foram transladados para o sistema de referência do tronco estando assim na escala do sistema de referência do laboratório.

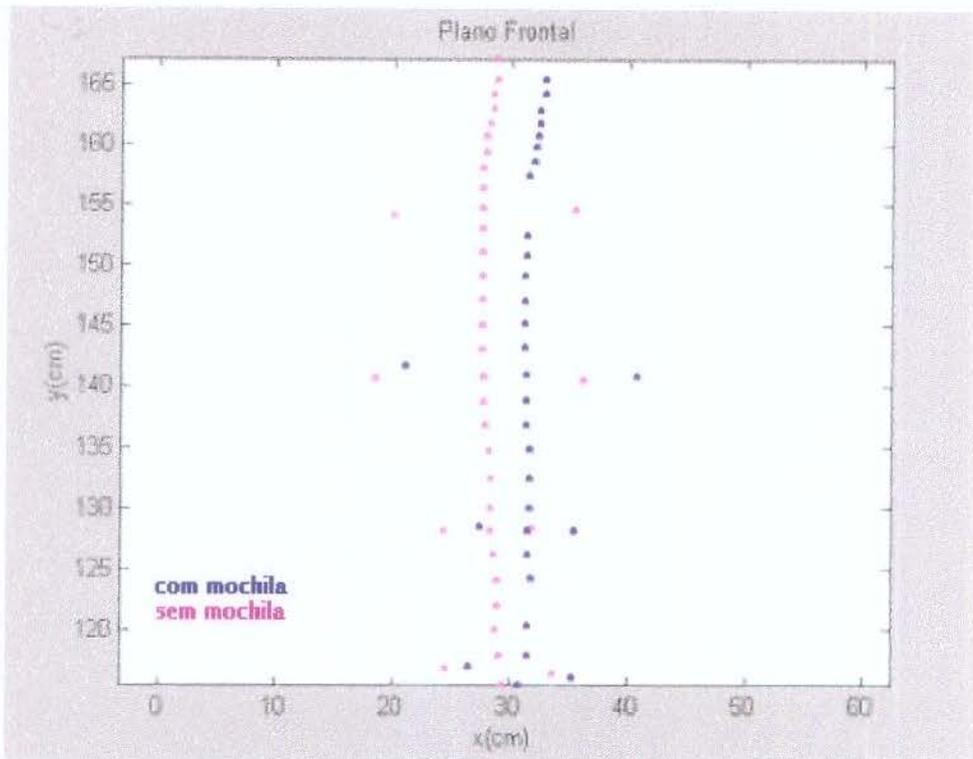


Figura 27 – Marcadores dos pontos da coluna e pontos bilaterais.

Nesta figura está representado o alinhamento dos marcadores dos pontos descrevendo a coluna e os pontos bilaterais e a diferença observada no mesmo sujeito (sujeito 1), com e sem mochila, vista do plano frontal, em apenas um frame considerando-se também que estes gráficos não foram transladados para o sistema de referência do tronco estando assim na escala do sistema de referência do laboratório.

A seguir apresentamos os resultados dos ângulos descritos na metodologia.

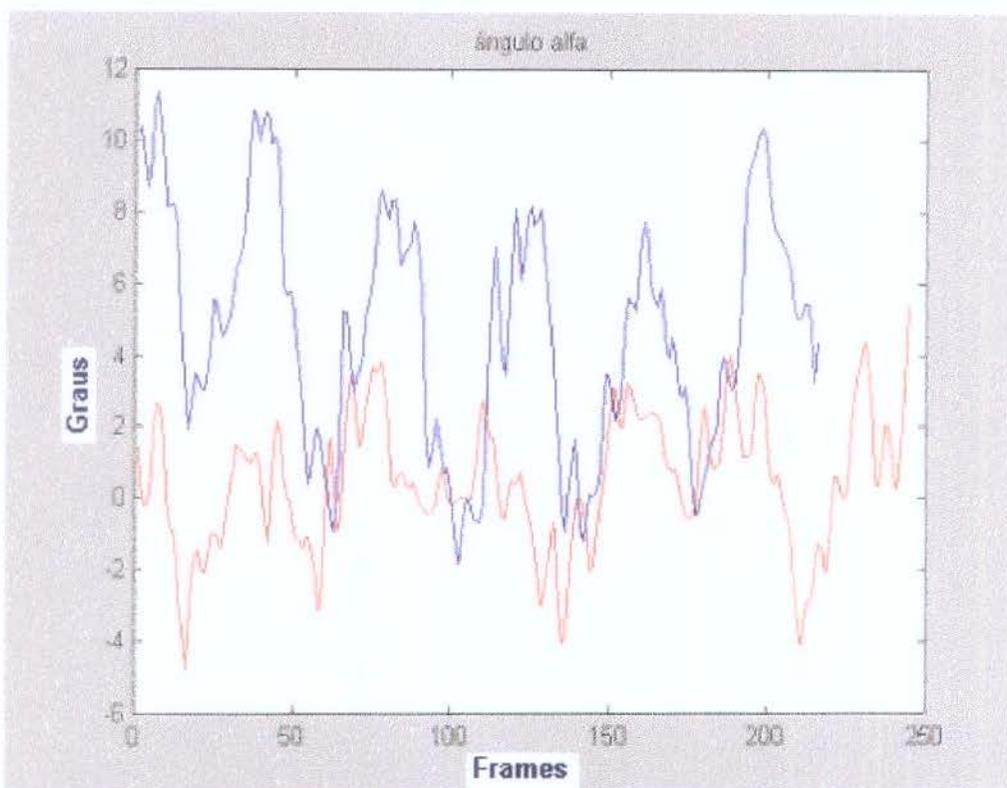


Figura 28- Variação do ângulo alfa em função do tempo.

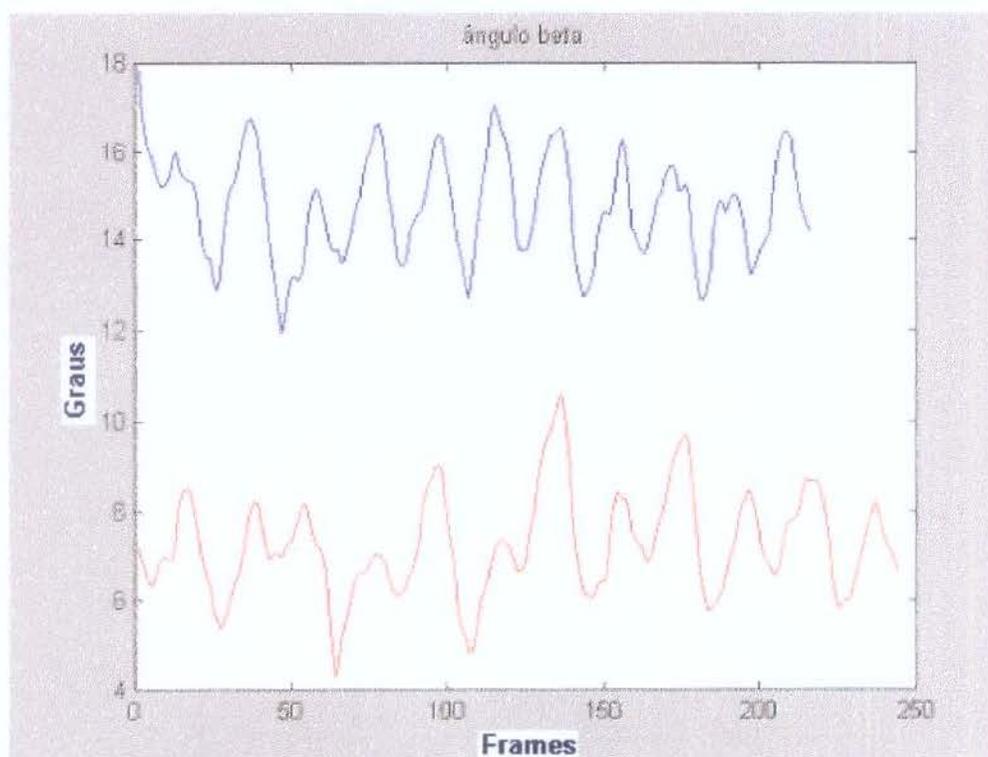


Figura 29- Variação do ângulo beta em função do tempo.

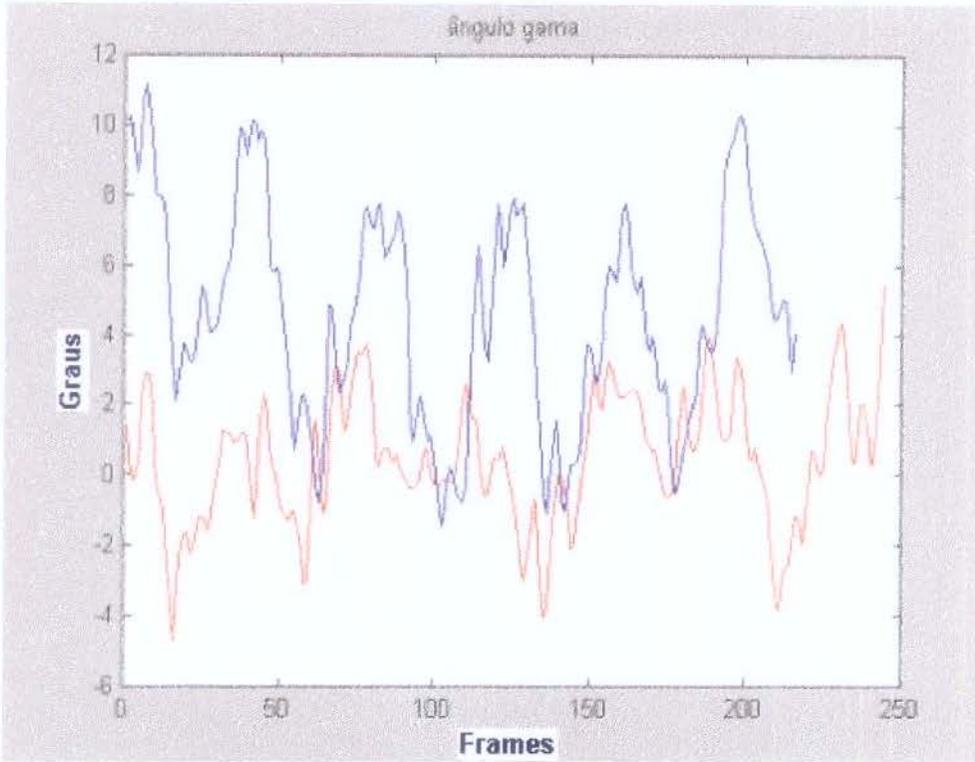


Figura 30 - Variação do ângulo gama em função do tempo.

Os resultados mostram um aumento nos valores médios dos ângulos alfa, beta e gama durante a marcha, comparando-se o movimento com e sem sobrecarga.

O aumento nos ângulos alfa e gama indicam uma rotação na orientação do tronco no plano transversal, em sentido positivo e o ângulo β quantifica a inclinação do tronco à frente no plano sagital.

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O estudo permitiu, em primeiro lugar, o desenvolvimento dos procedimentos experimentais para a análise de sobrecargas sobre a coluna, durante a marcha.

Depois de analisados os ângulos e as distribuições dos pontos laterais, entendemos que a sobrecarga colocada às costas do sujeito altera sua postura normal durante a marcha, fazendo com que o indivíduo seja obrigado a se adaptar à nova situação. A mochila gera um momento em relação ao tronco do sujeito no plano sagital, pelo fato de o centro de massa da mochila estar distante do centro de massa do indivíduo, assim submete a coluna do sujeito a esforços adicionais. A forma de reduzir o momento sobre o tronco adicionado pela mochila, é aumentar a inclinação à frente, fazendo com que a distância entre as projeções verticais dos CMs com e sem a mochila diminuam, diminuindo a distância entre o centro de massa do sujeito e a linha de ação da força peso da mochila, o sujeito adquire agora uma nova postura para carregar a mochila sem perder o equilíbrio.

Com isso pudemos constatar que a metodologia empregada mostrou-se sensível à quantificação das variáveis de interesse.

Verificou-se ainda que a variação da orientação do tronco, dada pelos ângulos α , β e γ , mostrou-se afetada pela colocação da mochila, sugerindo a investigação dessas variáveis em estudos aplicados.

Outras formas de análise estão em desenvolvimento visando a análise das alterações verificadas e aplicação da metodologia a um maior número de sujeitos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREONI, G., RABUFFETTI, M., TARZIA, A., PEDOTTI, A., "3D back surface as an ergonomic tool", XVIth ISB Tokyo Congress 1997, p30.
- BARROS, R., M., L., "Concepção e Implementação de um Sistema para Análise Cinemática de Movimentos Humanos", Tese de Doutorado, Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas / SP, 1997.
- BERGER, K., "Hiking & backpacking, a complete guide", 1ª edição, W.W. Norton & Company, New York, London, 1995.
- BLOOM, D., WOODHULL-MCNEAL P., "Postural adjustments while standing with two types of loaded backpack", *Ergonomics*, Vol 30, nº 10, pp. 1425-1430, 1987.
- BOBERT, J., NORMAN, R., W.-"Effects of load placement on back muscle activity in load carriage", *Eur J Appl Physiol* 1984.
- EPSTEIN, Y., ROSENBUM, J., BURSTEIN, R., SAWKA M., N.-"External load can alter the energy cost of prolonged exercise", Heller Institute of Medical Research, Chaim Sheba Medical Center, Tel-Hashomer, Israel. *Eur J Appl Physiol* 1988.
- KNAPIK, J., J., ANG, P., MEISELMAN, H., JONSHON, W., KIRK, J., BENSEL, C., Hanlon W.-"Soldier performance and strenuous road marching: influence of load mass and load distribution", *Comment in Mil Med* 1997 Jan, Soldier Performance Division, Human Research and Engineering Directorate, Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Grounds, MD21005, USA.
- MISUTA, M., S., RUSSOMANO, T., G., SANTIS, L., B., SALGADO, D., "Estudo da variabilidade de curvas de flexão do joelho no salto vertical", VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, p. 209-212, 1999.
- MUNHOZ, M., P., "Estudos das adaptações posturais momentâneas decorrentes da aplicação progressiva de sobrecarga unilateral", tese de mestrado, Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas / SP, 1995.
- VACHERON, J., J., POUMARAT, G., CHANDEZON, R., VANNEUVILLE, G., "Changes of contour of the spine caused by load carrying", *Surgical and radiologic anatomy*, Vol 21, pp.109-113, 1999.

Livros consultados para realização da parte experimental:

PUTZ, R., PABST, R., "Atlas de anatomia humana", 20ª edição, volumes I e II,

Editora Afiliada.

SNELL, R., S., "Anatomia", Traduzido sob a supervisão de Rodrigues H., Toledo B. A., 2ª ed, pp. 722-733,

Rio de Janeiro- Medsi, 1984'

Lista de artigos pesquisados, mas não citados no texto:

DRERUP, B., HIERHOLZER, E., "movement of the human pelvis and displacement of related anatomical landmarks on the body surface", *J. Biomechanics*, Vol. 20, nº 10, pp. 971-977, 1987.

DRERUP, B., HIERHOLZER, E., "Automatic localization of anatomical landmarks on the back surface and construction of a body-fixed coordinate system", *J. Biomechanics*, Vol.20, no. 10, pp. 961-970, 1987.

DRERUP, B., HIERHOLZER, E., " Objective determination of anatomical landmarks on the body surface: measurement of the vertebra prominens from surface curvature", *J. Biomechanics* Vol29, Nº 10, pp. 1191-1202, 1986.

KINOSHITA, H., "Effects of different loads carrying systems on selected biomechanical parameters describing walking gait", *Ergonomics*, vol. 28, nº 9, pp. 1347-1362, 1985.

PHILIP, E. ,M., "The effect of carried on the walking patterns of men and women", *Ergonomics*, Vol.18, no. 6, pp. 467-474, 1985.

RILEY, P. ,O., MANN, R., W., HODGE, W., A., " modelling of biomechanics of posture and balance", *J. Biomechanics*, Vol. 23, nº 5, pp. 503-506, 1990.