

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
- UNICAMP -
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
BIODINÂMICA DO MOVIMENTO HUMANO

**ANÁLISE QUANTITATIVA DAS ADAPTAÇÕES DA COLUNA
VERTEBRAL EM MULHERES GRÁVIDAS**

FERNANDA ANTICO BENETTI

CAMPINAS

2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA

ANÁLISE QUANTITATIVA DAS ADAPTAÇÕES DA COLUNA VERTEBRAL EM
MULHERES GRÁVIDAS

Este exemplar corresponde à redação final da dissertação de mestrado defendida por Fernanda Antico Benetti e aprovada pela Comissão julgadora em 03/09/04.

Prof. Dr. René Brenzikofer –
Orientador

Prof. Dr. Hugo José Sabatino –
Co-orientador

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA – FEF UNICAMP

B435a Benetti, Fernanda Antico
Análise quantitativa das adaptações da coluna vertebral em
mulheres grávidas / Fernanda Antico Benetti. – Campinas, SP: [s.
n.], 2004.

Orientadores: René Brenzikofer, Hugo José Sabatino
Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação Física,
Universidade Estadual de Campinas.

1.Coluna vertebral. 2. Gravidez. 3. Curvatura. I. Brenzikofer,
René. II. Sabatino, Hugo José. III. Faculdade de Educação Física,
Universidade Estadual de Campinas. IV. Título.

Membros constituintes da Comissão Julgadora

Orientador: Prof. Dr. René Brenzikofer
Faculdade de Educação Física – UNICAMP

Co-orientador: Prof. Dr. Hugo José Sabatino
Faculdade de Ciências Médicas – UNICAMP

Prof. Dr. Marco Antonio Alves de Moraes
UNIP – Campinas

Prof. Dr. Luciano Allegretti Mercadante
Faculdades Integradas de Amparo

Suplentes:

Prof. Dr. Mario Augusto Paschoal
PUC - Campinas

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Adervano e Telma que me deram todas as condições para que eu chegasse até aqui.

A meu marido Paulo pelo carinho e compreensão nas horas mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos, eu os devo a Prof. René Brenzikofer e a Dr. Hugo Sabatino, pelo conhecimento que me foi transmitido. Qualquer resultado obtido através deste trabalho eu o divido com eles.

Aos professores que muito colaboraram com suas experiências Prof. Dr. Marco Antonio Alves de Moraes e Prof. Dr. Luciano Allegretti Mercadante.

Aos meus amigos do grupo da coluna Pedro Paulo Deprá, Mario Hebling de Campos e, especialmente, as minhas grandes amigas Cíntia Pegoretti e Daniela Saldanha Wittig.

Aos meus amigos do Laboratório de Instrumentação para Biomecânica Miltoninho, Pascoal, Tiago, Carla e Alethéa, pela paciência e ajuda em diversas ocasiões.

Aos funcionários do Laboratório de Fisiologia do Exercício, onde as coletas de dados foram colhidas.

Aos funcionários do setor de pré-natal do Hospital de Clínicas da Unicamp, onde a triagem das gestantes foi realizada.

Sumário

<i>RESUMO</i>	xxi
<i>ABSTRACT</i>	xxiii
<i>CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO</i>	1
<i>CAPÍTULO 2 – ANTECEDENTES NA LITERATURA</i>	4
<i>CAPÍTULO 3 - OBJETIVOS</i>	8
- OBJETIVO GERAL	8
- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
<i>CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA</i>	9
4.1 - Seleção e acompanhamento das gestantes voluntárias	9
4.2 - Marcação das curvas da coluna.....	10
4.2.1 – Medidas Antropométricas.....	10
4.2.2 – Colocação dos Marcadores	10
4.3 - Preparação da sala e do equipamento a ser utilizado	12
4.4 - Registro da coluna vertebral na posição estática e durante a marcha.....	14
4.5 - Medição e análise dos registros videográficos.....	15
4.6 – Sincronização das Câmeras	15
4.7 – Seleção do Trecho de Interesse	15
4.8 – Construção de um Arquivo de Dados.....	16
4.9 – Sistema Dvideow	16
4.10 – Identificação dos Marcadores.....	16
4.11 – Reconstrução da Posição dos Marcadores	17
4.12 - Ciclo Padrão	18
4.13 – Representação da Coluna Vertebral	18
4.14 – Cálculo das Curvaturas Geométricas Bidimensionais em Posição Estática.....	18
4.15 – Inclinação do Tronco em Posição Estática no Plano Sagital	20
4.16 - Localização de T12 em Relação à Base de Sustentação em Posição Estática.....	21
4.17 – Movimentos da Pelve Durante a Marcha à Baixa Velocidade.....	22
4.18 – Normalização de Variáveis.....	24
<i>CAPÍTULO 5 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA</i>	26
5.1 – Estabilidade da Postura Estática.....	26
5.1.1 – Evolução das curvas da coluna.....	28
5.2 – Resultados obtidos para as principais variáveis para G1	30
5.2.1 – Resultados da Massa e Circunferência Abdominal	32
5.2.2 – Resultados da Curvatura Lombar, Inclinações do Tronco e Deslocamento de T12 em Relação à Base de Sustentação	33

5.3 – Resultados da Movimentação e Orientação da Pelve.....	34
<i>CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	37
6.1 – Resultados em Valores Reais e Normalizados	38
6.2 – Apresentação dos Resultados da Massa e Circunferência Abdominal	42
6.3 – Evolução dos Resultados da Curvatura Lombar, Inclinações do Tronco e Deslocamento de T12 em Relação à Base de Sustentação	44
6.4 – Evolução das variáveis estudadas considerando as cinco gestantes	49
6.5 – Resultados da Movimentação e Orientação da Pelve.....	51
6.5.1 – Resultados apresentados por G2.....	52
6.5.2 – Resultados apresentados por G3.....	53
6.5.3 – Resultados apresentados por G4.....	55
6.5.4 – Resultados apresentados por G5.....	56
<i>CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	59
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	60
<i>ANEXOS</i>	63
Anexo 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DA PESQUISA	64
Anexo 2 - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA	67

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1: Esquema qualitativo das modificações da coluna vertebral em uma gestante.	3
Fig. 2: Marcação do dorso da voluntária.....	11
Fig. 3: Equipamentos utilizados para coletas e posicionamento das câmeras.....	13
Fig. 4: Curvaturas Geométricas da Coluna Vertebral.	19
Fig. 5: Inclinações do Tronco.....	21
Fig. 6: Localização de T12 em relação à base se sustentação.....	22
Fig 7: Esquema utilizado para analisar a movimentação da pelve	23
Fig. 8: Representação do ciclo através da movimentação da pelve.	24
Fig. 9: Posição da vértebra T6 durante a 1ª coleta estática de G1.	27
Fig. 10: Projeções das curvas da coluna de G1 nas 5 coletas estáticas.....	29
Fig. 11: 1ª derivada das curvas da coluna de G1 nas 5 coletas estáticas.	29
Fig. 12: Curvaturas 2D da coluna de G1 nas 5 coletas estáticas.....	30
Fig.13: Gráfico representando os resultados obtidos por G1 em relação à massa corpórea (\diamond) e a circunferência abdominal (*).	32
Fig 14: Gráficos apresentando os valores de curvatura lombar (\bullet), inclinação do tronco (\circ) e variação da posição de T12 (+) obtidos pela voluntária G1.	33
Fig. 15: Ciclos desenhados a partir do vetor tangente à curva da coluna em S2 durante a marcha nos diferentes momentos da gestação de G1.	35
Fig.16: Gráficos representando os resultados obtidos por todas as gestantes em relação à massa corpórea (\diamond) e a circunferência abdominal (*).	43
Fig 17: Gráficos apresentando os valores de curvatura lombar (\bullet), inclinação do tronco (\circ) e variação da posição de T12 (+) obtidos pela voluntária G2.	45
Fig 18: Gráficos apresentando os valores de curvatura lombar (\bullet), inclinação do tronco (\circ) e variação da posição de T12 (+) obtidos pela voluntária G3.	46
Fig 19: Gráficos apresentando os valores de curvatura lombar (\bullet), inclinação do tronco (\circ) e variação da posição de T12 (+) obtidos pela voluntária G4.	47
Fig 20: Gráficos apresentando os valores de curvatura lombar (\bullet), inclinação do tronco (\circ) e variação da posição de T12 (+) obtidos pela voluntária G5.	48

Fig.21: “Box plot” dos valores referentes às modificações da curvatura lombar da coluna vertebral de todas as gestantes nas cinco coletas realizadas.	49
Fig. 22: “Box plot” dos valores referentes à inclinação do tronco de todas as gestantes nas cinco coletas realizadas.	50
Fig. 23: “Box plot” dos deslocamentos de T12 em relação à base de sustentação de todas as gestantes nas cinco coletas realizadas.	51
Fig. 24: Ciclos desenhados a partir do vetor tangente à curva da coluna em S2 durante a marcha nos diferentes momentos da gestação de G2.	53
Fig. 25: Ciclos desenhados a partir do vetor tangente à curva da coluna em S2 durante a marcha nos diferentes momentos da gestação de G3.	54
Fig. 26: Ciclos desenhados a partir do vetor tangente à curva da coluna em S2 durante a marcha nos diferentes momentos da gestação de G4.	56
Fig. 27: Ciclos desenhados a partir do vetor tangente à curva da coluna em S2 durante a marcha nos diferentes momentos da gestação de G5.	57
Fig. 28: Gráfico das medidas das derivadas do ciclo de todas as gestantes a cada uma das coletas de dados.	58
Equação 1: Cálculo da curvatura geométrica (Kx) no plano sagital.....	19
Legenda 1 : Símbolos utilizados nos gráficos de resultados.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: T6 durante as coletas estáticas de G1.....	28
Tabela 2: Evolução das variáveis da voluntária G1 durante a gestação e após o parto em valores reais.	31
Tabela 3: Evolução das variáveis da voluntária G1 durante a gestação após o parto em valores normalizados.	31
Tabela 4: Coeficientes de correlação linear da massa e circunferência abdominal e probabilidade dos dados não serem correlacionados.....	33
Tabela 5: Evolução dos valores médios dos ciclos da pelve da voluntária G136	
Tabela 6: Evolução das variáveis da voluntária G2 durante a gestação e após o parto em valores reais.	38
Tabela 7: Evolução das variáveis normalizadas da voluntária G2 durante a gestação e após o parto.	38
Tabela 8: Evolução das variáveis da voluntária G3 durante a gestação e após o parto em valores reais.	39
Tabela 9: Evolução das variáveis normalizadas da voluntária G3 durante a gestação e após o parto.	39
Tabela 10: Evolução das variáveis da voluntária G4 durante a gestação e após o parto em valores reais.	40
Tabela 11: Evolução das variáveis normalizadas da voluntária G4 durante a gestação e após o parto.	40
Tabela 12: Evolução das variáveis da voluntária G5 durante a gestação e após o parto em valores reais.	41
Tabela 13: Evolução das variáveis normalizadas da voluntária G5 durante a gestação e após o parto.	41
Tabela 14: Coeficientes de correlação linear da massa e probabilidade dos dados não serem correlacionados.	44
Tabela 15: Coeficiente de correlação linear da circunferência e probabilidade dos dados não serem correlacionados.	44
Tabela 16: Valores das inclinações da pelve da voluntária G2.....	53
Tabela 17: Valores das inclinações da pelve da voluntária G3.....	55
Tabela 18: Valores das inclinações da pelve da voluntária G4.....	56
Tabela 19: Valores das inclinações da pelve da voluntária G5.....	57

Título: “Análise quantitativa das adaptações da coluna vertebral em mulheres grávidas”.

Autor: Fernanda Antico Benetti

Orientador: Prof. Dr. René Brenzikofer

Ano: 2004

Instituição: UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

FEF - Faculdade de Educação Física

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano

Número de chamada: Biblioteca da FEF/Unicamp - B435a

RESUMO

A coluna vertebral da mulher apresenta consideráveis modificações na sua forma geométrica durante a gravidez. Neste trabalho buscou-se detectar possíveis estratégias utilizadas pelo corpo das gestantes para compensar o aumento localizado de peso. Estas estratégias foram analisadas em mulheres grávidas sadias em posição ortostática e durante a marcha à baixa velocidade. As coletas dos dados foram realizadas em diferentes momentos da gestação, e após o parto. As possíveis estratégias testadas foram mudanças nos valores de curvatura lombar, as adaptações compensatórias do tronco como sua inclinação, o deslocamento da vértebra T12 em relação à base de sustentação e a movimentação e orientação da pelve durante a marcha. A metodologia utilizada para obter a forma geométrica da coluna vertebral é um procedimento não invasivo, baseada na reconstrução tridimensional por videogrametria de marcadores aderidos à pele do dorso da gestante. As curvas e suas modificações são quantificadas usando o conceito de curvatura geométrica 2D da linha representativa da coluna vertebral, projetada nos planos sagital e frontal. Com estes dados são construídos modelos matemáticos, em diversos momentos da gestação para, posteriormente, obter curvas individuais referentes a cada gestante. A inclinação do tronco e o deslocamento de T12 em relação à base de sustentação foram analisados através da construção de vetores que indicaram deslocamentos para frente ou para trás. Para análise da marcha também se utilizou um vetor que registrou os movimentos da pelve. Através dos resultados obtidos observamos que o corpo das voluntárias faz uso de estratégias compensatórias para manter-se em equilíbrio. As formas mais utilizadas para compensar esse aumento localizado de peso foram um aumento da curva lombar durante e uma inclinação do tronco para trás. Quanto ao deslocamento do tronco em relação à base de sustentação e ao movimento e orientação da pelve durante a marcha, os resultados não se mostraram significativos.

Palavras Chaves: 1. Coluna Vertebral. 2. Gravidez. 3. Curvatura.

Title: “ Quantitative analysis of spine adaptation of pregnant women”

Author: Fernanda Antico Benetti

Thesis Adviser: Prof. Dr. René Brenzikofer

Year: 2004

Institution: UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
FEF - Faculdade de Educação Física

Concentration Área: Biodinâmica do Movimento Humano

Control Number: Biblioteca da FEF/Unicamp - B435a

ABSTRACT

The spine of a woman presents visible modifications in its geometrical parameters during the pregnancy. This work quantifies these changing and classifies the different parameters of these changings such that with this new shape, the body of the woman keeps the equilibrium in orthostatic position and during walk at low speed. We call each of these parameters by “strategies” of the body of the woman along the pregnancy. Data were collected at different times during the pregnancy, as well as after the delivery. We focus our attention in the following parameters: lumbar curvature, inclination of the trunk, the shift of the vertebra T12 (with respect to the sustentation bases) and the sway of the haunch during the walking. The methodology applies a non-invasive procedure, based on the tridimensional reconstruction by videogrametry of markers fixed on the skin along the line defined by spinous process. The curves and their modifications are quantified using the concept of 2D curvature in a plane, by projecting these 3D curves into the saggital and frontal planes. With these projections we construct mathematical models, at different times during the pregnancy, such that we obtain individual curves for each volunteer. The inclination of the trunk and the shift of T12 were analysed via a construction of a vector which points the forward and backward motion. In order to analyse the walking we also use a vector which models the haunch motion. The results show how much each strategy is used by the body of the volunteers to orthostatic and walking equilibrium. The strategy most used was the increasing of the lumbar curvature and a backwards inclination of the trunk. Both the shift of the trunk and the motion of the haunch did not present significant modifications.

Key words: 1.Spine, 2. Pregnancy, 3. Curvature

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

A coluna vertebral humana desempenha um papel importante tanto na postura estática como durante os movimentos do corpo devido à posição bípede. Dentro das suas múltiplas funções observa-se que ela apresenta uma estrutura essencial que permite o bom desempenho do aparelho locomotor. As propriedades mecânicas e geométricas da coluna permitem otimizar ao mesmo tempo transmissão de forças e absorção de impactos, garantindo assim a realização das suas funções básicas como de suporte da parte superior do corpo e da cabeça e de proteção da medula espinhal. A flexibilidade permite adaptações das suas curvas às diversas atitudes e posturas tanto estáticas como dinâmicas. Estas características estão modificadas durante a gravidez concomitantemente com outros fatores que podem modificar sua estrutura, como por exemplo, relaxamento dos ligamentos pela presença de um hormônio denominado relaxina, o crescimento do feto, placenta e líquido amniótico, que aumentam consideravelmente o peso no abdomen ao final da gestação. (WILLIAMS, 2001; REZENDE, COSLOUKY, 1987; LEON, 1968).

Na literatura médica encontramos afirmações de que a acentuação da lordose e a inclinação do tronco para trás são regras comuns na gravidez. Este efeito estaria relacionado ao deslocamento do centro da gravidade, que se dirige para frente, devido ao crescimento e aumento do peso do útero. Como consequência do crescimento do feto, placenta e líquido amniótico, quando a grávida adquire a posição ereta, a pelve se inclina para frente, realizando uma anteversão, e a região torácica inclina-se para trás para manter a projeção do centro de massa dentro da área de sustentação. Desta forma a curvatura lombar estaria acentuada em toda grávida segundo todos os autores consultados. (WILLIAMS, 2001; REZENDE, COSLOUKY, 1987; LEON, 1968). No entanto a descrição destas adaptações não nos dá dados quantitativos.

O peso da grávida aumenta gradativamente à medida que avança a idade gestacional, chegando ao final de uma gestação considerada normal com um peso significativamente maior ao do início. Este aumento de massa ocorre entre 9 a 11 Kg e apresenta, em média, os seguintes valores e distribuição:

□	Útero	1 Kg
□	Feto	3,5 Kg
□	Líquido amniótico	1 Kg
□	Placenta	0,650 Kg
□	Outros	3 a 5 Kg
	Total	9 a 11 Kg

Devemos considerar que algumas gestantes apresentam, ainda, um ganho de peso através de retenção hídrica ou mesmo acúmulo de gordura, atingindo assim os valores de ganho de 9 a 11 Kg como encontrado na literatura. (WILLIAMS, 2001; REZENDE, COSLOUKY,1987; LEON, 1968).

Esta massa crescente durante a gestação gera forças e torques difíceis de se mensurar. Quando a mulher grávida adota a posição bípede, a curvatura lombar acentua-se, o que por sua vez, por efeito de compensação fisiológica faz com que as outras regiões vertebrais também sofram modificações aparentes de suas curvaturas. (Fig:1) (REZENDE, COSLOUKY,1987; LEON, 1968)

Estas modificações descritas de forma qualitativa na literatura, e a falta de informações específicas sobre as modificações fisiológicas quantitativas da coluna vertebral nos estimularam a realizar medidas com um método sensível e não invasivo.



Fig. 1: Esquema qualitativo das modificações da coluna vertebral em uma gestante.

Este trabalho visa identificar as possíveis modificações utilizadas pelo corpo das voluntárias durante o período gestacional, quantificando adaptações temporárias da forma da coluna vertebral durante a posição estática e durante a marcha à baixa velocidade.

CAPÍTULO 2 – ANTECEDENTES NA LITERATURA

A coluna vertebral é alvo de estudos quantitativos dado o importante papel que tem no desempenho harmônico do aparelho locomotor em todos os indivíduos. Muitos dos trabalhos consultados enfocam o problema sobre um ponto de vista meramente clínico. (BEN, WOOD, 1975; KNOPLICH, 1983). Toda vez que na coluna residam problemas anatômicos ou funcionais (hiperlordose, escoliose, etc) a função motora poderá estar comprometida, e pelo tanto provocando efeitos deletérios e desagradáveis, como de limitar os movimentos, podendo incapacitar o indivíduo de alguma forma.

Grande número de alterações (patologias) que residem na coluna e o correspondente tratamento corretivo das mesmas estão descritos na literatura. (KNOPLICH, 1983). A Ortopedia e a Reumatologia em geral e a Fisioterapia em especial estão intimamente ligadas a estes problemas e todas tem proporcionado soluções alternativas aos problemas claramente patológicos relacionados com a coluna vertebral.(KNOPLICH, 1983).

Existem, ainda, adaptações da coluna vertebral a situações transitórias, não claramente identificadas como no caso de vícios posturais, mulheres grávidas, etc., fazendo com que profissionais da saúde utilizem alternativas pouco eficientes para sua solução, como massagens, exercícios posturais, alongamentos, etc. (NACHEMSON, 1976; LEON, 1968; WILLIANS, 2001; BURROW, TORRIS, 1996; REZENDE, COSLOUKY, 1987; FITZHUGH, 1963; SAADET OTMAN, 1989). Este tipo de problema é considerado de grande importância, pois estatísticas relativas a este tema nos revelam que ao redor de 70 a 80% da população em geral tem, em algum momento de sua vida, um episódio de dores nas costas provocando moléstias que dificultam ou até as impede, por diversas circunstâncias, de cumprir com sua atividade. (KNOPLICH,1980). Isto provoca um prejuízo à comunidade de milhões de dias de serviço a serem pagos pela Previdência Social (ASTRAUD, RODAHL, 1980; HABER, 1971; KNOPLICH, 1983; NACHEMSON, 1976). Estes problemas podem ser acentuados frente as evidentes modificações que a grávida impõe a coluna vertebral.

Freqüentes alterações ocorrem na forma geométrica da coluna vertebral das mulheres que estão cursando sua gravidez, ainda que estas alterações não sejam consideradas patológicas. (GUNTHER, et al 1980). Não temos ainda, conhecimentos fisiopatogênicos dos mecanismos que relacionam o aumento de peso localizado ao sistema locomotor (BASMAJIAN, 1980). Na bibliografia consultada, encontramos estudos qualitativos, porém não estudos quantitativos realizados durante a gravidez sobre quanto se modificam fisiologicamente as curvaturas da coluna, além de não encontrar informações sobre quando estas modificações devem ser consideradas "normais".

Diversos métodos como Rx, Tomografias Computadorizadas, Ressonância Nuclear Magnética, poderiam nos auxiliar neste estudo. No entanto, no caso da gestação estes métodos estão contra-indicados pelo fato de poderem acarretar danos ao feto.

São poucos os métodos não invasivos que permitem medir e quantificar as curvas da coluna vertebral sem riscos à gestação.

Para análises estáticas, a partir de medidas extraídas de uma régua com borda linear NOSSE (1985) desenvolveu um método para descrever somente o contorno da curva lombar e a sua profundidade.

PHILIPENS et al (1987) utilizaram a medida do comprimento da pele do dorso através do uso de transdutores de força e goniômetro, para obter sinais contínuos da curvatura e da inclinação do dorso durante oito horas de trabalho.

FROBIN e HIERHOLZER (1981) aperfeiçoaram o método de Moiré, que consiste em uma técnica monoscópica para medir superfícies de objetos em três dimensões, e criaram a Rasterestereografia. Esta técnica utiliza a projeção no sujeito de uma rede quadriculada e uma câmera fotográfica para fazer a reconstrução tridimensional de superfícies irregulares, como a da pele humana, e de alguns pontos anatômicos.

FROBIN e HIERHOLZER (1981), NOSSE (1985), PHILIPENS et al (1987), descrevem parcialmente as características da forma externa do dorso e da postura adotada, porém não quantificam os desvios laterais das curvaturas da coluna e outras alterações no alinhamento da coluna vertebral.

O método da Transformação Linear Direta (DLT) foi desenvolvido em 1971, na Universidade de Illinois (ABDEL – AZIZ e KARARA, 1974), com o objetivo de permitir o uso de câmeras amadoras para trabalhos de medidas de curta distância e fornecer a localização tridimensional de objetos. Este método (DLT) é utilizado por diversos autores (WHITTLE e LEVINE,1999; BRENZIKOFER et al,2000 e 2001; VACHERON et al ,1999) para analisar a coluna vertebral.

Com relação às medidas de alterações da coluna durante a marcha WHITTLE e LEVINE (1999) apresentam um estudo no qual mediram os movimentos do segmento lombar da coluna. Para esta finalidade dois grupamentos de marcadores (25mm de diâmetro cada) fixados por hastes de diferentes comprimentos a duas placas planas e rígidas foram firmadas uma na região sacra e outra na junção tóraco-lombar. As alterações do segmento lombar da coluna são deduzidas da movimentação relativa dos dois conjuntos de pontos.

VACHERON et al (1999) descrevem a coluna em movimento, localizando cinco marcadores colocados junto às vértebras C7, T7, T12, L3 e S1 e definindo quatro segmentos rígidos articulados.

CROSBIE et al (1997) estudaram os padrões dos movimentos da pelve, coluna lombar e torácica baixa durante a marcha com velocidade livremente selecionada. Para representar a coluna foram fixados sobre a pele cinco marcadores reflexivos localizados sobre os processos espinhosos e, mais três de cada lado da coluna. Com isso, o tronco foi dividido em segmentos discretos, considerados rígidos e articulados.

Nesses casos consideramos que a sensibilidade do método para descrição de alterações leves pode ficar prejudicada pela rigidez imposta pelas regiões da coluna.

BRENZIKOFER et al (2000 e 2001) apresentou uma metodologia que trata a coluna vertebral como uma curva contínua, desde a região sacra até a cervical, em cada instante do movimento. A forma da coluna e as suas alterações são analisadas em termos de curvatura geométrica. Para obter as informações sobre a forma da coluna fixou-se à pele, ao longo da linha formada pelos processos vertebrais, em toda sua extensão, discos refletores (5 a 8 mm de diâmetro). A partir da análise das coordenadas reconstruídas desses marcadores e do ajuste de funções contínuas obtém-se as posições, orientações e curvaturas em cada região

da coluna vertebral no tempo. Além disso, pontos bilaterais permitem acompanhar a orientação do dorso e da pelve.

O método de BREZIKOFER et al (2000 e 2001) foi considerado como mais adequado para este trabalho, pois além de não ser invasivo é de fácil adaptação, altamente sensível e de baixo custo. Para as coletas estáticas propôs-se uma adaptação deste método. A descrição da metodologia será feita no Capítulo 4.

Através da utilização deste método será possível analisar as principais adaptações realizadas pelo corpo das gestantes para compensar as modificações na coluna vertebral provocadas pela gravidez como aumento da curvatura lombar, inclinações realizadas pelo tronco e deslocamentos do tronco em relação à base de sustentação. Além disso, o método também nos permite analisar mudanças na orientação da pelve assim como sua movimentação.

CAPÍTULO 3 - OBJETIVOS

- OBJETIVO GERAL

Identificar as alterações do alinhamento da coluna vertebral e pelve em gestantes para compensar a massa extra durante a gravidez.

- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Quantificar o grau de curvatura na região lombar em posição estática.

Quantificar o grau de inclinação sofrida pelo tronco em posição estática.

Quantificar o grau de deslocamentos do tronco em relação à base de sustentação em posição estática.

Descrever a orientação e os movimentos da pelve durante a marcha à baixa velocidade.

CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA

A forma geométrica da coluna será estudada mediante a obtenção de curvas contínuas. Estas curvas representam as projeções da coluna nos planos frontal e sagital da linha desenhada no dorso pelos processos espinhosos da coluna. A obtenção destas curvas foi feita a partir da identificação e reconstrução 3D de marcadores aderidos à pele do dorso das voluntárias. O método adotado neste estudo foi publicado por BREZIKOFER et al (2000 e 2001).

Os procedimentos experimentais do estudo foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Unicamp. Inicialmente houve a seleção e uma avaliação médica das gestantes. A cada sessão foram realizadas avaliações antropométricas, marcação da coluna no dorso das voluntárias, registro da postura estática e registro da marcha na esteira.

4.1 - Seleção e acompanhamento das gestantes voluntárias

Para este estudo iniciamos a análise com doze gestantes voluntárias, no entanto, quatro das voluntárias não compareceram às primeiras coletas e três gestantes apresentaram complicações durante o decorrer da gestação. As cinco participantes deste trabalho têm entre 26 e 38 anos. Para participar do experimento as voluntárias não poderiam apresentar nenhum dos seguintes critérios de exclusão: sinais de ameaça de aborto ou parto prematuro, sinais de risco gestacional (hipertensão, diabetes, etc.) e sinais ou sintomas de antecedentes que suscitasse alterações no sistema locomotor e, em especial, na coluna vertebral. No entanto, apesar de uma seleção criteriosa, uma das cinco gestantes apresentou parto prematuro, o que fez com que tivéssemos uma coleta de dados a menos para esta voluntária.

Durante a primeira sessão foi realizada a avaliação médica, preenchida uma ficha de identificação com dados pessoais: nome, idade, data de nascimento, endereço, número de partos anteriores, etc, (Anexo2). As gestantes foram informadas a respeito de como decorreriam os procedimentos e, então, assinaram um ‘Termo de Consentimento Livre e Esclarecido’ (Anexo 1).

As filmagens para coleta de dados foram realizadas pelo menos uma vez a cada trimestre da gestação, tendo sido realizada mais de uma coleta em um mesmo trimestre dependendo da disponibilidade da gestante. Foram também coletados dados dois meses após o parto. As coletas foram realizadas para que possíveis adaptações na coluna vertebral pudessem ser analisadas.

Às gestantes participantes foram oferecidos acompanhamento semanal feito por uma equipe multidisciplinar composta por médico especialista, fisioterapeuta, psicólogo e nutricionista.

4.2 - Marcação das curvas da coluna

4.2.1 – Medidas Antropométricas

Antes de se iniciar a marcação da coluna das voluntárias foram realizadas as medidas antropométricas como peso, circunferência abdominal, altura etc. (Anexo 2). Para a coleta das medidas antropométricas e a marcação do dorso as gestantes fizeram uso de uma vestimenta adequada a qual mantinha todo o dorso da voluntária desnudo, e uma touca de natação para permitir a colocação de marcadores na região cervical e occipital.

4.2.2 – Colocação dos Marcadores

Na pele do dorso de cada voluntária foram fixados discos adesivos retro-refletivos que definem a curva representativa da coluna a ser analisada. Estes marcadores têm 5mm de diâmetro e estão colocados em suportes adesivos analérgicos.

Os marcadores são colocados ao longo da linha definida pelos processos espinhosos das vértebras, estes identificados por meio da palpação. Para auxiliar nos ajustes das funções nas extremidades do intervalo, foi conveniente colocar marcadores além da região da coluna que será analisada, como nas regiões sacra e occipital. Os marcadores colocados na região occipital e sacra são descartados para análise.

O número destes marcadores é limitado pela capacidade do sistema automático de rastreamento e medição em localizar e identificar cada marcador ao longo do tempo em pelo menos duas câmeras. A experiência mostra que uma distância entre os marcadores de 2,0 a 2,3 cm é eficiente, desta forma, dependendo da estatura da voluntária, 30 a 38 adesivos são fixados entre a região sacra e occipital. (BRENZIKOFER et al, 2001).

Além disso, cinco pares de marcadores são colocados simetricamente de cada lado da coluna para localizar regiões anatômicas de interesse como as espinhas íliacas pósteriores (EIPS), os processos vertebrais L4, T12, T6 e T1. (Fig:2)

Para a marcação do dorso da voluntária utilizou-se, em média, vinte minutos.

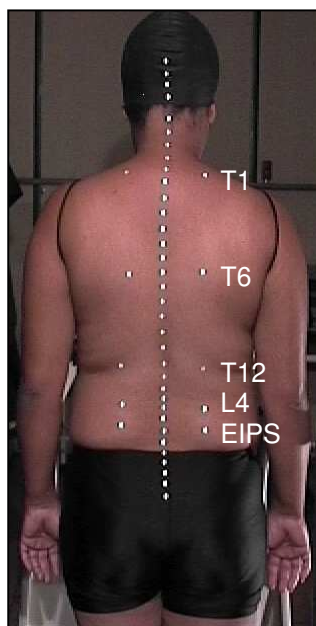


Fig. 2: Marcação do dorso da voluntária.

4.3 - Preparação da sala e do equipamento a ser utilizado

As coletas deste trabalho foram realizadas no FISEX - Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da Unicamp.

Para o estudo, foi utilizada uma esteira ergométrica horizontal Quinton – Q65, regulada a baixa velocidade, da ordem de 0.53 [m/s]. Duas câmeras de vídeo digitais JVC modelo GR-DVL9500, com frequência de captura de 60 quadros por segundo foram colocadas posteriormente às voluntárias presas a uma haste de metal previamente fixada do chão ao teto na sala de experimento. Uma terceira câmera foi posicionada na lateral das gestantes sobre um tripé para que fosse registrada a movimentação dos membros inferiores. As imagens foram registradas em fitas de vídeo tipo mini DV Linear Plus Panasonic.

As câmeras colocadas posteriormente no plano sagital mantiveram uma distância de 1,60 metros da esteira, e a 2,30 e 1,60 metros de altura do chão, respectivamente. A câmera lateral foi posicionada a 1,10 metros da esteira. Para aproveitar a retro-refletividade dos marcadores foi associado um iluminador da marca Focal VL – 300 com uma potência de 300W a cada câmera, perto da mesma e irradiando a região filmada. (Fig. 3).

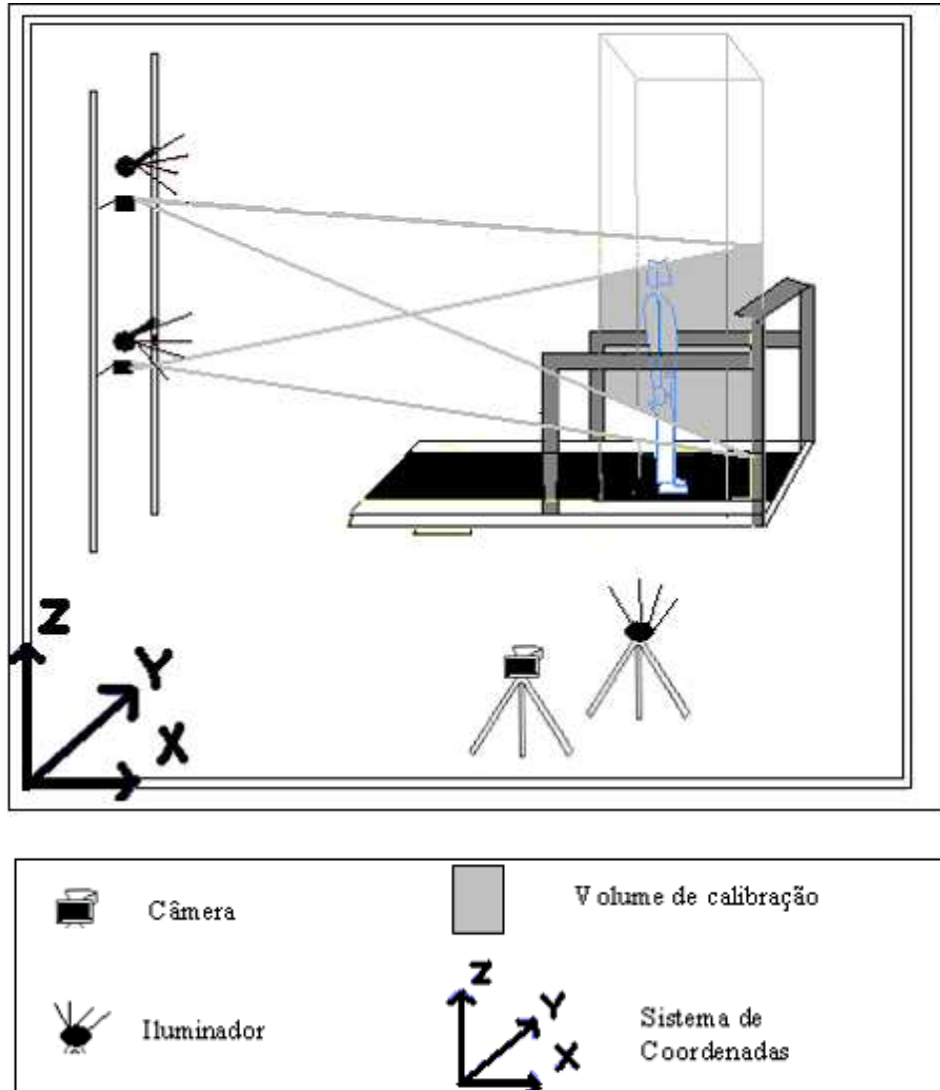


Fig. 3: Equipamentos utilizados para coletas e posicionamento das câmeras

Esta disposição das câmeras no plano sagital permitiu que cada marcador fosse visto pelas duas câmeras simultaneamente durante a posição estática e a marcha da voluntária.

Para acentuar o contraste entre os marcadores e o fundo da sala onde o experimento foi realizado foram utilizadas cortinas de cor preta fosca circundando toda área útil.

A região de interesse é previamente calibrada, para que a posição 3D de cada marcador possa ser reconstruída no espaço em função do tempo. Para isso se estabeleceu um

sistema de referência ortogonal definido por: “x” (horizontal) com sentido positivo na progressão da marcha, “z” (vertical) com sentido de baixo para cima, e “y” (transversal) com direção ortogonal aos outros dois eixos e sentido da direita para a esquerda da voluntária.

A calibração é realizada através da colocação de cinco fios de aço em uma placa fixada no teto da sala de experimentos. Os fios de aço suportam 135 marcadores esféricos de localização 3D conhecida. Este procedimento estabelece o que chamamos de volume de calibração, no qual os marcadores que aparecem simultaneamente em duas câmeras poderão ter a localização 3D reconstruída.

Os pés não aparecem neste volume de calibração e, assim, não terão a posição reconstruída. Para garantir a informação da posição dos calcanhares durante o levantamento da postura estática a voluntária é posicionada com o calcanhar sempre no mesmo lugar. Este lugar é localizado em relação ao referencial usando uma ripa de madeira e um fio de prumo.

4.4 - Registro da coluna vertebral na posição estática e durante a marcha

Para que seja feito o registro da coluna vertebral em posição estática antes e depois da marcha, a gestante voluntária permanece dentro da região calibrada em posição ereta, membros superiores relaxados, por alguns segundos. Nesta posição os calcanhares são encostados em uma ripa de madeira cuja posição é conhecida.

Logo após a aquisição dos dados em posição estática a voluntária caminha sobre a esteira para aquecimento durante quatro minutos e, no final desta caminhada é registrado um trecho de marcha para análise quantitativa. Para a coleta da marcha era previsto que as gestantes caminhassem com os membros superiores relaxados ao longo do corpo. No entanto, todas as voluntárias apresentaram dificuldades para manter-se em equilíbrio sendo necessário o apoio manual nas barras laterais da esteira. Este apoio dos membros superiores acarretou em limitações dos movimentos do tronco, o que conseqüentemente comprometeu a análise de dados.

Ao terminar o registro das passadas a gestante se mantém novamente em posição estática, respeitando a mesma posição do calcanhar, para que seja realizado o registro da posição da coluna após a marcha. Ao todo, em cada sessão experimental, os registros estáticos e a marcha da gestante voluntária não ultrapassam oito minutos de gravação.

4.5 - Medição e análise dos registros videográficos

O registro de todos os dados é feito inicialmente em fitas de vídeo. Uma vez registradas, as seqüências de imagens são armazenadas em um banco de dados em disco rígido. A partir do armazenamento das informações as etapas seguintes são realizadas através de procedimentos são computacionais, tais como :

4.6 – Sincronização das Câmeras

As seqüências de imagens armazenadas são sincronizadas a partir de um sinal de áudio gravado simultaneamente por todas as câmeras no momento da coleta de dados. A sincronização também pode ser realizada através de eventos visíveis em todas as câmeras, como, por exemplo, palmas, claquetes, etc. Isto permite definir momentos sincrônicos entre as três seqüências de imagens.

4.7 – Seleção do Trecho de Interesse

A partir da sincronização é selecionado um trecho da marcha correspondente a dezesseis ciclos de passadas. Os ciclos e os eventos da passada são identificados visualmente com a ajuda da câmera lateral.

Após a sincronização também é selecionado o quadro a ser utilizado para a análise dos dados durante a posição estática.

4.8 – Construção de um Arquivo de Dados

Uma vez encerrados os processos de registro de imagens, de seleção e identificação do ciclo e eventos da passada, é construído um arquivo de dados para ser utilizado na análise. Este arquivo é composto de informações a respeito do número de marcadores posicionados no dorso da voluntária; da identificação dos marcadores referentes aos pontos anatômicos; da velocidade da marcha; e do número dos quadros a que se referem cada evento do ciclo nas diferentes passadas.

4.9 – Sistema Dvideow

A localização 3D dos adesivos em relação ao sistema de referência é obtida por técnicas videogramétricas convencionais, usando o sistema Dvideow (BARROS et al., 1999; FIGUEROA et al. 2003).

O sistema Dvideow é um sistema para análise tridimensional de movimentos humanos, baseado na reconstrução tridimensional de coordenadas a partir de registros de vídeo estereoscópicos e suas projeções em imagens. Suas características principais são a independência em relação a equipamentos dedicados, a possibilidade de utilizar marcadores ativos e passivos, a confiabilidade dos resultados, a simplicidade de operação e o baixo custo, assim é aplicável a diferentes contextos de análise de movimento.

4.10 – Identificação dos Marcadores

Para a reconstrução tridimensional, cada ponto de interesse deve ser visível por, no mínimo, duas câmeras simultaneamente.

O reconhecimento dos pontos a serem analisados é feito em todos os quadros através de um rastreamento semi-automático ou tracking semi-automático. O processo de rastreamento automático apresenta uma etapa de segmentação onde os algoritmos aplicados para o tracking das imagens deste estudo foram inversão, erosão e “get markers”. A erosão e a inversão são algoritmos de pré-processamento da imagem, eles visam melhorar o contraste do marcador na imagem. O algoritmo “get markers” é responsável por calcular os contornos do marcador na imagem pré-processada. Após essa etapa teremos encontrado a posição de tela de cada um dos marcadores nos quadros sincronizados de cada câmera.

Para corrigir possíveis falhas que o tracking possa apresentar desenvolveu-se um algoritmo em sistema Matlab, este além de reconhecer os pontos encontra correspondência entre os mesmos marcadores nos diversos quadros das câmeras.

4.11 – Reconstrução da Posição dos Marcadores

Terminado este processo de rastreamento é realizada a reconstrução 3D, isto é o cálculo da posição no espaço tridimensional de cada marcador em função do tempo. O método utilizado é o DLT ou Transformação Linear Direta (ABDEL – AZIZ e KARARA, 1974), implementado no software Dvideow.

Os arquivos de dados das coordenadas 3D apresentam flutuações aleatórias. Por este motivo filtrou-se as coordenadas utilizando ajustes por spline cúbico. As correções aplicadas não ultrapassam 2mm, o que é menos que o raio dos marcadores reais.

Após a reconstrução tridimensional é obtido um arquivo de dados de coordenadas tridimensionais x y z de cada marcador localizado no dorso da voluntária para cada quadro das dezesseis passadas.

4.12 - Ciclo Padrão

Como convencionado no caso da marcha, as dezesseis passadas iniciam com o contato do pé direito com o solo.

As informações das dezesseis passadas foram agrupadas para formar um “ciclo padrão da marcha”, de alta qualidade. Este ciclo padrão é utilizado para análise do movimento da pelve.

Para a interpretação cinemática o ciclo padrão é dividido em dois passos de marcha, um do membro inferior direito e um do membro inferior esquerdo. Os passos foram definidos e detalhados a partir das imagens da câmera lateral.

4.13 – Representação da Coluna Vertebral

Para representar a curva da coluna, foram escolhidos polinômios parametrizados na coordenada vertical z, ajustados às coordenadas dos marcadores pelo método dos quadrados mínimos. O grau nove dos polinômios usados é definido pelo critério do χ^2 mínimo (BEVINGTON, 1969; VUOLO,1992). A representação fiel da forma da coluna por ajustes de polinômios permite uma obtenção segura das derivadas, essas, ingredientes básicos para o cálculo das curvaturas geométricas bidimensionais.

4.14 – Cálculo das Curvaturas Geométricas Bidimensionais em Posição Estática

As curvaturas lombares foram testadas como sendo uma das adaptações possíveis de serem utilizadas pelo corpo das voluntárias durante a gestação.

A curvatura geométrica pode ser definida como o inverso do raio da circunferência que tangencia e se ajusta à curva na região considerada (fig: 4).

A partir das primeiras e segundas derivadas das funções polinomiais é calculada a curvatura geométrica para os dois planos de projeção em função da coordenada vertical (z).

Desta forma, a curvatura da coluna vertebral tem, para cada valor da coordenada (z), um valor da curvatura geométrica bidimensional em cada plano de projeção.

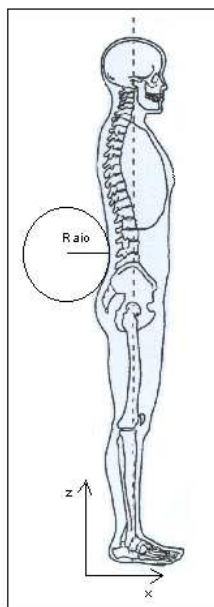


Fig. 4: Curvaturas Geométricas da Coluna Vertebral.

A curvatura geométrica (K), é calculada pela equação (LANG, 1970):

$$K_x = \frac{\frac{d^2 P_x}{dz^2}}{\left[1 + \left(\frac{dP_x}{dz}\right)^2\right]^{3/2}}$$

Equação 1: Cálculo da curvatura geométrica (Kx) no plano sagital.

O sinal da curvatura geométrica 2D está relacionado com a convexidade da curva. No plano sagital, a convexidade da curva voltada posteriormente corresponde a valores de curvatura geométrica positiva e a convexidade voltada anteriormente a valores de curvatura geométrica negativa. No plano frontal, a convexidade para direita corresponde a valores de curvatura geométrica positiva e a convexidade para a esquerda a valores de curvatura geométrica negativa.

Para analisar a evolução da curvatura 2D ao longo da gestação optamos por acompanhar o ponto máximo da curvatura na região lombar.

4.15 – Inclinação do Tronco em Posição Estática no Plano Sagital

Uma outra estratégia possível de ser usada pelo corpo das gestantes para compensar as modificações ocorridas durante a gestação e que também foi testada neste trabalho é em relação à inclinação do tronco.

Para acompanhar a inclinação do tronco foi construído um vetor do marcador L4 até o de T6, o qual tem componente horizontal no plano sagital (x) e vertical (z). (Fig: 5). Calculamos a tangente do ângulo α deste vetor com a vertical da seguinte forma: $\text{tg } \alpha = (x(T6) - x(L4)) / (z(T6) - z(L4))$. A $\text{tg } \alpha$ será utilizada para acompanhar a inclinação sofrida pelo tronco ao longo da gestação.

Com as nossas convenções os valores de $\text{tg } \alpha$ são crescentes e indicam uma inclinação que segue no sentido pósterio-anterior, à medida que temos valores crescentes na componente x o vetor se inclina para frente assim como o tronco. Valores decrescentes no eixo x mostram a inclinação do vetor para trás e a inclinação do tronco também para trás.

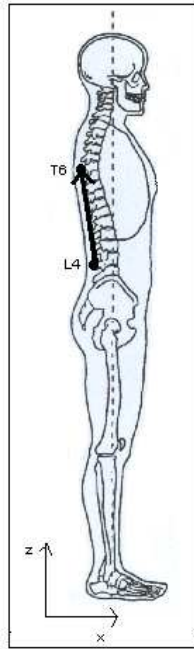


Fig. 5: Inclinações do Tronco

4.16 - Localização de T12 em Relação à Base de Sustentação em Posição Estática

Uma terceira possível estratégia analisada foi o deslocamento do tronco em relação à base de sustentação. Para isso medimos a distância entre o calcanhar e o marcador de T12, projetada no eixo x.

A variável utilizada é a distância $\Delta x_{T12} = (x(T12) - x(\text{calcanhar}))$ (Fig: 6).

As possíveis variações de localização da vértebra T12 em relação à base de sustentação irão indicar se houveram deslocamentos do tronco no sentido anterior ou para posterior ao longo da gestação. Valores crescentes no eixo x indicam que houve deslocamento de T12 para frente, já valores decrescentes em x mostram deslocamento para trás.

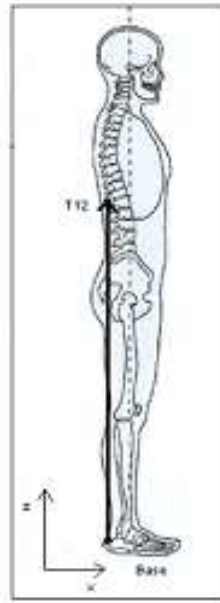


Fig. 6: Localização de T12 em relação à base se sustentação

4.17 – Movimentos da Pelve Durante a Marcha à Baixa Velocidade

Rotações ou inclinações da pelve podem fazer parte de uma quarta estratégia para compensar as modificações ocorridas no corpo durante a gestação.

Para a análise dos movimentos da pelve aproveitamos uma característica anatômica do complexo sacro-iliaco. A parte inferior da coluna é formada pelo osso do sacro que se articula com a cintura pélvica pela articulação sacro – ilíaca. Esta articulação é pouco móvel e possui estabilidade garantida pelos músculos adjacentes e pela força dos ligamentos interósseos (WALKER, 1992) sendo considerada como um segmento rígido no estudo realizado por STURESSON et al (1989).

Sendo assim, a pelve com a parte inferior da coluna vertebral podem ser consideradas como um segmento rígido, permitindo assim observar a orientação da pelve através da orientação do segmento sacral da coluna vertebral.

A variação da orientação da pelve durante a marcha é acompanhada através da orientação de um vetor tangente à curva da coluna vertebral na sua parte inferior, neste caso,

escolhemos o nível de S2 na coluna que corresponde às espinhas ílicas antero superiores (EIAS) na pelve, identificadas com os marcadores bilaterais. O prolongamento deste vetor para cima intercepta e marca um plano virtual horizontal no qual desenha uma figura que representa um ciclo acompanhando a movimentação da pelve durante a marcha. (Fig: 7)

A orientação deste vetor é dada através da 1ª derivada da curva da coluna na região escolhida (S2) em cada instante do ciclo padrão.

Os movimentos deste segmento para frente e para trás representam anteversão e retroversão, respectivamente. Os movimentos para a direita e para a esquerda são as inclinações laterais. (Fig: 8)

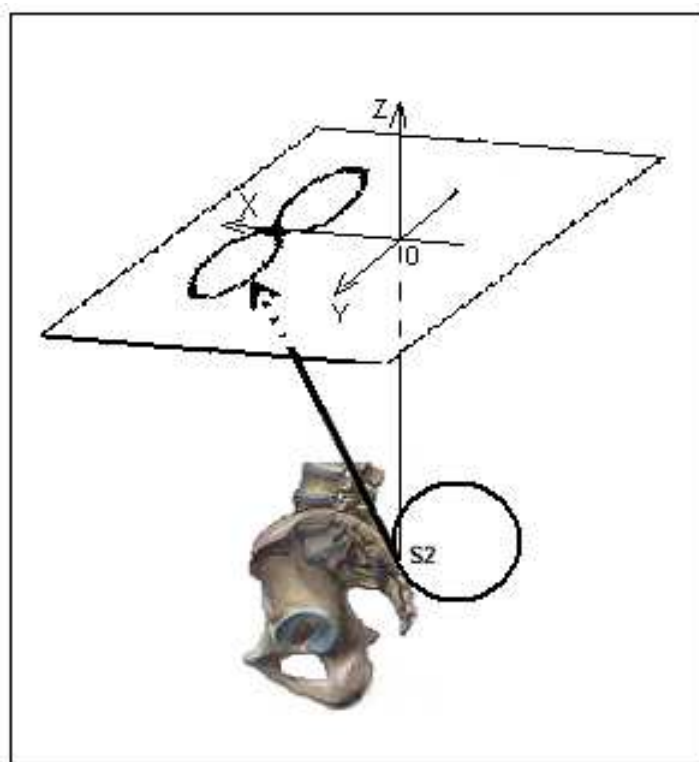


Fig 7: Esquema utilizado para analisar a movimentação da pelve

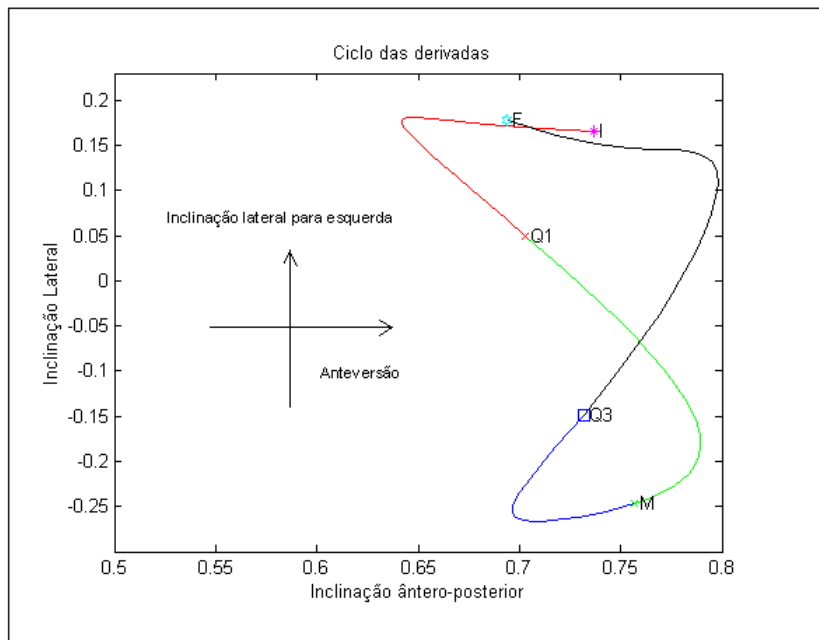


Fig. 8: Representação do ciclo através da movimentação da pelve.

Para análise convencionou-se dividir o ciclo da marcha em quartis indicados nas figuras pelo início do ciclo (I), $\frac{1}{4}$ do ciclo (Q1), a metade do ciclo (M), $\frac{3}{4}$ do ciclo (Q3) e o final do ciclo (F).

Observou-se tanto a posição média do ciclo como seu formato. A posição média é dada pela média dos valores das derivadas que compõem o ciclo e representa a orientação média da coluna em S2 durante o ciclo padrão desta marcha. Esta orientação média permite acompanhar a evolução da inclinação da pelve durante a gestação e após o parto.

4.18 – Normalização de Variáveis

Os dados da massa, circunferência abdominal, curvatura lombar e inclinação do tronco de cada gestante, foram normalizados em relação à média das medidas realizadas antes do parto para que pudessem ser comparados. Assim, para serem normalizados todos os

valores, incluindo os valores obtidos após o parto, foram divididos pela média das medidas realizadas antes do parto. O valor normalizado é adimensional.

A curvatura lombar e os movimentos do tronco apresentaram os valores e as médias negativos, portanto, pela normalização os resultados todos passaram a apresentar valores positivos.

CAPÍTULO 5 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Para cada uma das cinco gestantes foram quantificadas variáveis para estudar a evolução destas ao longo da gestação e após o parto. Frente ao grande volume de dados obtidos para cada voluntária escolhemos ilustrar a aplicação da metodologia com a apresentação detalhada de um caso neste capítulo.

Em seguida, no Capítulo 6, apresentaremos os resultados das demais voluntárias.

Para a apresentação dos resultados convencionou-se denominar as gestantes de G1, G2, G3, G4 e G5 sequencialmente. Para este estudo de caso a voluntária selecionada foi G1. Inicialmente apresentamos um teste de estabilidade da postura estática, em seguida comparamos as curvas da coluna como um todo nas diferentes coletas. Depois apresentamos a evolução das principais variáveis e terminamos o capítulo com a observação da movimentação e orientação da pelve durante a marcha.

5.1 – Estabilidade da Postura Estática

Grande parte dos resultados desta pesquisa foram obtidos estudando as gestantes em posição estática ereta. Para tal escolheu-se um quadro como representando esta postura.

Para verificar a estabilidade da postura da voluntária nesta posição foi feito o levantamento da posição 3D do marcador que representa a vértebra T6 nos quadros antes e depois do quadro escolhido.

O gráfico a seguir mostra a posição da vértebra T6, no plano transversal, durante a 1ª coleta estática em relação a um sistema de coordenadas fixo no laboratório.

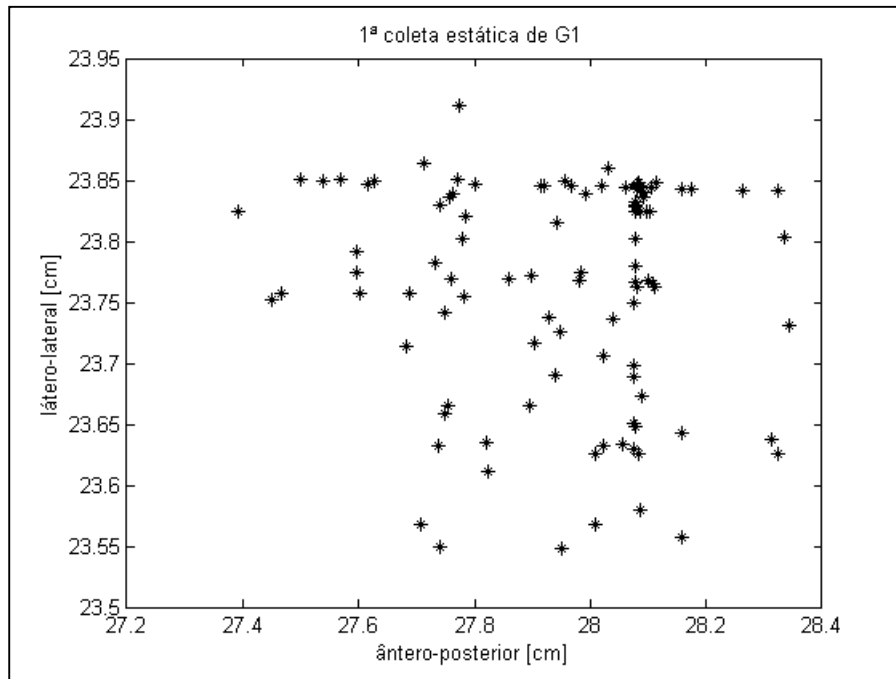


Fig. 9: Posição da vértebra T6 durante a 1ª coleta estática de G1.

A tabela a seguir apresenta o número de quadros analisados em cada uma das coletas, a excursão máxima e a posição média de T6 nas coordenadas ântero-posterior e látero-lateral e também o desvio padrão deste ponto em ambas as coordenadas.

Identificação das coletas	Nº de Quadros	excursão máxima em x [cm]	excursão máxima em y [cm]	Posição Média em x [cm]	Posição Média em y [cm]	Desvio Padrão Δx [cm]	Desvio Padrão Δy [cm]
1 ^a	101	0.95	0.37	27.94	23.76	0.21	0.09
3 ^a	59	0.37	0.1	13.88	23.22	0.09	0.02
4 ^a	91	0.95	0.26	13.06	24.22	0.19	0.06
5 ^a	101	0.67	0.53	1.21	29.45	0.13	0.13

Tabela 1: T6 durante as coletas estáticas de G1

Observa-se que as oscilações sofridas ao nível da vértebra T6 durante todas as coletas estáticas de G1 não chegaram a 1cm na direção ântero-posterior e 0.6 cm na direção látero-lateral. Na posição estática considerada neste estudo, o marcador de T6 tinha a coordenada ântero-posterior 28.1 cm, e látero-lateral 23.8 cm.

5.1.1 – Evolução das curvas da coluna

Para comparar quantitativamente a evolução das curvas da coluna vertebral inteira ao longo do tempo da gestação geramos gráficos nos quais as curvas características das diversas coletas foram sobrepostas. As figuras 10, 11 e 12 a seguir apresentam a projeção, a primeira derivada e a curvatura 2D respectivamente, em função da curva vertical, todas referentes ao plano sagital.

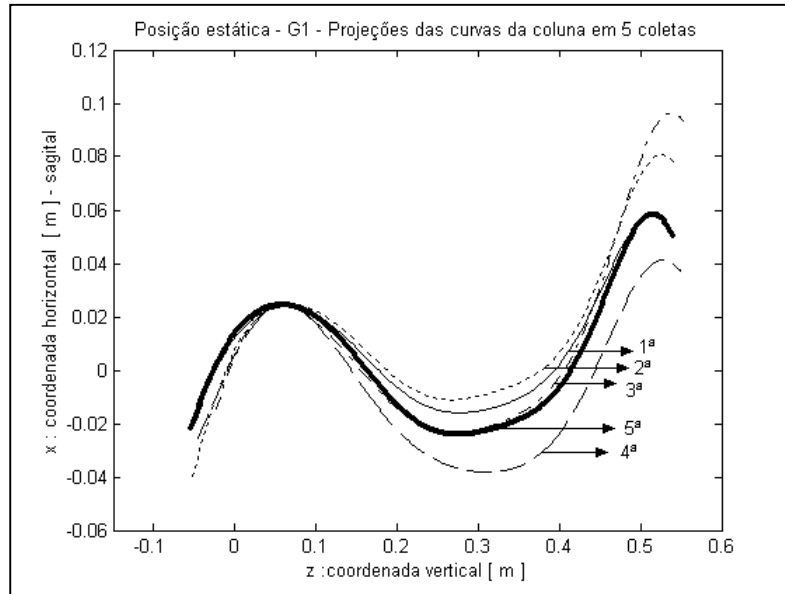


Fig. 10: Projeções das curvas da coluna de G1 nas 5 coletas estáticas.

Na figura 10, das sobreposições das projeções das curvas da coluna, ao longo da gestação notamos a inclinação do tronco para trás até o final da gestação e, após o parto, o retorno para próximo da posição inicial.

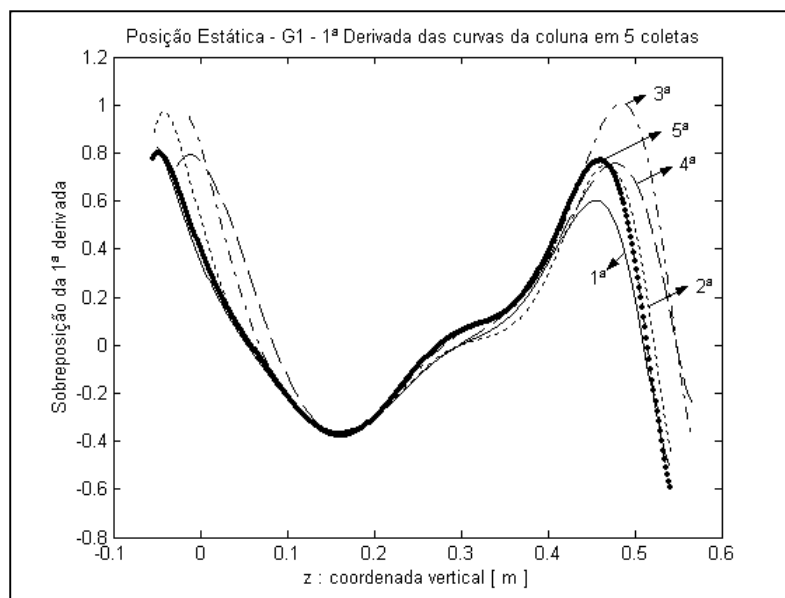


Fig. 11: 1ª derivada das curvas da coluna de G1 nas 5 coletas estáticas.

A figura 11 mostra a evolução da 1ª derivada em relação à coordenada vertical z das curvas da coluna durante o período gestacional e após o parto.

Podemos notar uma acentuação das derivadas na região lombar durante a gestação e um retorno para próximo da posição inicial na 5ª coletas que representa o pós-parto.

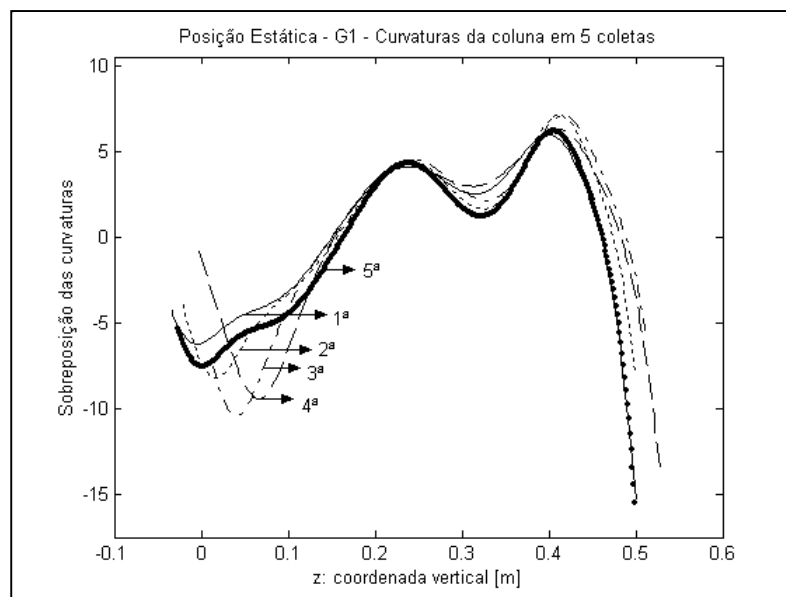


Fig. 12: Curvaturas 2D da coluna de G1 nas 5 coletas estáticas.

Através da sobreposição das curvaturas da coluna podemos observar que durante a gestação houve uma acentuação da curvatura lombar e o deslocamento deste extremo para cima de aproximadamente 5cm.

5.2 – Resultados obtidos para as principais variáveis para G1

A tabela 2 mostra os valores obtidos para as variáveis estudadas, em cada uma das coletas, durante o período gestacional e após o parto. A média destas variáveis foi utilizada para, na tabela 3, realizar a normalização dos dados como explicado no capítulo anterior.

Os valores normalizados das variáveis massa, circunferência abdominal, curvatura lombar e inclinação do tronco estão apresentados na tabela 3.

G1-coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	média	Pós-parto
Meses	3.0	5.5	7.0	9.0	-----	11.0
Massa [kg]	71.0	77.8	82.0	84.8	78.9	71.3
Circunf. Abdominal [cm]	94.0	102.5	112.0	113.0	105.375	94.0
K lombar [m ⁻¹]	-7.0	-8.88	-10.55	-10.00	-9.11	-7.5
Inclinação	-0.12	-0.14	-0.2	-0.32	-0.19	-0.23
Δx T12 [cm]	0.35	-0.25	-0.02	0.76	-----	6.21

Tabela 2: Evolução das variáveis da voluntária G1 durante a gestação e após o parto em valores reais.

G1 - coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	Pós-parto
Meses	3.0	5.5	7.0	9.0	11.0
Massa	0.90	0.99	1.04	1.07	0.90
Circunf. abdominal	0.89	0.97	1.06	1.07	0.89
Curvatura Lombar	0.77	0.97	1.16	1.10	0.82
Inclinação	0.61	0.74	1.03	1.62	1.20

Tabela 3: Evolução das variáveis da voluntária G1 durante a gestação após o parto em valores normalizados.

5.2.1 – Resultados da Massa e Circunferência Abdominal

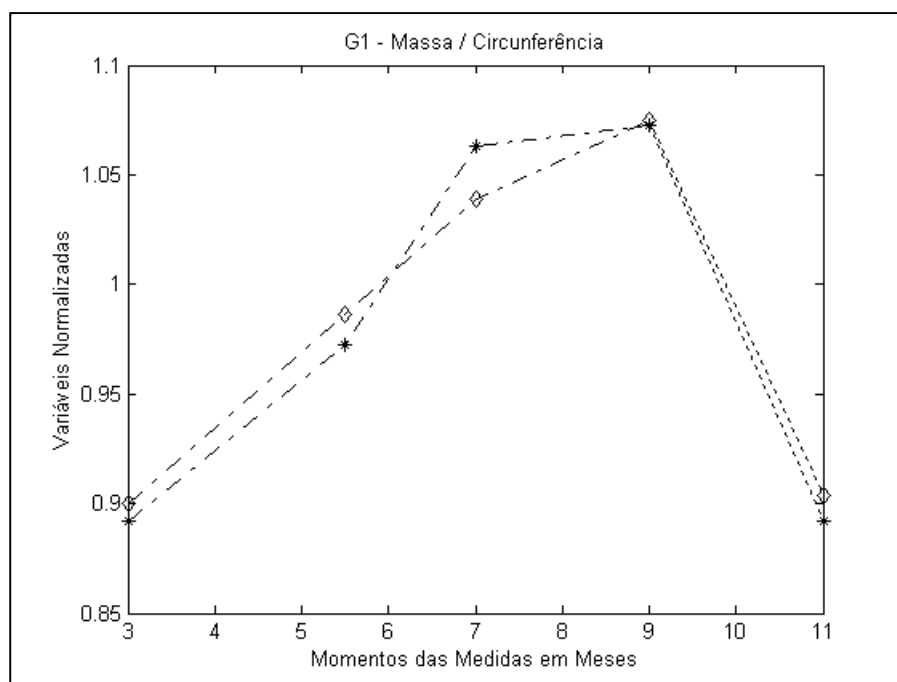


Fig.13: Gráfico representando os resultados obtidos por G1 em relação à massa corpórea (◇) e a circunferência abdominal (*).

Podemos observar um aumento crescente nos valores de massa e de circunferência abdominal em função do mês de gestação. Após o parto os valores de massa e circunferência abdominal retornaram aos valores iniciais. Estes resultados conferem de forma qualitativa com o que encontramos na literatura consultada. (WILLIAMS, 2001; REZENDE, COSLOUKY, 1987; LEON, 1968).

Na tabela 4 temos os valores de correlação linear para massa e para a circunferência abdominal antes do parto. Podemos notar altos valores de correlação linear e um valor de probabilidade dos dados não serem correlacionados de $P < 0.05$.

Voluntária	Número de Medições	Correlação Linear para Massa	Correlação Linear para Circunf. abdominal	Probabilidade para massa e circunf. abdominal
G1	4	0.99	0.96	P<0.05

Tabela 4: Coeficientes de correlação linear da massa e circunferência abdominal e probabilidade dos dados não serem correlacionados.

5.2.2 – Resultados da Curvatura Lombar, Inclinações do Tronco e Deslocamento de T12 em Relação à Base de Sustentação

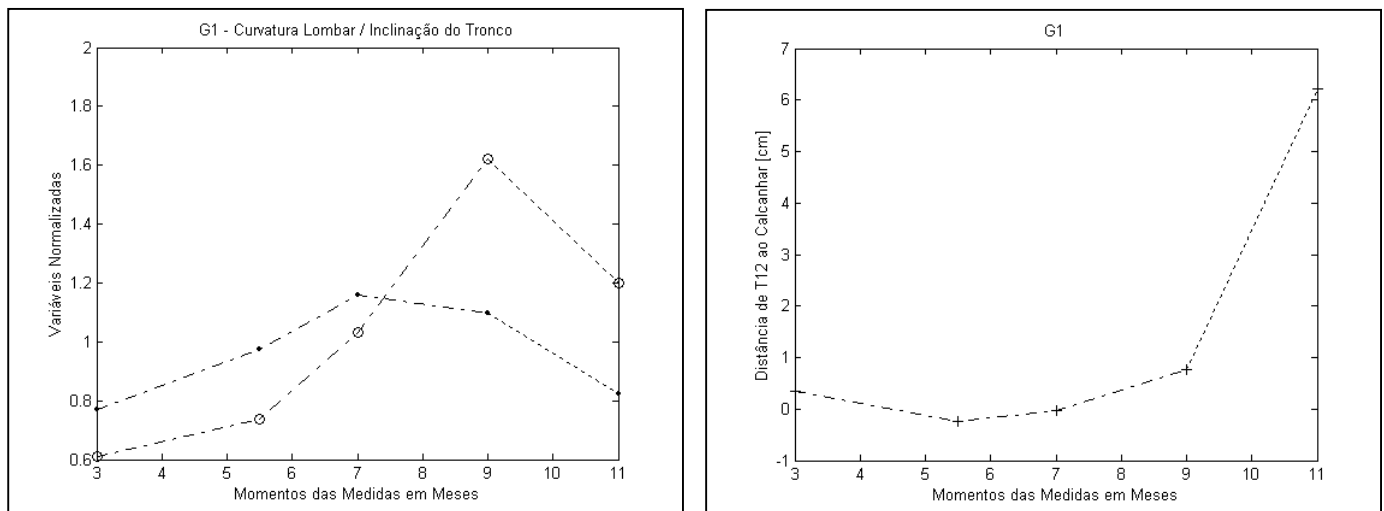


Fig 14: Gráficos apresentando os valores de curvatura lombar (●) , inclinação do tronco (○) e variação da posição de T12 (+) obtidos pela voluntária G1.

A curvatura lombar de G1 apresentou um aumento no decorrer da gestação, sendo que, após o parto a mesma curvatura sofreu uma diminuição, voltando ao estado inicial.

Com relação à inclinação sofrida pelo tronco, G1 apresentou uma inclinação posterior durante a gestação. Após o parto houve um retorno do tronco para frente sem voltar para a situação inicial.

Em relação à base de sustentação, a vértebra T12 da gestante G1 se mostrou estável durante os 9 meses da gravidez e apresentou uma movimentação para frente no pós-parto.

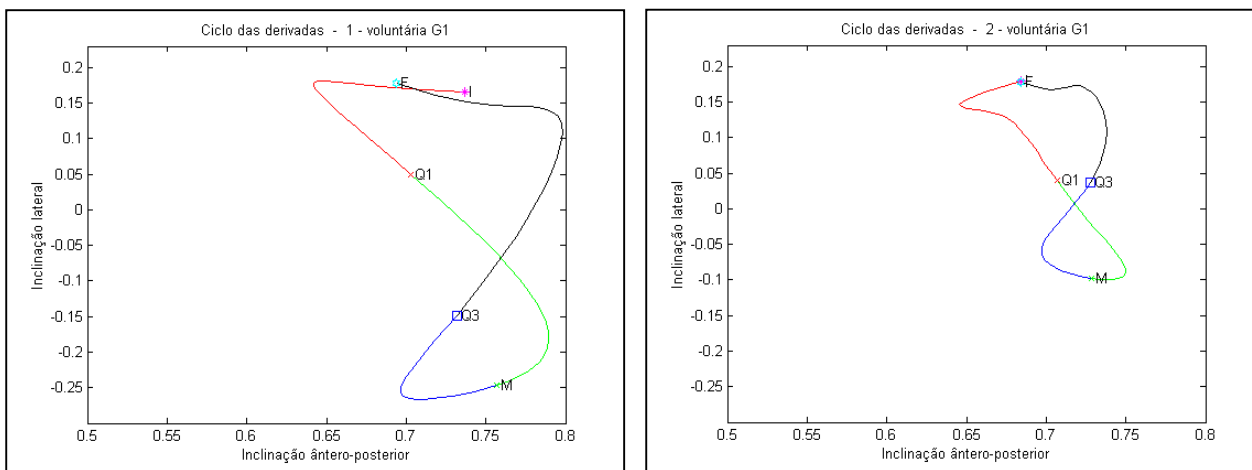
Os dados obtidos pela curvatura lombar e inclinação do tronco são compatíveis qualitativamente com o que consta na literatura consultada. (WILLIAMS, 2001; REZENDE, COSLOUKY, 1987; LEON, 1968) Os resultados do deslocamento de T12 em relação à base de sustentação durante a gestação não mostraram alterações significativas.

5.3 – Resultados da Movimentação e Orientação da Pelve

Para esta análise convencionou-se dividir a passada da marcha em 4 quartis definidos por: início do ciclo (I), 1/4 do ciclo (Q1), a metade do ciclo (M), 3/4 do ciclo (Q3) e o final do ciclo (F), como mostrado no parágrafo 4.17. Convencionamos que o início do ciclo se faz com o contato do pé direito.

Os resultados apresentados foram obtidos a partir da criação de um vetor tangente à coluna em S2, como dito no parágrafo 4.17.

Analizamos a movimentação e a orientação média da pelve durante o ciclo.



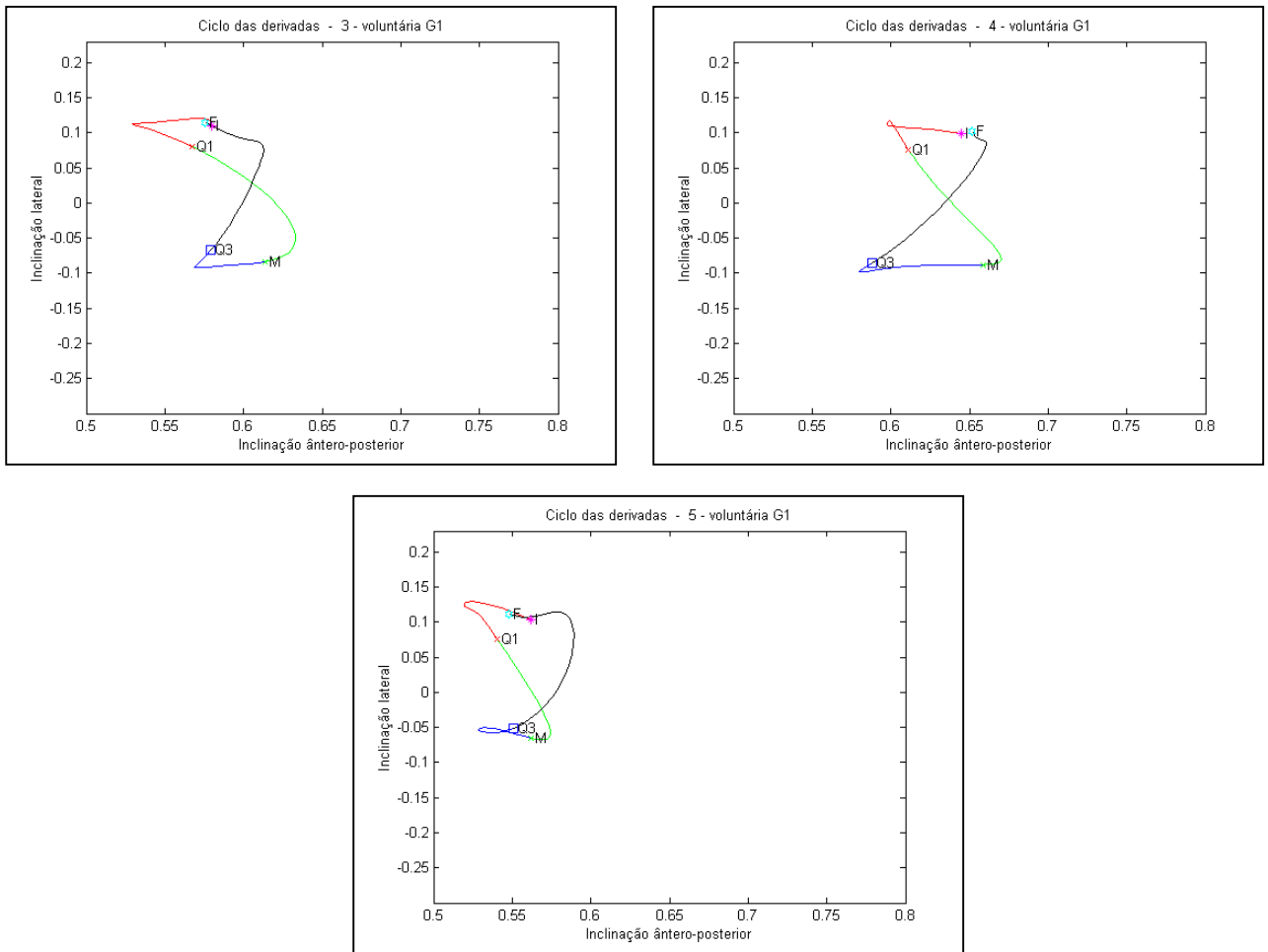


Fig. 15: Ciclos desenhados a partir do vetor tangente à curva da coluna em S2 durante a marcha nos diferentes momentos da gestação de G1.

G1 apresenta uma retroversão da pelve ao início do ciclo durante todo o decorrer da gestação. Após o parto essa retroversão permanece.

Os movimentos da pelve foram amplos durante a primeira medida, havendo uma grande oscilação látero-lateral e ântero-posterior.

Todos os gráficos apresentaram padrões semelhantes de movimento da pelve, no entanto, as oscilações laterais apresentaram amplitudes cada vez menores com o decorrer da gestação.

A tabela 5 apresenta a evolução dos valores médios do ciclo durante o período gestacional e após o parto. Neste caso, podemos notar uma tendência não significativa ($r = -0,8$ e $p \sim 0,2$) à retroversão durante a gestação. As inclinações da pelve para os lados direito e esquerdo também estão demonstradas na mesma tabela e não apontam nenhum efeito relevante.

G1- coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	Pós-parto
Inclinação ântero-posterior	0.73	0.71	0.59	0.63	0.55
Înclinação lateral	-0.04	0.04	0.01	0.01	0.02

Tabela 5: Evolução dos valores médios dos ciclos da pelve da voluntária G1

CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como dito anteriormente, para este trabalho foram analisadas quatro variáveis representativas de possíveis estratégias adotadas pelo corpo das gestantes no decorrer da gestação devido ao aumento de peso. As variáveis analisadas foram a curvatura lombar, a inclinação do tronco, o deslocamento do tronco em relação à base de sustentação e a orientação e movimentação da pelve durante a marcha. As variáveis obtidas no plano frontal não mostraram evolução significativa durante o período de gestação, por este motivo não serão apresentados.

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos pelas gestantes G2, G3, G4 e G5. Os dados obtidos por G1 não serão apresentados aqui por já terem sido comentados anteriormente.

Foram criadas tabelas que representam, ao longo da gestação, os valores de massa, circunferência abdominal, curvatura lombar, inclinação do tronco, e o deslocamento (Δx) de T12 em relação à base de sustentação. Os valores das tabelas foram utilizados para construção dos gráficos apresentados em seguida. Como citado no parágrafo 4.18, para facilitar a visualização dos dados também criamos tabelas com valores dos dados normalizados para massa, circunferência abdominal, curvatura lombar, inclinação do tronco.

6.1 – Resultados em Valores Reais e Normalizados

G2-coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	médias	Pós-parto
Meses	2.5	5.0	7.0	8.5	-----	11.0
Massa [kg]	83.0	88.0	90.0	94.0	88.75	83.4
Circunf. Abdominal [cm]	99.0	104.0	108.0	111.0	105.5	105.5
K lombar [m ⁻¹]	-7.2	-6.34	-7.0	-7.5	-7.01	-7.8
Inclinação	-0.18	-0.16	-0.19	-0.22	-0.19	-0.15
Δx T12 [cm]	-3.91	-4.29	2.18	-2.47	-----	-6.89

Tabela 6: Evolução das variáveis da voluntária G2 durante a gestação e após o parto em valores reais.

G2 - coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	Pós-parto
Meses	2.5	5.0	7.0	8.5	11.0
Massa	0.94	0.99	1.01	1.06	0.94
Circunf. abdominal	0.94	0.99	1.02	1.05	1
Curvatura lombar	1.03	0.90	0.10	1.07	1.11
Inclinação	0.97	0.85	1.02	1.17	0.79

Tabela 7: Evolução das variáveis normalizadas da voluntária G2 durante a gestação e após o parto.

G3-coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	médias	Pós-parto
Meses	2.0	4.0	5.5	8.0	-----	11.0
Massa [kg]	62.5	65.5	68.0	76.5	68.125	67.1
Circunf. Abdominal [cm]	83.5	91.0	94.5	105.0	93.5	90.0
K lombar [m ⁻¹]	-12.74	-14.6	-16.8	-15.9	-15.01	-13.6
Inclinação	-0.15	-0.23	-0.23	-0.19	-0.2	-0.17
Δx T12 [cm]	-1.65	0.78	1.38	0.27	-----	-4.20

Tabela 8: Evolução das variáveis da voluntária G3 durante a gestação e após o parto em valores reais.

G3 - coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	Pós-parto
Meses	2.0	4.0	5.5	8.0	11.0
Massa	0.92	0.96	0.10	1.12	0.99
Circunf. abdominal	0.89	0.97	1.01	1.12	0.96
Curvatura lombar	0.85	0.97	1.12	1.06	0.91
Inclinação	0.76	1.17	1.14	0.93	0.83

Tabela 9: Evolução das variáveis normalizadas da voluntária G3 durante a gestação e após o parto.

G4-coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	médias	Pós-parto
Meses	2.0	4.5	6.0	9.0	-----	11.0
Massa [kg]	75.0	78.0	81.5	84.0	79.63	75.0
Circunf. Abdominal [cm]	89.0	100.0	102.5	108.0	99.88	92.0
K lombar [m ⁻¹]	-5.1	-4.53	-5.56	-7.25	-5.61	-6.0
Inclinação	-0.09	-0.10	-0.15	-0.10	-0.11	-0.15
Δx T12 [cm]	-2.13	-2.65	-2.88	-2.73	-----	-7.32

Tabela 10: Evolução das variáveis da voluntária G4 durante a gestação e após o parto em valores reais.

G4 - coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	Pós-parto
Meses	2.0	4.5	6.0	9.0	11.0
Massa	0.94	0.98	1.02	1.06	0.94
Circunf. abdominal	0.89	1.00	1.03	1.08	0.92
Curvatura lombar	0.91	0.81	0.99	1.29	1.07
Inclinação	0.78	0.90	1.35	0.97	1.42

Tabela 11: Evolução das variáveis normalizadas da voluntária G4 durante a gestação e após o parto.

G5-coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	médias	Pós-parto
Meses	3.0	5.0	8.0	-----	11.0
Massa [kg]	68.5	73.2	76.3	72.67	68.0
Circunf. Abdominal [cm]	101.0	111.0	113.0	108.33	107.0
K lombar [m ⁻¹]	-9.0	-9.5	-9.5	-9.33	-11.3
Inclinação	-0.11	-0.08	-0.09	-0.10	-0.14
Δx T12 [cm]	0.32	-1.15	-5.12	-----	0.66

Tabela 12: Evolução das variáveis da voluntária G5 durante a gestação e após o parto em valores reais.

G5 - coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Pós-parto
Meses	3.0	5.0	8.0	11.0
Massa	0.94	1.01	1.05	0.94
Circunf. abdominal	0.93	1.03	1.04	0.99
Curvatura lombar	0.96	1.02	1.02	1.21
Inclinação	1.16	0.87	0.98	1.46

Tabela 13: Evolução das variáveis normalizadas da voluntária G5 durante a gestação e após o parto.

Para visualizarmos a evolução dos dados coletados ao longo do tempo de gestação e no pós-parto (11º mês) apresentamos os resultados na forma de gráficos. As variáveis representadas em função do tempo são, para cada gestante: massa, circunferência, curvatura lombar e inclinação do tronco, normalizadas, e variação da localização de T12 em relação à base de sustentação.

Nos gráficos a seguir os resultados das 4 ou 5 medidas de uma mesma grandeza foram ligadas por segmentos de reta tracejados, que tem como única finalidade facilitar a leitura e o acompanhamento dos valores no tempo.

Para todos os gráficos usamos os seguintes símbolos:

*	Circunferência Abdominal
◇	Massa do Corpo
○	Inclinação do Tronco
●	Curvatura Lombar
+	Variação na Posição de T12
- - - -	Período Gestacional (entre as medidas)
.....	Período Após o Parto (entre as medidas)

Legenda 1 : Símbolos utilizados nos gráficos de resultados.

6.2 – Apresentação dos Resultados da Massa e Circunferência Abdominal

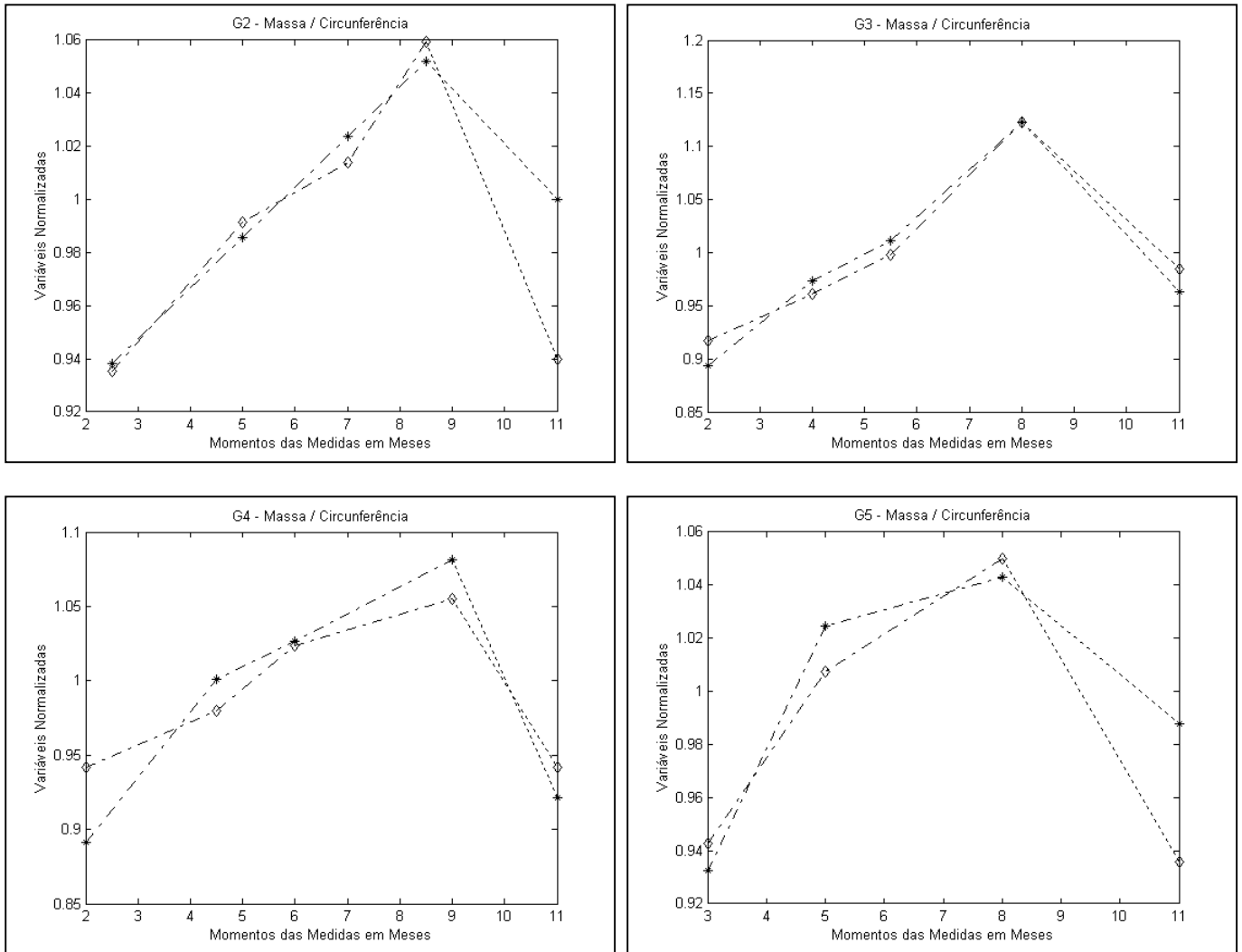


Fig.16: Gráficos representando os resultados obtidos por todas as gestantes em relação à massa corpórea (◇) e a circunferência abdominal (*).

Em todas as gestantes observamos aumentos já esperados nos valores da massa e da circunferência abdominal em função do mês de gestação. Após o parto os valores de massa e circunferência retornaram aos valores iniciais ou próximo deles. Estes resultados confirmam o que encontramos na literatura consultada. (WILLIAMS, 2001; REZENDE, COSLOUKY, 1987; LEON, 1968).

Nas tabelas a seguir podemos constatar que os resultados obtidos durante o período gestacional têm altos coeficientes de correlação linear.

Voluntárias	Número de Medições	Correlação Linear para Massa	Probabilidade
G2	4	0.98	P<0.05
G3	4	0.97	P<0.05
G4	4	0.98	P<0.05
G5	3	0.97	P<0.05

Tabela 14: Coeficientes de correlação linear da massa e probabilidade dos dados não serem correlacionados.

Voluntárias	Número de Medições	Correlação Linear para Circunferência	Probabilidade
G2	4	1.0	P<0.05
G3	4	0.99	P<0.05
G4	4	0.96	P<0.05
G5	3	0.88	P~0.1

Tab

ela 15: Coeficiente de correlação linear da circunferência e probabilidade dos dados não serem correlacionados.

6.3 – Evolução dos Resultados da Curvatura Lombar, Inclinações do Tronco e Deslocamento de T12 em Relação à Base de Sustentação

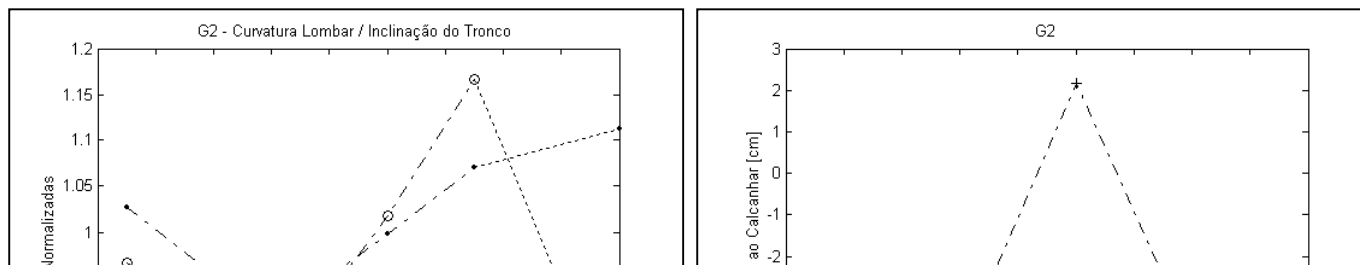


Fig 17: Gráficos apresentando os valores de curvatura lombar (●), inclinação do tronco (◊) e variação da posição de T12 (+) obtidos pela voluntária G2.

A gestante G2 apresentou uma acentuação da curvatura lombar durante a 2ª metade da gestação e após o parto. A acentuação da curvatura lombar após o parto não acompanha o que diz a literatura médica.

Com relação à inclinação do tronco, houve uma inclinação posterior durante a 2ª metade da gestação. Após o parto a inclinação do tronco foi anterior.

O gráfico de localização de T12 mostra um pico isolado de deslocamento anterior no 7º mês de gestação seguido por deslocamentos posteriores até o final da gestação e após o parto. No entanto, o movimento posterior de T12 no final da gestação apresentou valor menor que o valor do início da gestação, o que mostra que o movimento de T12, até o final da gestação, se manteve para frente.

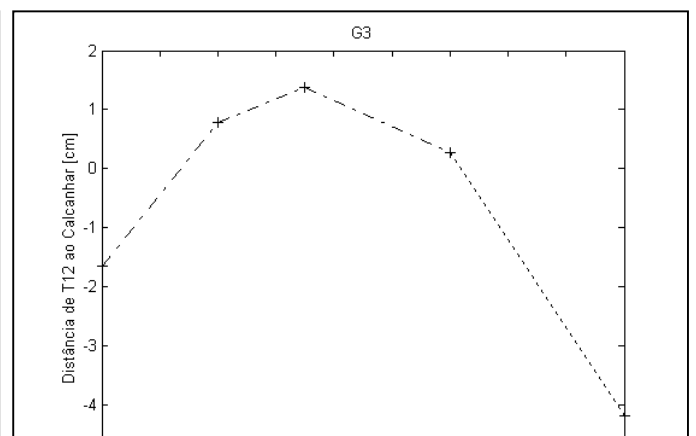
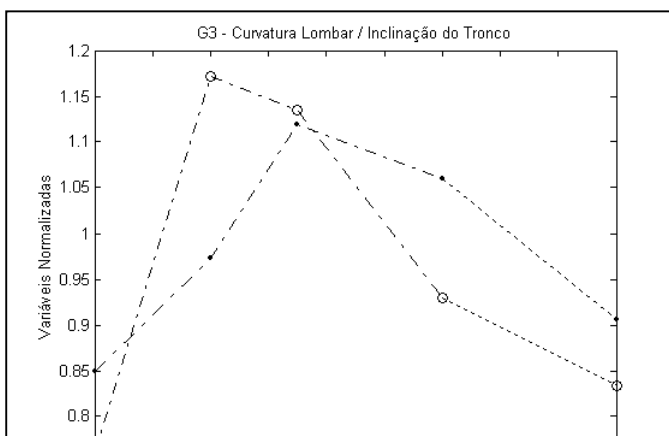


Fig 18: Gráficos apresentando os valores de curvatura lombar (●), inclinação do tronco (◊) e variação da posição de T12 (+) obtidos pela voluntária G3.

G3 apresentou uma acentuação da curvatura lombar intensa até o 6º mês de gestação. A partir desse momento passou a haver uma diminuição da curvatura lombar até o final da gestação e após o parto. O valor de curvatura obtido ao final da gestação não atingiu o valor do início da gestação, o que nos mostra que a curvatura lombar se manteve acentuada. Este retorno na acentuação da curvatura lombar a partir do 6º mês de gestação pode estar relacionado com o fato de G3 já apresentar valores muito altos de curvatura na 2ª coleta.

O tronco apresenta uma forte inclinação para trás até o 4º mês de gestação, a partir de então, começou a inclinar-se para frente. Os valores obtidos no final da gestação e após o parto não chegaram aos valores do início da gestação, o que mostra que o tronco manteve-se inclinado para trás. Esta inclinação para frente também pode estar relacionada com o fato de G3 apresentar valores altos de inclinação durante a 2ª coleta.

O gráfico de deslocamento de T12 mostra que até o 6º mês de gestação G3 apresentou um deslocamento anterior de T12, após o 6º mês houve uma movimentação posterior de T12 inclusive no pós-parto.

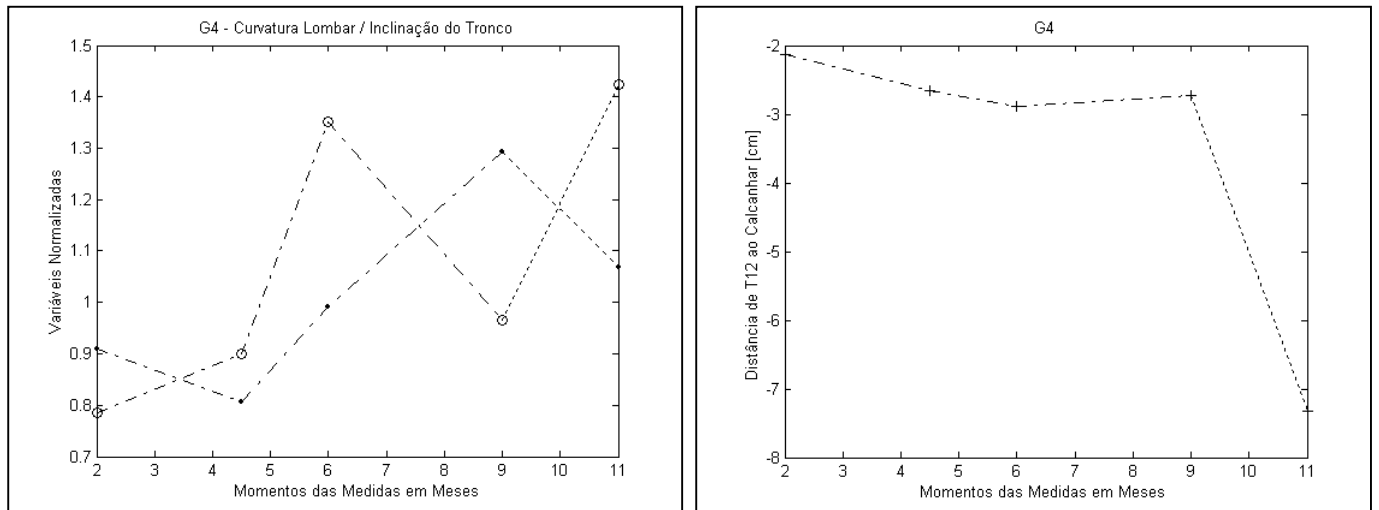


Fig 19: Gráficos apresentando os valores de curvatura lombar (●), inclinação do tronco (○) e variação da posição de T12 (+) obtidos pela voluntária G4.

A curvatura lombar da gestante G4 sofreu uma acentuação durante a 2ª metade da gestação. Após o parto houve uma diminuição da curvatura. O valor da curvatura após o parto não retornou ao valor obtido no início da gestação, o que mostra que a curvatura manteve-se acentuada.

Com relação à inclinação do tronco houve uma inclinação para trás, até o 6º mês de gestação. Após este período o tronco apresentou oscilações para frente e para trás, no entanto estas oscilações não apresentaram valores próximos ao do início da gestação, o que nos indica que houve uma inclinação posterior do tronco, inclusive após o parto.

Com relação ao deslocamento de T12 durante a gestação os valores não foram significativos. Após o parto T12 apresentou uma movimentação para trás.

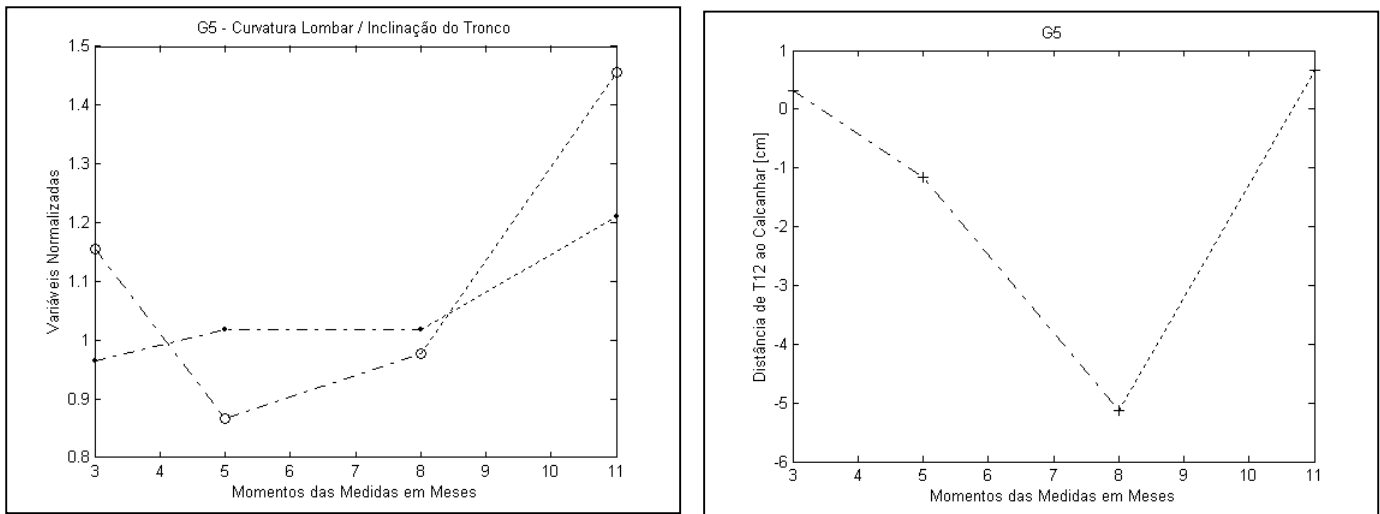


Fig 20: Gráficos apresentando os valores de curvatura lombar (●), inclinação do tronco (○) e variação da posição de T12 (+) obtidos pela voluntária G5.

G5 não apresentou alterações significativas na curvatura lombar durante a gestação, após o parto houve uma acentuação da curvatura.

Com relação à inclinação do tronco, houve uma inclinação para trás, na segunda metade da gestação e após o parto.

G5 apresentou um deslocamento posterior de T12 durante a gestação. Após o parto uma movimentação anterior

6.4 – Evolução das variáveis estudadas considerando as cinco gestantes

Os gráficos a seguir resumem e apresentam em forma de “box plots” a evolução das variáveis estudadas considerando as cinco gestantes.

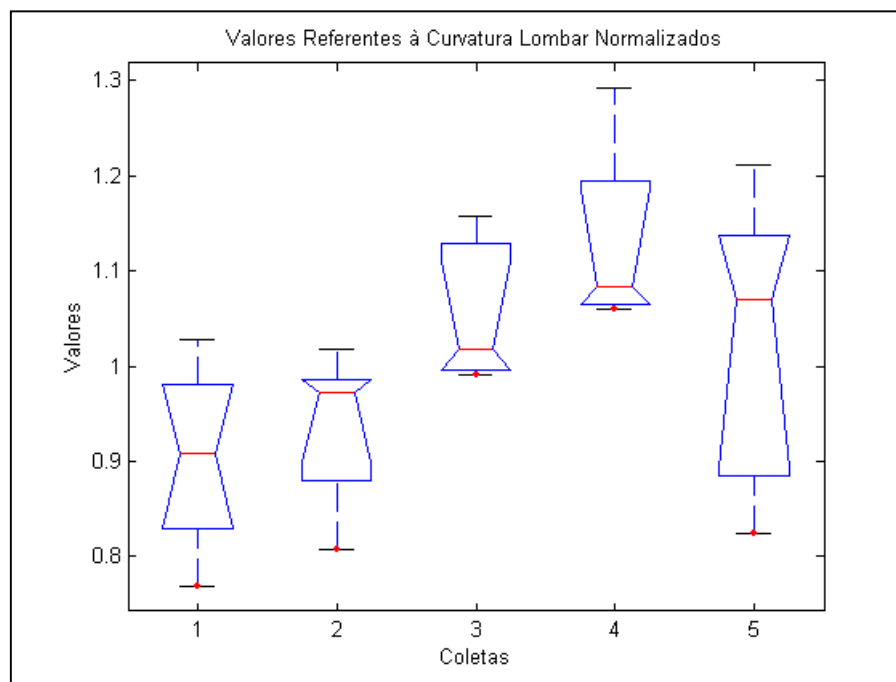


Fig.21: “Box plot” dos valores referentes às modificações da curvatura lombar da coluna vertebral de todas as gestantes nas cinco coletas realizadas.

Os “Box plots” apresentam as medianas e os quartis das curvaturas lombares de todas as gestantes em cada um dos momentos de coletas de dados. Este gráfico confirma que o grupo de gestantes apresentara uma acentuação da curvatura lombar no decorrer da gestação e, uma tendência à diminuição após o parto. O índice de correlação se mostra significativo, com $r=0.95$ e $p<0.05$.

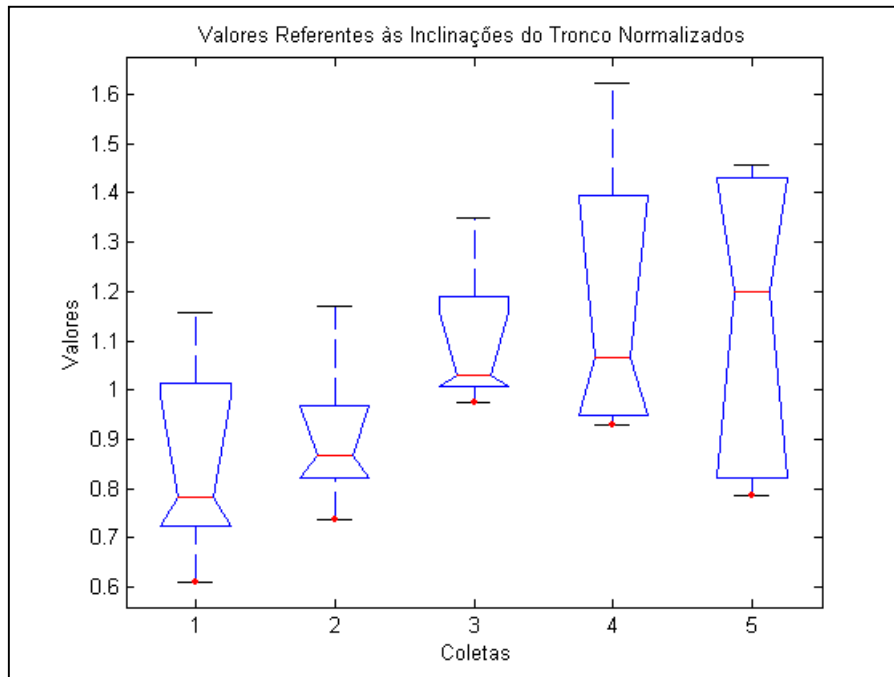


Fig. 22: “Box plot” dos valores referentes à inclinação do tronco de todas as gestantes nas cinco coletas realizadas.

A Figura 22 mostra que houve uma inclinação posterior do tronco realizada pelo grupo de gestantes durante a gestação. O índice de correlação apresentou-se significativo com $r=0.99$ e $p<0.05$.

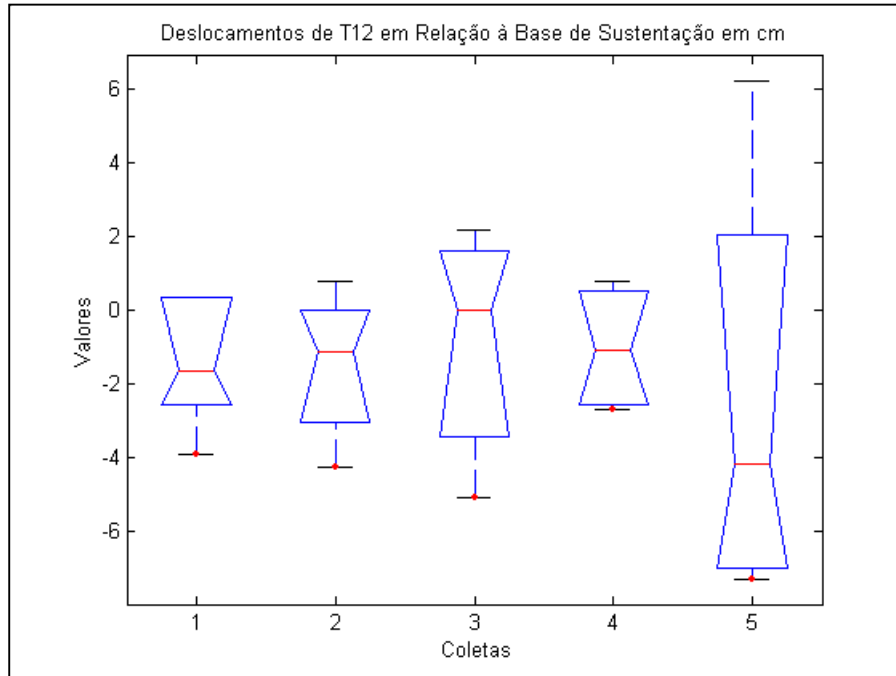


Fig. 23: “Box plot” dos deslocamentos de T12 em relação à base de sustentação de todas as gestantes nas cinco coletas realizadas.

O gráfico dos deslocamentos de T12 em relação à base de sustentação mostra que os resultados não foram significativos, e, portanto, esta não é apontada como uma estratégia utilizada pelo corpo das gestantes para compensar as modificações sofridas durante a gestação.

6.5 – Resultados da Movimentação e Orientação da Pelve

A movimentação da pelve durante a marcha foi estudada como sendo mais uma possível compensação do corpo das gestantes para as mudanças ocorridas durante a gestação.

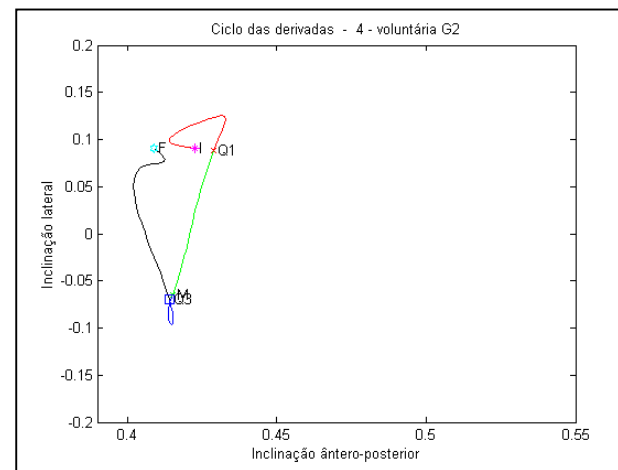
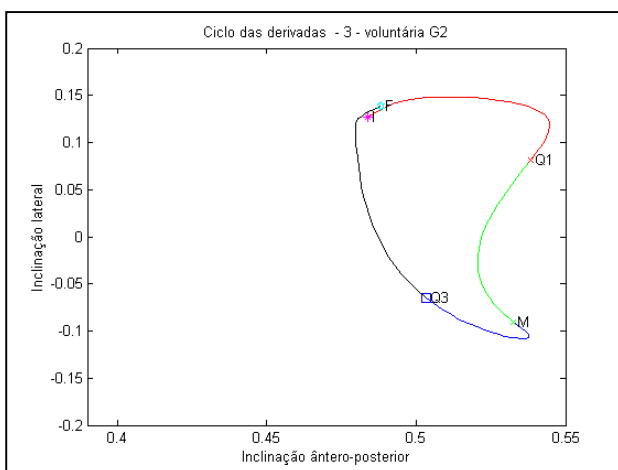
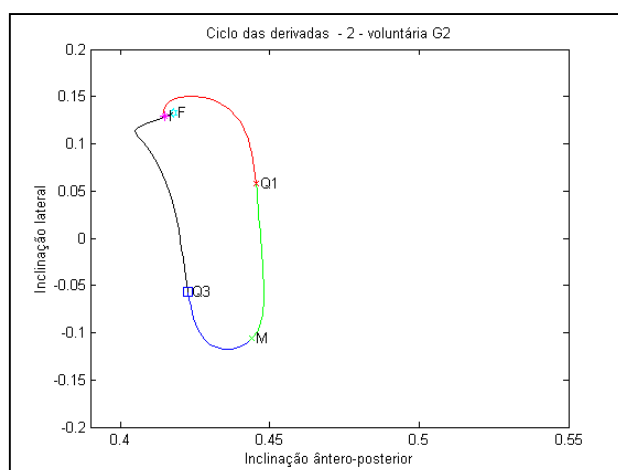
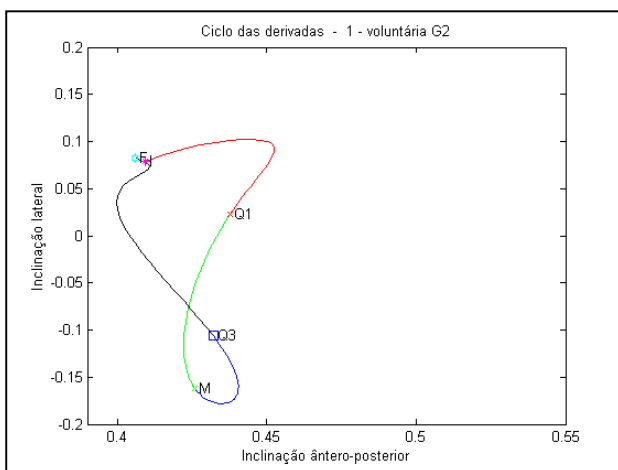
Lembramos que os movimentos da pelve foram estudados a partir do vetor tangente à coluna vertebral na altura da vértebra S2.

Para esta análise convencionou-se dividir a passada da marcha em 4 quartis definidos por: início do ciclo (I) no instante do toque do pé direito, 1/4 do ciclo (Q1), a metade do ciclo (M), 3/4 do ciclo (Q3) e o final do ciclo (F), como mostrado no parágrafo 4.17.

Os dados mencionados foram expressos em gráficos e tabelas apresentados a seguir.

6.5.1 – Resultados apresentados por G2

G2 iniciou o ciclo com uma anteversão da pelve durante toda a gestação e após o parto. As inclinações laterais se mantiveram semelhantes em todas as coletas.



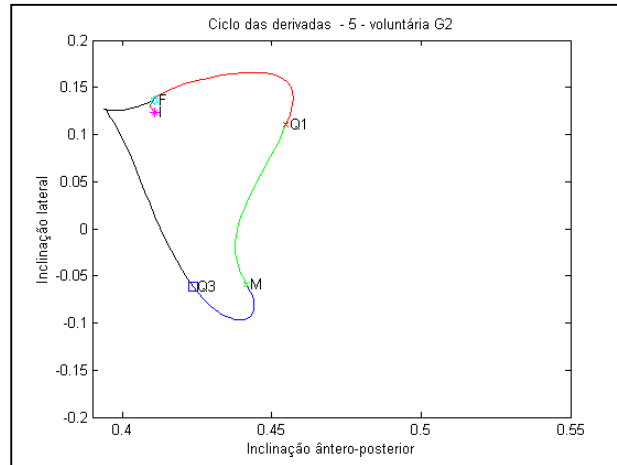


Fig. 24: Ciclos desenhados a partir do vetor tangente à curva da coluna em S2 durante a marcha nos diferentes momentos da gestação de G2.

G2 - coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	Pós-parto
Inclinação ântero-posterior	0.4280	0.4311	0.5158	0.4170	0.4304
Înclinação lateral	-0.0382	0.0100	0.0183	0.0136	0.0363

Tabela 16: Valores das inclinações da pelve da voluntária G2.

6.5.2 – Resultados apresentados por G3

G3 inicia o ciclo com uma retroversão da pelve por toda a gestação e após o parto. O primeiro ciclo apresentou oscilações laterais da pelve com maiores amplitudes.

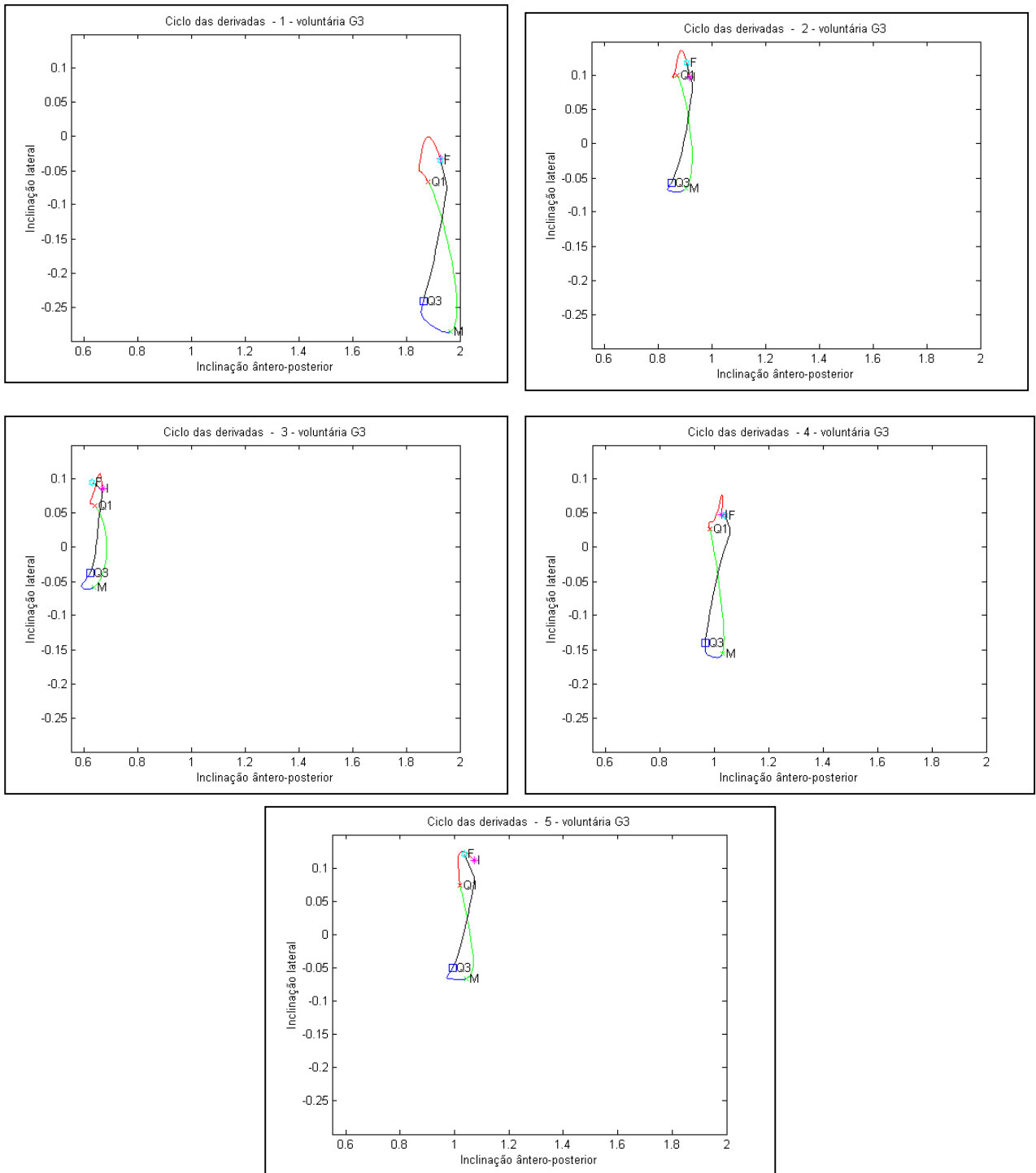


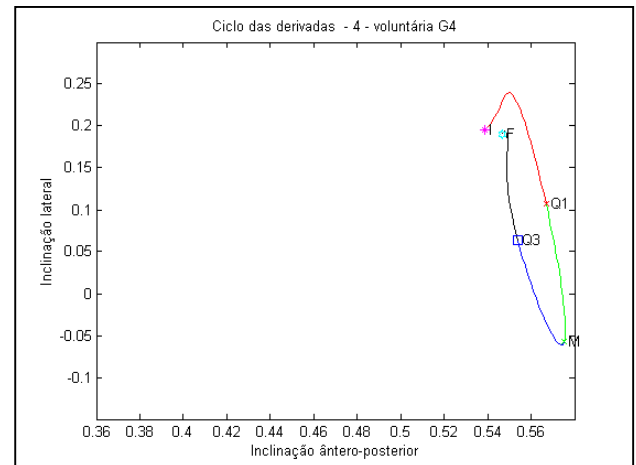
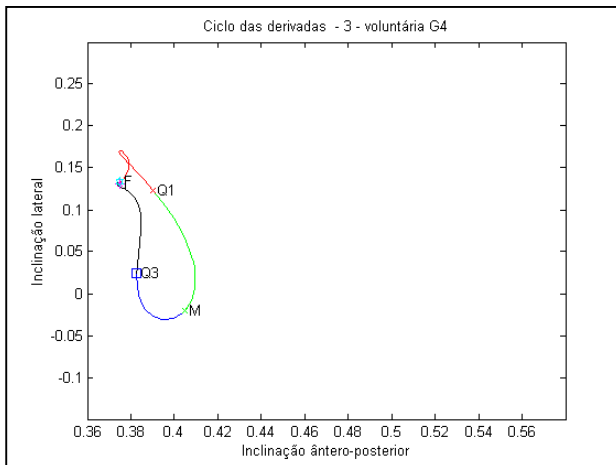
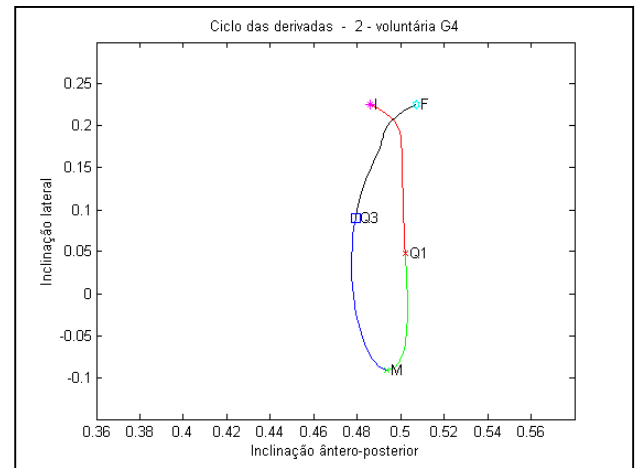
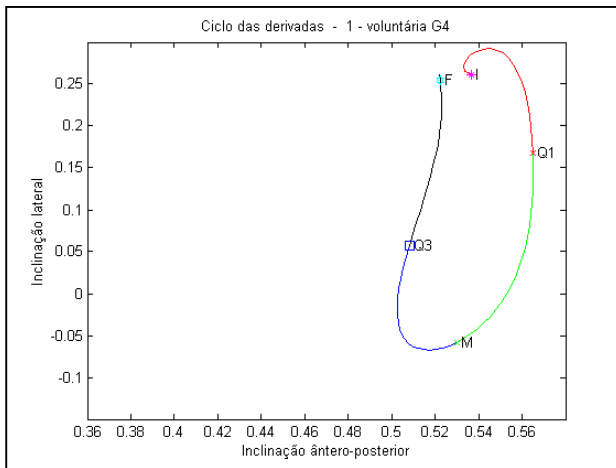
Fig. 25: Ciclos desenhados a partir do vetor tangente à curva da coluna em S2 durante a marcha nos diferentes momentos da gestação de G3.

G3 - coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	Pós-parto
Inclinação ântero-posterior	1.9094	0.8834	0.6389	1.0052	1.0281
Înclinação lateral	-0.1587	0.0226	0.0137	-0.0564	0.0159

Tabela 17: Valores das inclinações da pelve da voluntária G3.

6.5.3 – Resultados apresentados por G4

G4 apresentou uma anteversão da pelve durante o ciclo da marcha por toda a gestação. Após o parto, houve uma retroversão.



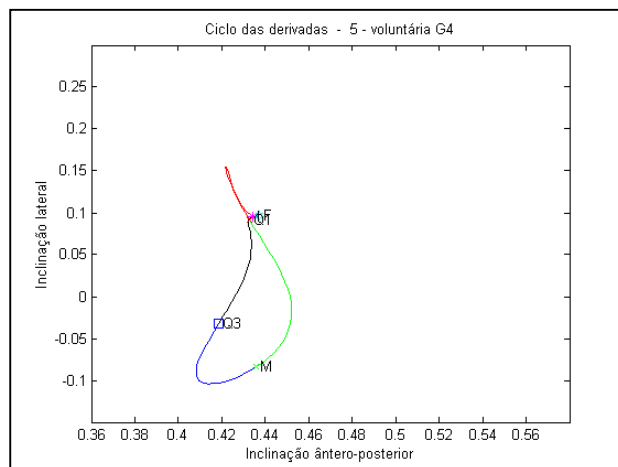


Fig. 26: Ciclos desenhados a partir do vetor tangente à curva da coluna em S2 durante a marcha nos diferentes momentos da gestação de G4.

G4 - coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	Pós-parto
Inclinação ântero-posterior	0.5332	0.4930	0.3887	0.5607	0.4295
Înclinação lateral	0.1128	0.0640	0.0692	0.0830	0.0226

Tabela 18: Valores das inclinações da pelve da voluntária G4.

6.5.4 – Resultados apresentados por G5

G5 apresentou retroversão da pelve durante toda a gestação e após o parto, assim como G1 e G3. As oscilações laterais da pelve se mantiveram amplas durante todas as medidas.

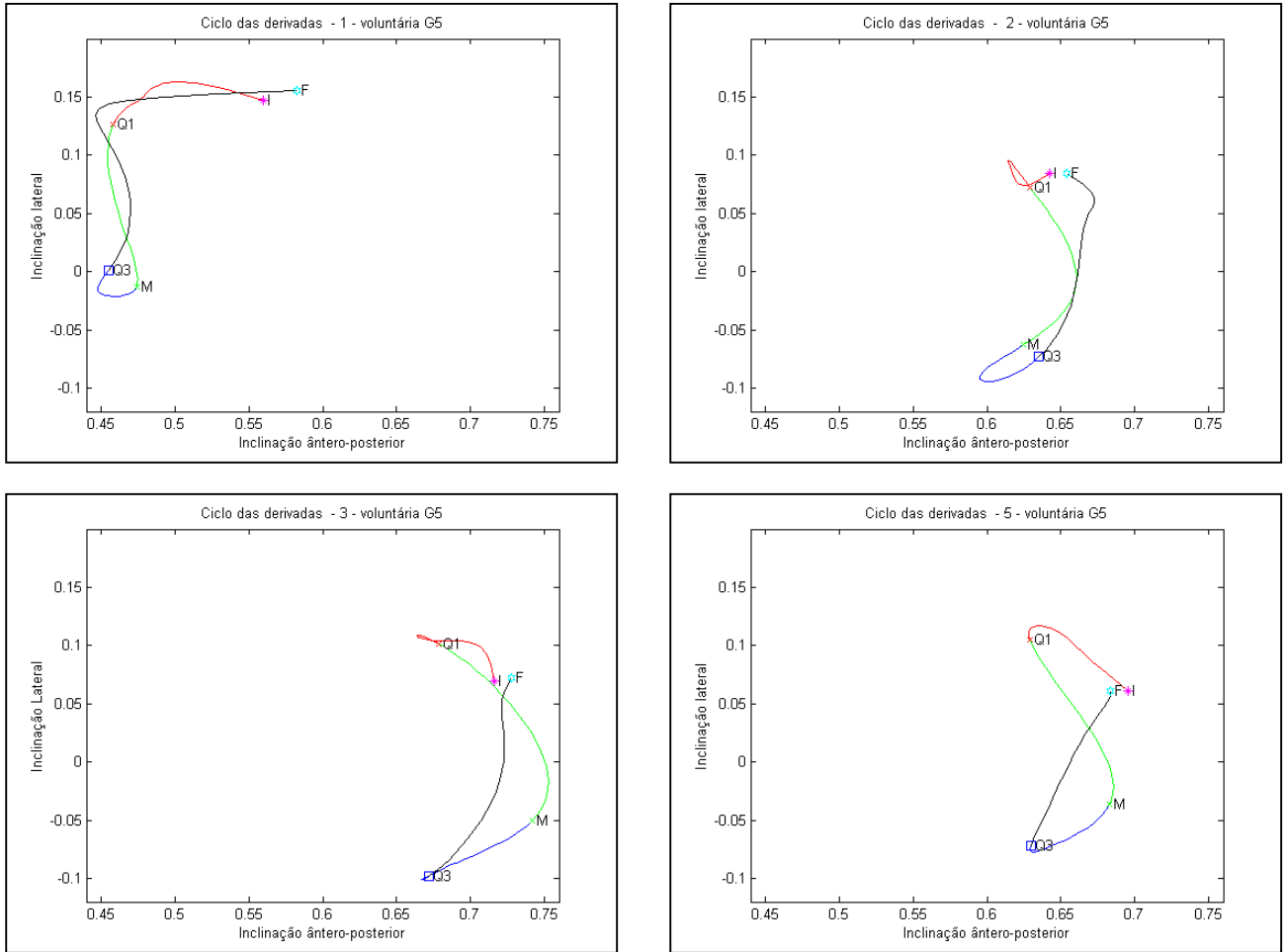


Fig. 27: Ciclos desenhados a partir do vetor tangente à curva da coluna em S2 durante a marcha nos diferentes momentos da gestação de G5.

G5 - coletas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Pós-parto
Inclinação ântero-posterior	0.4691	0.6355	0.7037	0.6547
Inclinação lateral	0.0678	0.0029	0.0053	0.0164

Tabela 19: Valores das inclinações da pelve da voluntária G5.

A figura a seguir mostra a orientação da pelve das cinco gestantes durante o decorrer da gestação e após o parto.

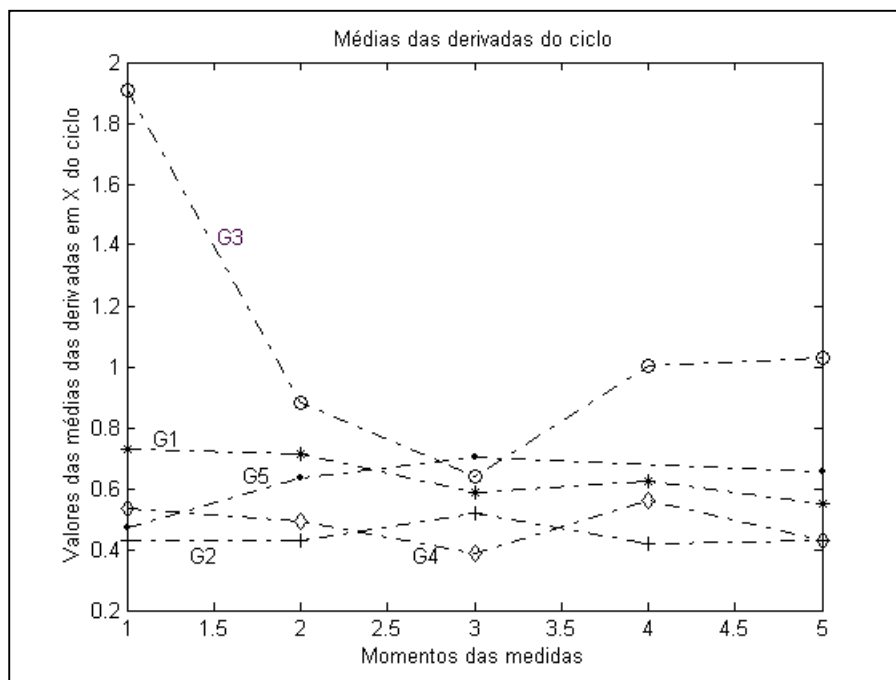


Fig. 28: Gráfico das medidas das derivadas do ciclo de todas as gestantes a cada uma das coletas de dados.

Como observamos na figura 28, as gestantes não apresentaram adaptações significativas da orientação média da pelve. Apenas G3 apresentou uma retroversão acentuada até o terceiro momento da coleta de dados. Isto indica que a orientação da pelve não parece estratégia para as compensações dos efeitos do aumento de peso localizado durante a gestação.

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Confirmando o que já se sabe, duas grandes modificações sofridas pelo corpo da gestante são em relação à massa e a circunferência abdominal, tanto que pudemos confirmar que todas as gestantes obtiveram um ganho destes valores no decorrer da gestação e, após o parto, todas tiveram uma diminuição dos valores de massa e circunferência abdominal. Algumas gestantes retornaram aos valores iguais aos do início da gestação, outras mantiveram valores próximos aos do início. Isto confirma o que diz a literatura médica.(WILLIAMS, 2001; REZENDE, COSLOUKY ,1987; LEON, 1968).

Como dito anteriormente, neste trabalho estudamos possíveis estratégias utilizadas pelo corpo das gestantes para compensar as modificações ocorridas durante a gestação.

Com relação às modificações das curvaturas da coluna, as gestantes G1, G2, G3 e G4 apresentaram uma acentuação da curva da coluna na região lombar, pelo menos durante a 2ª metade da gestação. A gestante G5 não apresentou modificações significativas. Após o parto as gestantes G1, G3 e G4 tiveram uma diminuição desta curvatura, enquanto que as gestantes G2 e G5 apresentaram um aumento da curvatura lombar. Estes resultados mostraram-se qualitativamente semelhantes ao que temos na literatura médica. (WILLIAMS, 2001; REZENDE, COSLOUKY ,1987; LEON, 1968).

Quanto à inclinação do tronco, todas as gestantes mostraram inclinações para trás pelo menos na 2ª metade da gestação. Após o parto, as gestantes apresentaram comportamentos variados para a inclinação do tronco, G1, G2 e G3 voltaram o tronco para frente, enquanto que as demais, G4 e G5, inclinaram o tronco para trás.

Com relação ao deslocamento de T12 a base de sustentação, G1 e G4 não apresentaram deslocamentos significativos durante a gestação. G3 e G5 deslocaram-se para trás, e G2 deslocou-se para frente. Assim como ocorrido na inclinação do tronco, após o parto, o deslocamento de T12 apresentou variações de comportamento, onde G1 e G5 deslocaram-se para frente e G2, G3 e G4 deslocaram T12 para trás.

Outra possível estratégia analisada ocorreria na movimentação e orientação da pelve durante a marcha, onde notamos que os resultados não foram significativos.

Assim confirmamos que somente duas das estratégias testadas foram utilizadas pelas gestantes que são a acentuação da curvatura lombar e a inclinação do tronco para trás. No entanto, pelo pequeno número de voluntárias não temos estatística suficiente para afirmarmos se estas estratégias são realmente utilizadas pelo corpo de toda gestante.

Constatamos ainda que a metodologia empregada é adequada e eficiente, mas que a variabilidade dos dados é grande. Por isso o número de gestantes analisadas deverá ser aumentado no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL – AZIZ, Y. I. e KARARA, H. M.. **Photogrammetric Potential of Non-metric Câmeras**. Univ. Illinois at Urbana-Champaign, Civil Eng. Studies, Photogrammetric Series 36, 1974.

ASTRAUD, Per Olof; RODAHL, K. **Tratado de Fisiologia do Exercício**, Ed. Tuteramericana, 2 ed., RJ, p. 8 - 258, 1980.

BARROS, R.M.L. et al. Desenvolvimento e Avaliação de um Sistema para Análise Tridimensional de Movimentos Humanos. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v.15, n. 1/2, p. 79-86, 1999.

BASMAJIAN, J. V. **Terapêutica por exercícios**, Ed. Manole, 3 ed., São Paulo, p. 19-529, 1980.

BEN, R. T.; WOOD, P. H. N. Pain in the back: an attempt to estimate size of the problem. **Rerem. rehab.**, p.14-121, 1975.

BEVINGTON, P. R. **Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences**. New York: McGraw-Hill, 1969.

BRENZIKOFER, R. et al. Alterações no dorso e coluna vertebral durante a marcha. **Revista Brasileira de Biomecânica**, p. 21-26, 2000.

----- Quantificação das curvaturas da coluna vertebral durante a marcha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 9, 2001, Gramado. Anais IX Congresso Brasileiro de Biomecânica, Porto Alegre: Escola de Educação Física da UFRGS, p. 230-235, 2001.

BURROW, G. N.; TORRIS, T. F. **Complicações clínicas na gravidez** - Cap. Doenças reumáticas na gravidez., Roca Ed., 3 ed, p. 563, 1996.

CROSBIE, J.; VACHALATHITI, R. & SMITH, R. Patterns of spinal motion during walking. **Gait & Posture**, v.5, p.6-12, 1997a.

FIGUEROA, P. J.; LEITE, N. J.; BARROS, R. M. L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 72, p. 155-165, 2003.

FITZHUGH, M. L.; NEWTON, M.; Posture and pregnancy - In: **Obst. Gynec.**; v. 85, n. 8, p. 1091-1095, 1963.

FROBIN, W. e HIERHOLZER, E. **Rasterstereography: A photogrammetric method for measurement of body surfaces.** Photogrammetric Engineering and remote Sensing; v.47, n.12, p.: 1717 – 1724, 1981.

GUNTHER, H.; KOHLRAUSCH, W. e TIERICHI-LEUBE, H. **Ginástica médica em ginecologia e obstetrícia.** Ed. Manole , 1 ed. , p. 1: 22 - 3:109, SP , 1980.

HABER, L. D. **Disabling effects of chronic disease and impairment.** J. Chronic. Dis., p. 24-469, 1971.

KNOPLICH, J. **Enfermidades da coluna vertebral.** Paramed ed, 1983.

KNOPLICH, J. **Lombalgia.** Edição do Programa Nacional de Atualização Médica, Fontoura – Wyeth, n1, p.5, 1980.

LANG, S. **Cálculo.** Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1970, v. 2.

LEON, J. **Tratado de obstetrícia.** Cap. Modificaciones generales del organismo, ed. Salvat, p. 179, 1968.

NACHEMSON, A. F. The lumbar spine an ortopedic challenge. **Spine**, p. 1-59, 1976.

NOSSE, L. J. Measurement System for Low – Back Contour. **Phys. Ther.**; v. 65, p. 1212 – 1213, 1985.

PHILIPPENS, M. M. G. M.; SNIJDERS, C. J. e NORDIN, M. Continuous Registration of the Curvature and Inclination of the Back During Working Hours. **Biomechanics XB**, Champaign : Human Kinetics Publishers v.6 B, p. 1015 – 1019, 1987.

REZENDE, I.; COSLOUKY, S., **Repercussões da gravidez sobre o organismo.** Editor Rezende, S. Editora., p.130, 1987.

SAADET OTMAN, A. et al. The importance of lumbar lordosis measurement device application during pregnancy, and post-partum isometric exercises. **European Journal of Obst. and Gynec.**, v.31, n 2, p.155-162, 1989.

STURESSON, B. SELVIK, G. UDEN, A. Movements of the sacroiliac joints: A roentgen stereophotogrammetric analysis. **Spine**, v.14, n.2, p. 162-165, 1989.

VACHERON, J. J. et al. Changes of contour of the spine caused by load carrying. **Surgical Radiologic Anatomy**, v.21, p.109-113, 1999.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da teoria de erros**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1992.

WALKER, J. M. The sacroiliac joint: A critical review. **Physical Therapy**, v.72, n.12, p. 903-916, 1992.

WHITTLE, M. W.; LEVINE, D. Three-dimensional relationships between the movements of the pelvis and lumbar spine during normal gait. **Human Movement Science**, v.18, p.681-692, 1999.

WILLIAMS, X. **Obstetrícia**. Cap. Adaptação materna à gravidez, ed. Panamericana, p.187, 2001.

ANEXOS

Anexo 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DA PESQUISA

Análise Quantitativa das Adaptações da Coluna Vertebral em Mulheres Grávidas

Pesquisadora Responsável Pós-Graduanda: Fernanda Antico Benetti

Orientador: Prof. Dr. René Brenzikofer

Co-orientador: Prof. Dr. Hugo José Sabatino

Local da Avaliação: Laboratório de Instrumentação para Biomecânica e Laboratório de Fisiologia do Exercício

Faculdade de Educação Física, Unicamp, Campinas / SP

Eu,-----,-----anos de idade, RG-----, residente à rua-----, voluntariamente concordo em participar do projeto acima mencionado como será detalhado a seguir.

É de meu inteiro conhecimento que este projeto será desenvolvido em caráter de pesquisa científica e, objetiva estudar as alterações da coluna vertebral de mulheres grávidas, durante a marcha à baixa velocidade.

Estou ciente, de que, antes do início da sessão de Análise Biomecânica por Videogrametria (através de filmagens convencionais), no local acima citado, serei avaliada clinicamente. Esta avaliação, realizada por um médico, objetiva a identificação de eventual manifestação que contra-indique a minha participação como voluntária. Após a avaliação clínica, me submeterei a um questionário de identificação, uma avaliação antropométrica e uma análise biomecânica por videogrametria. Os procedimentos serão de caráter não invasivo (sem a utilização de drogas medicamentosas e procedimentos que provocam incisão da pele ou inserção de instrumentos no corpo), e constará das seguintes etapas: 1) Colocação de marcadores adesivos (analérgicos) sobre a minha pele, no dorso e na linha definida pelos processos espinhosos da coluna vertebral; 2) Sessão de filmagem na qual

estarei numa postura ereta estática; 3) Sessão de filmagem onde estarei caminhando sobre uma esteira regulada em 1m/s, durante seis minutos.

Para que as possíveis alterações na forma geométrica da minha coluna possam ser acompanhadas e analisadas, as filmagens ocorrerão uma vez a cada trimestre da minha gestação e uma vez após o parto.

Estou ciente de que no caso de qualquer desconforto, poderei interromper o teste em qualquer momento, sem que haja prejuízos em minhas consultas pré-natais e no parto.

Os benefícios que obterei participando como voluntária do projeto mencionado inclui: 1) participar das aulas de preparação para o parto que são oferecidas, onde receberei acompanhamento e orientações de médicos, fisioterapeutas, nutricionistas e psicólogos, 2) realizar regularmente um exame médico, juntamente com o pré-natal, que estará me capacitando a seguir com o experimento, 3) obtenção de dados da evolução das formas de minha coluna no decorrer da gestação.

Estou ciente ainda, de que, as informações obtidas durante as avaliações laboratoriais serão mantidas em sigilo e, não poderão ser consultadas por pessoas leigas, sem a minha devida autorização. As informações assim obtidas, no entanto, poderão ser usadas para fins de pesquisa científica, inclusive para publicação, desde que minha privacidade seja sempre resguardada, contribuindo assim para o alcance dos objetivos deste trabalho de tese de mestrado.

Li e entendi as informações precedentes, bem como, eu e os responsáveis pelo projeto já discutimos todos os riscos e benefícios decorrentes destas. Estou ciente também que as dúvidas sobre metodologia, poderão ser esclarecidas, antes e durante o curso da pesquisa.

Voluntária

Fernanda Antico Benetti

Pós-graduanda

Prof. Dr. René Brenzikofer

Orientador

Prof. Dr. José Hugo Sabatino

Co-orientador

Os responsáveis pelo projeto podem ser encontrados no telefone

(19)3788-6626,(19) 9715-7636 – Laboratório de Biomecânica da FEF/UNICAMP.

Para o esclarecimento de qualquer dúvida ou apresentar alguma reclamação

Comitê de Ética (19) 3788-8936.

Anexo 2 - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO PARA BIOMECÂNICA

FEF – UNICAMP

IDENTIFICAÇÃO

NOME: _____

IDADE: _____ DATA DE NASCIMENTO ____/____/____

ENDEREÇO: _____

CIDADE: _____ ESTADO: _____ CEP _____ - ____

FONE: (____) _____

IDADE GESTACIONAL: _____

NÚMERO DE PARTOS: _____

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

ESTATURA: _____ [cm]

MASSA CORPORAL: _____ [Kg]

CIRCUNFERÊNCIAS

BRAÇO (D): _____ [cm] BRAÇO (E): _____ [cm]

BUSTO: _____ [cm]

ABDOMEN: _____ [cm] ALTURA: _____ [cm]

QUADRIL: _____ [cm]

COXA (D): _____ [cm] COXA (E): _____ [cm]

DATA DA AVALIAÇÃO; ____/____/____