

**UNESP**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA DO CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

LILIANA APARECIDA DE PAULA AZEVEDO

ANÁLISE DA POSTURA PELA FOTOGRAMETRIA EM ESCOLARES.

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do  
Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual  
Paulista, para a obtenção do título de Doutor em  
Engenharia Mecânica na área de Projetos e  
Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento  
Coorientador: Prof. Dr. Luis Rogério de Oliveira Hein

Guaratinguetá  
2012

A994a	<p>Azevedo, Lilians Aparecida de Paula Análise da postura pela fotogrametria em escolares / Lilians Aparecida de Paula Azevedo - Guaratinguetá : [s.n.], 2012. 103 f. : il. Bibliografia: f. 91-101</p> <p>Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012. Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento Coorientador: Prof. Dr. Luis Rogério de Oliveira Hein</p> <p>1. Biomecânica 2. Coluna vertebral 3. Postura humana I. Título</p>
-------	--


CDU 612.766(043)

*LILIANA APARECIDA DE PAULA AZEVEDO*


ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
"DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA"

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA  
ÁREA: PROJETOS

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


  
Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. LUIZ FERNANDO COSTA NASCIMENTO  
Orientador / UNESP-FEG

  
Prof. Dr. JOSÉ ELIAS TOMAZINI  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. RODRIGO SILVA E SANTOS  
UNITAU

  
Prof. Dr. DALVA MINONROZE ALBUQUERQUE  
FERREIRA  
UNESP-PRESIDENTE PRUDENTE

  
Prof. Dr. CIRO JOÃO BERTOLI  
UNITAU

## **DADOS CURRICULARES**

### **LILIANA APARECIDA DE PAULA AZEVEDO**

NASCIMENTO	27/04/1976 - Guaratinguetá/ SP
FILIAÇÃO	Irany de Paula Azevedo Antonio Herculano Azevedo
1994/1997	Curso de Graduação em Fisioterapia Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUCCAMP
2004/2006	Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado com área de concentração em Engenharia Biomédica, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.
2007/2012	Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica, nível de Doutorado com área de concentração em Engenharia Biomédica, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.
2008/ Atual	Professora concursada da Escola Superior de Cruzeiro – ESC, na disciplina de Recursos Terapêuticos Manuais

Dedico este trabalho de tantos anos de modo especial à minha mãe, que com muito trabalho enfrentou a vida com garra e determinação, nos fez fortes e também determinadas e, sobretudo mulheres honradas: OBRIGADA, MÃEZONA! Dedico ainda aos meus filhos Luís Felipe e Pedro, que na esperança de um futuro melhor a eles fui impulsionada à frente na conclusão desta etapa.

## AGRADECIMENTOS

À Deus e a Nossa Senhora Desatadora dos Nós, obrigada pelas bênçãos;

ao orientador Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento;

ao Prof. Dr. José Elias Tomazini e à Profa. Dra. Dalva Minonroze Albuquerque Ferreira, pela participação no exame de qualificação e contribuição para o aprimoramento desta tese;

à direção do Colégio Fonte: Meire e Leandra, por permitir a realização do estudo no colégio, disponibilizando espaço, estruturando a divulgação com os pais e solicitando a atenção de seus funcionários ao que fosse necessário;

às professoras que foram a ligação entre mim, os pais e as crianças, que com suas palavras possibilitaram a adesão ao então “projeto postura na escola”;

aos funcionários do Departamento de Engenharia Mecânica da FEG/UNESP Rose, Lúcia, Walter e em especial ao Urbano, que participou ativamente da elaboração das hastes dos “dinossaurinhos”;

aos funcionários da biblioteca da FEG/UNESP, em especial a Ana Maria R. Antunes e a Rosana Maria P. Maciel pelo apoio e ajuda para conseguir várias das referências bibliográficas lidas e utilizadas no estudo;

ao revisor do texto e formatação Eduardo Batista, pela ajuda e atenção;

à minha família e em especial a minhas irmãs Verana e Ivana, que me apoiaram para a conclusão do trabalho e por sempre me ajudarem como “tias atentas” de meus filhos;

ao meu namorado Fernando, pela compreensão dos muitos momentos de ausência e tensão.

*Adquire sabedoria, adquiere perspicácia, não te esqueças de nada, não te desvieis de meus conselhos. Não abandones a sabedoria, ela te guardará; ama-a, ela te protegerá. Eis o princípio da sabedoria: adquiere sabedoria. Adquiere a inteligência em troca de tudo o que possuis. Tem-na em grande estima, ela te exaltará, glorificará quando a abraçares.*

AZEVEDO, L. A. de P. **Análise da postura pela fotogrametria em escolares**. 2012. 103f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

## RESUMO

O presente estudo teve por objetivo contribuir para a melhora dos métodos de aquisição e processamento dos dados em fotogrametria para análise da postura, desenvolvendo para isso uma adaptação de baixo custo nos marcadores de superfície para estimar as curvaturas da coluna vertebral no plano sagital, buscar evidências e correlações da postura da coluna vertebral com a postura corporal e com os tipos de pés em escolares. A metodologia utilizou marcadores de superfície e hastes de prolongamento nos processos espinhosos das vértebras torácicas e lombares para determinar as relações e os valores angulares, utilizando o programa CorelDRAW X5®. A classificação dos tipos de pés foi realizada através das impressões plantares em papel utilizando o método descrito por Cavanagh e Rodgers (1987). As médias angulares da coluna vertebral e da postura foram comparadas e correlacionadas entre si bem como com os tipos de pés e com os dados antropométricos através dos testes de *t* Student, ANOVA, Kuskal-Wallis e Coeficiente de Correlação de Pearson. Para todo o estudo o nível de significância estatístico adotado foi  $\alpha$  5%. Participaram do estudo 49 escolares com idade média de 8 anos e 5 meses, sem qualquer indício de patologia ortopédica e/ou neurológica. Nesta amostra não foi possível correlacionar a postura da coluna vertebral no plano sagital com os ângulos estimados da postura corporal, tampouco com a classificação do arco longitudinal medial. Entretanto, foi possível evidenciar que o aumento do ângulo de inclinação torácica leva à diminuição do ângulo de inclinação lombar no plano sagital e que a protrusão de cabeça pode gerar uma maior tendência ao padrão de flexão de cabeça, sendo possível em raciocínio inverso. Notou-se, ainda, que nas crianças acima do peso ocorreu o aumento do ângulo de inclinação lombar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coluna vertebral. Postura. Criança. Tipos de pés.

AZEVEDO, L. A. de P. **Analysis of posture by photogrammetry in schoolchildren**. 2012. 103p. Thesis (Doctorate in Mechanical Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

### **ABSTRACT**

This study aimed to contribute to the improvement of methods of data acquisition and processing in photogrammetry for the analysis of posture, developing a low cost adaptation in surface markers to estimate the curvatures of the spine in the sagittal plane, search for evidence and correlations of spinal posture with the body posture and with the types of feet in schoolchildren. The methodology used surface markers and extension rods in the spinous processes of the thoracic and lumbar vertebrae to determine the relationships and angular values using the program CorelDRAW X5®. The classification of types of feet was performed by the footprints on paper using the method described by Cavanagh and Rodgers (1987). The mean angles of the spine and posture were compared and correlated among themselves and with the types of feet and anthropometric data through the Student t test, ANOVA, Kruskal-Wallis and Pearson Correlation Coefficient. For the entire study the level of statistical significance adopted was  $\alpha$  5%. The study included 49 schoolchildren with mean age of 8 years and 5 months with no evidence of orthopedic and / or neurological pathology. In this sample was not possible to correlate the spine posture in the sagittal plane with the estimated angles of body posture nor with the classification of the medial longitudinal arch. However, it was observed that the increase in the inclination of chest angle leads to a decrease in the inclination of lumbar angle in the sagittal plane and the protrusion of the head can generate a greater tendency to the standard of flexion of the head, it being possible for reverse reasoning. It is also noted that in overweight children occurred increasing in the inclination of lumbar angle.

**KEYWORDS:** Spine. Posture. Children. Types of feet.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Curvas fisiológicas da coluna vertebral no plano sagital. ....	18
Figura 2	(a) Padrão com aumento das curvas no plano sagital; (b) Padrão com diminuição das curvas no plano sagital (c) Padrão com curvas no plano frontal, padrão escoliótico. ....	19
Figura 3	(a) Padrão normal durante o Teste de Adams; (b) Padrão com gibosidade que caracteriza a escoliose.....	25
Figura 4	(a) Ângulo de Cobb modificado para o plano sagital (b) Método de avaliação descrito por Mac-Thiong et al. ....	34
Figura 5	Método descrito por Iunes et al. (2009) para mensurar a curvaturas da coluna vertebral .....	40
Figura 6	Método descrito por Penha, Baldini e João (2009) para mensurar as curvas da coluna vertebral .....	41
Figura 7	(a) Dispositivos metálicos utilizado dos Dunk, Lalonde e Callaghan (2005); (b) Dispositivos reluzentes utilizados por Brink et al., 2009 .....	42
Figura 8	Ângulo utilizado por diversos autores para avaliar a posição da cabeça.....	43
Figura 9	Análise do ângulo de inclinação pélvica .....	44
Figura 10	Método de classificação do arco plantar descrito por Staheli et al., (1987) .....	48
Figura 11	Método de classificação do arco plantar descrito por Cavanagh e Rodgers, (1987).....	49/70
Figura 12	(a) Foto escaneada de um pé normal (b) Foto escaneada de um pé plano (c) Foto escaneada de pé cavo .....	50
Figura 13	(a) Pé plano (b) Pé plano com desabamento ósseo.....	53
Figura 14	(a) Pontos de referência no plano sagital perfil; (b) Pontos de referência no plano frontal vista posterior. ....	59
Figura 15	(a) Imagem sem a haste de prolongamento, a sobreposição de outras partes do corpo impede a localização do processo espinhoso nos fotogramas do plano sagital; (b) Imagem obtida com a haste de prolongamento que permite, através do processamento de dados, localizar o processo espinhoso das vértebras no plano sagital .....	60
Figura 16	Pontos corrigidos T1', T7', T11', L1', L3' e L5'. ângulo torácico (AT - azul) e ângulo lombar (AL-vermelho).....	63
Figura 17	Ângulo de protrusão de cabeça (APC - vermelho) e ângulo do meato acústico e mento com a vertical (ATOM-azul) .....	64
Figura 18	Reta C7-EIPS (vermelho), ângulo de inclinação torácico (AIT – branco), o ângulo de inclinação lombar (AIL - amarelo) e ângulo cervico-pélvico formado entre a vertical e a reta C7 e EIAS (ACP – verde) .....	65
Figura 19	Ângulo de inclinação pélvico (AIP).....	68
Figura 20	Ângulo que mensura o mento e maléolo lateral (AMM - vermelho) e a distância entre eles (DMM – azul).....	66
Figura 21	Ângulo do tornozelo (ATO) .....	67
Figura 22	Ângulo intermaleolar (AIM - azul) e ângulo maléolo calcâneo (AMC - amarelo)	68
Figura 23	Ângulo joelho-maléolo (AJM) .....	68
Figura 24	Gráfico percentual da classificação plantar dos diferentes tipo de pés em 48 escolares de Guaratinguetá, 2010 .....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Pontos anatômicos utilizados na pesquisa com seus nomes e respectivas abreviações .....	58
Tabela 2	Ângulos utilizados na metodologia com suas abreviações .....	69
Tabela 3	Parâmetros para a classificação do arco plantar .....	70
Tabela 4	Análise descritiva das variáveis do estudo, idade (meses), peso (kg), altura (m), IMC (kg/m <sup>2</sup> ) com valores médios, desvios padrão (dp) e valores mínimos e máximos de 49 escolares de Guaratinguetá, 2010.....	72
Tabela 5	Média, desvio padrão (dp), valores mínimos e máximos e o valor do p dos ângulos torácicos (ATd e ATe), dos ângulos de inclinação torácicos (AITd e AITe), dos ângulos lombares (ALd e ALe) e os ângulos de inclinação lombares (AILd e AILe), em graus, com o número da amostra entre parênteses, em escolares de Guaratinguetá, 2010. ....	78
Tabela 6	Média, desvio padrão (dp), valores mínimos e máximos e o valor do p dos ângulos de protrusão de cabeça (APCd e APCe), dos ângulos do meato acústico ao mento (ATOMd e ATOMe), dos ângulos cérico pélvico (ACPd e ACPe) e os ângulos da inclinação pélvica (AIPd e AIPe), em graus, com o número da amostra entre parênteses em escolares de Guaratinguetá, 2010.....	79
Tabela 7	Média, desvio padrão (dp), valores mínimos e máximos e o valor do p dos ângulos mento-maléolo (AMMd e AMMe), distância entre o mento e o maléolo lateral (DMMd e DMMe) e os ângulos do tornozelo (ATOd e ATOe), em graus, com o número da amostra entre parênteses em escolares de Guaratinguetá, 2010 .....	81
Tabela 8	Média, desvio padrão (dp), valores mínimos e máximos e o valor do p dos ângulos do joelho-maléolo (AJMd e AJMe), ângulo intermaleolar (AIMd e AIME) e os ângulos do maléolo-calcâneo (AMCd e AMCe) em graus, com o número da amostra entre parênteses em escolares de Guaratinguetá, 2010.....	82
Tabela 9	Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos torácicos (ATd e ATe) e os ângulos de inclinação torácicos (AITd e AITe) em escolares de Guaratinguetá, 2010.....	83
Tabela 10	Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos lombares (ALd e ALe) e os ângulos de inclinação lombar (AILd e AILe) em escolares de Guaratinguetá, 2010.....	84
Tabela 11	Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos lombares (ALd e ALe) e os ângulos torácicos (ATd e ATe) e os ângulos de inclinação torácicos (AITd e AITe) e ainda as correlações entre os ângulos de inclinação lombares (AILd e AILe) os ângulos torácicos (ATd e ATe) e os ângulos inclinação torácicos (AITd e AITe) em escolares de Guaratinguetá, 2010 .....	85
Tabela 12	Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos de protrusão de cabeça (APC), o ângulo do meato acústico ao mento (ATOM), ângulo mento-maléolo (AMM), e o ângulo do tornozelo (ATO) e escolares de Guaratinguetá, 2010 .....	85
Tabela 13	Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos cérico pélvico (ACP), ângulo de inclinação da pelve (AIP) e o ângulo de inclinação lombar (AIL) em escolares de Guaratinguetá, 2010.....	86
Tabela 14	Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos do tornozelo, ângulo maléolo-calcâneo (AMC) e os ângulos intermaleolares (AIMd e AIME) e os ângulos joelho-maléolo (AJMd e AJMe). Guaratinguetá, 2010.....	87

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	Objetivo Geral .....	15
1.2	Objetivos Específicos.....	15
<b>2</b>	<b>COLUNA VERTEBRAL E POSTURA .....</b>	<b>16</b>
2.1	Biomecânica e desenvolvimento da coluna vertebral.....	16
2.2	Curvas da coluna vertebral .....	17
2.2.1	Desalinhamento das curvas da coluna vertebral .....	17
2.2.1.1	Alterações no plano sagital .....	20
2.2.1.1.1	Alterações no plano sagital na coluna cervical .....	20
2.2.1.1.2	Alterações no plano sagital na coluna torácica.....	22
2.2.1.1.3	Alterações no plano sagital na coluna lombar e pelve .....	23
2.2.1.2	Alteração no plano frontal da coluna vertebral .....	24
2.2.1.2.1	As escolioses .....	24
2.3	Controle postural.....	26
2.4	Postura.....	28
2.4.1	Padrão postural em escolares .....	30
<b>3</b>	<b>MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DAS CURVAS DA COLUNA VERTEBRAL E DA POSTURA CORPORAL.....</b>	<b>32</b>
3.1	Métodos radiológicos.....	32
3.1.1	Métodos radiológicos no plano sagital.....	33
3.2	Fotogrametria .....	35
3.2.1	Avaliação postural através da fotogrametria .....	38
3.2.1.1	Postura vertebral no plano sagital .....	39
3.2.1.2	Alinhamento da cabeça .....	42
3.2.1.3	Alinhamento da pelve.....	43
3.2.1.4	Alinhamento do tronco .....	44
3.2.1.5	Alinhamento dos membros inferiores.....	45
<b>4</b>	<b>ASPECTOS IMPORTANTES DOS PÉS.....</b>	<b>46</b>
4.1	Biomecânica do pé .....	46
4.2	Classificação do arco longitudinal medial através da impressão plantar .....	47
4.3	Desenvolvimento e deformidade dos pés .....	50
4.3.1	Pés planos .....	52
4.3.2	Pé cavo .....	55
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>57</b>
5.1	Descrição da aquisição dos dados .....	57
5.2	Processamento de dados .....	62
5.2.1	Processamento dos dados em fotogrametria.....	62
5.2.1.1	Avaliação das curvas da coluna no plano sagital.....	62
5.2.1.2	Análise postural no plano sagital .....	64
5.2.1.3	Análise postural no plano frontal posterior .....	67
5.2.2	Classificação dos tipos de pés .....	69
5.3	Métodos de análise dos dados.....	71
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>72</b>
6.1	Estudo estatístico do IMC.....	72
6.2	Estudo estatístico por faixa etária.....	74
6.3	Estudo estatístico dos tipos de pés.....	75
6.4	Estudo das médias dos ângulos e da distância estimados .....	77

<b>6.5</b>	<b>Estudo das correlações entre os ângulos estimados .....</b>	<b>83</b>
<b>6.6</b>	<b>Estudo da acurácia e da confiabilidade intraexaminador .....</b>	<b>87</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>88</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>90</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>
	<b>ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>102</b>
	<b>ANEXO B – CARTA DE INFORMAÇÃO AO SUJEITO DA PESQUISA.....</b>	<b>103</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A condição da postura ereta correta é considerada um indicador importante para a saúde musculoesquelética do corpo humano (McEVOY, GRIMMER, 2005; LAFOND et al., 2007).

A presença de dores nas costas durante a infância e a adolescência é considerada um fator de predisposição para o aparecimento de dores nas costas na vida adulta (HARREBY et al., 1996; BRATTBERG, 2004; LAFOND et al., 2007). Portanto, o rastreamento de fatores de risco de dor nas costas durante a infância pode ser importante para se evitar tais queixas no adulto. As medições da postura ereta da criança e do adolescente podem ser uma ferramenta clínica útil para avaliar as condições musculoesqueléticas e identificar desalinhamentos em estágios iniciais de desenvolvimento (LAFOND et al., 2007).

A prevalência de lombalgia entre os escolares tem aumentado consideravelmente, podendo variar de 11% a 51% (BALAGUE, TROUSSIER, SALMINEN, 1999; PENHA, 2008). Um dos fatores de risco apontados para o aparecimento desse sintoma é a postura defeituosa da coluna vertebral (BALAGUE, TROUSSIER, SALMINEN, 1999; CARDON, BALAGUÉ, 2004).

A avaliação quantitativa das curvas da coluna vertebral é valiosa para o monitoramento da progressão e do tratamento das suas deformidades e para a determinação de valores de referência na normalidade ou condição patológica. A curvatura da coluna vertebral é o parâmetro mais significativo de avaliação da condição da coluna vertebral (VRTOVEC; PERNUŠ; LIKAR, 2009).

Não somente a avaliação das curvas da coluna vertebral, mas também a análise postural visam identificar desvio anormal de um alinhamento vertical nos planos frontal e sagital (LAFOND et al., 2007).

Embora já conhecida a importância do alinhamento da coluna vertebral e da postura vertical para um bom funcionamento do sistema musculoesquelético, não há dados rigorosos de referência normal em crianças em idade escolar (LAFOND et al., 2007).

Um dos fatores que contribui para esse fato é não haver uma abordagem padrão para estimar a postura (McEVOY, GRIMMER, 2005). A literatura recente tem se direcionado a mensurar a postura através da fotogrametria, tanto estática quanto dinâmica.

No levantamento bibliográfico de fotogrametria estática pesquisados para a elaboração do presente estudo, é claro não haver uma única medida de referência mais utilizada. É notório que cada um dos autores anota ângulos e medidas distintas para um mesmo parâmetro de postura e coluna vertebral tanto no plano frontal quanto no plano sagital (STRAKER,

JONES, MILLER, 1997; LIMA et al., 2004; IUNES, 2004; FERREIRA, 2005; GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008; CUCCIA, CAROLA, 2009; BRINK, 2009; SAAD, COLOMBO, JOÃO, 2009, BELLI et al., 2009, ROSELLI et al., 2010, FORTIN et al., 2010).

Os métodos de avaliação são divididos em invasivos, que utilizam a radiação iônica (raio-x), e métodos não-invasivos, que utilizam a fotogrametria com marcadores de superfície de pele em acidentes ósseos pré-determinados (VRTOVEC; PERNUŠ; LIKAR, 2009). Para ambos os métodos, encontramos na literatura uma vasta discussão sobre as vantagens e desvantagens e sobre descritores do padrão postural e da postura vertebral, assunto que será abordado no Capítulo 2.

Os métodos radiológicos são utilizados na prática clínica para o acompanhamento das deformidades de coluna e direcionamento dos tratamentos ortopédicos propostos e seus efeitos, podendo ser realizados de três em três meses como no caso das escolioses. Esse fato tem preocupado os profissionais de saúde pelos conhecidos efeitos adversos que repetidas doses de radiação podem causar, devido a sua característica cumulativa no organismo humano (SAAD, COLOMBO, JOÃO, 2009; FORTIN et al., 2010). É sabido que crianças e adolescentes têm o aumento do risco de desenvolvimento de câncer quando expostos a altas doses ou doses repetidas de radiação (ALMÉN, MATTSSON, 1996; LEVY et al., 1996; SAAD, COLOMBO, JOÃO, 2009).

A fotogrametria em crianças e adolescentes é uma ferramenta importante para redução do fator de risco de câncer, uma vez que, tanto quanto possível, diminui a exposição desses pacientes ao raio-x. É, portanto, uma alternativa viável para mensurar de forma não-invasiva as curvas da coluna vertebral e o padrão postural (SAAD, COLOMBO, JOÃO; 2009).

Assim, é necessária uma ferramenta simples e não-invasiva para medir quantitativamente a postura e a curvatura da coluna em um ambiente clínico (FORTIN et al., 2010).

Além disso, os métodos utilizados para estimar as curvas da coluna vertebral, através da radiação iônica, foram questionados de maneira contundente por Vrtovec et al. (2009). Afirmou-se que esses métodos apresentam vários fatores interferentes como ruídos de imagens, variação da posição do paciente durante a aquisição da radiografia, análise manual da imagem que pode mudar os valores estimados, dependendo do observador, dentre outros, apresentando, assim, grande variabilidade e, portanto, baixa reprodutibilidade.

No Capítulo 3, serão abordadas as considerações anatômicas e biomecânicas dos pés, os métodos de medida e avaliação do arco longitudinal medial e, assim, a possível classificação dos tipos de pés.

Esse parâmetro de avaliação se torna interessante já que para alguns clínicos como Souchard (1986), Bienfait (1993) e Bricot (1999), o tipo dos pés e seu alinhamento podem determinar uma compensação postural ascendente, sendo confirmado por Saltzman, Nawoczski e Talbot<sup>1</sup> (1995 apud SOUZA, JOÃO, SACCO, 2007 p. 77), o alinhamento dos pés através das ações musculares envolvidas em um determinado padrão de pé pode definir o alinhamento dos membros inferiores que, por sua vez, determinaria a posição da pelve. Já o alinhamento da pelve produz uma determinada curvatura lombosacral que interferiria no alinhamento da região torácica (VAZ et al., 2002; Mac THIONG, 2007), que, conseqüentemente, repercutiria também na coluna cervical e no alinhamento de cabeça.

Entretanto, esse mecanismo associado em sua totalidade é de difícil comprovação científica. É comum encontrarmos na literatura autores que relatam isoladamente as relações e compensações interligadas diretamente, como o alinhamento dos tornozelos determinando o posicionamento dos joelhos. Também são citados com frequência outros fatores interferentes como a hereditariedade.

Historicamente, as técnicas para classificação do arco longitudinal medial são caras, pois são técnicas invasivas de imagem radiológica ou técnicas não invasivas que incluem fotograma dos pés, registro da sola dos pés e leitura da pressão plantar dos pés (GILMOUR, BURNS, 2001).

O registro da planta dos pés ou a análise da impressão plantar no papel é um método barato, simples e viável para estimar o arco longitudinal medial dos pés de crianças e adultos (KANATLI, YETKIN, CILA, 2001).

Dentre as muitas técnicas para mensurar os achados da impressão plantar estão: classificação do ângulo do arco, classificação da impressão plantar, classificação do comprimento do arco, classificação do arco listrado, dentre outras. Todas estas medidas são complicadas se comparadas ao método descrito por Cavanagh e Rodgers (KANATLI, YETKIN, CILA, 2001).

Em Metodologia serão abordados os procedimentos utilizados para Aquisição e Processamento de Dados. Serão demonstradas as correlações e ângulos que foram utilizados, sendo elucidado o Tratamento dos Dados e Análise Estatística.

Optou-se em desenvolver um capítulo que contemplasse Resultados e Discussão juntos, para facilitar a compreensão e interpretação dos dados analisados.

---

<sup>1</sup> SALTZMAN, C.L., NAWOCZSKI, D.A., TALBOT, K.D.M. **Measurement of the medial longitudinal arch**, Arch Phys Med Rehabil, 76:45-9, 1995 apud. SOUZA, P.S., JOÃO, S.M.A., SACCO, I.C.N. Caracterização do arco plantar longitudinal de crianças obesas por meio de índices da impressão plantar. **Rev Bras Crescimento Desenvolv Hum** 2007; 17(1):76-83

## 1.1 Objetivo Geral

- Esse trabalho tem como objetivo contribuir para a melhora dos métodos de aquisição e de processamento de dados através da fotogrametria, possibilitando uma análise mais fidedigna e confiável.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma adaptação de baixo custo nos marcadores de superfície da pele para a análise quantitativa das curvaturas da coluna vertebral no plano sagital.
- Testar a acurácia e a confiabilidade intraexaminador do método de aquisição e processamento de dados do método fotogramétrico utilizado no estudo.
- Realizar uma revisão teórica dos métodos de quantificação do arco longitudinal medial e justificar a escolha do método de Cavanagh e Roger 1987, para a classificação dos tipos de pés.
- Correlacionar à análise dos ângulos da coluna vertebral no plano sagital com os ângulos estimados da postura corporal bem como correlacioná-los com os tipos de pés e com os dados antropométricos em escolares.

## 2 COLUNA VERTEBRAL E POSTURA

### 2.1 Biomecânica e desenvolvimento da coluna vertebral

A coluna vertebral é o eixo do corpo e deve conciliar dois imperativos mecânicos contraditórios: a rigidez e a flexibilidade. Rigidez para a sustentação e proteção das vísceras e do sistema nervoso central e a flexibilidade para permitir mobilidade e adaptação às ações funcionais humanas (KAPANDJI, 1982).

Se considerarmos no seu conjunto entre o sacro e o crânio, a coluna vertebral constitui o equivalente a uma articulação com três graus de liberdade: permitem movimentos de flexão-extensão, inclinação lateral à esquerda e direita e rotação axial. As amplitudes destes movimentos elementares, embora muito escassa em cada nível, são globalmente muito importantes e amplas em função do número de articulações vertebrais a que se somam (BRICOT, 1999).

É importante destacar, porém, que o movimento de inclinação lateral nos segmentos torácico e lombar da coluna vertebral, é sempre acompanhado do movimento de rotação automática: os corpos vertebrais giram sobre si mesmos de modo que se desviam em direção à convexidade da curva de inclinação. Assim, ocorre uma rotação homolateral à inclinação, além do posicionamento das facetas articulares. Isso se explica principalmente por dois mecanismos: a compressão dos discos intervertebrais e a tensão dos ligamentos (KAPANDJI, 1982).

A formação do corpo vertebral é semelhante à de um osso longo, começa sua ossificação posterior, em seguida, cranial e caudal e, finalmente, completa sua ossificação após os 25 anos de idade (DIMEGLIO<sup>2</sup>, 1990 apud CHOUFANI et al., 2009, p. 1342; DIMEGLIO, 2001).

Entretanto, o crescimento da coluna vertebral é diferente dos membros inferiores. Aos dois anos de idade a coluna já atingiu 50% do seu comprimento total e os membros inferiores apenas 40%, tendo na infância um crescimento mais lento que volta a aumentar acentuadamente durante a puberdade (FABRY, 2009).

Além disso, as curvas fisiológicas da coluna vertebral mudam com o desenvolvimento e crescimento da criança (FABRY, 2009).

---

<sup>2</sup> DIMEGLIO, A; BONNEL, F. **Le rachis en croissance**. Paris: Springer, 1990 apud CHOUFANI, E. et al. Lumbosacral lordosis in fetal spine: genetic or mechanic parameter **Eur Spine J** v. 18, p. 1342-1348, 2009.

## 2.2 Curvas da coluna vertebral

Considerada em conjunto, a coluna vertebral é retilínea no plano frontal. No plano sagital a coluna apresenta quatro curvaturas, que são, de cima para baixo:

1) Lordose Cervical - de concavidade posterior;

2) Cifose Torácica - de convexidade posterior;

3) Lordose Lombar - de concavidade posterior;

4) Curvatura Sacral - fixa com vertebrae soldadas, concavidade anterior, ilustradas na Figura 1 (KAPANDJI, 1982; GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008)

Tradicionalmente, muitos autores consideram que o ser humano não nasce com as curvaturas da coluna formada para eles, ao nascimento e nos primeiros meses pós natal, o ser humano apresenta uma única curvatura cifótica em toda a extensão da coluna vertebral, um grande padrão de “C” no plano sagital que evolui durante a infância para o padrão normal (FABRY, 2009; DIMEGLIO, 1990 apud CHOUFANI et al., 2009, KAPANDJI, 1982).

Assim, a lordose cervical seria formada quando a criança inicia o sustentar da cabeça contra a ação da gravidade, quando ela inicia o controle de cabeça por volta dos três meses de idade. Já a lordose lombar iniciaria sua concavidade posterior nos primeiros anos de vida, quando a criança adquire a posição ortostática e a deambulação.

Entretanto, outros autores têm discordado e apontam a presença da lordose lombar ainda no período fetal. O estudo de imagens de Ressonância Magnética durante a gestação de Choufani et al. (2009) demonstrou que a curva da lordose lombar está formada em 60% dos casos estudados.

### 2.2.1 Desalinhamento das curvas da coluna vertebral

É considerado como o desvio do alinhamento normal da coluna vertebral o fato das vértebras adotarem uma posição diferente do padrão fisiológico. Esse desvio pode ocorrer nas diferentes regiões da coluna vertebral e nos planos sagital e frontal, de forma isolada ou associada.

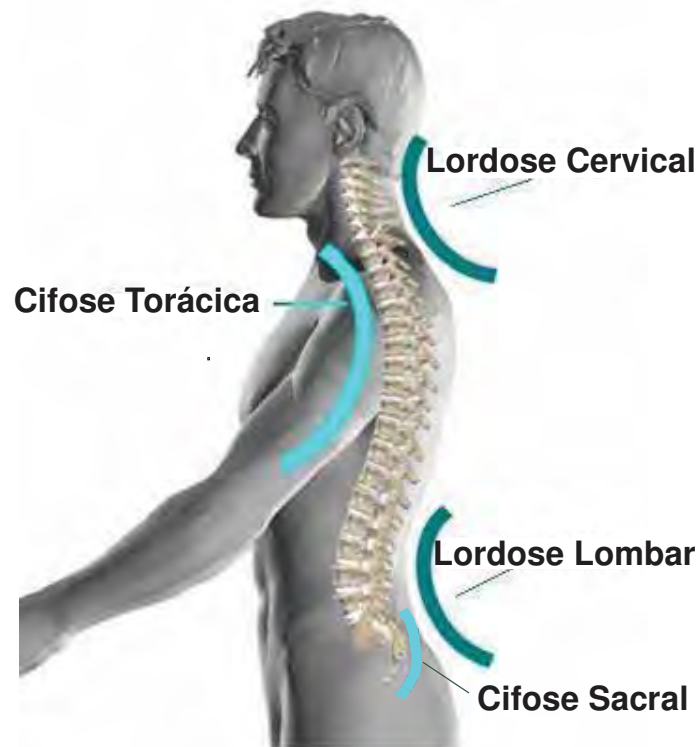


Figura 1 – Curvas fisiológicas da coluna vertebral no plano sagital (adaptado de: LAMERI, 2010).

De maneira geral, as alterações do plano sagital são consideradas “hiper” quando ocorre o aumento da curvatura fisiológica mantendo-se a tendência da curvatura preservada, como a hipercifose que, por exemplo, é o aumento da curvatura de convexidade posterior da região torácica, esclarecido pela Figura 2 (a).

A retificação ocorre quando há a diminuição da curvatura fisiológica da região, tendendo a produzir um aplainamento da coluna, um alinhamento reto onde deveria haver a curvatura fisiológica, Figura 2 (b).

O plano frontal fisiologicamente é retilíneo, sem curvatura. Quando ocorre a formação de uma curva em qualquer região da coluna vertebral nesse plano, denomina-se escoliose Figura 2 (c). A escoliose caracteriza-se por um desalinhamento das vértebras da coluna e a formação de curvatura aparente no plano frontal, um lado uma convexidade e do outro uma concavidade (FABRY, 2009).

Para uma abordagem mais didática, serão descritas de maneira separada as alterações de coluna vertebral nos planos sagital e frontal buscando focar no tema central do trabalho, que é o plano sagital e a criança.

Fabry (2009) chama a atenção sobre quais seriam as queixas e a trajetória de evolução das deformidades, pois ainda não há um consenso na literatura. Afirma que em várias deformidades da coluna vertebral não há queixas e que a evolução depende muitas vezes da

idade em que começou a deformidade e, principalmente, da idade em que foi diagnóstica pela primeira vez.

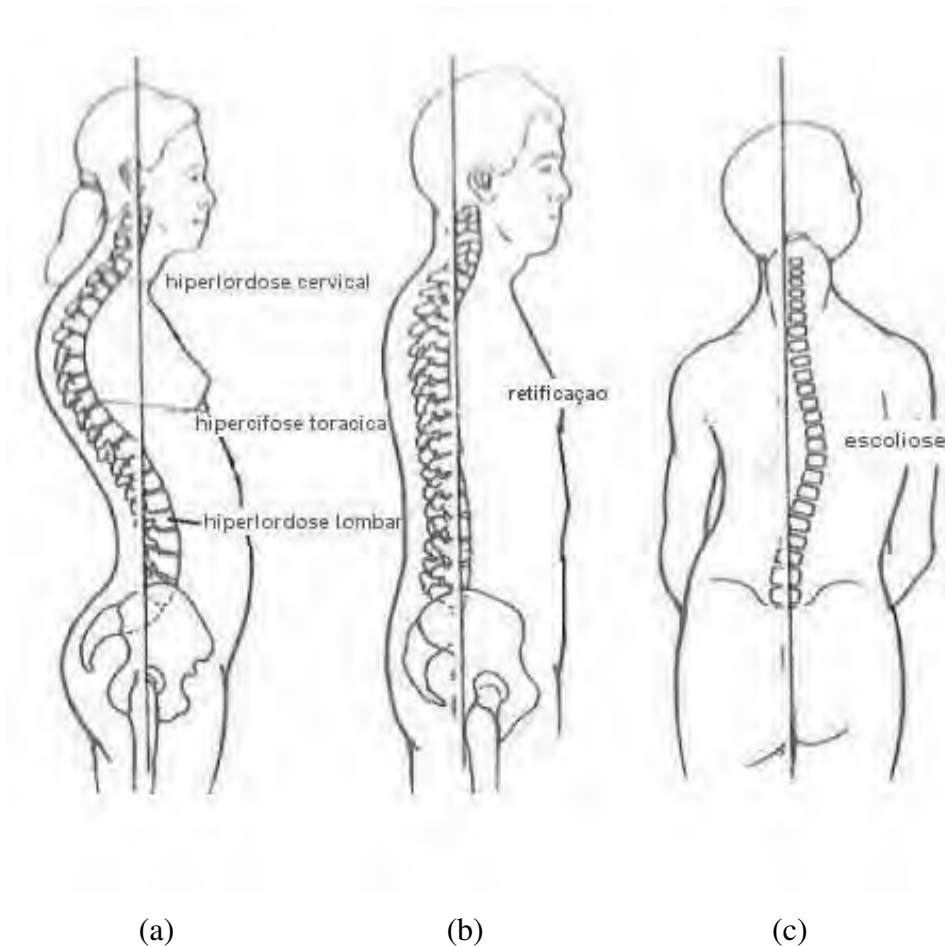


Figura 2 – (a) Padrão com aumento das curvas no plano sagital; (b) Padrão com diminuição das curvas no plano sagital (c) Padrão com curvas no plano frontal, padrão escoliótico (adaptado de: GILBERT, 2012).

Podem ser encontrados na literatura padrões de referência para o alinhamento ideal do corpo adulto, porém esses padrões não são apropriados para a criança (LAFOND et al., 2007; PENHA et al., 2008). Não há um padrão definido para essa população específica.

Os desvios de coluna vertebral no plano frontal, as escolioses, não foram um achado comum no estudo de Asher (1976), que realizou um estudo longitudinal por 20 anos com 600 crianças normais que ainda hoje é a referência para estudo longitudinal, não sendo a escoliose considerada fisiológica em nenhuma fase do desenvolvimento normal (FABRY, 2009).

A presença de desvios laterais da coluna vertebral é sempre vista com cautela pelos médicos e profissionais de saúde, sendo monitorada periodicamente para o acompanhamento da sua evolução e tratada, quando persistente e se necessário.

### **2.2.1.1 Alterações no plano sagital**

O alinhamento postural no plano sagital é importante para constatação do risco e desenvolvimento das deformidades de coluna bem como das síndromes dolorosas (LAFOND et al., 2007).

A avaliação do alinhamento sagital é importante tanto para os contextos clínicos como para as pesquisas. Sabe-se, por exemplo, que o alinhamento sagital afeta a distribuição da carga sobre os discos intervertebrais. A sobrecarga dos discos é um dos possíveis mecanismos fisiopatológicos responsáveis pelas alterações discais tais como o prolapso ou hérnia de disco.

O alinhamento da coluna no plano sagital ainda não é bem definido e muitos métodos têm sido utilizados para mensurar esse alinhamento. Contudo, ainda não há um sistema de padronização das variações morfológicas nesse plano. Sabe-se, porém, que a maioria das doenças degenerativas de coluna ocorrem em indivíduos com um bom alinhamento no plano frontal, mas com uma grande alteração morfológica no plano sagital (ROUSSOULY et al., 2005).

Desvios no plano sagital são avaliados nos perfis laterais dos indivíduos, tratando-se, assim, da avaliação ântero-posterior da coluna cervical, torácica, lombar e/ou lombosacra.

#### **2.2.1.1.1 Alterações no plano sagital na coluna cervical**

A postura de cabeça é influenciada e controlada por inúmeros fatores, como: o sistema visual e vestibular, os proprioceptores de pescoço, a posição do osso hióide, a oclusão dentária e a atividade neuromuscular, além da relação biomecânica entre a posição da cabeça, coluna cervical, as estruturas dentofaciais, diâmetro do espaço aéreo faríngeo e as condições de respiração (CUCCIA, CAROLA, 2009). São amplamente conhecidas na literatura as influências que a respiração oral podem causar na determinação dos arranjos posturais (TAVARES, BRAGA, SILVA, 2002).

Alguns estudos têm demonstrado que a obstrução nasal induz a uma extensão de cabeça, como uma resposta funcional para facilitar a respiração bucal a fim de compensar a obstrução nasal. São descritas, ainda, as variações dos parâmetros craniocervicais na mudança na resistência da nasofaringe após uso de corticoterapia em crianças com asma e rinite crônica (CUCCIA, CAROLA, 2009).

As correlações existentes entre a respiração, postura craniocervical e desenvolvimento craniofacial foram confirmadas em pesquisas sobre a morfogênese em consequência de bronquite asmática, rinite alérgica crônica, além de outras alterações (CUCCIA, CAROLA, 2009).

Sendo esclarecidas as várias relações biomecânicas, fisiológicas e funcionais que interferem na posição da cabeça e, conseqüentemente, no alinhamento da coluna cervical, é possível mencionar os processos posturais compensatórios descendentes, ou seja, o processo de realinhamento iniciado a partir de uma posição ou função e ações musculares e neuromusculares desses sistemas interligados, determinando uma reorganização corporal do indivíduo por alterações iniciadas em cabeça e pescoço.

A má postura cervical é considerada ineficiente quando aumenta a carga sobre as estruturas antigravitacionais cervicais e propicia processos fisiológicos disfuncionais que podem resultar em dor. (JANDA<sup>3</sup> apud GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008, p. 509).

Apesar da longevidade de pesquisa e interesse clínico na postura cervical, ainda há muito a ser aprendido sobre a sua classificação postural, particularmente as relacionadas à dor e disfunção (GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008).

Para Grimmer-Somers, Milanese e Louw (2008), o termo “forward head posture”, ou seja, “postura de cabeça anteriorizada”, tem causado uma grande confusão na comunidade científica, pois, aparentemente, vem sendo usado esse mesmo termo para descrever duas posturas distintas de cabeça em descanso. Uma delas descreve a cabeça à frente da linha de gravidade com os olhos inclinados para baixo. Nesta posição, o tronco está caído para frente para apoiar a cabeça e o nível dos olhos, levando a um achatamento da lordose da coluna cervical. Já na outra postura, o queixo leva a cabeça a estar levemente angulada para cima, inclinando caudalmente a cervical ou ligeiramente à frente da linha da gravidade, tendo sido definido como um “arqueamento anterior da cabeça e pescoço com a face inclinada para cima” por Saunders<sup>4</sup> em 1982 (apud GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008

---

<sup>3</sup> JANDA, V. Muscle and cervicogenic pain syndromes. In: Grant RE, editor. **Physical therapy for the cervical and thoracic spine**. Ch.9, clinics in physical therapy, 17. Melbourne, Australia: Churchill Livingstone; 1988 apud GRIMMER-SOMERS, K.; MILANESE, S.; LOUW, W. Measurement of Cervical Posture in the Sagittal Plane, **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v.31, n.7, sep 2008

<sup>4</sup> SAUNDERS, H. D. **Orthopaedic physical therapy**: evaluation and treatment of musculoskeletal disorders. Minnesota: Self published; 1982 apud GRIMMER-SOMERS, K. ; MILANESE, S.; LOUW, W. Measurement of Cervical Posture in the Sagittal Plane, **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v.31, n.7, sep 2008

p.510). Essa postura implica em um movimento de translação aumentado de C5 em relação a C6, devido ao aumento da lordose cervical.

É possível que a postura de cabeça anteriorizada possa estar associada com as dores ou disfunção no pescoço, pois ambas as posturas de cabeça colocariam estruturas cervicais em desvantagens mecânicas, podendo desencadear respostas patológicas devido ao posicionamento anormal dos tecidos e seu alongamento. Entretanto, são necessárias mais pesquisas para compreender como esses mecanismos ocorrem (GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008).

Em um estudo qualitativo, Penha et al. (2008) encontraram a protrusão de cabeça (anteriorização de cabeça) e a hiperlordose cervical como uma das principais alterações posturais em crianças de 7 a 10 anos de idade, tendo maior incidência em meninos que em meninas.

Do levantamento bibliográfico realizado, é evidente que a indefinição de padrões da abordagem e de avaliação da postura de cabeça e de padrões de referência quantitativos fisiológicos e disfuncionais dificultam as conclusões definitivas. Porém, é possível observar que mesmo com essas dificuldades, nenhum artigo se referiu à retificação da lordose cervical em crianças e a maioria dos trabalhos pesquisados definiu a anteriorização da cabeça como um achado frequente.

#### **2.2.1.1.2 Alterações no plano sagital na coluna torácica**

A hipercifose é o aumento anormal de flexão da coluna torácica (WATSON, Mac DONNCHA, 2000). Assim, é possível interpretar a retificação torácica como a diminuição da flexão da coluna torácica tendendo a adotar a posição neutra.

No período da adolescência, a hipercifose torácica ou dorsal é uma deformidade postural relativamente frequente. No entanto, a deformidade pode ser estrutural ou funcional (FABRY, 2009).

A hipercifose torácica estrutural, que é uma patologia da coluna vertebral chamada de Doença de Scheuermann, é menos frequente e ocorre mais em meninos. A causa é uma osteocondrose da coluna dorsal, uma alteração do crescimento e desenvolvimento das placas finais das vértebras com irregularidade nos discos intervertebrais, causando uma cifose torácica progressiva e intensa. Os sinais e sintomas são rigidez na coluna torácica, grandes limitações de movimento dessa região e, por vezes, dor (FABRY, 2009).

A hipercifose postural ou funcional é mais frequente em meninas, geralmente durante a puberdade. Os sinais são postura ruim, ausência de dor e sinais radiológicos. A amplitude de movimento é normal e a criança corrige ativamente a deformidade, ou seja, diminui ativamente o padrão hipercifótico (FABRY, 2009).

A causa aparente é o desconforto psicológico diante do aparecimento das características sexuais secundárias, como o desenvolvimento das mamas. Após a puberdade, geralmente, a postura melhora espontaneamente (FABRY, 2009).

Entretanto, nos dados da pesquisa de Poussa et al. (2005), realizada com pré-adolescentes e adolescentes (11 a 22 anos), a cifose torácica foi mais acentuada no sexo masculino em todas as idades, apresentando aumento com a idade nos meninos e não evoluindo nas meninas.

Da discussão do estudo de Lafond e colaboradores (2007) e de Penha, Baldini e João (2009) é claro não haver na literatura um consenso sobre em qual faixa etária e gênero ocorre de maneira mais frequente o aumento da cifose torácica nas crianças e adolescentes. Porém, há um consenso que a hipercifose torácica funcional é fisiológica durante a fase de crescimento e desenvolvimento do corpo humano.

#### **2.2.1.1.3 Alterações no plano sagital na coluna lombar e pelve**

O aumento da lordose lombar é um achado comum na infância sendo considerada fisiológica e está presente principalmente na faixa etária de 8 a 10 anos de idade. Às vezes, é causada por aumento de carga anterior devido a um sobrepeso de um abdômen proeminente (FABRY, 2009).

A hiperlordose estrutural ou patológica é muito rara e pode ser congênita ou secundária a contraturas do grupo flexor do quadril, entretanto, é importante uma distinção entre uma deformidade estrutural ou funcional. As deformidades funcionais não precisam ser tratadas, entretanto atividades esportivas comuns e frequentes devem ser introduzidas na rotina das crianças (FABRY, 2009).

Penha, Baldini e João (2009) encontraram um aumento do ângulo lombar em crianças de 8 anos quando comparadas às crianças de 7 anos de idade.

A postura ereta humana envolve um equilíbrio delicado entre a coluna e a pelve. Foi comprovado por Mac-Thiong et al. (2007), em crianças e adolescentes, uma forte correlação

entre a morfologia e orientação do alinhamento da coluna e pelve, destacando-se a coluna lombosacra.

Do levantamento bibliográfico realizado até o presente momento, nenhum estudo relatou a presença de retificação lombar em crianças. A literatura está voltada a tentar definir um método preciso de medidas da coluna lombar, assim como estabelecer seus valores de normalidade.

### **2.2.1.2 Alteração no plano frontal da coluna vertebral**

São os desvios que podem ser percebidos na análise da vista anterior e posterior do indivíduo. São passíveis de avaliação as alterações em lâtero-lateral, ou seja, desvios laterais para esquerda ou para direita.

#### **2.2.1.2.1 As escolioses**

Como já foi citado, o desvio da coluna vertebral no plano frontal é denominado escoliose, e não é considerado fisiológico em nenhuma fase do desenvolvimento humano Figura 2 (c). É, na verdade, uma alteração tridimensional de latero-flexão associada a componentes de rotação vertebral (AKEL, YAZICI, 2009).

Para cada curvatura, há a vértebra apical e as vértebras terminais. As vértebras terminais são aquelas mais inclinadas, superior ou inferiormente, incluídas em uma curva. A vértebra apical é a mais deslocada lateralmente e é, ainda, a vértebra mais rodada e que está no ápice da curvatura. As vértebras terminais são normalmente as mais inclinadas e selecionadas para determinar a medida da curva nos diferentes métodos e no mais utilizado, que é o Método Cobb (MALFAIR et al., 2010).

Há sempre a necessidade de se diferenciar a escoliose estrutural da escoliose funcional ou postural. Escoliose postural desaparece com a flexão anterior do tronco e não há rotação das vértebras. Pode ser compensatória ao encurtamento de um dos membros inferiores, por exemplo. Essa discrepância do comprimento dos membros provoca a inclinação da pelve. Se a criança com escoliose postural é radiografada em ortostatismo, é possível notar uma curva lateral, que desaparece quando é radiografada em decúbito dorsal (ASHER, 1976; FABRY, 2009).

A rotação vertebral que caracteriza a escoliose estrutural causa a formação de uma gibosidade pela rotação e elevação das costelas na coluna torácica e dos processos laterais e grupos musculares da região lombar. A gibosidade é o sinal patognomônico da escoliose estrutural, como mostra a Figura 3 (b) (FABRY, 2009).

No exame clínico de flexão anterior do tronco, indivíduos sem escoliose apresentam um perfil simétrico da coluna e da caixa torácica Figura 3 (a). Nos indivíduos com escoliose a gibosidade caracteriza um perfil assimétrico com presença de uma proeminência do lado da convexidade da curva vertebral Figura 3 (b) (KAPANDJI, 1982). Esse exame é denominado de Teste de Adams.

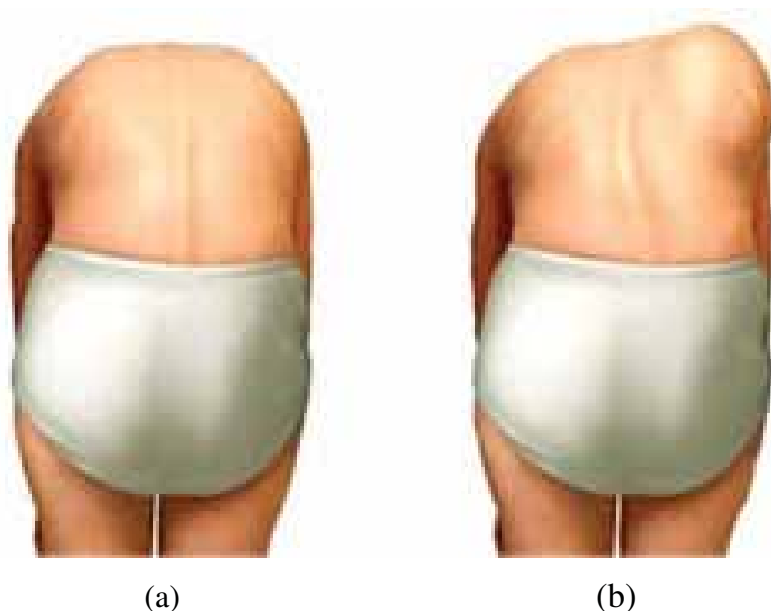


Figura 3 – (a) Padrão normal no Teste de Adams; (b) Padrão com gibosidade no Teste de Adams, que caracteriza a escoliose estruturada (SOUZA, 2009).

Além disso, em uma mesma escoliose pode ocorrer uma curvatura estruturada (inflexível) e uma curvatura não estruturada (flexível) que está presente somente para manter o equilíbrio do tronco. Por exemplo, uma escoliose lombar à direita para compensar uma escoliose primária torácica à esquerda, buscando manter o alinhamento da cabeça sobre a pelve (MALFAIR et al., 2010).

Com o passar do tempo, a curva não estruturada pode se tornar estruturada por causa do encurtamento dos ligamentos, atrofia muscular e alterações ósseas que ocorrem na coluna por se manter em uma mesma posição por tempo prolongado. Se a curva primária é corrigida precocemente, a curva não estruturada irá se corrigir espontaneamente (MALFAIR et al., 2010).

### 2.3 Controle postural

O controle postural envolve o controle da posição do corpo no espaço, com o objetivo duplo de estabilidade e orientação. A orientação postural é definida como a capacidade de manter uma relação adequada entre os segmentos do corpo e entre o corpo e o ambiente, para uma determinada tarefa (HORAK, MACPHERSON, 1996).

No processo da estabilidade vertical, os seres humanos utilizam múltiplas referências sensoriais, incluindo a ação da gravidade que atua sobre nós (sistema vestibular), a superfície de apoio (sistema somatossensitivo) e a relação do nosso corpo com os objetos existentes no ambiente (sistema visual) (SHUMWAY-COOK, WOOLLACOTT, 1985).

Vários autores sugeriram uma predominância na utilização da informação visual no controle postural nos primeiros anos de vida, até aproximadamente os sete anos de idade, sobre os outros sistemas tanto sensorio vestibular como somatosensorial (SHUMWAY-COOK, WOOLLACOTT, 1985). Entretanto, essa afirmação não é um consenso na literatura, tendo sido relatado que crianças de dois a seis anos de idade conseguiram manter seu equilíbrio estático mesmo com os olhos fechados (BARELA, POLASTRI, GODOI, 2000).

O funcionamento do sistema postural envolve a necessidade de coordenar e controlar os segmentos corporais com base nas informações sensoriais. Assim, mesmo um comportamento cotidiano, como a manutenção da posição ereta, é uma tarefa complexa que envolve um íntimo relacionamento entre a informação sensorial e a atividade motora (BARELA, POLASTRI, GODOI, 2000).

A estabilidade postural é a capacidade de manter o corpo em equilíbrio. Um corpo é considerado equilibrado ou estável, quando a projeção vertical do seu centro de massa (CM), portanto, a projeção do seu CM, é mantido sobre os limites da sua base de apoio (SHUMWAY-COOK, WOOLLACOTT, 2003).

Durante a postura vertical imóvel, os limites de estabilidade do ser humano são definidos como a área entre as bordas externas dos pés em contato com o chão. Entretanto, a conservação da estabilidade postural é um processo dinâmico, pois, estando em pé, o corpo humano contrai continuamente os seus músculos para controlar a posição do CM e, assim, mantê-lo nos limites externos da sua base de apoio (SHUMWAY-COOK, WOOLLACOTT, 2003).

A projeção vertical no solo das forças musculares que orientam o CM é denominada de centro de pressão. Durante a postura vertical imóvel, existe um ponto de pressão distinto sob cada um dos pés. O centro de pressão total fica entre eles e depende do peso que cada membro

inferior suporta. A alteração e o deslocamento da pressão na sola dos pés determina a mudança das informações percebidas pelo sistema somatossensitivo sendo esse um dos fatores que pode interferir na estabilidade vertical. Entretanto, a maneira como essa interação ocorre ainda não está clara para nenhum grupo populacional específico (SHUMWAY-COOK, WOOLLACOTT, 2003).

A postura vertical é caracterizada por pequenas inclinações para frente e para trás no plano sagital. Em um sistema simplificado, essa oscilação pode ser representada como um pêndulo invertido, tendo como base de sustentação os pés fixados ao chão e o pêndulo de oscilação do corpo sendo as pequenas oscilações espontâneas (DUARTE et al., 2000).

As crianças, quando comparadas aos adultos, apresentam características diferentes no controle postural, como maior oscilação corporal (USUI, MAEKAWA, HIRASAWA, 1995), maior área e velocidade de oscilação (RIVAL, CEYTE, OLIVIER, 2005) e maior frequência de oscilação.

Alguns estudos têm apontado que essas oscilações diminuem com o passar dos anos, daí a melhora do equilíbrio na criança, alcançando níveis similares aos dos adultos por volta dos dez aos doze anos de idade (RIVAL, CEYTE, OLIVIER, 2005).

Diversos fatores contribuem para estabilidade na postura vertical imóvel. Primeiro, o alinhamento postural que pode minimizar o efeito das forças gravitacionais, que tendem a deslocar o nosso centro de gravidade. Segundo, o tônus muscular pode evitar que o corpo entre em colapso em resposta à atração exercida pela gravidade (SHUMWAY-COOK, WOOLLACOTT, 2003).

Através de estudos de eletromiografia é possível afirmar que o alinhamento ideal na postura vertical permite que o corpo seja mantido em equilíbrio com um gasto mínimo de energia interna (SHUMWAY-COOK, WOOLLACOTT, 2003).

Uma vez que o CM se desloca para fora da estreita amplitude definida pelo alinhamento ideal, mais esforço muscular é exigido para recuperar uma posição estável. Nessa situação, as estratégias de compensação postural são usadas para voltar o centro de gravidade a uma posição estável, dentro da base de apoio (SHUMWAY-COOK, WOOLLACOTT, 2003).

Para Turner<sup>5</sup> (2002 apud GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008, p. 510), a manutenção da postura humana é um protótipo de sistema de controle complexo. A ação conjunta de diversos processos fisiológicos - interagindo, provavelmente, de maneira não

---

<sup>5</sup> TURNER, S., MITTERMAIER C., EHRENBERGER K. **Change of complexity patterns im human posture during aging.** *Audiol. Neurootol*, v. 7 p.240-248, 2002 apud GRIMMER-SOMERS, K. ; MILANESE, S.; LOUW, W. **Measurement of Cervical Posture in the Sagittal Plane,** *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, v.31, n.7, sep 2008

linear – levam a movimentos automáticos de correção que nos permitem ficar de pé. Essas respostas contínuas à adaptação dos sistemas sensoriais são denominadas de ajustes posturais.

Algum fator que tenha um impacto sobre qualquer um desses sistemas sensoriais ou no mecanismo de *feedback* (interpretação das respostas) pode afetar a estabilidade postural e o equilíbrio estático.

Quando o centro de gravidade de um segmento desvia e muda de alinhamento uma série de anormalidades posturais podem ocorrer, levando à maior tensão nas estruturas de suporte que podem causar desequilíbrio e menor eficiência do corpo (KENDALL, 1995; WATSON, Mac DONNCHA 2000).

Ao mensurar a postura ereta, não há uma abordagem clara para a compreensão ou captura da influência dos pequenos ajustes posturais na posição relativa dos segmentos da coluna (GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008).

## 2.4 Postura

Em 1947, a comunidade internacional convoca um Comitê de Postura da Academia Americana de Cirurgia Ortopédica com objetivo de estudar e discutir sobre postura. Esse Comitê define pela primeira vez a boa postura: “é o estado de equilíbrio musculoesquelético que protege as estruturas de suporte do corpo contra lesão e deformidades progressivas, independente da atitude em que essas estruturas estão trabalhando ou descansando (ereta, deitado, de cócoras, inclinando-se, sentado). Sob tais condições, os músculos irão funcionar mais eficientemente e irão oferecer ótima posição para os órgãos torácicos e abdominais” (GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008).

Com o passar dos anos, a postura humana foi cada vez mais estudada. Diversos pesquisados, clínicos e estudiosos passam a descrever sua própria opinião sobre a postura, a boa postura e a má postura. Para a clínica Kendall (1995), “a postura é composta das posições de todas as articulações do corpo em um dado momento e o alinhamento postural estático é melhor descrito em termos de posição das várias articulações e segmentos do corpo”. Assim, Kendall (1995) define postura como o arranjo relativo das partes do corpo em um determinado momento (PENHA et al., 2008).

O alinhamento ideal na postura vertical é relacionado à linha da ação da gravidade, que é a linha vertical que passa através do centro de gravidade do corpo. Essa definição traz um aspecto importante, que é a relação do centro de gravidade com o alinhamento postural.

Após várias pesquisas na área de controle motor e controle postural, nas definições mais atuais, a postura reflete a relação entre os segmentos da coluna vertebral e a influência do ambiente nos segmentos da coluna (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003).

Em um conceito ainda mais amplo, Grimmer-Somers, Milanese e Louw (2008), definem que a postura individual habitual de repouso é determinada por uma combinação de fatores dinâmicos incluindo a construção do corpo, o desempenho muscular, as mudanças estruturais relacionadas à idade, o estado mental, personalidade, capacidade proprioceptiva, função ocupacional e fatores culturais.

Para vários autores, como Mac Thiong et al. (2007), uma postura equilibrada é obtida quando os segmentos do corpo estão alinhados de maneira a minimizar o gasto energético.

Em contrapartida, a má postura é aquela em que existe uma falta de relacionamento das várias partes corporais, a qual induz a um aumento de sobrecarga às estruturas de suporte, o que pode resultar em dor (BARREIRA, 1994).

A má postura é uma relação defeituosa entre as várias partes do corpo, que produz uma maior tensão sobre as estruturas de suporte e onde ocorre um equilíbrio menos eficiente do corpo sobre sua base de apoio.

À medida que crescem e se desenvolvem, a postura da criança e do adolescente muda consideravelmente no plano sagital (LAFOND et al., 2007).

As variações de postura e do alinhamento da coluna no plano sagital estão associadas aos estágios de crescimento, que mudam as proporções das partes do corpo e causam problemas de equilíbrio (ASHER, 1976). Essas variações vêm sendo interpretadas como uma fase de adaptação às novas relações biomecânicas causadas pela mudança das proporções das partes do corpo, que tendem a modificar a posição do centro de gravidade (CG) em anterioridade (Mac-THIONG et al., 2004). Produz o que Lafond e colaboradores (2007) chamaram de “deslocamento para a retaguarda do centro de massa do tórax”, para assim manter o equilíbrio adequado no plano sagital.

O alinhamento postural no plano sagital deve ser considerado um fator de risco importante no desenvolvimento de deformidades da coluna vertebral e das síndromes dolorosas no adulto (LAFOND et al., 2007).

### 2.4.1 Padrão postural em escolares

Para Asher (1976), os padrões de postura na infância variam com a idade, gênero, estágio de desenvolvimento e tipo do corpo. Para classificar o tipo do corpo, ela adotou como referência os componentes corporais descritos por Sheldon, que são: endomorfismo (arredondamento), mesomorfismo (musculatura) e ectomorfismo (linearidade). Ela realizou uma inspeção clínica em uma ficha padronizada, duas vezes por ano, nas posturas em pé, de lado, posterior e anterior, e sentadas com as pernas estendidas.

Assim, como já citado, as variações na postura da criança estão associadas à etapa do crescimento, que mudam as proporções do corpo, os ajustes posturais e o equilíbrio, levando a padrões de alinhamentos diferentes dos fisiológicos no adulto.

Entretanto, embora os desvios possam ser aceitos dentro de normas fisiológicas em uma determinada fase do desenvolvimento do sistema músculoesquelético, estes mesmos desvios podem ser considerados inadequados em uma fase posterior do desenvolvimento, gerando uma sobrecarga ao corpo (PENHA et al., 2008). Pode representar, então, o desenvolvimento de uma anormalidade e a estruturação de uma deformidade de coluna.

Lafond et al. (2007) encontraram um aumento progressivo da translação anterior da cabeça (protrusão de cabeça) em relação a um guia vertical com a evolução da idade, após terem avaliado 1084 crianças de quatro a 12 anos de idade. Estes dados confirmam os achados de McEvoy e Grimmer (2005) e Mac-Thiong et al. (2004).

Asher (1976) não encontrou nenhum padrão definido para a cifose torácica durante seu estudo, porém identificou a tendência a hipercifose torácica nos meninos a partir dos 11 anos de idade, atingindo o máximo de sua incidência perto dos 17 anos, sendo raramente observada depois dessa faixa etária. Nas meninas, casos esporádicos foram relatados. Para esse autor, parece haver maior relação com o tipo de corpo ectomórfico que propriamente com a idade escolar.

Já Lafond et al. (2007), que realizaram um estudo com crianças de quatro a 12 anos de idade, encontraram um aumento progressivo do padrão cifótico com a idade.

Mac-Thiong et al. (2007) comprovaram uma alta correlação em crianças e adolescentes normais entre forma, morfologia e parâmetros de orientação da coluna e pelve. Este estudo buscou compreender a relação coluna-pelve, principalmente da coluna lombar em crianças e adolescentes normais.

Em seu estudo, Asher (1976) diferencia a escoliose postural da escoliose estrutural. Relata que a escoliose postural foi um achado incomum no grupo estudado e que não foi

encontrado nenhum caso em crianças com menos de oito anos de idade. Cita que a incidência foi maior em meninos que em meninas e que naqueles aparece mais cedo que nas meninas, sendo mais frequente em ectomorfos que nos mesomorfos. A escoliose postural se manifesta como uma curvatura simples ou total, geralmente convexa para a esquerda.

### **3 MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DAS CURVAS DA COLUNA VERTEBRAL E DA POSTURA CORPORAL**

Diferentes técnicas de investigação vêm sendo utilizadas para a mensuração das curvas da coluna vertebral, incluindo medidas radiológicas, medidas clínicas e as ferramentas de análises qualitativa postural (DUNK et al., 2004).

Como citado na introdução deste trabalho, os métodos quantitativos de avaliação são divididos em invasivos e não invasivos. Métodos invasivos utilizam a radiação iônica e são mais direcionados para a avaliação da coluna vertebral, como as tradicionais radiografias bidimensionais (2D), as imagens tridimensionais (3D) obtidas através da tomografia computadorizada ou, ainda, através da ressonância magnética (VRTOVEC; PERNUŠ; LIKAR, 2009). Os métodos não invasivos utilizam marcadores de superfície de pele fixados em acidentes ósseos previamente determinados e, normalmente, de fácil localização à palpação clínica, como a fotogrametria, que é a análise de imagens estáticas, ou a videogrametria, que é utilizada normalmente na análise do movimento humano na análise dinâmica.

A fotogrametria possibilita a avaliação de outras partes do corpo além da coluna vertebral e compõem um perfil completo de avaliação da postura e não somente uma avaliação da postura vertebral, como ocorre nas incidências focadas dos métodos invasivos.

O conteúdo deste capítulo irá abordar os métodos e técnicas de avaliação das imagens radiológicas estáticas, as mais comumente encontradas na prática clínica, e os métodos de avaliação dos fotogramas digitais, buscando justificar os materiais e métodos utilizados nessa pesquisa experimental.

#### **3.1 Métodos radiológicos**

O exame radiológico ainda é considerado decisivo para diagnóstico, acompanhamento evolutivo, mensuração das deformidades e para a tomada de decisão de condutas clínicas ou cirúrgicas (VRTOVEC; PERNUŠ; LIKAR, 2009).

Entretanto, muitos autores têm apontado falhas em vários aspectos desse método. Para Vrtovec, Pernuš e Likar (2009), a capacidade humana de avaliar qualitativa e quantitativamente as imagens radiológicas médicas são limitadas devido aos padrões de pesquisa não sistematizados, as características semelhantes entre as condições normais e

patológicas, a variabilidade biológica natural da anatomia humana, além das limitações técnicas como: ruídos de imagens, características técnicas distintas de imagem (como equipamentos diferentes) e posicionamento variável do paciente durante a aquisição da imagem. Essas limitações representam uma importante fonte de variabilidade que pode ocultar a verdadeira relação geométrica entre as várias estruturas anatômicas e induzir a erros na avaliação e na comparação periódica dos resultados.

A presença de ruídos na imagem é compreendida como sombras e indefinições dos contornos ósseos, podendo ser causados tanto pela sobreposição dos vários tecidos em profundidades diferentes em um mesmo plano radiológico, como pelas oscilações corporais durante a posição ortostática, dentre outras possíveis (VRTOVEC; PERNUŠ; LIKAR, 2009).

Para Vrtovec, Pernuš e Likar (2009), um parâmetro de medida quantitativa depende de um valor verdadeiramente desconhecido. A pouca aptidão do examinador ou do método de medida resultam em problemas de reprodutibilidade, repetibilidade e variabilidade intraexaminador e interexaminador. Entretanto, não há um consenso na literatura do quanto esses problemas podem interferir nas medidas.

Assim, os métodos de avaliação quantitativa de imagens são mais valiosos quando são completamente automatizados ou necessitam de intervenção manual mínima, que é extremamente raro (VRTOVEC; PERNUŠ; LIKAR, 2009).

Malfair et al. (2010), que realizaram uma revisão na avaliação radiológica na escoliose, afirmam que é fundamental a atenção cuidadosa com a técnica utilizada nas radiografias, pois pequenas diferenças em rotação ou ampliação e algumas mudanças na posição do paciente podem alterar significativamente as medidas das curvaturas da coluna.

### **3.1.1 Métodos radiológicos no plano sagital**

Desenvolvido originalmente para estimar a deformidade de coluna no plano frontal, o Método de Cobb foi o primeiro a ser descrito para mensurar as curvaturas do plano sagital na lordose cervical, cifose torácica e lordose lombar (VRTOVEC; PERNUŠ; LIKAR, 2009).

Medido através do ângulo formado pela intersecção das perpendiculares das retas tangentes à inclinação do platô superior do corpo da vértebra terminal superior da curva e do platô inferior da vértebra terminal inferior da mesma curva, o método foi denominado por Harrison et al. (2001) de “ângulo de Cobb modificado”, mostrado na Figura 4 (a).

Limitações similares às relatadas para o plano frontal foram encontradas também para o plano sagital. O ângulo estimado mensura a inclinação das vértebras terminais da curva e não reflete as mudanças que podem ocorrer na região central da curva. Entretanto, alguns autores afirmam que o ângulo de Cobb pode apresentar alta confiabilidade para estimar a cifose torácica e a lordose lombar, quando há padronização do processamento de aquisição e medição (VRTOVEC; PERNUŠ; LIKAR, 2009).

O método proposto por Mac-Thiong et al. (2007) é composto por três partes: segmento torácico, junção toracolombar e segmento lombar. A cifose torácica e a lordose lombar são mensuradas através da soma dos ângulos contidos em dois arcos modelados na face anterior do corpo vertebral para cada região (Figura 4 (b) - representados pela linha vermelha). Não foi incluída T12 em nenhuma das duas curvas, por ser considerada vértebra de transição, de alinhamento “reto”, segundo os estudos de Berthonnaud et al. (1998) e Vaz et al. (2002), que serviram de base para o desenvolvimento do método descrito. Esse método também necessita de um examinador experiente para localizar os cinco pontos nos vértices dos platôs das vértebras referências (assinaladas com pontos roxos na Figura 4 (b)) que são os pontos utilizados para a determinação dos ângulos que mensuram as curvas vertebrais.

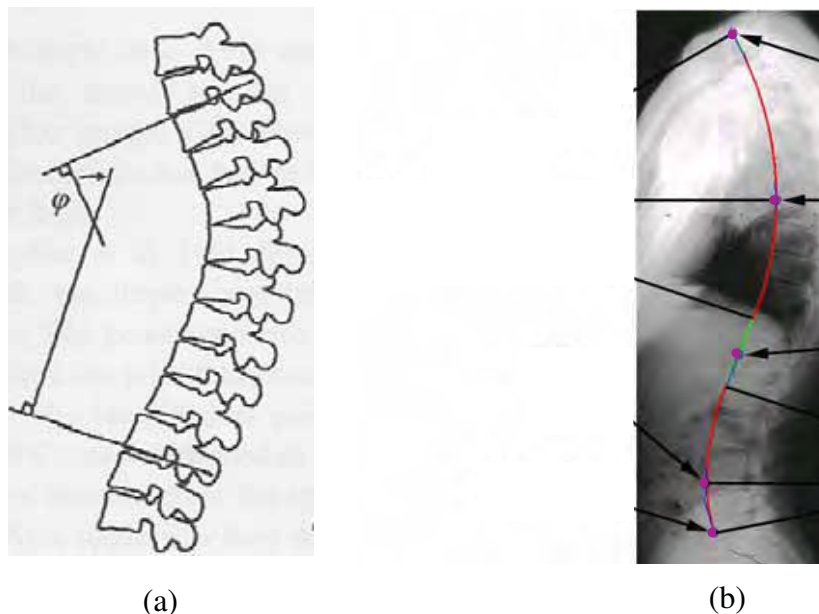


Figura 4 – (a) Ângulo de Cobb modificado para o plano sagital (VRTOVEC; PERNUŠ; LIKAR, 2009)  
(b) Método de avaliação descrito por Mac-Thiong et al. (2007) (Mac-THIONG et al., 2010).

Além de mensurar as curvas torácicas e lombares conforme descrito, Mac-Thiong et al. (2007) realizaram ainda o estudo do “equilíbrio segmentar” em relação à vertical, ou seja, a verificação da inclinação do tórax e da região lombar em relação à vertical originária de T12,

como descrita por Berthonnaud et al. (2005). Esse equilíbrio segmentar é avaliado através da inclinação das retas de T1-T12 e L5-T12 em relação à vertical de T12 e são consideradas positivas se o segmento de reta passa à frente da linha vertical de referência ou negativa se passa atrás da referência, buscando assim, identificar um padrão de anteriorização ou não do segmento.

### **3.2 Fotogrametria**

A observação da postura humana feita nas clínicas ou em ambientes de pesquisa fornece uma visão externa a partir da qual podem ser feitas avaliações da saúde das estruturas anatômicas subjacentes à coluna vertebral, relacionadas à função biomecânica, à força e resistência muscular e, até mesmo, à saúde psicológica (GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008).

Entre os métodos quantitativos não invasivos de análise do padrão postural e da postura vertebral, a biofotogrametria, ou fotogrametria, vem sendo utilizada nas práticas clínicas e em pesquisa como uma avaliação mensurável e como forma de acompanhamento do tratamento clínico proposto (FORTIN et al., 2011). Mais recentemente, os pesquisadores têm concentrado esforços para buscar um método de avaliação 3D (tridimensional) através da fotogrametria ou ainda em métodos que dispensem a ação manual de um observador no processamento dos dados.

Além da fotogrametria, a videogrametria vem sendo proposta para analisar as curvas da coluna vertebral em condições dinâmicas em movimentos específicos e na corrida, ou, até mesmo, na avaliação estática, compreendendo as oscilações constantes da postura ereta (CAMPOS, 2010; CARNIELLI et al., 2009).

Para Lafond et al. (2007), a avaliação clínica do alinhamento postural baseada em técnicas não invasivas de imagens tem a vantagem de ser de menor custo e mais apropriada para uma triagem postural, sem ter, entretanto, a pretensão de substituir a avaliação radiológica da coluna vertebral. Além disso, tal técnica busca diminuir a necessidade dos exames radiológicos na rotina clínica, sendo uma ferramenta viável para estimar a postura vertebral e corporal, permitindo que os exames radiológicos possam ser menos frequentes.

Segundo a Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, a fotogrametria é a ciência e tecnologia utilizada para obter informações confiáveis através de

fotogramas de objetos físicos e meio ambiente, que podem ser medidos e interpretados (IUDES et al., 2009; SAAD, COLOMBO, JOÃO, 2009).

Algumas vantagens da fotogrametria são as de possibilitar a gravação das mudanças sutis da postura (WATSON, Mac DONNACHA, 2000), quantificar as variáveis morfológicas relacionadas à postura e fornecer dados mais confiáveis do que os obtidos somente através da inspeção clínica (IUDES et al., 2009; SAAD, COLOMBO, JOÃO, 2009). Acrescentam-se, ainda, as vantagens de possibilitar o arquivo digital com economia de espaço e acesso fácil (SACCO et al., 2007) e permitir a comparação da postura em diferentes momentos do desenvolvimento postural ou o acompanhamento das mudanças clínica das alterações posturais durante as condutas clínicas adotadas (SAAD, COLOMBO, JOÃO, 2009).

A identificação dos desequilíbrios posturais vem, atualmente, sendo incorporada a uma nova tecnologia para orientar tratamentos clínicos e programas de exercício na gestão dessas condições, tais como a dor lombar (DUNK et al., 2004).

Ferreira (2005) produziu o *Software* de Avaliação Postural (SAPO), que propõe a avaliação quantitativa do padrão postural através da biofotogrametria na posição ereta vertical de frente, de costas e dos perfis direito e esquerdo, utilizando marcados de superfície da pele em acidentes ósseos previamente determinados. Disponível gratuitamente na rede mundial de computadores no site da Fapesp, o *software* é provavelmente o mais utilizado no Brasil.

Esse é um programa de uso relativamente simples que fornece medidas lineares e valores angulares. Fundamenta-se na digitalização de pontos definidos, possibilitando funções diversas como calibração da imagem, utilização de *zoom*, marcação livre de pontos, medição de distâncias e de ângulos corporais (FERREIRA, 2005).

Várias empresas têm desenvolvido sistemas computadorizados de análise postural que envolvem uma imagem digital na postura ereta vertical para estimar o padrão postural e qualquer assimetria postural (DUNK et al., 2004).

Entretanto, o sucesso dessa tecnologia exige reprodutibilidade e repetibilidade da postura, para assegurar que as mudanças decorrentes são imputáveis do programa de tratamento prescrito e não a qualquer variabilidade natural da postura (DUNK et al., 2004), ou, ainda, do método de avaliação utilizado para estimar a postura nestes fotogramas.

Dunk et al. (2004) afirmam que a análise dos ângulos da coluna na postura vertical demonstrou de pobre a moderada repetibilidade, devendo as interpretações dos desvios posturais serem interpretadas com cautela quando mensuradas através da fotogrametria. O mesmo afirmam Vrtovec, Pernuš e Likar, (2009) sobre os métodos invasivos de radiologia.

Em Dunk, Lalonde, Callaghan (2005), os pesquisadores questionam a precisão e a validade dos sistemas de avaliação que utilizam marcadores de superfície de pele para o cálculo de ângulos da coluna vertebral. Contudo, relatam ter utilizado um *software* personalizado para o processamento dos dados, mas não esclarecem como ocorre esse processamento, não citam ter realizado a calibração das imagens analisadas e, na realidade, não utilizaram marcadores de superfície, mas sim um aparato de metal fixado na cabeça e pelve (Figura 7 (a)).

Com relação à confiabilidade das medidas estimadas intra e interexaminador dos métodos de fotogrametria, alguns estudos demonstram um aumento da variabilidade das medidas quando os pontos de referência na superfície de pele são demarcados por examinadores diferentes em uma mesma técnica de medição. A posição dos marcadores pode variar de acordo com a experiência ou não do examinador, uma vez que os marcadores são colocados através da palpação clínica dos acidentes ósseos. Assim, muitos estudos têm optado por manter durante todo o processo de aquisição de dados o mesmo examinador para não ser esse um fator interferente na comprovação da acurácia do método proposto na pesquisa (SAAD, COLOMBO, JOÃO, 2009). Tal procedimento também foi adotado no presente estudo.

Entretanto, essa pode ser uma questão ainda mais delicada, pois alguns pesquisadores citam que pode ocorrer uma variabilidade intraexaminador, ou seja, as medidas e os pontos marcados podem variar em sessões próximas e distintas para um mesmo examinador.

Ressalta-se, ainda, que as medidas realizadas através do estudo de fotogrametria de van Niekerk et al. 2008, demonstraram boa validade em comparação com as imagens radiológicas obtidas através do LODOX®, equipamento que utiliza baixíssimas doses de raios-x que equivalem a pouco menos de 6% dos equipamentos convencionais de radiologia (BENINGFIELD<sup>6</sup>, 2003, apud Grimmer-Somers, Milanese, Lowu, 2008, p. 512).

Vários outros autores têm demonstrado de boa à ótima repetibilidade e precisão de seus estudos, tendo conseguido validar seus estudos através de medidas realizadas em sessões distintas em tempos variados, dependendo de cada uma das pesquisas. Porém, como não existe uma padronização, cada um dos autores tem que se ocupar em testar e comprovar a confiabilidade e acurácia de seus próprios estudos, o que é normalmente realizado através do coeficiente de correlação intraclassa (AKEL, YAZICI, 2009; BELLI et al. 2009; SAAD,

---

<sup>6</sup> BENINGFIELD S. et al. **Report on a new type of trauma full-body digital x-ray machine**. Emerg. Radiol. v. 10, p. 23-29, 2003. apud GRIMMER-SOMERS, K. ; MILANESE, S.; LOUW, W. Measurement of Cervical Posture in the Sagittal Plane, **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v.31, n.7, sep 2008

COLOMBO, JOÃO, 2009; FERREIRA et al., 2010; FORTIN et al. 2010; SAAD et al., 2012), o que será também realizado nesse estudo.

Através do levantamento bibliográfico realizado, parece que os mesmos problemas de reprodutibilidade, repetibilidade, variabilidade intra e interexaminador, ocorrem em ambos os métodos: invasivos-radiológicos e não invasivos-fotogramétricos, não sendo, neste aspecto, os exames invasivos superiores aos métodos de fotogrametria.

### **3.2.1 Avaliação postural através da fotogrametria**

Com o objetivo de tornar o estudo mais claro e didático, foi proposta uma divisão da análise da fotogrametria pelos diferentes segmentos corporais, abordando para cada um desses segmentos o que os autores pesquisados utilizaram e que serviu de base para o desenvolvimento desta pesquisa. Entretanto, é importante esclarecer alguns aspectos gerais relevantes na aquisição e processamento dos dados em fotogrametria, também discutidos na literatura como: pontos anatômicos de referência, ação voluntária na correção da postura, estabilidade postural na posição ereta, alinhamento dos pés e possíveis erros de perspectivas dos segmentos analisados.

Para Saad, Colombo, João (2009), é importante que os pontos selecionados e marcados na superfície do corpo sejam de fácil localização clínica para se evitar os erros de reprodutibilidade e variabilidade, como os pontos sugeridos pelo tutorial para localização dos pontos anatômicos, disponível em: <http://sapo.iv.org.br/portal/ajuda/tutorial.pdf>.

Alguns pontos são comumente utilizados, como: os tragos do ouvido (GRIMMER et al., 2002; DUNK et al., 2004; McEVOY, GRIMMER, 2005; LAFOND et al., 2007), espinhas ilíacas ântero superior e póstero superior (WATSON, Mac DONNCHA, 2000; PENHA et al., 2005; LAFOND et al., 2008; RICIERY; COSTA; ROSÁRIO FILHO, 2008; YI et al., 2008), a sétima vértebra cervical (WATSON, Mac DONNCHA, 2000; PENHA et al. 2005; McEVOY; GRIMMER-SOMERS, 2005; DUNK et al., 2004; RICIERY, COSTA, ROSÁRIO FILHO, 2008) , algumas vertebrae torácicas como a sétima, a nona vértebra e ainda algumas das vertebrae lombares (WATSON, Mac DONNCHA, 2000; DUNK et al., 2004; PENHA et al., 2005; RICIERY, COSTA, ROSÁRIO FILHO, 2008), maléolo lateral (GRIMMER-SOMERS et. al. 2002; PENHA et al., 2005; PENHA et al., 2008) dentre outros foram amplamente utilizados na literatura (WATSON, Mac DONNCHA, 2000; FERREIRA, 2005; McEVOY, GRIMMER, 2005; GALERA, 2007; SACCO et al., 2007; LAFOND et al., 2007).

Para evitar a correção postural ativa durante a aquisição dos fotogramas, ou seja, para que a criança não mude seu padrão postural se corrigindo ativamente, forçando uma falsa postura durante a aquisição da imagem, Dunk, Lalonde, Callaghan (2005) descreveram ter orientado seus participantes a permanecerem em uma postura “relaxada e normal sem se corrigir” e McEvoy, Grimms, et al., (2005) solicitaram que as crianças de seu estudo “permanecessem em pé como se estivessem esperando para ser atendido na cantina ou esperando por sua mãe na saída da escola”.

Parece ser importante, ainda, o controle do sistema vestibular e visual durante a aquisição dos dados, pois embora seja ainda questionável, vários autores sugeriram a predominância na utilização da informação visual no controle postural durante a estabilidade vertical nos primeiros anos de vida (SHUMWAY-COOK, WOOLLACOTT, 1985).

Ferreira (2005) optou em não padronizar a posição dos pés para sua pesquisa, deixando a base de suporte livre ao que fosse o padrão natural da pessoa. Dessa forma, a posição assumida por seus participantes foi “a representação do seu verdadeiro alinhamento postural”. Entretanto, Dunk, Lalonde, Callaghan (2005) relatam que durante a troca de posicionamento (frente/costas, direita/esquerda) pode ocorrer a mudança do alinhamento dos pés, podendo induzir a erros e comprometendo a reprodutibilidade e confiabilidade do método utilizado.

Já durante o processamento dos dados, Vtorvec et al. (2009) e Campos (2010) alertam para os erros de perspectiva que podem ocorrer quando são analisados de forma bidimensional, através de ângulos e distâncias, pontos dispostos em tridimensional no indivíduo, como por exemplo, C7 em relação ao meato acústico e ao mento.

### **3.2.1.1 Postura vertebral no plano sagital**

Iunes et al. (2009) descreveram o estudo do alinhamento da coluna vertebral através de um ângulo para cada uma das regiões da coluna tendo o ponto de intersecção e, portanto, o vértice do ângulo no fio de prumo que estava posterior a uma distância fixa dos participantes em cada um dos fotogramas. Eles estabeleceram um ponto médio em cada uma das regiões. Na região cervical, o ponto médio foi C4 sendo o ponto superior da curva a protuberância occipital e o ponto inferior C7. Na região torácica, T7 foi o ponto médio, sendo C7 e T12 os pontos superior e inferior da curva, respectivamente, e L3 foi o ponto médio na região lombar, sendo T12 o ponto superior e L5 o ponto inferior, Figura 5. Esse estudo estabeleceu um método próprio de avaliação através da fotogrametria e os ângulos da coluna vertebral foram

assim mensurados e serviu, ainda, de base para os estudos posteriores, como de Belli et al. (2009).

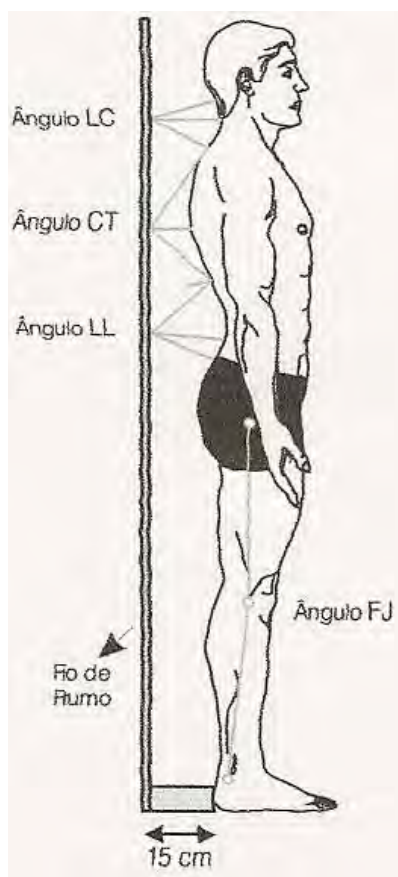


Figura 5 – Método descrito por Iunes et al. (2009) para mensurar a curvaturas da coluna vertebral onde ângulo LC determina a lordose cervical, ângulo CT o da cifose torácica e ângulo LL a medida do ângulo lombar e (IUNES et al., 2009).

Penha, Baldini e João (2009) utilizaram a interface do corpo com o simetrógrafo ao fundo do fotograma para encontrar os ângulos da coluna lombar e, pelo que foi possível compreender, pois não está claro no artigo, o vértice dos ângulos variava de acordo com o padrão postural da criança, não havendo uma referência fixa superior ou inferior para a medida. Na avaliação do ângulo da cifose torácica, foi gerada uma reta, utilizada como referência a parte inferior (interface marcador-corpo) do marcador esférico de C7 até o ponto mais externo da região torácica (interface pele-fundo), com intersecção nesse ponto com uma reta gerada a partir na porção inferior de L5 ilustrada na Figura 6.

Fortin et al. (2010) realizaram a análise da postura vertebral através da fotogrametria 2D e 3D com câmeras dispostas em obliquidade de 45° e processamento dos dados através de *software* específico para esse fim. Foram fixados marcadores de superfície nos processos espinhosos das vértebras de C7 à S1, nas espinhas ilíacas ântero e pósterio superiores, dentre

outros acidentes ósseos. A avaliação da cifose torácica e da lordose lombar foi realizada através do “ângulo de Cobb modificado”, descrito por Harrison et al. (2001) para o exame radiológico, sendo descrito pela primeira vez para a fotogrametria. Assim, a análise da curvatura torácica e lombar foi realizada através da identificação da vértebra superior da curvatura, traçando uma linha até a vértebra ápice, sendo esse o vértice do ângulo, e traçando uma segunda reta da vértebra ápice até a vértebra inferior da curvatura, não sendo, portanto, as vértebras fixas de análise, variando de acordo com o sujeito da pesquisa.

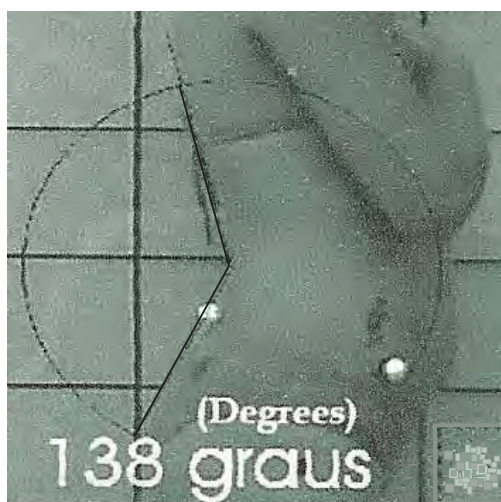


Figura 6 – Método descrito por Penha, Baldini e João (2009) para mensurar as curvas da coluna vertebral (PENHA, BALDINI, JOÃO, 2009).

Os autores que não utilizaram câmeras fotográficas dispostas em ângulo de 45° utilizaram dispositivos e aparatos (de pequenos a grandes) para projetarem as diferentes partes do corpo no plano sagital, sobretudo os processos espinhosos de vértebras torácicas e lombares. São aparatos os prolongamentos fixados através de faixas torácicas ou abdominais e peças de metal longas e pesadas fixadas ao crânio ou pelve para possibilitar a localização, por exemplo, da protuberância occipital (GRIMMER-SOMERS et al., 2002; DUNK et al., 2004; LIMA et al., 2004; McEVOY, GRIMMER, 2005; DUNK, LALONDE, CALLANGHAN, 2005; GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008; BRINK et al., 2009, BELLI et al. 2009).

Contudo, em nenhum dos estudos pesquisados e referidos acima, esses dispositivos foram considerados como um fator de interferência nas medidas. Não sendo realizada a correção da distância entre a marca superior da haste e a base de fixação na pele, Figura 7 (a) e (b). Como será feito no presente estudo, todos os ângulos e relações analisados por esses autores têm como parâmetro a marca superior da haste ou do aparato metálico e não a

localização verdadeira do processo espinhoso da coluna, fato que pôde ser prejudicial à veracidade dos dados estatísticos discutidos em seus estudos.

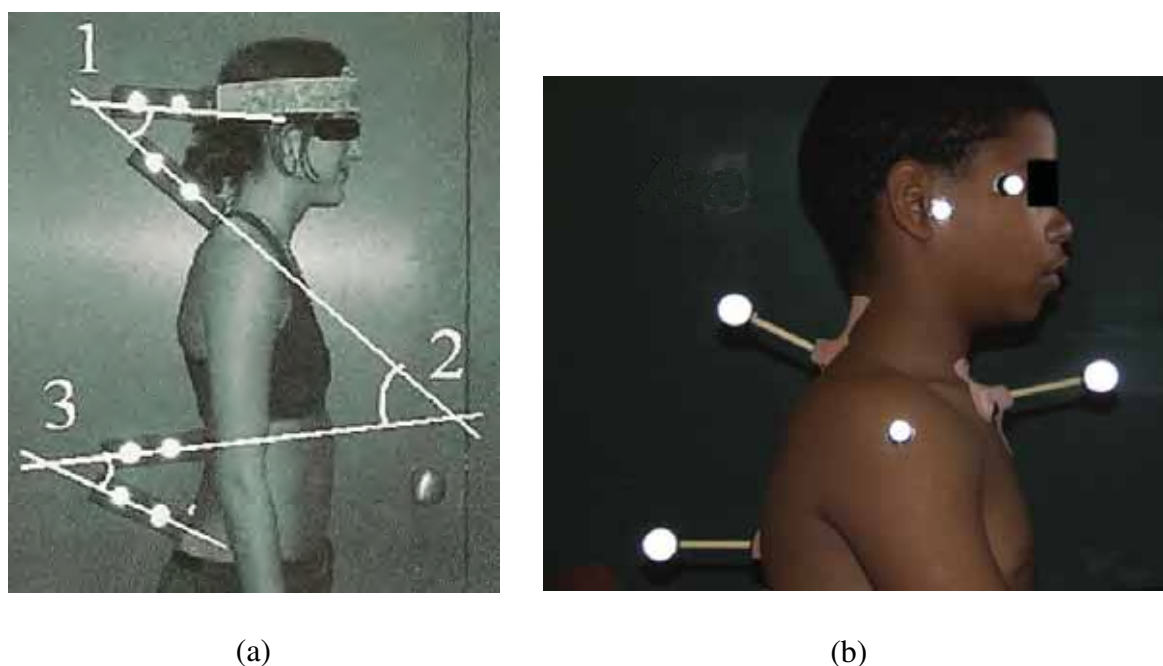


Figura 7 – (a) Dispositivos metálicos utilizado dos Dunk, Lalonde e Callaghan, 2005 (DUNK, LALONDE, CALLANGHAN, 2005); (b) Dispositivos reluzentes utilizados por Brink et al., 2009 (BRINK et al. 2009).

Um fato que deve ser abordado e que é conhecido no adulto, é que os processos espinhosos das vértebras torácicas podem atingir até dois níveis inferiores ao corpo vertebral das vértebras subjacentes, ou seja, o processo espinhoso de T7 pode ser palpável e, portanto, marcado, no nível do corpo vertebral de T9, por exemplo (KAPANDJI, 1982). Entretanto, não foi possível encontrar na literatura referência bibliográfica que mencionasse ou não essa discrepância em crianças.

No presente estudo não se optou em posicionar os marcadores de superfície nos processos transversos das vértebras torácicas, que se encontram sempre no mesmo nível dos corpos vertebrais, por serem de difícil localização através da palpação clínica por estarem anatomicamente localizados abaixo do denso grupo muscular em torno da coluna vertebral, o que poderia comprometer a confiabilidade do estudo.

### 3.2.1.2 Alinhamento da cabeça

Conforme citado anteriormente, a translação da cabeça ocorre em maior grau entre C5 e C6, e embora ainda não seja um consenso, o ângulo formado entre a reta que liga o meato

acústico ao processo espinhoso de C7 com a horizontal tendo o vértice em C7, vem sendo o mais utilizado nos estudos recentes para avaliar a postura de cabeça no plano sagital, buscando mensurar o seu alinhamento segundo anteriorização ou protrusão, posição neutra ou retificação de cabeça, demonstrado na Figura 8 (FERREIRA, 2005; IUNES, 2004; GALERA, 2007; BELLI et al., 2009; PENHA, 2009; BRINK et al. 2009).



Figura 8 – Ângulo utilizado por diversos autores para avaliar a posição da cabeça (BELLI et al., 2009).

O alinhamento da postura de flexo-extensão de cabeça e a horizontalidade do olhar foi uma avaliação pouco encontrada na literatura revisada, sendo o único trabalho que associou essa análise com a avaliação postural o de Grimmer-Somers, Milanese e Louw (2008), realizando essa análise através do ângulo formado entre uma reta do marcador no canto dos olhos com o trago da orelha com a horizontal partindo do trago.

### 3.2.1.3 Alinhamento da pelve

Embora já tenha sido relatado por Vaz et al. (2002), Mac-Thiong et al. (2007) e Roussouly e Nnadi (2010) que a inclinação pélvica é dependente do alinhamento com o fêmur e somente é possível estimar essa relação, como proposto pelos autores, através dos estudos radiológicos, a inclinação da pelve no plano sagital vem sendo estimada em fotogrametria através do seu próprio alinhamento, ou seja, dos ângulos formados entre a espinha ílica pósterio superior (EIPS) e a espinha ílica ântero superior (EIAS) com a horizontal, como já realizado por, Ferreira (2005), Penha, Baldini e João (2009), Hashimoto et al. (2009), Saad et al. (2012) dentre outros (Figura 9).

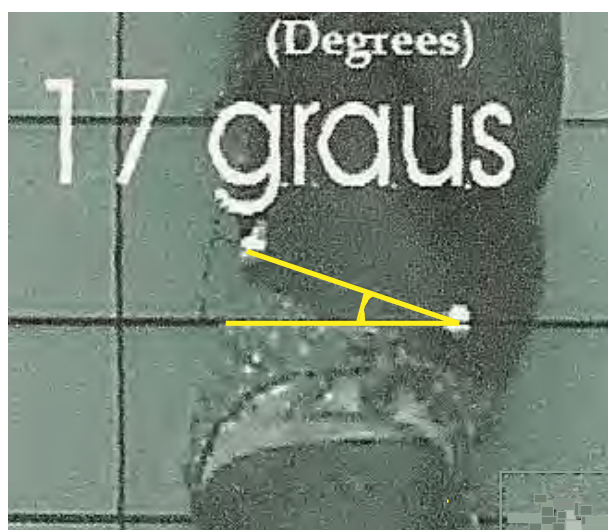


Figura 9 – Análise do ângulo de inclinação pélvica (SAAD et al., 2012)

#### 3.2.1.4 Alinhamento do tronco

O alinhamento do tronco parece ser um dos parâmetros de maior divergência na literatura sendo possível encontrar uma grande variação de ângulos propostos e mensurados por diversos autores sem, contudo, haver um direcionamento mais definido para essa análise (FERREIRA, 2005; DRUNK, LALONDE, CALLANGHAN 2005; McEVOY, GRIMMER, 2005; GALERA, 2007; OMKAR, KUMAR, DHEEVATSAMUDIGERE, 2007; SMITH, O'SULLIVAN, STRAKER, 2008; DÖHNERT, TOMASI, 2008; SANTOS, SILVA, ALVES, 2009; FERREIRA et al., 2010).

Para alguns autores, a análise do equilíbrio do tronco no plano sagital é realizada tendo como base uma linha vertical partindo do maléolo lateral com a reta maléolo lateral-meato acústico, sendo verificada a postura anteriorizada do tronco ou não (FERREIRA, 2005, DÖHNERT, TOMASI, 2008).

McEvoy e Grimmer (2005) propõem avaliação do tronco através de um ângulo formado entre o trocânter maior, C7 e meato acústico, estando o vértice do ângulo em C7. Já Smith, O'Sullivan e Straker (2008) avaliam o equilíbrio de tronco através do ângulo formado entre maléolo lateral, trocânter maior e C7, estando o vértice do ângulo no trocânter maior.

### 3.2.1.5 Alinhamento dos membros inferiores

Os métodos utilizados para verificar o alinhamento dos membros inferiores não são consenso na literatura.

O alinhamento do tornozelo no plano sagital é verificado mais comumente através de dois métodos: o primeiro ocorre quando o alinhamento é mensurado através do ângulo formado entre a linha articular do joelho, o maléolo lateral e a tuberosidade da diáfise do 5º dedo do pé (IUNES, 2004; BELLI et al. 2009), o segundo é mensurado através do ângulo formado entre a horizontal partindo do maléolo lateral com a reta maléolo lateral- linha articular do joelho (FERREIRA, 2005; GALERA, 2007).

No plano frontal posterior, o método de avaliação também não é um consenso. A avaliação do tornozelo foi realizado por Galera (2007) e Rosell et al. (2010) através do ângulo formado entre o ponto médio da perna (marcador posicionado sobre o tríceps sural), o ponto médio entre os maléolos (marcador posicionado sobre o tendão de aquiles) e o ponto posterior do calcâneo, estando o vértice do ângulo no ponto médio entre os maléolos.

Já Iunes (2004) e Belli et al. (2009) realizaram a medida do ângulo de inclinação do pé, através do ângulo formado entre a linha horizontal na interface solo/calcâneo a reta partindo dessa horizontal até o maléolo medial.

## 4 ASPECTOS IMPORTANTES DOS PÉS

### 4.1 Biomecânica do pé

O pé pode ser dividido em três áreas: o retropé, o mediopé e o antepé. A parte posterior, retropé, é formada pelo tálus e pelo calcâneo responsável pelo contato inicial com o solo durante a marcha ou corrida; os outros 5 ossos do tarso (navicular, cubóide e os três cuneiformes) formam o mediopé, região que em padrão normal em pé não faz contato com o solo nem na corrida nem na caminhada, é a porção mais alta do arco longitudinal medial. Os metatarsos e as 14 falanges compõem o antepé, região que serve principalmente para resistir à compressão de cargas (RODRIGUEZ et al., 1998).

O pé normal adapta-se de modo ideal às suas funções de suporte de peso e locomoção. A borda lateral do pé é reforçada pelo osso e a borda medial é formada por um arco longitudinal que funciona como um amortecedor elástico ideal, podendo também se tornar um sistema rígido de suporte de peso, para a propulsão do pé para frente. O peso do corpo normalmente é transmitido através do tornozelo para o corpo do tálus e depois é distribuído para o calcanhar e para as cabeças dos ossos do metatarso e suportado pelo arco longitudinal medial flexível (CORRIGAN, MAITLAND, 2000).

A abóbada plantar é um conjunto arquitetônico que associa com harmonia todos os elementos osteoarticulares, ligamentares e musculares do pé. Considerada no seu conjunto, é sustentada por três arcos plantares: arco anterior, arco externo e arco interno ou arco longitudinal medial, este último, de maior importância, tanto no modelo estático quanto no dinâmico (KAPANDJI, 1982).

O arco longitudinal medial conserva sua concavidade através da ação dos ligamentos e músculos. O ligamento calcâneo navicular plantar é o sustentáculo primário do arco (HALL, 2005).

Espessas faixas fibrosas interligadas de tecido conjuntivo denominadas de fásia plantar estendem-se por sobre a superfície plantar do pé ajudando no apoio do arco longitudinal (HALL, 2005).

Os músculos tibial posterior, fibular longo, flexor longo do hálux e adutor do hálux agem como verdadeiros tensores na sustentação do arco longitudinal medial sendo, o tibial posterior o mais importante deles.

## 4.2 Classificação do arco longitudinal medial através da impressão plantar

Cavanagh e Rogers (1987) afirmam que o pé humano é a região que mais sofre variação anatômica em todo o corpo humano e uma das regiões mais importantes e de maior variação é o arco longitudinal medial.

Staheli et al. (1987) discutem o significado da forma do arco longitudinal dos pés e citam o quanto esse assunto é controverso na literatura. O arco plantar baixo ou pé plano tem sido visto tradicionalmente como indesejável, porém já foram descritos como ‘o contorno normal de um pé forte e estável’, mais precisamente do que o resultado da fraqueza na estrutura do pé ou fraqueza dos músculos que o movimentam.

Para Asher (1975), a maior contribuição da impressão plantar talvez seja a possibilidade de um acompanhamento sistemático da evolução dos diferentes tipos de pés, através de uma pesquisa longitudinal. Ou seja, uma pesquisa que acompanhe ao longo do tempo o crescimento e desenvolvimento da criança nas suas diferentes fases, percebendo as variações normais e as possíveis evoluções patológicas.

Além da discussão sobre o significado real da forma do arco longitudinal, Gilmour e Burns (2001) atentam para as controvérsias que envolvem os parâmetros de classificação do arco longitudinal medial e as diferentes técnicas de aquisição do arco longitudinal medial, que são numerosas e não apresentam padronização.

Hawes<sup>7</sup> (1992 apud GILMOUR, BURNS, 2001, p. 395) investigou as diferentes técnicas de impressão plantar e as comparou com a medida direta da altura do arco plantar. Relatou não haver relação entre elas, concluindo que a impressão plantar não é apropriada para estimar a altura do arco longitudinal medial.

Já para Cavanah e Rogers (1987), o exame da impressão plantar oferece a possibilidade de uma avaliação indireta sobre o arco longitudinal medial.

A impressão plantar em papel é uma técnica simples e prática para uma rotina clínica e, quando combinada com a evolução clínica dos pés, é um método eficiente para documentar as configurações dos pés (STAHILI et al., 1987; KANATLI, YETKIN, CILA, 2001).

Dentre as muitas técnicas para mensurar os achados da impressão plantar, estão: classificação do ângulo do arco, classificação da impressão plantar, classificação do

---

<sup>7</sup> HAWES, M. R. Footprint parameters as a measure of arch height. **Foot Ankle**, v. 13, n. 1, p. 22-26, 1992 apud GILMOUR, J.C.; BURNS, Y. The measurement of the longitudinal arch in children. **Foot e Ankle International**. v.22, n.6, June 2001.

comprimento do arco, classificação do arco listrado, dentre outras, todas medidas complicadas (KANATLI, YETKIN, CILA, 2001).

Do levantamento bibliográfico realizado para o presente estudo, verificou-se que os métodos de classificação do arco plantar mais utilizados e citados atualmente são: a classificação plantar descrita por Staheli et al. em “The longitudinal arch” (1987) e a descrita por Cavanagh e Rodgers em “The arch index: a useful measure from footprints” (1987), além de técnicas mais elaboradas que necessitam de equipamentos, na maioria das vezes, de alto custo.

Kanatli, Yetkin e Cila (2001) optaram pelo método descrito por Staheli et al. (1987) por acharem simples e reproduzível, já Gilmour e Burns (2001) optaram pelo método descrito por Cavanagh e Rodgers (1987), por entenderem que é uma técnica segura, com medidas objetivas e claramente definidas.

A pesquisa realizada por Staheli et al. (1987) estudou 441 sujeitos saudáveis de um ano a até mais de setenta anos de idade, os quais, foram divididos em grupos. Esses sujeitos não apresentavam qualquer histórico clínico ortopédico. Esse estudo se propôs a definir um padrão da média normal do arco longitudinal medial dos pés, e para mensurá-lo eram medidas a largura do apoio da região do arco plantar (A) e a largura da área do calcâneo (B). O cálculo desse método é feito dividindo-se a largura do arco pela largura do calcâneo, Figura 10.

$$\frac{A}{B}$$

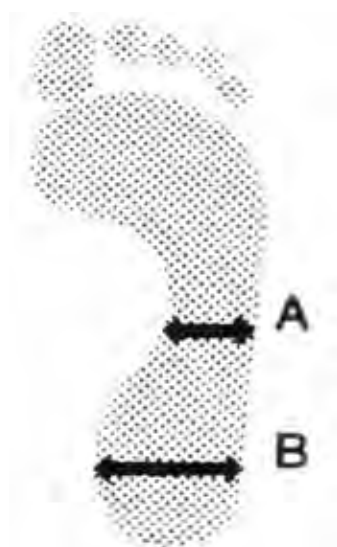


Figura 10 – Método de classificação do arco plantar descrito por Staheli et al., (1987) (STAHელი et al., 1987).

A pesquisa realizada por Cavanagh e Rogers (1987) avaliou 107 sujeitos de ambos os sexos com idade média de 30 anos, sem queixas de dores nos pés. A impressão plantar foi obtida na posição em pé e determinou assim os parâmetros de classificação dos arcos plantares.

O estudo propôs uma técnica mais elaborada ilustrada na Figura 11, onde um eixo longitudinal é desenhado do centro do calcanhar até o centro do segundo dedo, correspondendo à linha j-k; em seguida, duas linhas perpendiculares foram desenhadas: uma na base do calcanhar e a outra na base da região anterior do pé, excluindo-se os dedos, que também não são considerados nessa técnica. A distância entre essas linhas é representada por L, que foi dividida em três partes iguais, representadas pelas áreas A, B e C.

Essa técnica foi testada previamente através das impressões plantares de 10 sujeitos na posição em pé, na caminhada e na corrida em dois dias consecutivos. As impressões plantares obtidas foram distribuídas entre alguns examinadores, apresentando alta correlação de concordância entre os valores obtidos por eles e demonstrando ser uma técnica de medida segura.

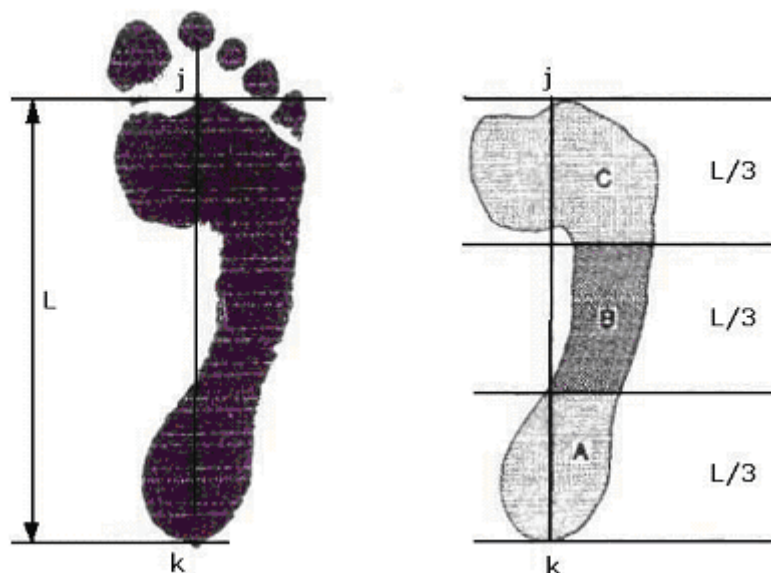


Figura 11 – Método de classificação do arco plantar descrito por Cavanagh e Rodgers, (1987) (CAVANAGH, RODGERS, 1987).

Os indivíduos podem ser classificados de acordo com a altura do arco plantar, nos seguintes tipos de pés: normal, cavo ou com o arco medial alto, plano ou com arco medial diminuído, segundo os diferentes parâmetros existentes, conforme ilustra a Figura 12.

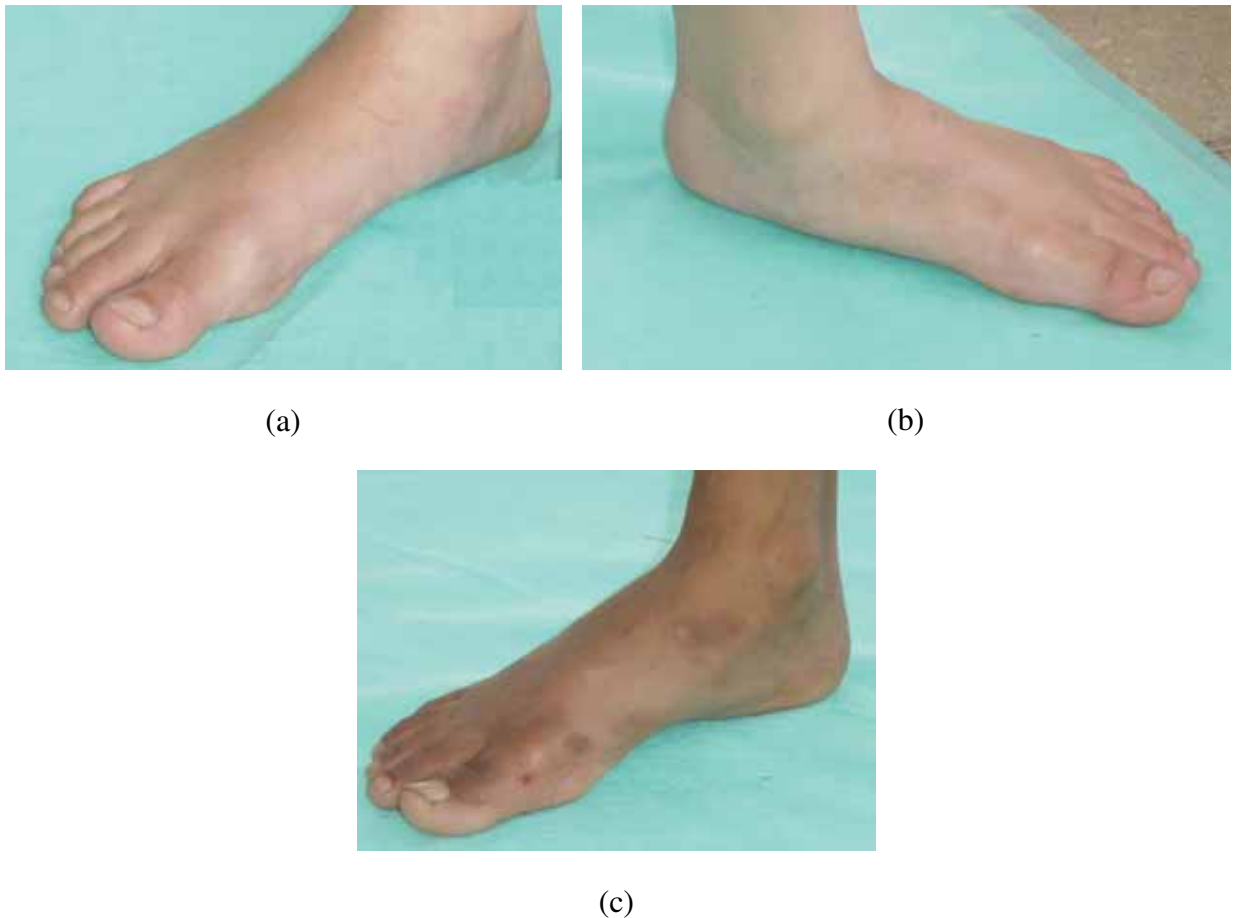


Figura 12 – (a) Pé normal (b) Pé plano (c) Pé cavo (Própria Autora).

### 4.3 Desenvolvimento e deformidade dos pés

Um dos temas mais discutidos na ortopedia pediátrica são as alterações estático-posturais dos pés (HERNANDEZ et al., 2007).

Para Churgay (1993), nas crianças, os membros inferiores têm uma variação extremamente ampla do normal, incluindo pés calcâneo valgus, metatarsos aduzidos e pés planos. Segundo Gore e Spencer (2004), o exame dos pés é um componente essencial para compreender a evolução e detecção precoce de um problema nos pés, o que pode determinar o sucesso e a aprovação de um tratamento ortopédico proposto, quando necessário.

As articulações dos pés devem ter mobilidade em seus planos de movimento com boa flexibilidade. A rigidez, as assimetrias e a falta de mobilidade devem ser cuidadosamente observadas.

Para Staheli et al. (1987), Souza, João e Sacco (2007), e Gilmour e Burns (2001) a configuração do arco plantar é determinada pela idade e pela genética, embora seja importante

esclarecer que nenhum estudo foi realizado com uma amostra suficientemente grande, ampla na idade e na longevidade para estabelecer um padrão de variação definitivo desses valores normais. Entretanto, é consenso comum a esses autores, que a formação do arco longitudinal medial muda com o passar dos anos durante a infância.

Até quatro anos de idade, o pé da criança tem um grau maior de mobilidade que o pé do adulto, devido à maior frouxidão ligamentar. Este fato, aliado ao alargamento da base de sustentação da criança, o que facilita a queda do calcâneo em valgo, a fraqueza do músculo tibial posterior, que até esse momento foi pouco treinado e está com a sua força ainda mais diminuída pelo desvio sofrido por sua inserção no calcâneo que está valgo, perde sua função de sustentar o arco. Esses fatores são fisiológicos e, portanto, o pé plano postural também é fisiológico nessa idade (BRUSCHINI, 1998; RODRIGUEZ et al.,1998).

Para Volpon<sup>8</sup> (1998, apud HERNANDEZ et al., 2007, p.70) o arco plantar desenvolve-se e varia de padrão até os 6 anos de idade, aumentando pouco após essa idade.

À medida que a criança cresce, melhora o seu equilíbrio e diminui a frouxidão ligamentar. O arco longitudinal medial começa a se formar, de modo que, na idade escolar (segunda infância) e adolescência, já haja o formato do pé próximo ao do adulto (RODRIGUEZ et al.,1998).

Souza, João e Sacco (2007) reforçam que crianças saudáveis apresentam um pé fisiologicamente plano, desenvolvendo seus arcos com o crescimento e o desenvolvimento.

Bruschini (1998) afirma que o arco longitudinal medial já existe desde o nascimento, mas, pelos motivos já citados, ele desaparece no início da marcha até os três anos de idade, devendo se formar definitivamente a partir dos quatro anos.

Na verdade, os autores divergem sobre a idade em que o arco longitudinal medial está formado e maduro como o do adulto. Para Magee<sup>9</sup> (2002 apud SOUZA, JOÃO, SACCO, 2007, p. 77), a partir de dois anos a forma do pé da criança é semelhante a do adulto. Para Donatelli (1985), apenas entre seis e oito anos o arco longitudinal medial poderá ser considerado maduro. Lin et al. (2001) são mais generalista, afirmando que o arco longitudinal medial irá se desenvolver na primeira década de vida.

---

<sup>8</sup> VOLPON J.B. **O pé em crescimento segundo as impressões plantares**. In:30. Congresso paulista de Ortopedia e Traumatologia, Anais, set. 13-16, São Paulo, 1989 apud Hernandez, A.J.; Kimura, L. K.; Laraya, M.H.F.; Fávoro, E. Cálculo do índice do Arco Plantar de Staheli e a prevalência de pés planos: estudo em 100 crianças entre 5 e 9 anos de idade. **ACTA ORTOP BRAS** 15, 2: 68-71, 2007

<sup>9</sup> MAGEE, D.J. **Disfunção Musculoesquelética**. 3 ed. São Paulo: Manole; 2002 apud SOUZA, P.S.; JOÃO, S.M.A., SACCO, I.C.N. Caracterização do arco plantar longitudinal de crianças obesas por meio de índices da impressão plantar. **Rev Bras Crescimento Desenvolv Hum** 2007; 17(1):76-83

### 4.3.1 Pés planos

Segundo Rose, Welton e Marshal (1985), o termo pé plano é comumente usado tanto para descrever uma mistura de variações anatômicas normais como para um pequeno núcleo de condições patológicas. Trata-se de um termo pouco preciso para discernir entre um pé com baixo arco plantar medial normal e um pé com desestrutura osteoligamentar e muscular significativa.

Para Barry e Scranton<sup>10</sup> (1983 apud CHURGAY, 1993, p. 883) e Sass e Hassan (2003), o pé plano é extremamente comum na infância.

Volpon (1998 apud HERNANDEZ, 2007, p. 68) afirma que aos seis anos de idade ocorre a estabilização da incidência de pés planos em torno dos 2% e o aumento é raro após essa idade, ocorrendo, em geral, nos casos de frouxidão ligamentar.

O tecido adiposo existente normalmente na borda medial dos pés das crianças favorece ainda mais esse fato e o desenvolvimento do arco longitudinal medial só ocorre intensamente a partir dos três ou quatro anos de idade. Tal fato dificulta ainda mais o diagnóstico diferencial do pé plano.

Segundo Wenger e Leach<sup>11</sup> (1986 apud CHURGAY, 1993, p. 883) e Lin et al. (2001) o fator etiológico mais comum no pé plano é a frouxidão ligamentar, que foi comprovado ceder na região do mediopé quando o sujeito está em pé, sustentando o peso corporal. Na frouxidão ligamentar importante, as crianças têm associado uma hiperextensão dos dedos, cotovelo, e joelhos assim como histórico familiar de pés planos e frouxidão ligamentar. A Figura 13 mostra duas variações de pés planos.

O pé plano flexível ou pé plano postural é aquele que mantém um baixo arco plantar quando a criança está em pé sustentando o próprio peso corporal, mas forma um bom arco medial quando é solicitado a ele a extensão dos dedos dos pés ou quando um dos pés é suspenso em um apoio unipodal. O calcâneo rola para posição varo (desvio medial) e a força e resistência do tornozelo e músculos dos pés são asseguradas, formando o arco plantar (Wenger; Leach, 1986 apud CHURGAY, 1993, p. 883).

Pé plano postural, ou como vulgarmente é chamado “pé chato”, é uma deformidade que provoca um enorme desperdício de energia e quase sempre leva a outras alterações posturais

---

<sup>10</sup> BARRY, R. J.; SCRANTON, P. E. Flat feet in children. **Clinical Orthopaedics Rel Res**, v. 181, p. 68-75, 1983 apud CHURGAY, C. A. Diagnosis and treatment of pediatric foot deformities. **American Family Physician**. v. 47. n.4, p.883, march, 1993.

<sup>11</sup> WENGER, D. R.; LEACH, J. Foot deformities in infants and children. **Pediatrics Clinical North American**, v. 33, p. 1411-27, 1986. apud CHURGAY, C. A. Diagnosis and treatment of pediatric foot deformities. **American Family Physician**. v. 47. n.4, p.883, march, 1993.

ascendentes (BRUSCHINI, 1998). Pode ser secundário a algumas outras patologias como a coaptação do calcâneo, distrofia muscular, paralisia cerebral, dentre outras (CHURGAY, 1993).



Figura 13 – (a) Pé plano (b) Pé plano com desabamento ósseo (Própria autora).

Os apoios dos pés no chão condicionam toda a estática (postura). Não há boa estática sem bons apoios, sejam as deformidades dos pés causa ou consequência da estática deficiente (BIENFAIT, 1993). Essa afirmação traz o conceito de globalidade do corpo humano, que considera o sistema músculo-aponeurótico como um elemento elástico que transmite, coordena e distribui as tensões pelo esqueleto passivamente móvel; esse sistema é ainda o elemento motor que realiza essas tensões (contrações musculares).

Trata-se de uma interrelação complexa que possibilita inúmeros padrões posturais diferentes, quase que individualmente. Como exemplo, será descrito um dos mecanismos biomecânicos da retração do sóleo. Quando a tibia é mantida em rotação externa pela retração do sóleo, essa rotação relaxa o tibial posterior que recupera embaixo a tensão que perde em cima, deixando o pé partir em valgo, o navicular em rotação externa e o cubóide em rotação interna, ou seja, permite o desabamento do arco plantar. A rotação tibial externa é a responsável pela maioria dos pés valgos e dos pés planos flexíveis (BIENFAIT, 1993).

Lin et al (2001) concluíram em seu estudo que o pé plano flexível não deve ser visto somente como um problema estático de tornozelo de um pé complexo, mas também como uma anormalidade da dinâmica funcional dos membros inferiores. Comentam, também, que ainda não está claro se o pé plano flexível pode evoluir ou não para um pé plano rígido doloroso.

O pé plano rígido doloroso é raro e é comumente atribuído a traumas, infecção oculta, malformação óssea, coalisão tarsal, tumores ósseos, osteocondrose de tálus e navicular e outras disfunções (SASS, HASSAN, 2003).

Segundo Staheli et al. (1987), o pé plano rígido ou estruturado usualmente mostra certo enrijecimento e frequentemente causa desabilidade motora e, em muitos casos, requer tratamento cirúrgico.

O tratamento do pé plano flexível é controverso. No passado, eram corrigidos modificando os calçados com palmilhas ortopédicas corretivas para estimular a formação dos arcos. Em 1980, Staheli e Giffin<sup>12</sup> (1980, apud CHURGAY, 1993, p. 883) divulgaram uma pesquisa e comprovaram pela primeira vez que a correção nos sapatos não era recomendada pela maioria dos pediatras e cirurgiões ortopedistas pediátricos para as deformidades dos membros inferiores.

Em 1989, Wenger e Leach<sup>13</sup> (1989 apud CHURGAY, 1993, p.883), em um estudo com 129 crianças com pés planos posturais, confirmaram que os tratamentos propostos com a correção nos sapatos não apresentaram qualquer benefício.

Entretanto, Aharoson et al<sup>14</sup> (1992 apud LIN et al, 2001, p. 124) perceberam em sua pesquisa que, corrigindo o valgismo do calcâneo através de uma palmilha com uma cunha na porção medial do calcâneo, restaurou-se o arco longitudinal e normalizou a distribuição da pressão plantar com as crianças na posição em pé.

Algumas recomendações são feitas na tentativa de se amenizar as alterações do pé plano flexível: a prática regular de esportes sem impacto e o uso de calçados (tênis de preferência) bem apertados. Calçados especiais somente para as crianças que gastam rapidamente a sola para evitar deformações irregulares nos sapatos, que podem ser gastos em poucas semanas (CHURGAY, 1993).

---

<sup>12</sup> STAHELI, L. T.; GRIFFIN, L. **Corrective shoes for children: a survey of current practice.** Pediatrics, v. 65, 13-7, 1980 apud CHURGAY, C.A. Diagnosis and treatment of pediatric foot deformities. **American Family Physician.** v. 47. n.4, p.883-887, march 1993

<sup>13</sup> WENGER, D. R.; LEACH, J. **Foot deformities in infants and children.** Pediatrics Clinical North American, v. 33, p. 1411-27, 1986. apud CHURGAY, C. A. Diagnosis and treatment of pediatric foot deformities. **American Family Physician.** v. 47. n.4, p.883, march, 1993

<sup>14</sup> AHARONSON, Z. et al. **Foot-ground pressure pattern of flexible flatfoot in children, with and without correction of calcaneovalgus.** Clinical Orthopaedics, v. 278, p. 177-82, 1992. apud LIN, C. H. et al. Development of a quantitative assessment system for correlation analysis of footprint parameters to postural control in children. **Physiological Measurement.** v.27, p.119-130, 2006.

### 4.3.2 Pé cavo

Pé cavo é o termo utilizado para descrever um tipo de pé com altura excessiva do arco longitudinal medial do pé, estando sua etiologia relacionada a causas idiopáticas ou neurológicas (BURNS et al., 2005). Esse aumento, quando muito acentuado, faz a parte média do pé perder totalmente o contato com o solo, transformando o arco em um verdadeiro túnel. O pé só apresenta apoio em antepé e retropé.

Além disso, Mosca (2001) alerta sobre a complexidade do pé cavo, pois muitas formas distintas de estrutura e deformidades de pés são classificados como cavos, como, por exemplo: o pé com o antepé pronado ou neutro em relação ao retropé, e o pé cavo com diferentes alinhamentos de retropé como varo, neutro, valgo ou em equinismo.

Segundo Bruschini (1998), o pé cavo é uma patologia que tem seu início por volta dos quatro ou cinco anos de idade, aumentando sua incidência com o avançar dos anos até próximo da puberdade, sendo esse padrão evolutivo o inverso do pé plano.

Os pés cavos são mantidos por desequilíbrios das musculaturas que atuam nos pés, tanto por músculos intrínsecos dos pés, como os lumbricais e interósseos, quanto por músculos extrínsecos dos pés, como tibial posterior, fibulares e tríceps sural. As estruturas estáticas, os ossos, a superfície articular congruente, ligamentos e fáscia reforçam a deformidade, mantendo seu posicionamento independente da ação muscular (BRUSCHINI, 1998). Tem sido sugerido que em atletas que apresentam pé cavo ocorre maior risco de lesão nos membros inferiores que em sujeitos com os pés normais (Korpelainen et al.<sup>15</sup>, 2001 apud Burns, 2005, p. 879).

Para Mosca (2001), o vértice da deformidade é como uma seta que aponta na direção da patologia, isto é, a deformidade pode ter início nas estruturas superiores dos membros inferiores, o sistema nervoso central e periférico ou, ainda, os músculos do membro inferior como um todo precisam ser avaliados.

Segundo Burns et al. (2005), quase dois terços dos indivíduos com pés cavos, independentemente da etiologia, relatam dor musculoesquelética nos pés, contra apenas 23% dos indivíduos com os pés normais. É evidenciado por eles que, independente da etiologia no pé cavo, há aumento da pressão plantar de forma integral em retropé e antepé, sendo, possivelmente, essa a causa da grande incidência de dores nesse tipo de pé.

---

<sup>15</sup> KORPELAINEN, R. et al. **Risk factors for recurrent stress fractures in athletes.** Am J. Sports Med. V.29, p.304-310, 2001 apud BURNS, J., CROSBIE, J., HUNT, A., OUVRIER, R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. **Clinical Biomechanics** 20, 2005, p. 877–882

O tratamento do pé cavo está indicado para os casos sintomáticos e com grande deformidade, de acordo com a idade do paciente e a gravidade da alteração (BRUSCHINI, 1998).

Nas crianças, o tratamento deve ser inicialmente clínico para promover o alongamento dos músculos e de fásia plantar. Nos adolescentes, além de utilizar os métodos citados, é associado o uso de palmilhas às medidas antiálgicas, como fisioterapia e medicação anti-inflamatória. Caso não haja melhora do quadro clínico, há, então, a indicação de cirurgias corretivas (BRUSCHINI, 1998).

Entretanto, a avaliação, classificação e tratamento nos pés cavos não são padronizados. Por isso, é importante conhecer a etiologia da deformidade antes de tratar. Alguns casos podem não evoluir e outros, sendo neurológicos, pode haver a necessidade de uma atuação do neurologista (MOSCA, 2001).

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Descrição da aquisição dos dados

Trata-se de um estudo transversal, envolvendo alunos do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental da rede privada da cidade de Guaratinguetá, São Paulo. Este estudo foi realizado com os alunos do Colégio Fonte, instalado na Av. Gustavo Molina nº 561, bairro Portal das Colinas, com área física total de 4.700 m<sup>2</sup>. Este colégio disponibiliza aos seus alunos Ensino Fundamental completo e Ensino Médio, atendendo crianças e adolescentes de três a dezesseis anos de idade, perfazendo, do 1º ao 5º ano, o total de cento e sete (107) crianças. Os dados desta pesquisa foram coletados no espaço físico do colégio durante o período escolar, sendo realizada em duas semanas consecutivas em junho de 2010.

Esta pesquisa foi submetida e aprovada ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Pindamonhangaba FAPI-FUNVIC sob o número do protocolo nº 189.

Foram incluídas crianças de ambos os sexos cujos pais ou responsáveis concordaram, através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e da Carta de Informação ao Sujeito da Pesquisa, que seus filhos participassem deste estudo (Anexos A e B).

Foram excluídas crianças com doenças ortopédicas e/ou neurológicas e que tivessem sido submetidas a cirurgias ortopédicas, sendo estes os únicos critérios de exclusão.

As crianças foram encaminhadas individualmente para uma sala de aula exclusivamente reservada e preparada para realização da aquisição dos dados fotogramétricos, onde a temperatura ambiente foi controlada através de um aquecedor elétrico.

Estando na sala, os meninos foram orientados a retirarem a camisa e foram ajudados a dobrar as pernas da calça comprida ou substituí-la pela bermuda do uniforme. As meninas foram orientadas a vestir um *top* feito de tecido TNT preto, disponíveis em diversos tamanhos, com abertura nas costas para possibilitar a fixação dos pontos de referência anatômicos sobre a coluna vertebral. Também foram ajudadas a dobrar as pernas da calça comprida ou substituí-la, também, pela bermuda escolar.

Após estarem vestidos adequadamente, foram fixadas meias esferas de isopor de 15 mm de diâmetro com fita dupla face em acidentes ósseos de fácil localização através da palpação clínica, e que não expusessem demais os escolares, ao contrário, poderia representar um motivo para a fuga à adesão ao projeto. Esta “meia lua” foi descartada após o uso imediato e reutilizada somente após a troca da fita dupla face.

Nem todos os pontos marcados na aquisição dos dados foram utilizados no estudo. Assim, serão destacados e nomeados os pontos efetivamente utilizados no presente estudo que foram abreviados para facilitar o desenvolvimento do trabalho, estando dispostos na Tabela 1 e ilustrados na Figura 14.

Tabela 1 – Pontos anatômicos utilizados com seus nomes e respectivas abreviações.

<b>Pontos Anatômicos</b>	<b>Abreviações</b>
Glabela	G
Mento	M
Meato acústico direito	TOD
Meato acústico esquerdo	TOE
Espinha ilíaca ântero-superior direita	EIASD
Espinha ilíaca ântero-superior esquerda	EIASE
Espinha ilíaca pósterio-superior direita	EIPSD
Espinha ilíaca pósterio-superior esquerda	EIPSE
Linha articular do joelho direito	JD
Linha articular do joelho esquerdo	JE
Maléolo lateral direito	MLD
Maléolo lateral esquerdo	MLE
Maléolo medial direito	MMD
Maléolo medial esquerdo	MME
Processo Espinhoso de C7	C7

Nos processos espinhosos da coluna torácica e lombar, foram fixadas pequenas hastes de prolongamento para a projeção externa dessas referências anatômicas já que não podem ser visualizadas nos fotogramas de perfil por serem omitidos pela sobreposição de outras partes do corpo, como por exemplo, os processos espinhosos das vértebras torácicas omitidas pela sobreposição da escápula, o que normalmente é ainda mais comum nas crianças como mostrado na Figura 14 (a) e 15 (a).

As hastes foram elaboradas a partir de uma barra de nylon de 20 mm de diâmetro cortada em 3 mm de espessura e perfuradas no centro. Essa base foi o ponto de fixação no corpo da criança e o orifício central, o local da fixação do prolongamento.

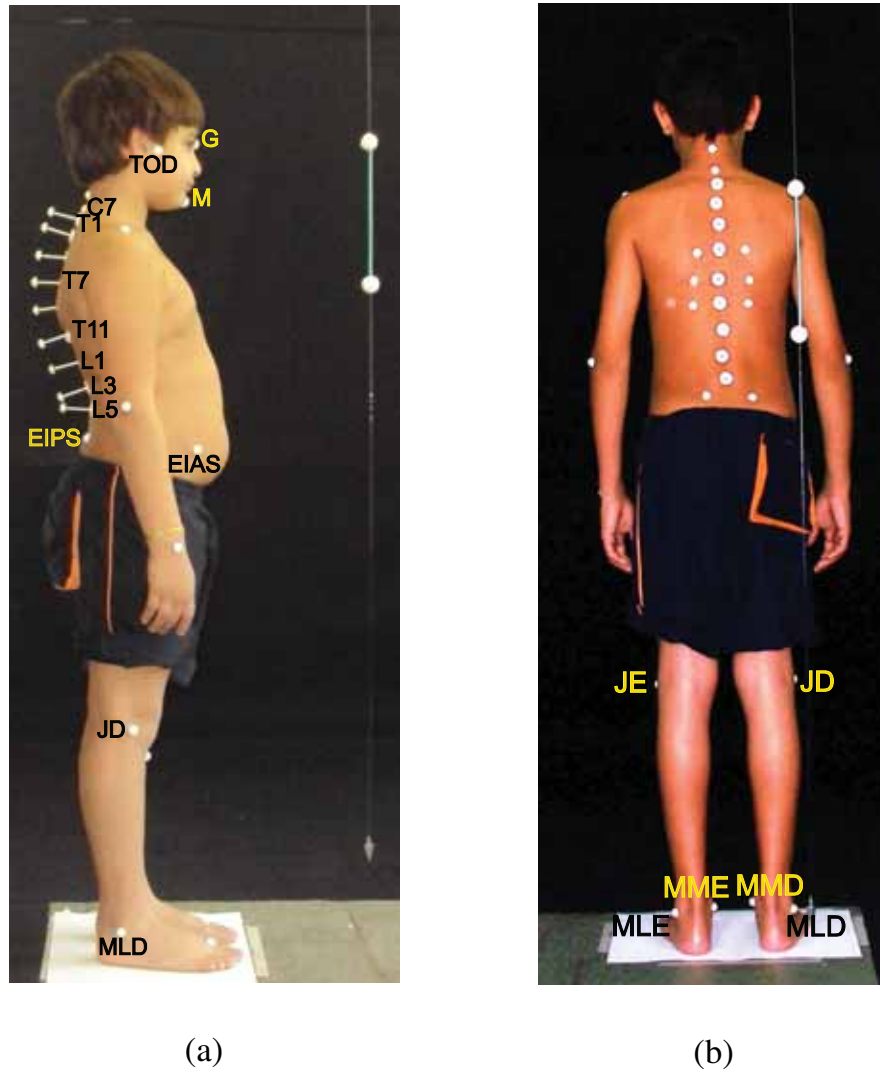


Figura 14 – (a) Pontos de referência no plano sagital, perfil; (b) Pontos de referência no plano frontal, vista posterior (Própria autora).

Esses prolongamentos foram feitos de palito de madeira com uma meia esfera de isopor de 15 mm de diâmetro colada em sua extremidade externa, totalizando, da base de fixação à extremidade superior da meia esfera, 5 cm de comprimento, medido através do paquímetro digital.

As hastes foram fixadas nos processos espinhosos da primeira, terceira e quinta vértebras torácicas e lombares (T1, T3, T5 e L1, L3, L5) e ainda na sétima, nona e décima primeira vértebra torácica (T7, T9, T11). Nos pontos utilizados na análise dos dados neste estudo (T1, T7, T11, L1, L3 e L5), a distância entre a marca final da haste e o ponto de fixação na pele dos escolares foi corrigida através do processamento dos fotogramas, e esses novos pontos digitalizados é que foram o parâmetro de medida utilizados para os dados estatísticos analisados nessa pesquisa, demonstrados na Figura 15 (b).

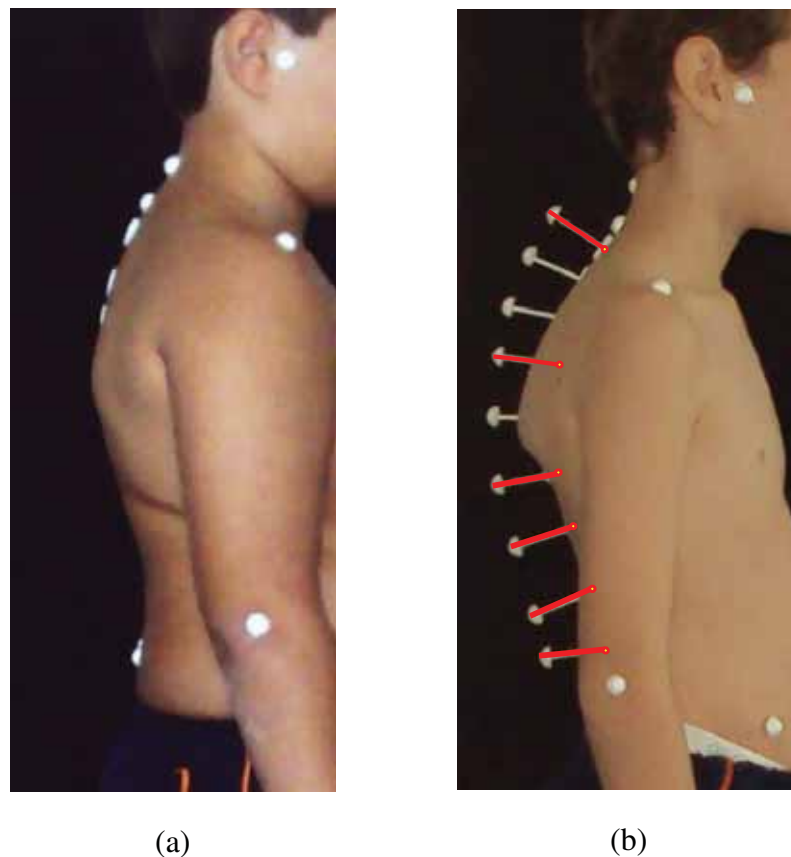


Figura 15 – (a) Imagem sem a haste de prolongamento, a sobreposição de outras partes do corpo impede a localização do processo espinhoso nos fotogramas do plano sagital; (b) Imagem obtida com a haste de prolongamento que permite, através do processamento de dados, localizar o processo espinhoso das vértebras no plano sagital (Própria autora).

Os participantes foram posicionados no meio da sala a 2 m de distância das paredes, nas quais foram fixados dois fundos pretos: um para a aquisição das fotos no plano frontal (vistas anterior e posterior) e outro para o plano sagital (perfis direito e esquerdo). Os participantes ficaram a 2,5 m de distância das câmeras fotográficas não sendo utilizado *zoom* óptico para obtenção dos fotogramas.

Foram utilizadas duas câmeras digitais de mesma definição (10.1 megapixels), sendo uma câmera Sony Cyber-Shot® e outra câmera Kodak EasyShare® Z1012 IS que foram fixadas sobre tripés a uma altura de 83 cm do chão. Optou-se por duas câmeras fotográficas para minimizar a mudança de posição sendo realizada apenas uma vez (anterior/posterior) a virada de postura durante aquisição dos fotogramas que teriam que ser três, caso fosse utilizada apenas uma câmera fotográfica.

Os participantes permaneceram em pé sobre uma folha de papel sulfite A3, fixada ao chão com fita adesiva, em posição livre, ou seja, sem a imposição de um alinhamento pré-

determinado obrigatório, na qual, foi feito o contorno dos pés para que na virada da posição (anterior/posterior), os pés fossem mantidos no mesmo alinhamento anterior e não influenciassem os dados obtidos.

Foi solicitado a eles que permanecessem em pé em postural “relaxada e normal, sem se corrigir, como se estivessem esperando por suas mães na saída da escola” com o objetivo de se evitar a correção postural ativa.

Para a calibração das imagens foi fixado um fio de prumo com uma marcação de distância conhecida de 20 cm que está presente em todos os fotogramas analisados.

Duas meias esferas de isopor brancas de 50 mm de diâmetro foram posicionadas a uma altura de 1,20m do chão, uma atrás da câmara fotográfica para a aquisição dos fotogramas de frente e perfil direito e outra esfera no fundo preto para a obtenção dos fotogramas de costas e perfil esquerdo, sendo solicitado aos participantes que fixassem seu olhar nas esferas guias para o controle da informação visual e vestibular.

Optou-se nesse estudo por padronizar o mesmo examinador experiente para a localização e fixação dos marcadores de superfície em todo o processo de aquisição dos dados.

Em 10 escolares, um pouco mais de 20% da amostra, foram realizadas duas sessões distintas de coleta de dados com uma semana de diferença entre elas, obedecendo aos mesmos cuidados metodológicos acima descritos em ambas as sessões com o objetivo de testar a repetibilidade do método utilizado. Foram selecionados para participar desse grupo dois escolares de cada classe, ou seja, dois de cada uma das faixas etárias contempladas no estudo.

Os dados antropométricos foram obtidos através de uma balança antropométrica da marca Filizola®, com precisão de 100 gramas para a massa e 0,5 cm para estatura. As massas foram obtidas em quilogramas (kg) e as estaturas em metros (m).

Para a coleta das impressões plantares, os pés das crianças foram pintados com auxílio de um rolo pequeno embebido com tinta guache de cor azul escuro, diluída em água. A seguir, foi solicitado a eles, que ficassem em pé sobre uma folha de papel sulfite de cor branca, tamanho A3 e que permanecessem alguns segundos sobre ela em postura “relaxada e normal, sem se corrigir”. A folha foi retirada com cuidado do contato com os pés e a impressão plantar obtida.

## **5.2 Processamento de dados**

### **5.2.1 Processamento dos dados em fotogrametria**

Através do programa CorelDRAW X5®, foi possível obter informações dos pontos de referência através dos eixos de coordenadas cartesianas, possibilitando uma análise quantitativa bidimensional dos fotogramas. A partir do ponto selecionado pelo operador e tendo esse ponto como referência, foram obtidas as relações angulares e lineares dos pontos selecionados.

Para evitar os possíveis erros de perspectivas, os pontos que estavam em alinhamento corporal diferente (tridimensional), foram sempre mensurados através da projeção de normalização com a vertical ou com a horizontal, que são referências concretas da grandeza medida, e nunca foram medidos ângulos com três pontos dispostos tridimensional no indivíduo.

#### **5.2.1.1 Avaliação das curvas da coluna no plano sagital**

A avaliação das curvas da coluna vertebral no plano sagital se refere à estimativa da cifose torácica e da lordose lombar. Essa avaliação foi realizada nos perfis direito e esquerdo de cada um dos escolares.

Inicialmente, para cada um dos fotogramas do plano sagital foi realizada a calibração da imagem utilizando a ferramenta “régua” e “editar escala” do programa, através da distância conhecida de 20 cm destacada no fio de prumo.

Nos pontos da coluna em que a haste de prolongamento foi utilizada, o ponto inicial de fixação da haste, ou seja, o ponto de fixação na pele sobre o processo espinhoso das vértebras torácicas (T1, T7 e T11) e lombares (L1, L3 e L5) tiveram que ser encontrados virtualmente através do processamento de dados. Assim, foi traçada com a ferramenta “linha de dois pontos” uma reta na horizontal de 5 cm de comprimento e, a partir do ponto externo no final da haste, essa reta foi sobreposta e depois redirecionada sobre o prolongamento da haste com a ferramenta “forma”. Porém, ao ser alinhada na direção da haste, a reta nem sempre mantinha seu comprimento original, havendo a necessidade de medir esse valor através da ferramenta “dimensão paralela” e de corrigir essa distância, quando necessário através da ferramenta “forma”, ficando, assim, com a medida inicial igual ao comprimento da haste (5

cm). Ao final desse processo, na extremidade interna da reta alinhada, os pontos de fixação das hastes foram encontrados, sendo então denominados de T1', T7', T11', L1', L3' e L5'. Esses novos pontos foram os utilizados para todas as medidas com eles relacionadas - Figura 16.

A cifose torácica foi mensurada através do ângulo torácico (AT) formado entre T1', T7' e T11', estando o vértice do ângulo em T7', sendo a medida obtida na concavidade da curva - Figura 16.

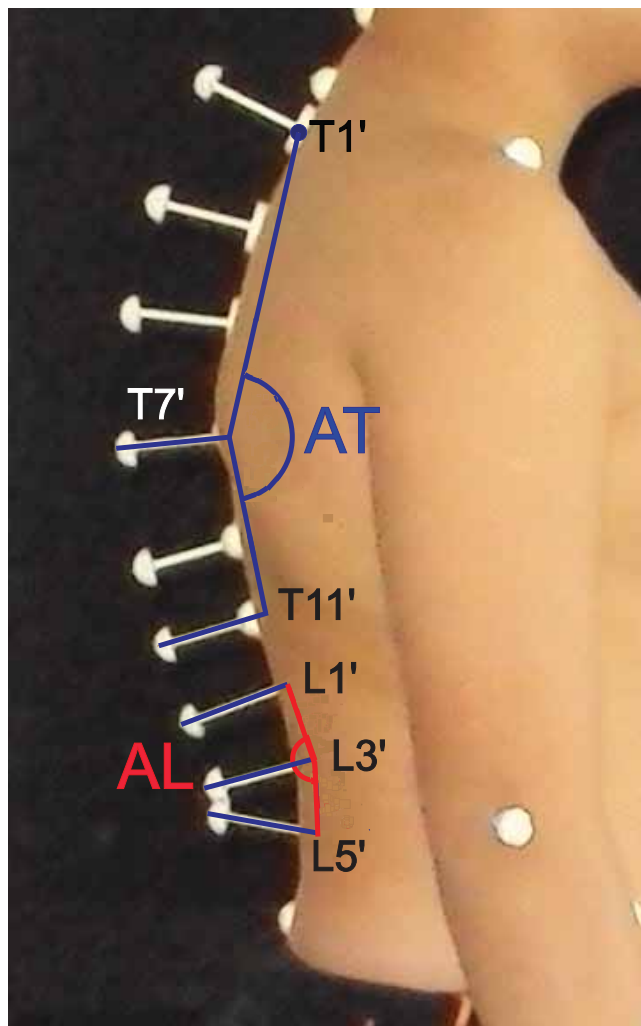


Figura 16 – Pontos corrigidos T1', T7', T11', L1', L3' e L5'. ângulo torácico (AT - azul) e ângulo lombar (AL-vermelho) (Própria autora).

A lordose lombar foi mensurada através do ângulo lombar (AL) formado entre L1', L3' e L5', estando o vértice do ângulo em L3' e a medida sendo obtida na concavidade da curva lombar - Figura 16.

### 5.2.1.2 Análise postural no plano sagital

A estimativa angular da posição da cabeça no plano sagital mensura a translação anterior ou não da mesma. Assim, foi estimada a sua posição através do ângulo formado entre C7 o meato acústico (TOD e TOE) com a horizontal, denominado de ângulo de protrusão de cabeça (APC), como representa a Figura 17.

O alinhamento da cabeça em relação à flexão/extensão foi mensurado através do ângulo formado entre a vertical, o meato acústico (TOD e TOE) e o mento (M), denominado de ângulo têmporo mandibular (ATOM) - Figura 17.

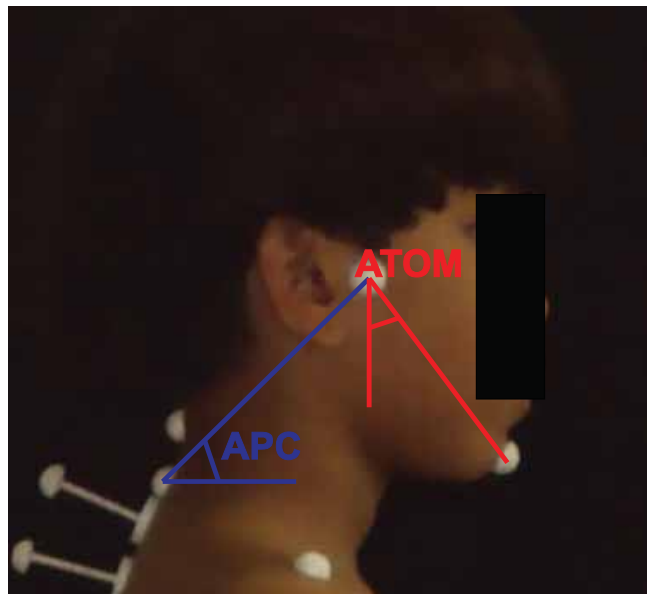


Figura 17 – Ângulo de protrusão de cabeça (APC - azul) e ângulo do meato acústico e mento com a vertical (ATOM- vermelho) (Própria autora).

Para estimar a inclinação do tronco, foi traçada uma reta que uniu C7 a EIPS. Dessa reta, foi mensurado o ângulo formado entre ela e a outra reta que ligou C7 a T7', formando o ângulo de inclinação torácico (AIT). O ângulo de inclinação lombar (AIL) foi mensurado entre a reta C7-EIPS com a reta EIPS-L5'. Esse método mensura separadamente o ângulo de inclinação lombar e torácico, como ilustra a Figura 18.

Buscando perceber uma possível relação entre a posição de C7 e a pelve, foi mensurado o ângulo formado entre a C7 e a EIAS com a vertical partindo de C7, chamado de ângulo cervico-pélvico (ACP) demonstrado na Figura 18.

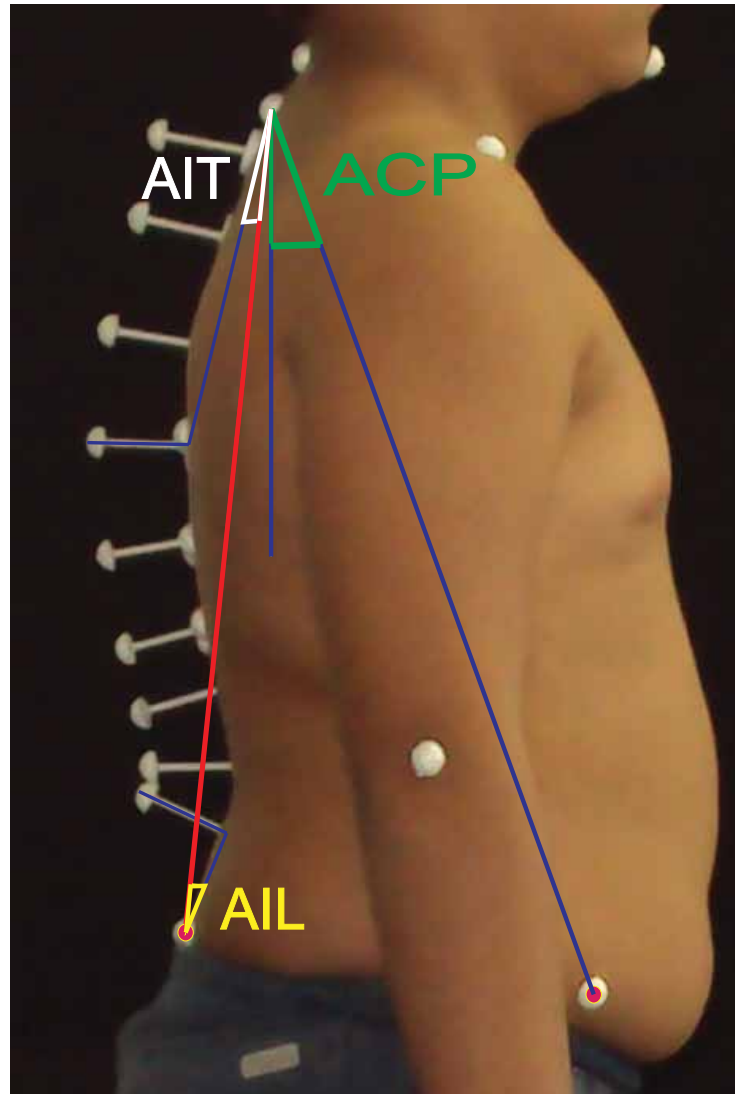


Figura 18 – Reta C7-EIPS (vermelho), ângulo de inclinação torácico (AIT – branco), o ângulo de inclinação lombar (AIL - amarelo) e ângulo cervico-pélvico formado entre a vertical e a reta C7 e EIAS (ACP – verde) (Própria autora).

A inclinação pélvica foi estimada através da intersecção da reta que une a EIPS à EIAS com a horizontal a partir da EIPS, formando o ângulo de inclinação pélvica (AIP) ilustrado na Figura 19.

Com o objetivo de avaliar o alinhamento do corpo em relação à base de sustentação na posição ortostática e buscando compreender uma possível anteriorização do corpo, foi estimado o ângulo formado entre a vertical originada do mento com a reta mento-maléolo lateral, denominado ângulo mento-maleolar (AMM), sendo mensurada também a distância entre o mento e o maléolo lateral (DMM), ilustrado na Figura 20.

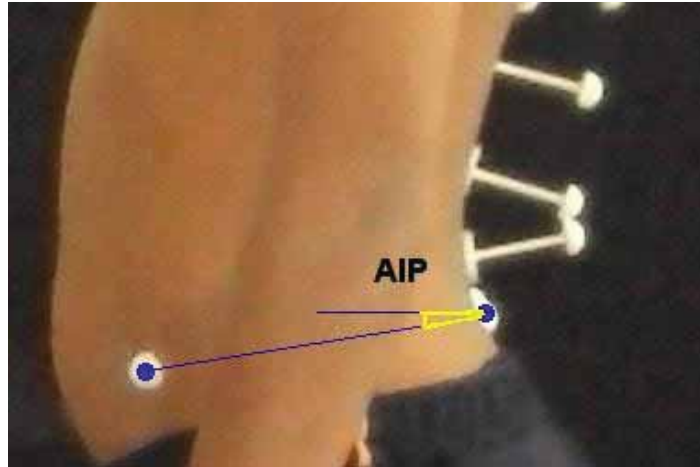


Figura 19 – Ângulo de inclinação pélvico (AIP) (Própria autora).

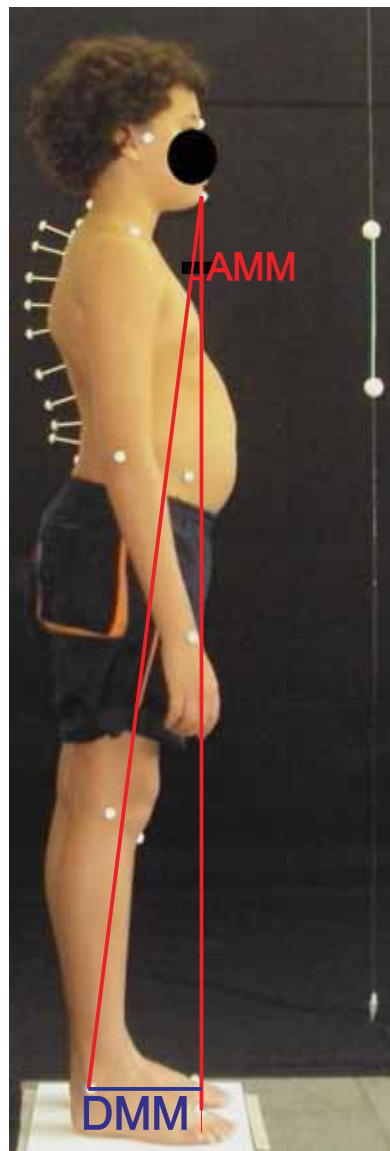


Figura 20 – Ângulo que mensura o mento e maléolo lateral (AMM - vermelho) e a distância entre eles (DMM – azul) (Própria autora).

Nos membros inferiores foi estimado o ângulo formado entre a horizontal e a reta que liga o maléolo lateral à linha articular do joelho, sendo denominado de ângulo do tornozelo (ATO) ilustrado na Figura 21.

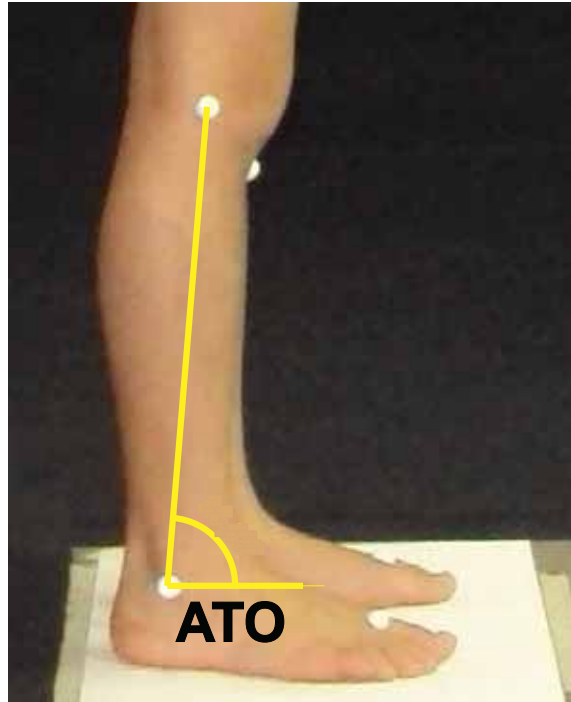


Figura 21 – Ângulo do tornozelo (ATO) (Própria autora).

### 5.2.1.3 Análise postural no plano frontal posterior

Os únicos dados analisados no plano frontal foram dos membros inferiores, sendo analisados os fotogramas no plano frontal posterior.

Foi estimado à direita e à esquerda o ângulo formado entre a horizontal partindo do maléolo medial com a reta que liga os maléolos medial e lateral, sendo denominado de ângulo intermaleolar (AIM), Figura 22.

Outro método para avaliar o alinhamento do retropé que foi reproduzido nesse estudo, o ângulo formado entre a horizontal partindo do maléolo medial com a reta tangente à margem externa do retropé no apoio do calcâneo no solo sendo denominado ângulo maléolo calcâneo (AMC), Figura 22.

Ambos os métodos têm o objetivo de avaliar de maneiras diferentes o padrão de varismo ou valgismo do pés.

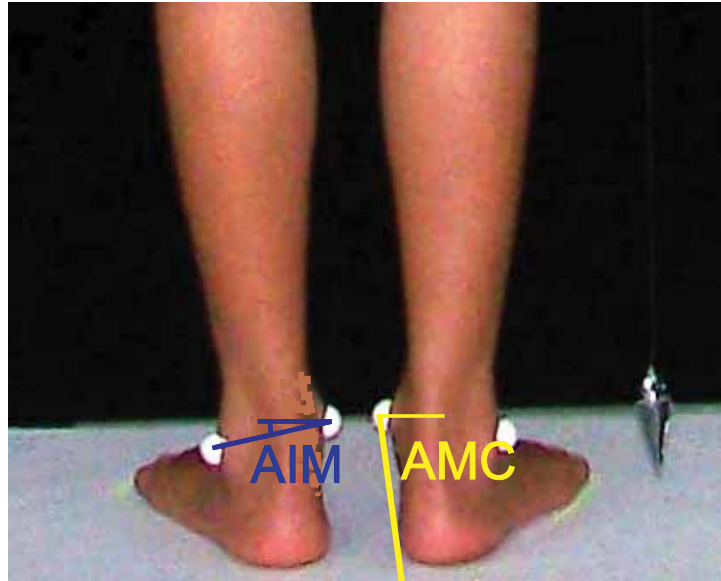


Figura 22 – Ângulo intermaleolar (AIM - azul) e ângulo maléolo calcâneo (AMC - amarelo) (Própria autora).

Buscando avaliar uma possível relação entre a posição do pé e o joelho, foi mensurado o ângulo formado entre a reta que liga o maléolo medial a linha articular do joelho com a horizontal originária do joelho, sendo denominado ângulo joelho maleolar (AJM) ilustrado na Figura 23.

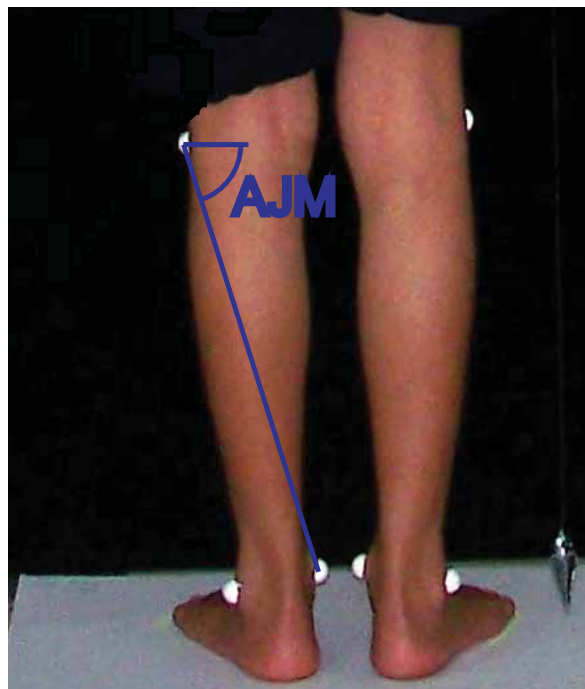


Figura 23 – Ângulo joelho-maléolo (AJM) (Própria autora).

Para facilitar o decorrer do presente estudo, todos os dos ângulos estimados e a distância mento-maléolo lateral estão dispostos na Tabela 2, com seus nomes e respectivas abreviações. Quando os ângulos são citados no texto e referidos nos perfis direito e esquerdo as abreviações são acrescidos de “d” para o perfil direito e de “e” para o perfil esquerdo.

Tabela 2 - Ângulos utilizados na metodologia com suas abreviações.

<b>Ângulos e Distância</b>	<b>Abreviações</b>
Ângulo torácico	AT
Ângulo lombar	AL
Ângulo de protrusão de cabeça	APC
Ângulo do meato acústico ao mento	ATOM
Ângulo de inclinação torácico	AIT
Ângulo de inclinação lombar	AIL
Ângulo cervico-pélvico	ACP
Ângulo de inclinação pélvica	AIP
Ângulo do mento ao maléolo lateral	AMM
Distância do mento ao maléolo lateral	DMM
Ângulo do tornozelo	ATO
Ângulo intermaleolar	AIM
Ângulo maléolo medial-calcâneo	AMC
Ângulo joelho-maléolo medial	AJM

### 5.2.2 Classificação dos tipos de pés

O estudo da classificação dos arcos plantares incluiu 48 escolares. As impressões plantares foram classificadas segundo o método de classificação descrito por Cavanagh e Rodgers (1987) e já foram expostos no presente estudo sendo novamente apresentada através da ilustração (Figura 11).

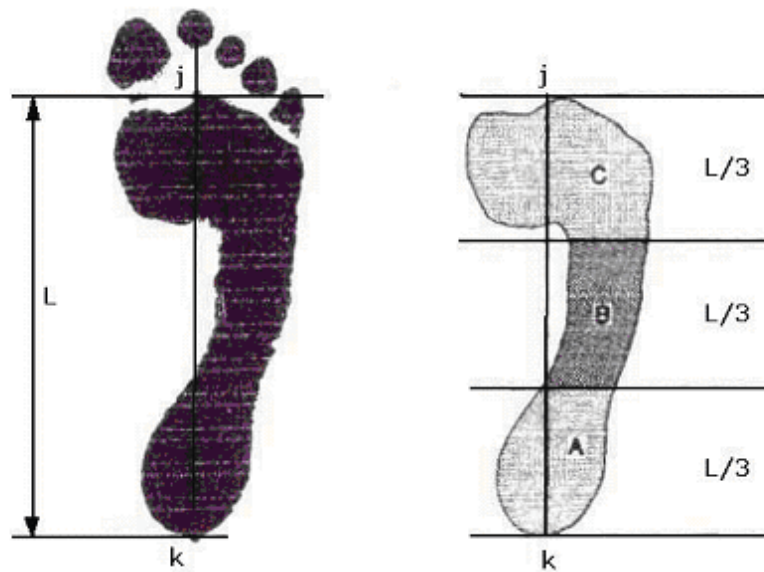


Figura 11 – Método de classificação do arco plantar descrito por Cavanagh e Rodgers, (1987) (CAVANAGH; RODGERS, 1987)

O cálculo para determinação da classificação do arco plantar é demonstrado na equação (1) abaixo:

$$\frac{B}{(A + B + C)} \quad (1)$$

onde: A representa a área da região posterior do pé (retropé), B a área da região medial do pé (mediopé) e C a área da região anterior do pé (antepé).

Assim, nas impressões plantares de todos os escolares foram realizados traçados geométricos dividindo-as em três partes: antepé, mediopé e retropé, como descreve o método. Em seguida, elas foram escaneadas através de um scanner da marca HP Scanjet 5P e transferidas para o *software* AutoCAD 2004. Através dele, foram calculadas as áreas A, B e C dos pés. A partir dos resultados dessas áreas, os arcos plantares foram classificados, tendo como parâmetros os valores demonstrados na Tabela 2. O cálculo para determinação da classificação do arco plantar e do tipo de pé é expresso pela equação (1):

Tabela 3 – Parâmetros para a classificação do arco plantar (CAVANAGH; RODGERS, 1987).

<b>Tipo de pé</b>	<b>Coefficiente</b>
Cavo	$\leq 0,21$
Normal	0,22 a 0,25
Plano	$\geq 0,26$

### 5.3 Métodos de análise dos dados

Foi inicialmente realizada uma análise descritiva da amostra verificando o número total de participantes, a divisão entre os gêneros (masculino e feminino) e seus percentuais.

A idade, a massa, a estatura e o índice de massa corporal (IMC) representado pela massa dividido pela estatura elevada ao quadrado ( $\text{Massa}/\text{Estatura}^2$ ) foram obtidos e os valores mínimos, máximos, médios e os desvios-padrão de cada um desses parâmetros calculados.

A classificação do IMC infantil foi realizada de acordo com o Índice de Cole (2000), no qual o IMC é relacionado com a idade e o sexo da criança. Foi definido o percentil 25 para sobrepeso e o percentil 30 para obesidade.

Os escolares foram também agrupados pela idade, sendo o grupo 1 de seis anos à seis anos e onze meses, o grupo 2 de sete anos à sete anos e onze meses, o grupo 3 de oito anos à oito anos e onze meses e o grupo 4 de nove anos à nove anos e onze meses e o grupo 5 a partir dez anos de idade.

Os escolares foram ainda agrupados de acordo com a classificação dos tipos de pés, sendo excluídos da análise estatística os escolares que apresentaram padrões diferentes entre os pés direito e esquerdo, por exemplo, pé plano à direita e pé normal á esquerda. Foram incluídos portanto, os escolares que apresentaram o mesmo padrão podálico bilateralmente.

Para os dados antropométricos e angulares foram realizadas as médias e essas comparadas através do Testes *t* de Student e do teste de ANOVA. Quando foram separados em grupos pela classificação do IMC, da idade e dos tipos de pés, caracterizando grupos menores, foi utilizado o teste estatístico não paramétrico de Kuskal-Wallis.

Para todas as correlações foi realizada a Correlação de Pearson, sendo as correlações consideradas como pobre quando  $r < 0,50$ , moderada entre  $0,50 < 0,75$ , boa entre  $0,75 < 0,90$  e excelente quando acima de  $0,90$  (van NIEKERK et al., 2008).

A significância estatística adotada neste estudo foi  $\alpha = 5\%$  ( $p < 0,05$ ) e quando o nível de significância foi menor que  $\alpha = 1\%$  ( $p < 0,01$ ) ou menor que  $\alpha = 0,1\%$  ( $p < 0,001$ ) foi destacado. Quando o nível de significância não foi atingido, foi inserida nas tabelas da sessão resultado e discussão a sigla NS – não significativo.

Os programas utilizados para a realização das análises e dos testes demonstrados foram Microsoft Excel, SPSS v.17.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram incluídos neste estudo 49 escolares do 1º ano ao 5º ano do Ensino Fundamental I, sendo 19 meninas (38,7%) e 30 meninos (61,3%). A análise descritiva das variáveis do estudo estão apresentadas na Tabela 4, a idade mínima foi de 6 anos, a idade máxima de 11 anos e 1 mês e a idade média de 8 anos e 5 meses (101 meses). Os estudantes apresentaram massa média de 32,40 kg, estatura média de 1,32 m e índice de massa corporal (IMC) médio de 18,17 kg/m<sup>2</sup>.

Tabela 4 – Análise descritiva das variáveis do estudo, idade (anos), massa (kg), estatura (m), IMC (kg/m<sup>2</sup>) com valores médios, desvios padrão (dp) e valores mínimos e máximos de 49 escolares de Guaratinguetá, 2010.

	<i>Média</i>	<i>dp</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Idade (anos)	8,5	1,4	6,0	11,1
Massa (kg)	32,4	9,1	20,0	56,0
Estatura (m)	1,32	0,09	1,14	1,56
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	18,17	3,31	12,70	25,44

Quando comparadas as médias de todos os ângulos avaliados entre os gêneros, através do teste *t* de Student, nenhum deles apresentou diferença estatística significativa. No estudo de Penha, Baldini e João (2009) que analisou a postura de 230 escolares de 7 e 8 anos de idade, somente um ângulo de avaliação da cabeça mostrou significância estatística entre os sexos. Para Belli et al. (2009), que avaliaram 22 ângulos em 30 crianças asmáticas com idade média de 10 anos, somente um ângulo da junção acrômio clavicular apresentou diferença significativa entre os sexos.

### 6.1 Estudo estatístico do IMC

O IMC neste estudo variou de 12,70 (kg/m<sup>2</sup>) mínimo e 25,44 (kg/m<sup>2</sup>) máximo. De acordo com o escore adotado por Cole e Bellizzi (2000), 31 escolares (63,30%) foram

considerados com peso normal, dez com sobrepeso (20,40%) e oito escolares (16,30%) foram considerados com obesidade, totalizando 18 escolares (36,7%) acima do peso.

Esses dados são semelhantes ao da última pesquisa divulgada pela Pesquisa de Orçamento Familiares (POF) 2008-2009, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em parceria com o Ministério da Saúde, no qual o excesso de peso infantil atingiu 33,5% das crianças de cinco a nove anos de idade. Tais dados são interpretados como um aumento importante no número de crianças acima do peso nos últimos 34 anos, sendo ligeiramente mais acentuado no sudeste no país. Entretanto, Souza, João e Sacco (2007), que realizaram a pesquisa com 1535 escolares da rede pública de 4 a 10 anos de idade, encontraram valores proporcionais inferiores, com 10,7% das crianças com sobrepeso, 10,2% com obesidade, totalizando 320 escolares acima do peso, o que representou 20,9% do total da amostra.

Os testes estatísticos foram realizados porém, não foi possível correlacionar a classificação do IMC com as idades e os tipos de pés dos escolares.

Quando comparados todos os ângulos avaliados com a classificação do IMC, os ângulos de inclinação lombares (AILd e AILe), apresentaram diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) entre os escolares com peso normal e os com sobrepeso e obesidade, sendo evidenciados maiores valores de inclinação lombar para as crianças com maior valor do IMC. Embora não tenha sido encontrada correlação direta entre o IMC e o ângulo que mensurou a lordose lombar (ALd e ALe), a Tabela 9 mostra uma alta significância estatística ( $p < 0,01$ ) entre esses ângulos da lordose lombar e os ângulos de inclinação lombar com uma correlação moderada entre eles.

Esse achado corrobora parcialmente com os estudos de Bachiega (2006); Kussuki, João, Cunha (2007), Penha et al. (2009), que encontraram aumento do ângulo lombar em crianças obesas.

Para Bruschini (1998), o aumento do ângulo lombar ocorre possivelmente pela protrusão abdominal que, associada à distensão dos músculos abdominais, leva ao deslocamento anterior do centro de gravidade, tendo como consequência o aumento da inclinação pélvica e da lordose lombar.

Segundo Kussuki, João e Cunha (2007) os distúrbios ortopédicos, as alterações posturais da coluna e dos membros inferiores são os mais incidentes em crianças acima do peso. Isso é preocupante, uma vez que na infância e na adolescência o sistema musculoesquelético ainda está em desenvolvimento, o que o torna mais susceptível as deformações permanentes.

Segundo Sibella et al. (2003), o aumento de peso pode levar à diminuição da estabilidade postural e ao aumento da solicitação das estruturas mecânicas do sistema musculoesquelético.

## 6.2 Estudo estatístico por faixa etária

Os escolares foram divididos em 5 grupos de acordo com sua faixa etária, sendo onze escolares do grupo 1 (6 anos), o que representou 22,42% da amostra total, nove escolares do grupo 2 (7 anos) e nove do grupo 3 (8 anos), representando 18,36% cada um dos grupos, dez escolares do grupo 4 (9 anos) e dez do grupo 5 (10 anos,) representando 20, 41% cada um destes dois últimos grupos.

Quando comparados os cinco grupos etários com a classificação do IMC através do teste estatístico de Kruskal-Wallis e com os tipos de pés do lado esquerdo, não houve diferença estatística significativa entre eles. Porém, quando comparados os grupos com os tipos de pés do lado direito, houve diferença estatística significativa com  $p < 0,05$  entre os grupos etários.

Os dados avaliados dos tipos de pés do lado direito foram bem próximos aos encontrados do lado esquerdo e quando foram correlacionados apresentaram alta correlação, com  $r = 0,83$  e  $p < 0,001$ . Entretanto, foi possível notar que a distribuição dos tipos de pés nos grupos etários foi diferente do lado esquerdo para o lado direito, podendo essa distribuição desigual dos tipos de pé ser o motivo da diferença estatística apresentada entre os grupos já que o teste estatístico de Kruskal-Wallis analisa as posições de distribuição e não os valores médios estimados.

Souza, João e Sacco (2007), que relacionaram IMC, idade e cinco métodos diferentes de classificação plantar concluíram em seus estudos que a altura do arco medial longitudinal se forma mais tarde em crianças obesas, mudando de padrão dos 8 para os 9 anos de idade e não sendo considerado maturo aos 10 anos, demonstrando um atraso do desenvolvimento do pé em relação as crianças não obesas, que mudam de padrão dos 5 para os 6 anos de idade.

Quando comparados os grupos etários com os ângulos avaliados, através do teste de Kruskal Wallis, não foi possível perceber um padrão de associação definido. Para alguns ângulos houve correlação em um perfil, mas não no outro. APCd apresentou um valor menor no grupo 1 (15,27°) e maior no grupo 5 (33,70°) com  $p = 0,02$ , entretanto não foi significativo APCE, embora tenha mantido a tendência de menor valor no grupo 1 e maior valor no grupo

5. Já ATe foi maior no grupo 1 (31,55°) e menor no grupo 4 (13,06°) com  $p= 0,02$ . ATd não apresentou diferença estatística significativa e também, manteve a tendência de seu par. O mesmo ocorreu com AILe, sendo que a maior diferença ocorreu entre o grupo 1 (31,00°) e o grupo 2 (12,42°) como  $p= 0,02$ .

A amostra pequena, que quando subdividida em grupos torna-se menor ainda, pode representar a causa da disparidade entre os perfis direito e esquerdo dos ângulos, já que as médias dos ângulos são semelhantes, não apresentando diferença estatística significativa entre si. Para todos os ângulos citados a tendência do par se mantém.

Penha, Baldini e João (2009) encontraram diferença entre as idades de 7 e 8 anos no ângulo que mensurou a cifose torácica. McEvoy e Grimmers-Sommer (2005), que avaliaram 38 crianças de 5 a 12 anos também descreveram diferenças do padrão de alinhamento de cabeça, tronco e membros inferiores com a mudança da idade. Cil et al. (2005), através dos estudos radiológicos, demonstraram aumento da lordose lombar em crianças com idade entre 3 e 12 anos.

Lafond et al. (2007), que avaliaram 1084 crianças de 4 a 12 anos de idade através da distância linear entre os marcadores de superfície e um referencial vertical (semelhante ao fio de prumo), relataram diferenças significativas para todas as medidas estimadas entre os grupos de idades, entretanto seus dados são influenciados pelo crescimento característico da infância, sendo difícil discernir entre valores antropométricos e dados posturais.

### **6.3 Estudo estatístico dos tipos de pés**

No estudo dos tipos de pés, 30 pés foram classificados como cavos representando 31,3% da amostra, os pés normais somaram 28 correspondendo a 29,2% da amostra e os pés planos foram ligeiramente superiores aos pés cavos, com 38 pés planos totalizando 39,6% da amostra, o percentual da avaliação dos arcos plantares está demonstrado na Figura 24.

A classificação dos tipos de pés não apresentou diferença estatística significativa quando comparada à classificação do IMC. Contudo, entre os escolares obesos, foi possível constatar que 81,25% apresentaram pés planos e, entre os escolares com sobrepeso, o valor foi de 22,72%. Filippin et al. (2007) realizaram uma pesquisa com baropodometria e encontraram maior superfície plantar em crianças obesas, quando comparada as crianças não obesas, sendo o mediopé a área de maior diferença entre as regiões do pé, tanto na postura estática, como durante a marcha. Porém, eles não estudaram a classificação do arco plantar. Azevedo e

Nascimento (2009) encontraram 82% de pés planos em escolares acima do peso, sendo muito semelhante ao valor desta pesquisa.

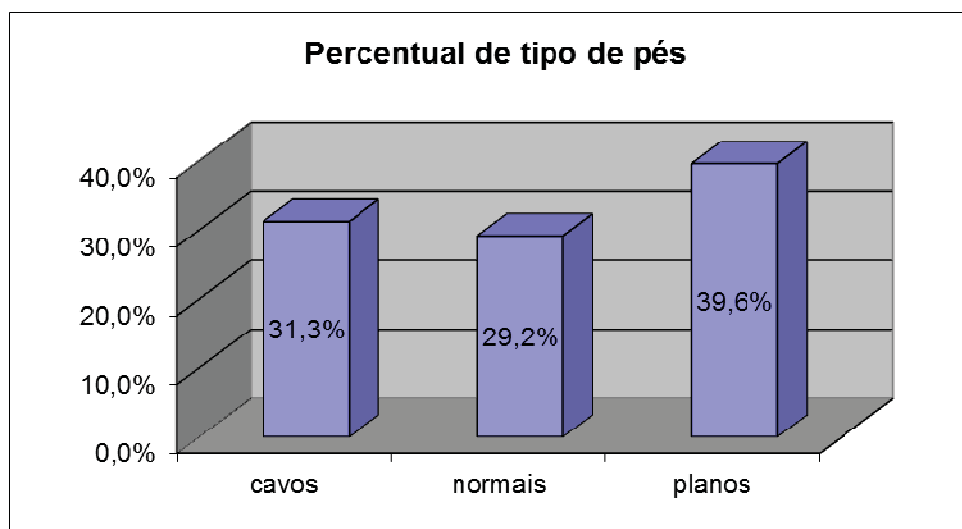


Figura 24 – Classificação plantar dos diferentes tipos de pés em 48 escolares de Guaratinguetá, 2010 (Própria autora).

Há na literatura um consenso que as crianças obesas têm maior tendência a apresentarem pés planos que as crianças não obesas, entretanto, não há um consenso do porquê dessa tendência. Bachiega (2006) e Souza, João e Sacco (2007), que estudaram essa diferença, sugerem que um coxim gorduroso maior e persistente nessas crianças represente uma adaptação para amenizar o excesso de massa corporal, ou de insensibilidade dos índices não radiológicos que mensuram a altura do arco plantar através da impressão plantar sofrendo influência desse coxim gorduroso na superfície plantar obtida, ou por sobrecarga mecânica causada pelo excesso de peso nas estruturas ósseas e musculares formadoras do arco plantar, ou, ainda, que o aumento das forças impostas pelo contínuo excesso de massa produza o aumento da área de distribuição da pressão plantar.

Foi possível observar que na classificação dos pés normais houve escolares dos 5 grupos etários. Com pés planos, prevaleceram as crianças de menor idade (grupos 1 e 2), o que corresponde a 58,82% da amostra de pés planos; com pés cavos, as crianças de maior idade (grupos 3,4 e 5), não sendo encontrado nenhuma criança com idade inferior à 8 anos com esse tipo de pé.

Souza, João e Sacco (2007) afirmam que as crianças saudáveis apresentam um pé fisiologicamente plano, desenvolvendo seus arcos com o crescimento e desenvolvimento. Esclarecem, no entanto, que não há um consenso na literatura sobre qual a idade em que o

arco longitudinal medial se forma e se torna maduro. Assim, a proporção de pés planos encontrados nesse estudo pode representar uma fase transitória de amadurecimento do arco plantar.

O padrão dos pés cavos parece ser o inverso dos pés planos. Para Bruschini (1998), o padrão cavo tem início aos quatro/cinco anos de idade e aumenta sua incidência com o avançar da idade, corroborando os dados encontrados neste estudo.

No estudo estatístico realizado, não demonstrou uma associação entre os tipos de pés e os ângulos estimados, sendo possivelmente, a amostra reduzida um fator de limitação para a suposta associação entre dessas análises.

#### **6.4 Estudo das médias dos ângulos e da distância estimados**

Foi observado na literatura pesquisada que, embora alguns autores descrevam em metodologia que avaliariam ambos os perfis quando apresentam seus resultados, vários colocaram apenas uma medida e não duas (direita e esquerda) para um mesmo ângulo (McEVOY, GRIMMER, 2005; FORTIN et al., 2010) sem, muitas vezes, descrever o porquê e nem qual dos perfis estão demonstrando em resultados. Neste estudo, embora sejam demonstrados nas tabelas os valores de ambos os perfis, para facilitar o decorrer da discussão em todos os ângulos abaixo demonstrados, nos quais as médias apresentaram-se semelhantes, optou-se em adotar somente um dos lados mensurados para ser destacado em discussão. Assim, de forma aleatória, serão destacados os valores obtidos no perfil direito.

Os ângulos que representam os valores da cifose torácica (ATd e ATe) da lordose lombar (ALd e ALe) são demonstrados na Tabela 5.

Como há uma grande variação dos métodos descritos na literatura, é difícil a comparação dos dados com muitos dos estudos revisados. Entretanto, os valores mensurados nesta pesquisa são bem próximos aos valores encontrados pelo método 2D de Fortin et al. (2010), que foi o método que serviu de base para o desenvolvimento de parte da metodologia utilizada dessa pesquisa. Esses autores encontraram em sua amostra, de 70 participantes com idade entre 10 e 20 anos, o valor da cifose torácica de  $166,0^\circ$  contra  $158,53^\circ$  encontrados nessa pesquisa e para lordose lombar encontraram  $161,9^\circ$  contra  $169,65^\circ$  em nosso estudo.

O estudo de Fortin et al. (2010) buscou conhecer a validade de três ferramentas de avaliação quantitativa postural: fotografias 2D, sistema de topografia de superfície 3D e radiografias. O sistema 3D e a fotogrametria 2D apresentaram uma correlação limite para a

cifose torácica e para a lordose lombar, segundo os autores. Esse fato pode ter ocorrido devido ao posicionamento oblíquo (45°) das câmeras, impedindo por vezes a visualização de alguns dos marcadores reflexivos no fotograma 2D no plano sagital. Houve, entretanto, boa correlação negativa entre o método 2D e o ângulo de Cobb da cifose torácica nas radiografias e uma correlação limite para a lordose lombar com o método radiológico.

Tabela 5 - Média, desvio padrão (dp), valores mínimos e máximos e o valor do p dos ângulos torácicos (ATd e ATe), dos ângulos de inclinação torácicos (AITd e AITe), dos ângulos lombares (ALd e ALe) e os ângulos de inclinação lombares (AILd e AILe), em graus, com o número da amostra entre parênteses, em escolares de Guaratinguetá, 2010.

	<i>Média</i>	<i>dp</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>p</i>
ATd (45)	158,53	4,73	145,35	170,41	NS
ATe (45)	159,98	4,61	148,0	169,4	
AITd (37)	13,17	4,86	2,95	23,64	NS
AITe (42)	12,0	4,55	3,60	22,86	
ALd (44)	169,65	9,82	151,41	189,8	NS
ALe (45)	168,68	7,08	151,74	190,52	
AILd (37)	12,62	9,82	zero	38,85	NS
AILe (45)	14,64	8,20	zero	31,26	

NS: não significativo

Mac Thiong et al. (2007) utilizam em crianças o método descrito por Berthonnaud et al. (2005) para estimar a inclinação do tronco em exames radiológicos e classificar a inclinação dos segmentos em positiva, caso o ângulo fosse anterior a linha que ligava T1 à L5, indicando uma inclinação anterior do tronco naquele segmento, ou como negativa, quando o ângulo era posterior a linha, indicando uma inclinação posterior do tronco. Os ângulos de inclinação torácica (AIT) e os ângulos de inclinação lombar (AIL) demonstrados na Tabela 4 foram inspirados no método radiológico acima descrito. Porém, foi possível mensurá-los, mas não classificá-los segundo sua inclinação em anterior ou posterior, pois todos os 37 ângulos AIT estimados foram posteriores à reta, apresentando-se como um padrão e não como um critério de avaliação. Para os AIL houve pouquíssima variação, apresentando na grande maioria dos 37 ângulos avaliados uma inclinação anterior.

No método radiológico descrito por Berthonnaud et al. (2005), a reta T1-L5 é obtida com o ponto inicial no vértice superior do corpo vertebral de T1, passando por T12 indo até o vértice inferior do corpo vertebral de L5, encontrando-se, depois, os ângulos torácicos e

lombares e a inclinação das suas retas classificadas em positiva ou negativa, como se trata de um método radiológico é evidentemente mais interno que o método utilizado em fotogrametria, que tem como ponto de referência os processos espinhosos das vértebras, não sendo possível a classificação da inclinação da reta. Os valores médios angulares estimados foram AIT 13,17° e AIL 12,62°.

Os resultados dos valores estimados dos ângulos de protrusão de cabeça (APCd e APCe), ângulos têmpero mandibulares (ATOMd e ATOMe), ângulos cervico-pélvicos (ACPd e ACPe) e ângulos de inclinação pélvica (AIPd e AIPe) são mostrados na Tabela 6. Para todos os ângulos as médias entre os perfis direito e esquerdo não apresentaram diferença estatística significativa.

Tabela 6 - Média, desvio padrão (dp), valores mínimos e máximos e o valor do p dos ângulos de protrusão de cabeça (APCd e APCe), dos ângulos do meato acústico ao mento (ATOMd e ATOMe), dos ângulos cervico-pélvico (ACPd e ACPe) e os ângulos da inclinação pélvica (AIPd e AIPe), em graus, com o número da amostra entre parênteses em escolares de Guaratinguetá, 2010.

	<i>Média</i>	<i>dp</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>p</i>
APCd (48)	44,23	6,36	27,5	55,8	NS
APCe (46)	45,23	5,72	29,27	57,57	
ATOMd (48)	33,70	8,41	11,05	49,54	NS
ATOMe (47)	32,92	7,95	16,31	48,16	
ACPd (44)	20,17	3,49	3,49	27,05	NS
ACPe (46)	19,37	3,17	3,17	24,81	
AIPd (34)	11,27	5,26	0,44	21,84	NS
AIPe (41)	11,80	6,17	0,40	21,68	

NS: não significativo

Embora ainda haja divergências na literatura (McEVOY, GRIMMER, 2005; LAFOND et al., 2007; CUCCIA, CAROLLA, 2009), o ângulo de protrusão de cabeça foi realizado neste estudo conforme o descrito por diversos autores (BRAUN, AMUNDSON, 1989; FERREIRA, 2005; IUNES, 2005; KUSSUKI, JOÃO, CUNHA 2007; GALERA, 2007; van NIEKERK et al., 2008; BELLI et al. 2009; PENHA et al. 2009) sendo encontrado o valor médio de 44,23°. Belli et al. (2009), em seu estudo com crianças asmáticas e não asmáticas, encontrou em seu grupo controle de 30 crianças o valor de 43,16°, bem próximo do valor encontrado nesse estudo, embora a média de idade tenha sido diferente de 10,27 anos contra 8,5 anos nesta pesquisa. Penha et al. (2009), que estudaram 230 escolares de 7 e 8 anos de idade, também

não encontraram diferença estatística entre as idades para este ângulo, mas encontraram diferença estatísticas entre os sexos, sendo  $49,55^\circ$  nas meninas e  $52,16^\circ$  nos meninos, não sendo possível observar diferença entre os gêneros neste estudo.

Para o ângulo temporo-mandibular (ATOM), que buscou avaliar a postura de flexo-extensão da cabeça, o valor médio estimado foi de  $33,70^\circ$ , não sendo encontrado na literatura pesquisada a avaliação desse ângulo. Grimmer-Somers, Milanese e Louw (2008) avaliaram a flexo-extensão de cabeça utilizando o ângulo formado entre a horizontal, partindo do trago da orelha com a reta do trago ao marcado no canto dos olhos e não em mento como nesta pesquisa. Entretanto, Grimmer-Sommers, Milanese e Louw (2008) discutem os métodos como são realizadas a avaliação e a análise postural em fotogrametria, porém não revelam o valor angular por eles encontrado na pesquisa, não sendo possível, assim, a comparação dos valores.

Alguns autores realizam a avaliação da postura de cabeça associando em uma única estimativa angular a postura de anteriorização com a postura de flexo-extensão de cabeça, sem diferenciá-las (LAFOND et al. 2007; DUNK, LALONDE, CALLANGHAN, 2005; CUCCIA, CAROLLA, 2009). Talvez, seja por isso que Grimmer-Sommers, Milanese e Louw (2008) descrevam haver uma confusão na comunidade científica com o termo “*forward head posture*”, ou seja, “postura de cabeça anteriorizada”, sendo utilizado esse mesmo termo para dois padrões distintos de alinhamento de cabeça ambos com a anteriorização, porém com diferentes padrões de flexo-extensão de cabeça, conforme descrito na revisão de literatura do presente estudo. Assim, por isso, optou-se neste trabalho, em realizar as medidas dos dois possíveis alinhamentos distintos de postura de cabeça através dos ângulos APC e o ATOM.

O cervico-pélvico (ACP) foi proposto neste estudo buscando avaliar uma possível relação entre a pelve e a região cervical baixa, e apresentou o valor de  $20,17^\circ$ , não sendo encontrada análise igual na literatura revisada.

O ângulo de inclinação pélvica (AIP) é um ângulo comumente avaliado na literatura (FERREIRA, 2005; GALERA, 2007; HASHIMOTO et al., 2009; PENHA, BALDINI, JOÃO, 2009; ROSELL et al. 2010; SAAD et al. 2012). Entretanto, ainda ocorrem divergências com relação à localização do vértice do ângulo, em algumas pesquisas ele está localizado na EIAS e em outras na EIPS, como o realizado neste estudo. Porém, estando relacionado à horizontal, o valor angular deve ser igual para qualquer um dos vértices adotado. Penha et al. (2009) encontraram o valor médio de  $15,82^\circ$  para ambos os sexos. Neste estudo, o valor médio encontrado foi menor de  $11,27^\circ$ .

Os resultados dos valores estimados do ângulo mento-maleolar (AMMd e AMMe), das distâncias entre o mento e o maléolo lateral (DMMd e DMMe) e do ângulo do tornozelo (ATOd e ATOe) são mostrados na Tabela 7. Para todos os valores médios apresentados nos perfis direito e esquerdo, não houve diferença estatística significativa.

Tabela 7 - Média, desvio padrão (dp), valores mínimos e máximos e o valor do p dos ângulos mento-maléolo (AMMd e AMMe), distância entre o mento e o maléolo lateral (DMMd e DMMe) e os ângulos do tornozelo (ATOd e ATOe), em graus, com o número da amostra entre parênteses em escolares de Guaratinguetá, 2010

	<i>Média</i>	<i>dp</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>p</i>
AMMd (47)	6,61	1,07	3,87	8,92	NS
AMMe (46)	6,94	1,08	4,84	9,94	
DMMd (47)	133,95	23,66	80,46	181,63	NS
DMMe (46)	137,02	25,44	81,64	211,24	
ATOd (47)	85,63	4,36	76,91	98,09	NS
ATOe (45)	86,6	4,03	75,91	94,02	

NS: não significativo

O AMM não foi encontrado na revisão da literatura como o realizado neste estudo, mas Döhnert e Tomasi (2008) buscaram a relação entre a posição da cabeça e o pé. Contudo, o ponto em cabeça por eles analisados foi o meato acústico e não o mento, como nesta pesquisa, e o maléolo lateral foi o ponto no pé em ambas as pesquisas. O valor médio estimado em AMM foi de 6,61°.

A distância mensurada entre o mento e o maléolo lateral (DMM) não foi um dado encontrado na literatura revisada e o valor médio estimado para essa distância foi de 133,95mm.

Poucos autores revisados (FERREIRA, 2005; GALERA, 2007; ROSELLI et al., 2010) realizaram a avaliação do ângulo do tornozelo (ATO). O valor médio encontrado nesta pesquisa foi de 85,63°. Ferreira (2005) encontrou em adultos, com idade média de 25,96 anos, o valor médio de 86,21 e Galera (2007) encontrou o valor médio de 86,36 em adultos com idade média de 34,8 anos. Ambas as pesquisas utilizaram o SAPO para estimar esse ângulo. Pode ser observada pouca diferença dos valores mensurados entre adultos e crianças nestas pesquisas.

Os valores médios estimados nos ângulos joelho maleolar (AJMd e AJMe), ângulo intermaleolar (AIMd e AIME) e ângulo maléolo calcâneo (AMCd e AMCe) estão dispostos na Tabela 8. As médias do AJMd e AJMe e do AIMd e AIME foram os únicos a apresentarem

diferença estatísticas significativas entre os lados direito e esquerdo, já os AMCd e AMCe não apresentaram diferença estatística significativa.

Tabela 8 – Média, desvio padrão (dp), valores mínimos e máximos e o valor do p dos ângulos do joelho-maléolo (AJMd e AJMe), ângulo intermaleolar (AIMd e AIME) e os ângulos do maléolo-calcâneo (AMCd e AMCe) em graus, com o número da amostra entre parênteses em escolares de Guaratinguetá, 2010.

	<i>Média</i>	<i>dp</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>p</i>
AJMd (40)	73,49	2,43	69,08	72,26	p< 0,01
AJMe (34)	76,08	2,36	72,26	80,56	
AIMd (47)	13,92	4,59	5,23	30,35	p< 0,05
AIME (47)	11,96	4,62	2,52	22,34	
AMCd (46)	82,12	3,62	74,82	89,34	NS
AMCe (46)	80,86	4,51	70,0	92,90	

NS: não significativo

O valor médio dos ângulos AJMd foi 73,49° e AJMe 76,08°, já AIMd foi de 13,92° e do AIME 11,96°, nos quais as médias foram diferentes para os perfis direito e esquerdo. É possível sugerir que seja devido ao alinhamento livre dos pés adotado no estudo, ou seja, a criança se posicionou com o seu padrão natural de seu alinhamento, não foi pre determinado nenhuma posição fixa para posição dos pés. O que parece ser mais adequado para a veracidade da análise postural, porém pode ter prejudicado a estimativa desses ângulos, já que o alinhamento livre dos pés permite diferentes posturas e rotações de um membro em relação ao outro, podendo ter interferido nas médias estimadas para esses pares de ângulos. Alguns estudos descritos na literatura sugerem fixar a posição dos pés, por exemplo, 20° de abertura sendo 10° de rotação externa para cada um dos pés (BACHIEGA, 2006; SANCHEZ et al., 2008). De qualquer modo, para esta autora, parece ser inadequado ter que pré-determinar a posição de um segmento no qual se deseja conhecer o seu padrão de alinhamento.

Os ângulos AJM, AIM e AMC não foram encontrados na revisão bibliográfica. Iunes (2004) e Belli (2009) fizeram uma análise semelhante ao ângulo maléolo calcâneo, porém avaliaram a inclinação dos pés entre a linha horizontal ao solo com a inclinação da linha que tangencia o maléolo medial, o AMC apresentou o valor médio de 82,12°.

Foi possível observar nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 que em quase todos os ângulos avaliados, com exceção dos ângulos dos joelhos (AJMd e AJMe) e os ângulos intermaleolares (AIMd e AIME), que os valores das médias no perfil direito e esquerdo não apresentaram diferença estatística significativa quando comparadas entre si, demonstrando serem iguais. Esse achado

pode ser compreendido como uma boa repetibilidade principalmente com os cuidados adotados pelo método em relação à troca do posicionamento (frente/costas), com a manutenção do alinhamento dos pés, com controle do sistema vestibular e visual, com o controle da correção postural ativa, com relação ao modo que foi realizado o processamento dos dados e, talvez, até em relação à preocupação em minimizar os erros de perspectivas.

### 6.5 Estudo das correlações entre os ângulos estimados

A Tabela 9 apresenta as correlações entre os ângulos ATd, ATe, AITd, e AITe. Os ângulos torácicos apresentaram boa correlação positiva entre si, com valor de  $r=0,84$ , assim como os ângulos de inclinação torácicos  $r=0,80$ . Já entre os ângulos torácicos e os ângulos de inclinação torácicos, as correlações foram negativas, sendo boa entre ATd/AITd com  $r= -0,77$  e no limite superior de moderada entre ATe/AITe com  $r= -0,71$ , havendo significância estatística ( $p < 0,01$ ) em todas as correlações analisadas.

Tabela 9 - Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos torácicos (ATd e ATe) e os ângulos de inclinação torácicos (AITd e AITe) em escolares de Guaratinguetá, 2010.

	ATd	ATe	AITd	AITe
ATd	1	0,84**	-0,77**	-0,60**
ATe	0,84**	1	-0,67**	-0,71**
AITd	-0,77**	-0,67**	1	0,80**
AITe	-0,60**	-0,71**	0,80**	1

\*\*  $p < 0,01$

A Tabela 10 apresenta as correlações entre os ângulos ALd, ALe, AILd, e AILe. Os ângulos lombares demonstraram moderada correlação positiva entre si, sendo o valor de  $r= 0,65$ . Os ângulos de inclinação lombares apresentaram boa correlação estatística entre si com  $r= 0,76$ . Entre os ângulos lombares e os ângulos de inclinação lombares as correlações foram todas negativas e moderadas entre ALd/AILd com  $r= -0,53$  e para ALe/ AILe o valor de  $r= -0,52$ . Todos apresentando diferença estatística significativa ( $p < 0,01$ ).

Tabela 10 – Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos lombares (ALd e ALe) e os ângulos de inclinação lombar (AILd e AILe) em escolares de Guaratinguetá, 2010.

	ALd	ALe	AILd	AILe
ALd	1	0,65**	-0,53**	-0,50**
ALe	0,65**	1	-0,56**	-0,52**
AILd	-0,53**	-0,56**	1	0,76**
AILe	-0,50**	-0,52**	0,76**	1

\*\* p< 0,01

As correlações acima destacadas mostram que os ângulos de inclinação torácicos e lombares sugeridos neste estudo podem representar uma forma possível de avaliação desses segmentos, embora não tenha sido possível verificar através deles a inclinação anterior ou posterior do tronco, como era o objetivo pretendido do estudo.

Os valores negativos das correlações da cifose torácica e da lordose lombar entre seus respectivos ângulos de inclinação podem ser facilmente esclarecido através das relações matemáticas dos triângulos formados pelos pontos T1-T7-T9 (cifose torácica) e pelos pontos L1-L3-L5 (lordose lombar), pois, diminuindo-se o ângulo torácico o que aumenta a cifose torácica, ocorre um aumento do ângulo de inclinação torácico. O mesmo comportamento é observado para a lordose lombar e seu ângulo de inclinação.

As correlações entre os ângulos torácicos e lombares e seus ângulos de inclinação estão disponíveis na Tabela 11. Houve pobre correlação entre ATd com ALd e AILd, bem como pobre correlação entre ATe com ALe e AILe. É possível observar, ainda, pobre correlação entre AITd/ALd e entre AITe/ALe. Não houve diferença estatística significância para nenhuma dessas correlações testadas.

Entretanto, houve correlação moderada e negativa entre o AITd/AILd com  $r = -0,57$  e AITe/AILe com  $r = -0,51$ . Para essas correlações, houve diferença estatística significância com  $p < 0,01$ .

Dessa forma, neste estudo não foi possível correlacionar diretamente a cifose torácica com a lordose lombar. Entretanto, foi possível correlacionar com diferença estatística significativa, os ângulos de inclinação torácico (AITd e AITe) com os ângulos de inclinação lombares (AILd e AILe), que apresentaram correlação negativa entre si para ambos os perfis. Assim, é possível afirmar que para essa amostra, quanto maior a inclinação torácica, menor a inclinação lombar, sendo possível o inverso.

Tabela 11 – Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos lombares (ALd e ALe) e os ângulos torácicos (ATd e ATe) e os ângulos de inclinação torácicos (AITd e AITe) e ainda as correlações entre os ângulos de inclinação lombares (AILd e AILe) os ângulos torácicos (ATd e ATe) e os ângulos inclinação torácicos (AITd e AITe) em escolares de Guaratinguetá, 2010.

	ATd	ATe	AITd	AITe
ALd	0,03	0,19	0,23	0,13
ALe	0,02	0,11	0,32	0,26
AILd	0,32	0,15	-0,57**	-0,32*
AILe	0,31	0,17	-0,57**	-0,51**

\*\* p< 0,01 \*p< 0,05

Smith, O’Sullivan e Straker (2008), que estudaram a postura de 766 adolescentes, concluíram que seus estudos fornecem evidências de uma relação de alinhamento tóraco-lombo-pélvica no plano sagital, e que estes podem ser determinados com sucesso a partir de fotografias no plano sagital, entretanto, não definem como pode ocorrer essa relação.

As correlações apresentadas na Tabela 12 e 13 os ângulos ATO e AMC da Tabela 14 são todos valores angulares estimados do perfil direito. Optou-se em demonstrar dessa forma para tornar mais objetivo o estudo dos dados estatísticos realizados neste trabalho e, principalmente, porque o padrão estatístico apresentado para as correlações de todos esses ângulos no perfil esquerdo são semelhantes aos do perfil direito.

Na Tabela 12 são mostradas as correlações entre os ângulos APC, ATOM, AMM e ATO, sendo possível observar moderada correlação entre o APC e ATOM com significativa estatística, sendo p< 0,01, e pobre correlação para todas as outras realizadas.

Tabela 12 – Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos de protrusão de cabeça (APC), o ângulo do meato acústico ao mento (ATOM), ângulo mento-maléolo (AMM), e o ângulo do tornozelo (ATO) em escolares de Guaratinguetá, 2010.

	APC	ATOM	AMM	ATO
APC	1	0,55**	0,01	-0,06
ATOM	0,55**	1	0,27	0,02
AMM	0,01	0,27	1	-0,03
ATO	-0,06	0,02	-0,03	1

\*\* p< 0,01

Foi possível estabelecer neste estudo uma correlação positiva entre a translação anterior e a flexo-extensão de cabeça. Assim, quanto mais anteriorizada a cabeça, menor é o APC e, portanto, menor o ATOM, levando a cabeça em postura de flexão ou quando retificada sua postura maior seu padrão de extensão. Esse resultado é coerente com o padrão descrito por Grimmer-Somers, Milanese e Louw (2008), no qual a “cabeça à frente” está com os olhos voltados para baixo, ou seja, cabeça anteriorizada associada à flexão. É, portanto, contrário ao outro padrão descrito Saunders (1982 apud. Grimmer-Sommers, Milanese e Louw ,2008), no qual a cabeça está levemente anteriorizada e com o queixo inclinado para cima, ou seja, anteriorização associada à extensão de cabeça.

A Tabela 13 mostra a pobre correlação entre os ângulos ACP, AIP e AIL, sendo o melhor valor observado entre os ângulos AIP e AIL com  $r= 0,3$  porém, sem significância estatística. Embora tenha sido realizado o estudo estatístico não foi possível neste estudo demonstrar uma correlação entre a inclinação pélvica e a inclinação da coluna lombar.

Tabela 13 – Correlação de Pearson com os valores do  $r$  entre os ângulos cérico pélvico (ACP), ângulo de inclinação da pelve (AIP) e o ângulo de inclinação lombar (AIL) em escolares de Guaratinguetá, 2010.

	ACP	AIP	AIL
ACP	1	-0,15	0,14
AIP	-0,15	1	0,31
AIL	0,14	0,31	1

Na Tabela 14, os únicos dois pares de ângulos (AIMd/AIMe e AJMd/AJMe) que apresentaram médias estatísticas diferentes entre os perfis direito e esquerdo foram correlacionados separadamente entre si com os ângulos ATO e AMC.

Para todas as correlações mostradas na Tabela 14, é possível observar pobre correlação entre elas. Contudo, houve significância estatística com  $p < 0,01$  as correlação entre os ângulos AMC/AIMd e AJMd/AJMe, já entre os ângulos AMC/AJMd, AMC/AJMe, AIMd/AIMe, AIMd/AJMd houve significância estatística com  $p < 0,05$ .

Assim, foi possível perceber uma positiva e pobre correlação com significância estatística entre os ângulos AMC e AIMd, demonstrando que as duas formas de avaliar são coerentes e, mesmo apresentando médias diferentes entre os perfis direito e esquerdo, os ângulos AJM e AIM apresentam correlação significativa entre si, assim como entre os AMC/AJMd e AMC/AJMe.

Tabela 14 – Correlação de Pearson com os valores do r entre os ângulos do tornozelo, ângulo maléolo-calcâneo (AMC) e os ângulos intermaleolares (AIMd e AIME) e os ângulos joelho-maléolo (AJMd e AJMe) em escolares de Guaratinguetá, 2010.

	ATO	AMC	AIMd	AIME	AJMd	AJMe
ATO	1	0,22	-0,07	0,06	-0,12	-0,12
AMC	0,22	1	0,38**	0,27	-0,31*	-0,31*
AIMd	-0,07	0,38**	1	0,30*	-0,27*	-0,21
AIME	0,06	0,27	0,30*	1	-0,17	-0,17
AJMd	-0,12	-0,31*	-0,27*	-0,17	1	0,45**
AJMe	-0,12	-0,31*	-0,21	-0,17	0,45**	1

\*\* p< 0,01 \* p< 0,05

## 6.6 Estudo da acurácia e da confiabilidade intraexaminador

O estudo estatístico feito entre as duas sessões distintas realizadas com uma semana de diferença apresentou de moderada a excelente correlação, tendo os ângulos ATOM, AMC e AJM e a distância DMM moderada correlação, os ângulos APC, AT, AMM e AIM boa correlação e os ângulos AIT, AL, AIL, AIP, ACP e ATO excelente correlação, sendo possível afirmar que da maneira como foi realizado o estudo estatístico, o método utilizado apresentou boa repetibilidade e confiabilidade entre as sessões.

Para Saad et al. (2012), que testaram a confiabilidade e repetibilidade do seu método utilizado na avaliação das escolioses e ainda citando várias outras pesquisas com iguais bons resultados de confiabilidade, a fotogrametria pode ser uma alternativa quantitativa confiável para a análise objetiva dos desvios posturais no contexto clínico, contudo, ressaltam a impossibilidade dessas ferramentas substituírem os métodos dos exames radiológicos.

Fortin et al. (2011) em uma vasta revisão de literatura sobre a validade e confiabilidade de vários métodos utilizados por diferentes autores para a avaliação postural, concluem que as ferramentas para avaliação de medidas obtidas diretamente do corpo do paciente não atendem aos critérios para avaliação dos segmentos corporais e que as medidas de ângulos realizadas a partir de um fotograma podem ser a forma mais abrangente e rápida para avaliar a postura, desde que haja um rigoroso processo de validação da ferramenta utilizada.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A amostra reduzida foi uma grande limitação do estudo, que se tornou ainda mais significativa por ter ocorrido perdas durante o processamento dos dados. Nos ângulos que dependiam, por exemplo, da localização das espinhas ilíacas ântero ou pósterio superiores (EIAS e EIPS) como AIT, AIL e AIP, ocorreu perda de até 30% do total da amostra (AIP), devido a sobreposição dos marcadores de superfície pela queda dos membros superiores. Talvez, a flexão dos cotovelos que não foi adotado na aquisição dos dados nesse estudo, pois, inicialmente havia a intenção de se estudar também o alinhamento dos membros superiores, possa ser um controle importante ao se utilizar essa metodologia ou qualquer outra, que tenha como referência as espinhas ilíacas para minimizando o risco de perdas. A flexão dos cotovelos na aquisição dos dados já foi adotada por vários autores (SMITH, O'SULLIVAN, STRAKER, 2008; BELLI et al., 2009; PENHA, BALDINI, JOÃO, 2009; ROSELL et al., 2010; SAAD et al., 2012).

Algumas perdas ocorreram ainda, no estudo estatístico dos tipos de pés ao ser considerado somente os escolares com o mesmo padrão de pé bilateral na correlação com os ângulos estimados na postura, a amostra reduzida foi certamente uma limitação também para o estudo estatístico por faixa etária. Entretanto, é importante esclarecer a grande dificuldade encontrada para se obter a autorização da diretoria das escolas para a realização dessa pesquisa, em especial nas escolas públicas, dificuldade essa, claramente relacionada à necessidade de se retirar a camisa em ambiente escolar tanto para os meninos como para as meninas, mesmo sendo substituída a camiseta pelo uso do *top*.

A falta de índices quantitativos posturais impede uma possível classificação dos padrões posturais analisados através da fotogrametria, como, por exemplo, em hiperlordose lombar ou hipercifose torácica, sendo realizada essa classificação de forma empírica na prática clínica ou através das medidas realizadas nos exames radiológicos e sendo comumente utilizado o ângulo de Cobb para mensurar as curvaturas da coluna vertebral. Contudo, há uma padronização do ângulo de Cobb para a escoliose e para a cifose torácica somente, não há valores padronizados para a lordose lombar ou para a lordose cervical mesmo nos exames radiológicos.

Fortin et al. (2011) citam, ainda, que vários autores têm demonstrado a necessidade de se determinar índices quantitativos de postura, podendo esses índices se tornarem parte integrante de uma avaliação clínica, facilitando o diagnóstico e possibilitando conhecer as

causas mecânicas subjacentes das alterações posturais. Sugerem, também, a possibilidade das ferramentas de fotogrametria ser utilizadas para controlar e comprovar a efetividade da atuação da fisioterapia no tratamento clínico das alterações posturais, em especial na polêmica atuação da fisioterapia nas escolioses.

Embora possa até parecer um tema já bem discutido, está claro não haver nem a padronização dos ângulos utilizados muito menos, valores de referência para a postura do escolar, ou seja, não há ao menos, uma diretriz quantitativa definida para que seja possível supor padrões posturais de bom alinhamento ou não em crianças. Contudo, é importante destacar que no início da revisão bibliográfica neste estudo, alguns padrões qualitativos foram citados, alguns até mesmo, citados como ausentes em crianças, como a retificação cervical por exemplo. Talvez, a avaliação qualitativa associada á avaliação quantitativa (estimativas angulares da fotogrametria) possa ser o caminho inicial para a definição desses parâmetros, já que clinicamente, realizamos essa classificação postural sendo uma prática rotineira para os fisioterapeutas e médicos.

Muitos pesquisadores, ao longo do século passado, têm procurado entender a relação entre a postura vertebral ruim, a dor, a diminuição da função ou a deficiência. No entanto, apesar desse interesse na saúde e na análise mensurável da postura humana e suas consequências se defeituosa, ainda há muito a ser aprendido (GRIMMER-SOMERS, MILANESE, LOUW, 2008).

A falta de estudos quantitativos longitudinais ou até mesmo qualitativos é a grande ausência na literatura em postura da criança, embora vários autores cite padrões distintos entre as idades em estudos transversais, a maneira como ocorrem essas mudanças ao longo da infância não é nada definida.

Através deste trabalho espero ter contribuído para o aprimoramento das ferramentas utilizadas em fotogrametria e despertar o interesse em futuros estudos. Além de estar gratificada em ter conseguido associar através de uma correlação negativa o ângulo de inclinação torácico com o de inclinação lombar e ter dado o primeiro passo para o possível esclarecimento da postura de cabeça, associando a protrusão de cabeça ao ângulo de flexão de cabeça sugerindo um alinhamento postural desse segmento na infância.

Grimmer-Somers, Milanese e Louw (2008) alertam que existe ainda, uma abordagem mais ampla da postura humana, que é uma combinação dinâmica de fatores que irão influenciá-la, incluindo a formação do corpo, o desempenho muscular, as mudanças estruturais relacionadas à idade, o estado mental, a personalidade, a capacidade proprioceptiva, a ocupação e os fatores culturais.

## 8 CONCLUSÃO

Foi possível desenvolver um marcador de superfície como uma haste de prolongamento de baixo custo sendo nesse estudo, utilizado nos processos espinhosos das vértebras torácicas e lombares e que, através do processamento dos fotogramas foi possível determinar o ponto virtual correspondente ao da fixação cutânea dessas hastes, tornando, provavelmente, mais fidedignas as medidas angulares obtidas na coluna vertebral no plano sagital. Foi possível sugerir, que o método utilizado apresentou boa repetibilidade e confiabilidade intraexaminador, já que entre duas sessões distintas evidenciou-se de boa a excelente correlação entre os ângulos estimados e que as médias entre os perfis direito e esquerdo, para a maioria dos ângulos analisados, não apresentou diferença estatística significativa. Nesta amostra, não foi possível correlacionar os ângulos da coluna vertebral com os ângulos da postura corporal, nem tampouco com a classificação do arco longitudinal medial, sendo, possivelmente, a amostra reduzida uma limitação para as evidências estatísticas dessas correlações. Entretanto, neste estudo foi possível comprovar que o aumento do ângulo de inclinação torácico leva à diminuição do ângulo da inclinação lombar e que a protrusão de cabeça gera uma maior tendência ao padrão flexor de cabeça, sendo possível, o raciocínio inverso. Através das correlações, notou-se, ainda, que nas crianças acima do peso ocorreu o aumento do ângulo de inclinação lombar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKEL, I.; YAZICI, M. Growth modulation in the management of growing spine deformities. **J Child Orthop** v.3 p.1–9, 2009.
- ALMEN, A. J., MATTSSON, S. Dose distributions at radiographic examinations of the spine in pediatric radiology. **Spine**, v21, p750-756, 1996.
- ASHER, C. **Variações de postura na criança**. São Paulo: Manole, 1976.
- AZEVEDO, L. A. P., NASCIMENTO, L. F. C. A distribuição da força plantar está associada aos diferentes tipos de pés? **Rev Paul Pediatr**, v. 27(3), p. 309-14, 2009.
- BACHIEGA, C. M. M. V. **A prevalência de sobrepeso e obesidade em escolares e a influência nas alterações posturais do aparelho locomotor**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva – Saúde Pública), Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2006.
- BALAGUE, F., TROUSSIER, B., SALMINEN, J. J. Non-specific low back pain in children and adolescents: risk factors. **Eur Spine J**, v. 8(6), p. 429-438, 1999.
- BARRERA, M. J., GARRISON-JONES, C. Y. Properties of the beck depression inventory as a screening instrument for adolescent depression. **Journal of Abnormal Psychology**, v. 16, p. 263–73, 1988.
- BELLI, et al. Analysis of body posture in children with mild to moderate asthma. **Eur J Pediatr**, v. 168, p.1207-16, (2009).
- BERTHONNAUD, E., ROUSSOULY, P., DIMNET, J. The parameters describing the shape and the equilibrium of the set back pelvis and femurs in sagittal view. **Innov Techn Biol Med**, v. 19, p. 411–426, 1998.
- BERTHONNAUD, E. et al. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. **J Spinal Disord**. v18 (1), p. 40–47, 2005.

BIENFAIT, M. Fisiologia da estática e suas perturbações. In: \_\_\_\_\_. **Os desequilíbrios estáticos**. São Paulo: Summus, 1993, p.24-56.

BRATTBERG, G. Do pain problems in young school children persist into early adulthood? A 13-year follow-up. **European Journal of Pain**, v. 8, p. 187–199, 2004.

BRAUN, B. L. AMUNDSON, L. R. Quantitative Assessment of head and shoulder Posture. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 70 (4), p 322-329, April 1989.

BRICOT, B. **Posturologia**. São Paulo: Ícone; 1999.

BRINK, Y. et al. The association between postural alignment and psychosocial factors to upper quadrant pain in high school students: A prospective study. **Manual Therapy**, v. 14, p. 647–653, 2009.

BRUSCHINI, S. Parte 2- Vícios Posturais e Afecções Correlatas. In:\_\_\_\_\_. **Ortopedia Pediátrica**. São Paulo- 2ªed: Atheneu, 1998.

BURNS, J., CROSBIE, J., HUNT, A., OUVRIER, R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. **Clinical Biomechanics**, v. 20, p. 877–882, 2005.

CAMPOS, M. H. **Sistema de análise de movimento para avaliação da postura vertebral durante a corrida no teste de esforço máximo incremental**. Tese (Doutorado em Educação Física), Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

CARDON, G., BALAGUÉ, F. Low back pain prevention's effects in schoolchildren. What is the evidence? **Eur Spine J**, v. 13, p. 663-679, 2004.

CARNIELLI, A. L. et al. Análise da cifose torácica e da lordose lombar em indivíduos com escoliose idiopática. **Revista Eletrônica de Fisioterapia da FCT-UNESP**, v1, p. 22-45, 2009.

CAVANAGH, P. R.; RODGERS, M. M. The arch index: a useful measure from footprints. **Journal of Biomechanics**, New York, v.20, n.5, p.547-551, may 1987.

CHOUFANI, E. et al. Lumbosacral lordosis in fetal spine: genetic or mechanic parameter **Eur Spine J** v. 18, p. 1342-1348, 2009.

CHURGAY, C. A. Diagnosis and treatment of pediatric foot deformities. **American Family Physician**. v. 47. n.4, p.883-887, march 1993.

CIL, A. et al. The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. **Spine**, v. 30, p. 93-100, 2005.

COLE, T. J. et al. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. **British Medical Journal**, v.320, n.6, 1240 may, 2000.

CORRIGAN, B.; MAITLAND, G. D. Pé. In:\_\_\_\_. **Ortopedia e reumatologia, diagnóstico e tratamento**. São Paulo: Premier, 2000.

CUCCIA, A. M.; CAROLA C. The measurement of craniocervical posture: A simple method to evaluate head position. **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, v 73, p 1732–36, 2009.

DIMEGLIO, A. Growth in pediatric orthopaedics. **J Pediatr Orthop**, v. 21, p. 549–555, 2001.

DÖHNERT, M. B.; TOMASI, E. Validade da fotogrametria computadorizada na detecção de escoliose idiopática adolescente. **Rev Bras Fisioter.**, v. 12, n. 4, p. 290-7, jul./ago. 2008.

DONATELLI, R. Normal biomechanics of the foot and ankle. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, Baltimore, v.7, n.3, p.91-95, nov. 1985.

DUARTE, M., HARVEY, W., ZATSIORKY, V. M. Stabilographic analysis of unconstrained standing. **Ergonomics**, v. 43(11), p. 1824-39, 2000.

DUNK, N. M. et al. The reliability of quantifying upright standing postures as a baseline diagnostic clinical tool. **Journal of Manipulative Physiological Therapeutics**, v.27, n.2, p.91-6, feb. 2004.

DUNK, N. M.; LALONDE, J.; CALLAGHAN, J. P. Implications For the Use of Postural Analysis as a Clinical Diagnostic Tool: Reliability of Quantifying Upright Standing Spinal Postures from Photographic Images. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics** v..28, n 6, 2005.

FABRY, G. Clinical practice The spine from birth to adolescence. **Eur J Pediatr**, v.168, p1415-20, 2009.

FERREIRA, E. A. G. **Postura e controle postural**: desenvolvimento e aplicação de método quantitativo de avaliação postural. 2005. 114 f. Tese (Doutorado em Ciências: Fisiopatologia Experimental). Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FERREIRA et al. Postural Assessment Software (pas/sapo): validation and reliability. **Clinics**, v. 65(7), p. 675-81, 2010.

FILIPPIN, N.T. et al. Pressão plantar em crianças obesas. **Rev. bras. fisioter.** v. 11, n. 6, p. 495-501, nov./dez. 2007.

FORTIN, C. et al. Validity of a Quantitative Clinical Measurement Tool of Trunk Posture in Idiopathic Scoliosis. **Spine**, v. 35, n. 19, p. E988–94, 2010.

FORTIN et al. Clinical methods for quantifying body segment posture: a literature review. **Disability and Rehabilitation**, v. 33(5), p. 367–383, 2011.

GALERA, S. R. G. P. **Estudo Comparativo Da Postura De Indivíduos Com e Sem Dor Na Coluna Vertebral**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica – Projetos), Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007.

GILBERT, J. **Quiropraxia Jason Gilbert**: o segredo da coluna saudável. QuiroNews. Dicas para manter a boa postura, 2012. Disponível em: <[http://quiropraxiajasongilbert.blogspot.com.br/2012\\_05\\_01\\_archive.html](http://quiropraxiajasongilbert.blogspot.com.br/2012_05_01_archive.html)>. Acesso em: 20 de julho de 2012.

GILMOUR, J. C.; BURNS, Y. The measurement of the longitudinal arch in children. **Foot e Ankle International**. v.22, n.6, p. 493- 498, june 2001.

GORE, A. I.; SPENCER, J. P. The newborn foot. **American Academy Physician**. v.69, n.4, p.865, feb. 2004

GRIMMER-SOMERS et al. Adolescent standing postural response to backpack loads: a randomised controlled experimental study. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 3 n.10, 2002.

GRIMMER-SOMERS, K. ; MILANESE, S.; LOUW, W. Measurement of Cervical Posture in the Sagittal Plane, **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v.31, n.7, sep 2008.

HARREBY, M. et al. Epidemiological aspects and risk factors for low back pain in 38-years-old men and women: a 25-year prospective cohort study of 640 school children. **Eur. Spine J**. v. 5, p. 312-318, 1996.

HARRISON, D. E. et al. Radiographic analysis of lumbar lordosis: centroid, Cobb, TRALL, and Harrison posterior tangents? **Spine**, v. 26, p. 235-42, 2001.

HARRISON, D. E. et al. Sagittal skin contour of the cervical spine: interexaminer and intraexaminer reliability of the flexicurve instrument. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 28, p. 516-9, 2005.

HASHIMOTO, B. et al. Análise da Postura de Participantes de um Programa Postural em Grupo. **Revista Eletrônica de Fisioterapia da FCT/UNESP**, v.1, n.1, p.46-62, 2009.

HERNANDEZ, A. J. et al. Cálculo do índice do Arco Plantar de Staheli e a prevalência de pés planos: estudo em 100 crianças entre 5 e 9 anos de idade. **ACTA ORTOP BRAS**, v. 15, 2, p. 68-71, 2007.

HORAK, F. B., NASHER, L. M., DIENER, H. C. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. **Exp. Brain Res**, v. 82(1), p. 167–177, 1990.

IUNES, D. H. **Análise da confiabilidade Inter e Intra-examenador na avaliação Postural pela fotogrametria computadorizada**. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas – Ortopedia, Traumatologia e Reabilitação), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2004.

IUNES, D. H. et al. Análise comparativa entre avaliação postural visual e por fotogrametria computadorizada. **Rev Bras Fisioter**, v. 13(4), p. 308-15, 2009.

KANATLI, U.; YETKIN, H.; CILA, E. Foot and radiographic analysis of the feet. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, New York, v. 22, n,2, p.225-228, march 2001.

KAPANDJI, I. A. In:\_\_\_\_. **Fisiologia Articular**. São Paulo: Manole, 1982. p. 226-254

KENDALL, F. P. **Músculos Provas e Funções**. São Paulo: Manole, 1ªed. 1995.

KUSSUK, M. O. M., JOÃO, S. M. A., CUNHA, A. C. P. Caracterização Postural da Coluna de Crianças obesas de 7 a 10 Anos. **Fisioterapia em Movimento**, v. 20, n. 1, p. 77-84, jan./mar., 2007.

LAFOND, D. et al. Postural development in school children: a cross-sectional study. **Chiropractic and Osteopathy**, v. 15, n. 1, jan. 2007.

LAMERI, E. **Massoterapia faz bem - ES: problemas na coluna**, 2010. Disponível em: <[http://elainelameri.blogspot.com.br/2010/04/problemas-na-coluna\\_24.html](http://elainelameri.blogspot.com.br/2010/04/problemas-na-coluna_24.html)>. Acesso em: 20 de julho de 2012.

LEVY, A. et al., Reducing the Lifetime Risk of Cancer From Spinal Radiographs Among People With Adolescent Idiopathic Scoliosis. **Spine Issue**, v. 21(13), p. 1540-1547, 1 July 1996.

LIMA, L. C. O. et al. Postural alterations in children with mouth breathing assessed by compute rized biophotogrammetry. **J Appl Oral Sci**. v. 12(3), p. 232-7, 2004.

LIN, C. J. et al. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, New York, v.21, n.3, p.378-382, June 2001.

Mac-THIONG, J. M. et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. **Spine**, v. 29, n.15, p.1642-47, 2004.

Mac-THIONG, J. M. et al. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents. **Eur Spine J** v. 16, p. 227–34, 2007.

Mac-THIONG, J. M. et al. Sagittal Parameters of Global Spinal Balance: Normative Values From a Prospective Cohort of Seven Hundred Nine Caucasian Asymptomatic Adults. **Spine**, V. 35 - Issue 22, p. E1193-E1198, 15 October 2010.

MALFAIR, D. et al. Radiographic Evaluation of Scoliosis: Review. **AJR Integrative Imaging** v.194, March 2010

McEVOY, M.; GRIMMER, K. Reliability of upright posture measurements in primary school children. **BMC Musculoskelet Disord**, v.6, n.35, 2005.

MOSCA, V. S. The Cavus Foot. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v. 21 - Issue 4 – p. 423-424, July/August 2001.

van NIEKERK, S. M. S. et al. Photographic measurement of upper body sitting posture of high school students: a reliability and validity study. **BMC-Musculoskelet**, p. 9-113, 2008.

OMKAR, S. N., MANOJ KUMAR M., DHEEVATSAMUDIGERE, B. E. Postural assessment of arbitrarily taken portrait and profile photographs using Image J. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 11, p.231–237, 2007.

PENHA, P. J. et al. Postural assessment of girls between 7 and 10 years of age. **Clinics**, v. 60, n. 9-16, 2005.

PENHA, P. J. et al. Qualitative postural analysis among boys and girls of seven to ten years of age. **Rev Bras Fisioter** v. 12, n. 5, p. 386-91, Sept./Oct. 2008.

PENHA, P. J., BALDINI, M., JOÃO, S. M. A. Spinal Postural Alignment Variance According To Sex And Age In 7- And 8-Year-Old Children. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, Volume 32, Number 2, p. 154-159, February 2009.

PORTAL do projeto *software* para avaliação postural – SAPO. São Paulo; 2005. Apresenta informações sobre o *software* de avaliação postural. Disponível em: <<http://www.sapo.incubadora.fapesp.br>>. Acesso em: agosto 2008.

POUSSA, M. S. et al. Development of spinal posture in a cohort of children from the age of 11 to 22 years. **Eur Spine J**, v. 14(8), p. 738-742, 2005.

RICIERI; D. V., COSTA, J. R., ROSÁRIO FILHO, N. A. Impacto da asma sobre a postura corporal de crianças entre 8 e 14 anos analisada pela biofotogrametria. **ACTA FISIATR**, v. 15(4), p. 214 – 219, 2008.

RIVAL, C.; CEYTE, H.; OLIVIER, I. Developmental changes of static standing balance in children. **Neuroscience Letters**. v. 376, p.133-136, 2005.

RODRIGUEZ, M. D. et al. Aspectos antropométricos do pé humano: procedimentos de mensuração e relação com o crescimento na segunda infância. **Revista Brasileira de Postura e Movimento**. v.2, n.1, p.15-27, 1998.

ROSE, G. K., WELTON, E.A., MARSHALL, T. The diagnosis of foot in the child. **The Journal of Bone and Joint Surgery**. v.67-B, n.1, p.71-78, jan. 1985.

ROSELL, A. A. et al. Prepubescents And Pubescents Overweight Postural Characterization. **Brazilian Journal of Biomotricity**, v. 4, n. 2, p. 104-114, 2010.

ROUSSOULY, et al. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. **Spine**, v.30, n.3, p.346-53, 2005.

ROUSSOULY, P.; NNADI, C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. **Eur Spine J**, jun, 2010.

SAAD, K. R.; COLOMBO, A. S.; JOÃO, S. M. A. Reliability and Validity of the photogrammetry for scoliosis evaluation: a cross-sectional prospective study. **Journal of Manipulative Physiological Therapeutics**, v. 32, n.6, 423-30, July/August 2009.

SAAD et al. Reliability of photogrammetry in the evaluation of the postural aspects of individuals with structural scoliosis. **Journal of Bodywork & Movement Therapies**, v. 16, p. 210-216, 2012.

SALA de Imprensa: POF 2008-2009 - Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil. POF 2008-2009: desnutrição cai e peso das crianças brasileiras ultrapassa padrão internacional. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.)>. Acesso em: 15 maio 2012

SACCO, I. C. N. et al. Confiabilidade da fotogrametria em relação à goniometria para avaliação postural de membros inferiores. **Rev Bras Fisioterapia**, v.11, n.4, p.11-7, 2007.

SANCHEZ, H. M. et al. Avaliação Postural de Indivíduos portadores de Deficiência Visual Através da Biofotogrametria Computadorizada. **Fisioter. Mov.**, v. 21(2), p. 11-20, abr/jun 2008.

SASS, P.; HASSAN, G. Lower extremity abnormalities in children. **American Family Physician**. v. 68, n.3, p.461, August 2003.

SHUMWAY-COOK A., WOOLLACOTT, M. H. The growth of stability: postural control from a developmental perspective. **J Mot Behav**, v. 17, p. 131-47, 1985.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Controle Postural. In:\_\_\_\_. **Controle Motor: teoria e aplicações práticas**. São Paulo: Manole, 2ªed. 2003.

SIBELLA, F. et al. Biomechanical analysis of sit-to-stand movement in normal and obese subjects. **Clinical Biomechanics**. 18(8):745-50, 2003

SMITH, A., O'SULLIVAN, P., STRAKER, L. Classification of Sagittal Thoraco-Lumbo-Pelvic Alignment of the Adolescent Spine in Standing and Its Relationship to Low Back Pain. **Spine**, v. 33 Number 19, p. 2101-2107, 2008.

SOUCHARD, P. E. **Reeducação postural global: método do campo fechado**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Ícone, 1986.

SOUZA, M. L. **Pedagogia postural: Consciência postural, saúde e qualidade de vida**, 2009. Disponível em: <<http://pedagogiapostural.blogspot.com.br/2009/07/atencao-alunos-e-interessados-no-blog.html#!/2009/07/atencao-alunos-e-interessados-no-blog.html>>. Acesso em : 20 de julho de 2012.

SOUZA, P. S., JOÃO, S. M. A., SACCO, I. C. N. Caracterização do arco plantar longitudinal de crianças obesas por meio de índices da impressão plantar. **Rev Bras Crescimento Desenvolv Hum**, v. 17(1), p. 76-83, 2007.

STAHOLI, L.T.; CHEW, D.E.; CORBETT, M. The longitudinal arch. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, Boston, v.69, n.3, p.426-428, mar. 1987.

STRAKER, L., JONES, K. J., MILLER J. A comparison of the posture assumed when using laptop computers and desktop computers. **Appl Ergon**, v. 28, p. 263-8, 1997.

TAVARES, C. A., BRAGA, I. P., SILVA, H. J. Alterações Posturais nos respiradores Oraís. **J Bras Fonoaudiol**, v. 3, n12, p. 233-236, jul./set. 2002.

USUI, N., MAEKAWA, K., HIRASAWA, Y. Development of the upright postural sway in children. **Dev Med Neurol**, v. 37, p. 985-96, 1995.

VAZ, G.; ROUSSOULY, P.; BERTHONNAUD, E.; DIMNET, J. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. **Eur Spine J**, v. 11, p.80-7, 2002.

VRTOVEC, T.; PERNUŠ, F.; LIKAR, B. A review of methods for quantitative evaluation of spinal curvature. **European Spine Journal**. v. 18, p. 593-607, 2009.

WATSON, A. W.; Mac DONNCHA, C. A reliable technique for the assessment of posture: assessment criteria for aspects of posture. **J Sports Med Phys Fitness**, v.40, p.260–70, 2000.

**ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Pelo presente instrumento, que atende às exigências legais, o(a) senhor(a) \_\_\_\_\_, RG: \_\_\_\_\_, CPF: \_\_\_\_\_, responsável pelo aluno (a) \_\_\_\_\_, da classe \_\_\_\_\_ após a leitura da CARTA DE INFORMAÇÃO AO SUJEITO DA PESQUISA (ANEXO I), estando ciente dos procedimentos aos quais será submetido seu dependente, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO de concordância voluntária em participar do estudo proposto.

Fica claro que o representante legal do aluno pode, a qualquer momento, retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar do estudo alvo da pesquisa e fica ciente que todos os dados coletados, exceto o nome, os dados pessoais e a identidade fotográfica, tornam-se informações para o estudo, podendo os outros dados, serem fonte de divulgação científica.

Guaratinguetá, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável

## ANEXO B – CARTA DE INFORMAÇÃO AO SUJEITO DA PESQUISA

A presente pesquisa tem por objetivo estimar e avaliar o desenvolvimento do padrão postural (coluna) e os tipos de pés em escolares. A coleta de dados para o presente estudo será realizada na própria Escola em uma sala reservada especialmente para esse fim. Serão obtidas fotogramas digitais nas posturas: em pé, de frente, de costas e dos perfis direito e esquerdo, para serem posteriormente analisados por um programa computacional de domínio público chamado ImageJ. Para a avaliação dos pés será realizada a impressão plantar dos escolares utilizando apenas tinta guache e papel sulfite A3. **Não será utilizado qualquer método invasivo.**

Será garantido sigilo absoluto sobre o nome do aluno submetido ao estudo, bem como dos seus dados pessoais, sua identidade e as suas imagens fotograficas. O aluno ou seu responsável tem o direito de pedir mais esclarecimentos durante o decorrer da pesquisa. A divulgação do estudo terá finalidade científica, esperando contribuir para um maior conhecimento do tema estudado, assim como, para a prevenção de problemas de postura (coluna) futuros, tão comuns à vida adulta. Aos alunos participantes da pesquisa cabe o direito de desistir do estudo a qualquer momento, sem prejuízo algum.

Os dados coletados serão utilizados na Tese de Doutorado da fisioterapeuta e pesquisadora Profa. Ms. Liliana Aparecida de Paula Azevedo, pertencente à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG) - UNESP, sob orientação do médico pediatra e pesquisador Prof. Dr Luiz Fernando Costa Nascimento.

---

Ms. Liliana A. P. Azevedo  
Pesquisadora Responsável

---

Prof. Dr. Luiz Fernando C. Nascimento  
Orientador da Pesquisa