



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

VANESSA MOTA ANDRADE DE CASTRO

**MOVIMENTO ANGULAR DO QUADRIL, JOELHO E  
TORNOZELO DURANTE A AQUISIÇÃO DA MARCHA  
INDEPENDENTE SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
SUPERFÍCIE**

VANESSA MOTA ANDRADE DE CASTRO

**MOVIMENTO ANGULAR DO QUADRIL, JOELHO E  
TORNOZELO DURANTE A AQUISIÇÃO DA MARCHA  
INDEPENDENTE SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
SUPERFÍCIE**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientadora: Profa Dra Inara Marques

Londrina  
2011

Catalogação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

## **Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

A553m Andrade de Castro, Vanessa Mota.

Movimento angular do quadril, joelho e tornozelo durante a aquisição da marcha independente sob diferentes condições de superfície / Vanessa Mota Andrade de Castro. – Londrina, 2011. 79 f. : il.

Orientador: Inara Marques.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esporte, Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UEM/UEL, 2011.

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento motor – Bebês – Teses. 2. Habilidade motora – Restrições – Educação física – Teses. I. Marques, Inara. II. Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esporte. Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UEM/UEL. III. Universidade Estadual de Maringá. IV. Título.

CDU 612.766

VANESSA MOTA ANDRADE DE CASTRO

**MOVIMENTO ANGULAR DO QUADRIL, JOELHO E TORNOZELO  
DURANTE A AQUISIÇÃO DA MARCHA INDEPENDENTE SOB  
DIFERENTES CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa Dra Inara Marques  
UEL – Londrina – PR

---

Profa Dra Lílian Teresa Bucken Gobbi  
UNESP – Rio Claro – SP

---

Prof. Dr. Pedro Paulo Deprá  
UEM – Maringá – PR

Londrina, 20 de outubro de 2011

**À minha grande família...**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por proporcionar tudo que preciso na minha vida para continuar a seguir meus sonhos.

Agradeço aos meus pais, Geraldo e Cida, por terem me guiado em caminhos certos, e por serem verdadeiros alicerces na minha vida. As caronas em cima da hora do papai, os almoços e jantares tão deliciosos da mamãe, além do carinho e atenção dedicados a mim durante esses vinte e cinco anos.

As minhas irmãs, Giselly e Viviane, por me amarem acima de tudo e me escutarem em cada momento difícil que passei, especialmente a Gi, que me deu todo o apoio para conseguir “subir mais um degrau”.

Ao meu marido Átila, por permitir dividir meus problemas com os seus e tentar me entender quando eu mesmo não entendo.

À minha orientadora Profa Dra Inara Marques por todo o conhecimento compartilhado, pelos conselhos, críticas, incentivo e ajuda durante todos estes anos.

Aos professores Dra. Lílian Teresa Bucken Gobbi e Dr. Pedro Paulo Deprá, primeiramente, por aceitarem prontamente o convite de compor esta banca e, de forma tão gentil, compartilhar comigo seus conhecimentos de um assunto tão complexo.

A companheira de estudos, Ms. Viviani Gusmão Moretto Próspero, por ter aceitado compartilhar comigo seus conhecimentos e estudos sobre a marcha, cada artigo, imagem e sugestão... Valeu Vivi!

À coordenação da creche do Hospital Universitário de Londrina e a todos os pais que permitiram a participação de seus filhos nesta pesquisa.

Aos professores Dr. Ernani Xavier Filho e Ms. Josiane Medina Papst que me auxiliaram nas muitas dúvidas que tive, desde o tempo da graduação.

Aos amigos e colegas do Grupo de Estudos e Pesquisa em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEPEDAM), especialmente aos mestrandos Marcelo e Raquel, e aos mestres Fábio e Rosana pela força, incentivo, colaboração e companheirismo durante os muitos projetos e viagens realizadas.

Aos colegas dos outros grupos de estudo - GEAFIT, GEIPEF, GEPAFE, GEPEMENE, GEPESINE e LAPEF... pela companhia durante as disciplinas e especialmente ao Thiago Viana Camata, que por muitas vezes, foi meu conselheiro, acreditando em mim mais do que eu mesma.

Ao Prof. Dr. Rômulo Araújo Fernandes (UNESP), pela amizade e ajuda em diversos momentos deste processo.

Aos meus amigos e amigas da Academia Alfa Espaço Saúde, pelos momentos de descontração, pelos “lanche das cinco”, mas, especialmente, por compreenderem minhas ausências e me apoarem a seguir meus sonhos...

Finalmente, agradeço a todas as pessoas que fazem parte da minha vida, Pe. Romão, por ser um grande conselheiro e amigo, minha sogra Vera, avós Catarina e Jovelina, todos os tios, primos, agregados da família e as minhas duas princesinhas (afilhadas) Nath e Juju. Com certeza o amor que sinto por vocês e o amor que sinto de vocês por mim é essencial pra mim. Dindinha ama vocês!

Agradeço ao apoio financeiro dado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

**Obrigada!**

*“A adversidade desperta em nós capacidades que, em circunstâncias favoráveis, teriam ficado adormecidas”.*

*Horácio*

CASTRO, Vanessa Mota Andrade de. **Movimento angular do quadril, joelho e tornozelo durante a aquisição da marcha independente sob diferentes condições de superfície**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física – Aquisição e Desempenho de Habilidades Motoras) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

## RESUMO

Avaliar a aquisição da marcha independente de crianças tem se mostrado intensamente importante para a área do desenvolvimento motor, a fim de se entender quais as modificações que ocorrem durante esse período. Por se tratar de uma ação complexa, que envolve muitos sistemas e restrições que interagem entre si, o presente estudo teve por objetivo avaliar e descrever o movimento angular do quadril, joelho e tornozelo durante a aquisição da marcha independente sob diferentes condições de superfície. Para isto foram avaliadas 11 crianças iniciantes na marcha (8 passos independentes) recrutadas de uma creche de Londrina. As crianças foram solicitadas a caminhar de forma independente sobre duas condições de superfícies, sendo uma superfície rígida (SR) e outra superfície deformante (SD). O procedimento experimental foi conduzido por um período de 4 meses, sendo realizadas avaliações a cada 15 dias, totalizando, ao final, 8 sessões de avaliações. Todas as coletas foram filmadas e as imagens posteriormente analisadas por meio do programa *Ariel Performance Analysis System* (APAS versão 1.4). Para a análise dos resultados, inicialmente, foi realizada uma análise descritiva (média e desvio-padrão) para caracterização da amostra, posteriormente, para verificar possíveis diferenças significativas foi utilizado a ANOVA para medidas repetidas (8 coletas x 2 superfícies). Para verificar o tamanho do efeito das diferentes superfícies sobre o movimento angular do quadril, joelho e tornozelo foi utilizado  $\delta$  de Cohen. Os resultados apontaram para a existência de diferenças significativas entre as condições de superfícies e o tempo decorrido entre as coletas nas duas variáveis analisadas. De maneira geral, na superfície deformante, observou-se que as crianças mantiveram o quadril e joelho mais flexionados, e o tornozelo com menor flexão plantar durante todo o período de coletas quando comparado à superfície rígida. Esse resultado permite concluir que a utilização da superfície deformante agiu como um meio mais restritivo, sendo capaz de perturbar o padrão de marcha das crianças iniciantes na marcha.

**Palavras-chave:** Restrições. Marcha independente. Movimento angular. Bebês.

CASTRO, Vanessa Mota Andrade de. **Angular movement of hip, knee and ankle during the acquisition of independent walking under different surface conditions.** 2011. 79 f. Dissertation (Master in Physical Education – Acquisition and Performance of Motor Skills) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

## ABSTRACT

Assessing the acquisition of independent walking in children has proved increasingly important for the field of motor development to understand what changes occur during this period. Because it is a complex action that involves many interacting systems and constraints, this study aimed to evaluate and describe the angular movement of hip, knee and ankle during the acquisition of independent walking under different surface conditions. We evaluated 11 children at the early stages of gait (8 independent steps) recruited from a nursery in Londrina. The children were asked to walk independently on two surface conditions, a rigid (RS) and a deforming surface (DS). The experimental procedure was conducted over a period of four months, with evaluations every 15 days, corresponding to a total of eight sessions. All samples were filmed and the images subsequently analyzed using the Ariel Performance Analysis System software (APAS version 1.4). Initially, for the analysis of the results, we used descriptive analysis (mean and standard deviation) to characterize the sample, and then, to verify possible significant differences, we used ANOVA for repeated measures (8 samples x 2 surfaces). To check the size of the effect of different surfaces on the angular motion of the hip, knee and ankle was used Cohen's  $d$ . The results pointed to the existence of significant differences between the surface conditions and the time elapsed between the collections in the two variables. In general, in the deforming surface, it was observed that the children remained more flexed hip and knee, and ankle plantar with lower flexion throughout the period of collection when compared to hard surface. This result indicates that the use of deforming the surface acted as a more restrictive environment, being able to disturb the gait pattern of children beginning the walk.

**Keywords:** Constraints. Gait acquisition. Angular movement. Babies.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 –</b>	Ilustração de passo e passada .....	21
<b>Figura 2 –</b>	Ciclo de marcha normal ilustrando os eventos do andar .....	22
<b>Figura 3 –</b>	Definição dos parâmetros da marcha (visão superior).....	23
<b>Figura 4 –</b>	Representação esquemática das três categorias de restrições.....	34
<b>Figura 5 –</b>	Ilustração da plataforma .....	38
<b>Figura 6 –</b>	Figura esquemática dos pontos fixados para digitalização e análise .....	39
<b>Figura 7 –</b>	Representação do ângulo relativo do quadril, joelho e tornozelo, considerando os pontos anatômicos demarcados .....	40
<b>Figura 8 –</b>	Resultado dos valores médios e DP das oito coletas entre todos os sujeitos formando a curva angular do quadril nas duas condições de superfície.....	44
<b>Figura 9 –</b>	Movimento angular de quadril (sagital) na superfície rígida durante as 8 coletas.....	46
<b>Figura 10 –</b>	Movimento angular de quadril (sagital) na superfície deformante durante as 8 coletas.....	47
<b>Figura 11 –</b>	Resultado dos valores médios e DP das oito coletas entre todos os sujeitos formando a curva angular do joelho nas duas condições de superfície.....	49
<b>Figura 12 –</b>	Movimento angular do joelho (sagital) na superfície rígida durante as 8 coletas.....	51
<b>Figura 13 –</b>	Movimento angular do joelho (sagital) na superfície deformante durante as 8 coletas.....	52
<b>Figura 14 –</b>	Resultado dos valores médios e DP das oito coletas entre todos os sujeitos formando a curva angular do tornozelo nas duas condições de superfície.....	55
<b>Figura 15 –</b>	Movimento angular do tornozelo (sagital) na superfície rígida durante as 8 coletas.....	56
<b>Figura 16 –</b>	Movimento angular do tornozelo (sagital) na superfície deformante durante as 8 coletas.....	57

## **LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro1</b> – Amplitude de movimento e percentual do ciclo de marcha normal.....	24
<b>Quadro2</b> – Apresentação das Variáveis Dependentes e Independentes .....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 –</b>	Caracterização do gênero e idade cronológica das crianças participantes do estudo.....	36
<b>Tabela 2 –</b>	Média e desvio-padrão do ângulo do quadril nas superfícies rígida (r) e deformante (d) durante as 8 coletas, com os valores e classificação do tamanho de efeito ( $d'$ ) .....	48
<b>Tabela 3 –</b>	Média e desvio-padrão do ângulo do joelho nas superfícies rígida (r) e deformante (d) durante as 8 coletas, com os valores e classificação do tamanho de efeito ( $d'$ ) .....	54
<b>Tabela 4 –</b>	Média e desvio-padrão do ângulo do tornozelo nas superfícies rígida (r) e deformante (d) durante as 8 coletas, com os valores e classificação do tamanho de efeito ( $d'$ ) .....	59

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

MI	Marcha Independente
SR	Superfície Rígida
SD	Superfície Deformante
VD	Variáveis Dependentes
VI	Variáveis Independentes
APAS	Ariel Performance Analysis System

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	15
1.1 QUESTÕES DE ESTUDO .....	18
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	19
2.1 GERAL .....	19
2.1.1 Específicos .....	19
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	20
3.1 A MARCHA HUMANA.....	20
3.2 CINEMÁTICA DA MARCHA HUMANA .....	22
3.2.1Curvas Angulares (Plano Sagital) .....	24
3.2.1.1 Flexão/extensão do quadril .....	24
3.2.1.2 Flexão/extensão do joelho .....	25
3.2.1.3 Flexão plantar/dorsiflexão do tornozelo .....	26
3.3 AQUISIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA MARCHA INFANTIL .....	28
3.4 RESTRIÇÕES .....	33
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	36
4.1 PARTICIPANTES .....	36
4.2 TAREFA .....	37
4.3 INSTRUMENTOS .....	37
4.4 MODELO BIOMECÂNICO.....	38
4.5 DELINEAMENTO .....	40
4.6 ANÁLISE DOS DADOS.....	41
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	42
<b>5 RESULTADOS .....</b>	43
5.1 ANÁLISE DO MOVIMENTO ANGULAR DE QUADRIL .....	43
5.1.1 Superfície Rígida – entre Coletas .....	45
5.1.2 Superfície Deformante – entre Coletas.....	46
5.1.3 Superfície Rígida x Superfície Deformante.....	48
5.2 ANÁLISE DO MOVIMENTO ANGULAR DE JOELHO .....	49

5.2.1 Superfície Rígida – entre Coletas .....	50
5.2.2 Superfície Deformante – entre Coletas.....	52
5.2.3 Superfície Rígida x Superfície Deformante.....	53
5.3 ANÁLISE DO MOVIMENTO ANGULAR DE TORNOZELO .....	54
5.3.1 Superfície Rígida – entre Coletas .....	55
5.3.2 Superfície Deformante – entre Coletas.....	57
5.3.3 Superfície Rígida x Superfície Deformante.....	58
<b>6 DISCUSSÃO.....</b>	<b>60</b>
6.1 MOVIMENTO ANGULAR DO QUADRIL, JOELHO E TORNOZELO AO LONGO DO PERÍODO DE COLETAS .....	60
6.2 MOVIMENTO ANGULAR DO QUADRIL, JOELHO E TORNOZELO NAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE RÍGIDA E SUPERFÍCIE DEFORMANTE .....	64
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>74</b>
APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido .....	75
APÊNDICE B – Ficha de coleta de dados do participante .....	77
<b>ANEXO .....</b>	<b>78</b>
ANEXO A – Parecer do Conselho de Ética de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina .....	79

## 1 INTRODUÇÃO

A marcha bípede é caracterizada como um traço unicamente humano, que apresenta modificações ao longo da vida. Esta peculiaridade inclui observar início, paradas, mudanças na velocidade, alterações na direção e adaptações para as mudanças de superfícies (GOBBI; PATLA, 1997; INMAN; RALSTON; TODD, 1998; GOBBI; SECCO; MARINS, 1999; LIMA et al., 2001).

Para haver um bom desenvolvimento da marcha independente, o indivíduo depende do desenvolvimento de muitos componentes como, coordenação dos segmentos dentro de um contexto dinâmico, força muscular, maturidade da integração sensorial e reflexos posturais (THELEN; ULRICH; JENSEN, 1990), crescimento das dimensões corporais, maturação neural, maturação muscular, controle postural, equilíbrio e influência da prática nos movimentos (BRIL; BRENIÈRE, 1992; LEDEBT, 2000; ADOLPH; VEREJKEN; SHROUT, 2003). Desse modo, a aquisição da marcha independente se destaca por ser uma ação extremamente complexa, que envolve a interação de muitos sistemas em desenvolvimento (SUTHERLAND; KAUFMAN; MOITOZA, 1998).

Estudos que analisaram o padrão de marcha em crianças com desenvolvimento típico mostraram que, no início da marcha independente, a criança caminha com as pernas afastadas e os pés voltados para fora a fim de manter a postura e facilitar o deslocamento. À medida que seu equilíbrio melhora, a largura da base é diminuída e, consequentemente, o comprimento do passo é aumentado (PAYNE; ISAACS, 2007; BURNETT; JOHNSON, 1971; BRIL; BRENIÈRE, 1992).

Outra importante característica relacionada à manutenção do equilíbrio é a posição dos braços, descritas como guarda alta, média e baixa. (ELFTMAN, 1939; MURRAY, 1967; McGRAW, 1989). Estas posições dos braços estão intimamente relacionadas com a melhora do equilíbrio, a diminuição da largura e comprimento do passo (LEDEBT, 2000; PRÓSPERO, 2008).

O estudo de Próspero (2008) foi utilizado como base do presente estudo, onde foi utilizado a mesma amostra e procedimento metodológico, porém com a análise da posição dos braços em relação ao comprimento de passada nas condições de superfície rígida e deformante, durante 8 coletas que foram realizadas quinzenalmente durante quatro meses, no qual observou que as crianças sofreram influência da restrição da superfície deformante, apresentando menor comprimento

de passada e permanecendo com os braços elevados em um maior período de tempo.

Outros métodos de estudos que buscam avaliar o padrão de marcha de crianças através das curvas angulares mostram que, apenas a partir dos 3 anos de idade, as crianças apresentam padrão maduro ou padrão adulto de marcha (SUTHERLAND et al, 1980; SUTHERLAND et al, 1988), o que, ainda, não é consenso, visto que estes dados podem variar para cinco (OUNPUU; DAVIS; DELUCA, 1991), sete (CHESTER; TINGLEY; BIDEN, 2006; CUPP et al, 1999; GANLEY; POWERS, 2005) e dez anos de idade (OEFFINGER; AUGSBURGER; CUPP, 1997).

O aumento de interesse na análise de diferentes aspectos da marcha é hoje, um reflexo da Teoria dos Sistemas Dinâmicos, proposta por Kugler, Kelso e Turvey (1980; apud NEWELL, 1986), na qual considera o indivíduo como um sistema composto de muitos subsistemas, desenvolvidos em ritmos diferentes e que podem apresentar diferentes graus de influência no decorrer do processo de desenvolvimento. Isso quer dizer que, em idades diferentes, as variáveis que compõem o padrão da marcha independente, podem apresentar um grau de interferência, levando a inibir ou emergir um comportamento novo.

Segundo Newell (1986), o desenvolvimento motor de um indivíduo ocorre devido à interação de vários subsistemas, referenciados como restrições (“constraints”) sendo elas, *restrições do organismo* (estruturais e funcionais, como a dimensão corporal, maturação, força e motivação), *do ambiente* (físicas e socioculturais, como a gravidade, altitude, temperatura, leis de países que proíbem a prática de atividades físicas) e *da tarefa* (obstáculo, degrau, colchonete, bola) que podem ser limitantes ou encorajadoras ao movimento do indivíduo.

Estudos realizados dentro dessa perspectiva, especialmente com relação ao padrão de marcha de crianças que estão no período de aquisição da marcha independente, observaram que as crianças alteram seu padrão atual em relação às diferentes variáveis, quando submetidas a diferentes restrições da tarefa como caminhar sobre uma superfície inclinada, sobre um colchão, sobre superfícies em diferentes alturas, dentre outras (ADOLPH, 1995; LIMA et al., 2001; GOBBI et al. 2003; PAULA; MAUERBERG-deCASTRO; COZZANI, 2006; PRÓSPERO, 2008; ANDRADE de CASTRO et al., 2011).

Nesse sentido, esse estudo teve como propósito avaliar e descrever o movimento angular do quadril, joelho e tornozelo durante a aquisição da marcha independente sob diferentes condições de superfícies. Para isso, a restrição da tarefa imposta durante a marcha independente dos bebês, foi observada, alterando-se as características da superfície, realizando-se duas situações experimentais: a marcha em superfície rígida (SR) e a marcha em superfície deformante (SD).

Vale ressaltar que o interesse nesse modelo de avaliação da marcha surgiu a partir de estudos prévios realizados com crianças com Síndrome de Down e Desenvolvimento Típico, nos quais foi utilizada a inserção de diferentes superfícies para a restrição da tarefa, entre elas consideramos, superfície inclinada em comparação à superfície plana, e de superfície rígida comparada à superfície deformante (CASTRO et al., 2011; ANDRADE, 2008).

Os resultados do primeiro estudo apontaram que o comprimento de passada da criança com Síndrome de Down obteve valores menores do que a criança com Desenvolvimento Típico nas superfícies plana e inclinada. Além disso, foi possível observar que, o padrão da curva do movimento angular do tornozelo da criança com Síndrome de Down apresentou pouca variação do valor angular médio entre as duas superfícies, com valores, também, menores em relação à criança com Desenvolvimento Típico (maior dorsiflexão), o que é contrário ao apresentado na literatura (CASTRO et al., 2011).

No segundo estudo (ANDRADE, 2008) foram consideradas nas análises apenas o comprimento de passada e a velocidade de marcha de duas crianças com Síndrome de Down, com diferenças de 3 meses na experiência de marcha. Foram realizadas 4 coletas a cada 15 dias, onde as crianças deveriam caminhar de forma independente nas condições de superfície rígida e deformante. Os resultados obtidos mostraram que as duas crianças foram sensíveis a restrição da tarefa, apresentando menor desempenho nas duas variáveis analisadas, corroborando assim com os estudos presentes na literatura, e que a criança com maior tempo de experiência de marcha apresentou resultados inferiores a outra criança, podendo ser explicado pela ampla variação do desenvolvimento apresentado pelas crianças com Síndrome de Down.

Vale ressaltar aqui, a importância deste estudo, visto que ele foi realizado longitudinalmente, o que permite verificar as mudanças ocorridas durante o desenvolvimento das crianças avaliadas, e que com a variação das superfícies as

adaptações causadas no organismo das crianças são observadas melhor na variação do movimento angulas das articulações, do que, em parâmetros espaciais e temporais da marcha. Essa metodologia não foi encontrada em nenhum estudo anterior, representando assim, uma carência de estudos longitudinais que consideram a curva do movimento angular dos membros inferiores de crianças com Desenvolvimento Típico iniciantes da marcha.

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi analisar e descrever o movimento angular do quadril, joelho e tornozelo durante a aquisição da marcha independente sob diferentes condições de superfícies.

### 1.1 QUESTÕES DE ESTUDO

1) Haverá diferença no movimento angular de quadril, joelho e tornozelo entre as superfícies rígida e deformante e ao longo do tempo decorrido entre as coletas?

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

- Analisar o movimento angular do quadril, joelho e tornozelo durante a aquisição da marcha independente sob diferentes condições de superfícies ao longo do tempo.

#### 2.1.1 Específicos

- Descrever o movimento angular do quadril, joelho e tornozelo entre as duas condições de tarefa ao longo do tempo;
- Comparar o movimento angular do quadril, joelho e tornozelo entre as duas condições de tarefa ao longo do tempo;

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

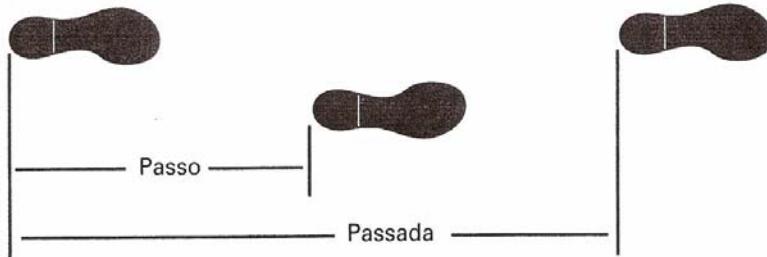
Os tópicos a seguir buscam aprofundar o tema sobre a marcha apresentando conceitos, classificação, avaliação, características do padrão maduro da marcha e, especificamente, sobre o movimento dos ângulos de quadril, joelho e tornozelo durante um ciclo de passada. A partir destas considerações, procura-se relatar os resultados dispostos na literatura sobre a aquisição da marcha independente e as possíveis restrições que possam interferir neste processo.

#### 3.1 A MARCHA HUMANA

O termo marcha denota um padrão cíclico de movimentos corporais, definido como um intervalo de tempo durante o qual se completa uma sequência de eventos que ocorre em sucessão recorrente e regular. Conforme o corpo se move para frente, um membro serve como fonte móvel de apoio enquanto o outro avança para uma nova posição de apoio invertendo seus papéis consecutivamente. Para a transferência do peso do corpo de um membro para o outro, ambos os pés estão em contato com o solo (PERRY, 2005; ROSE; GAMBLE, 2007).

Para facilitar a nomenclatura destes eventos alguns autores propuseram a utilização de terminologias como: *Passo* que se refere ao intervalo entre o toque dos dois membros no solo, e *passada* que é representado pelo primeiro contato do pé no solo, fase de balanço e, novamente, o toque do mesmo pé no solo, podendo ser caracterizado também como *ciclo de marcha*. Portanto, o movimento da marcha é definido como uma sequência de eventos que constituem de passo e passada, nos quais existem dois passos em cada passada (Fig. 1) (HAMIL; KNUTZEN, 1999; PERRY, 2005).

**Figura 1 – Ilustração de passo e passada**

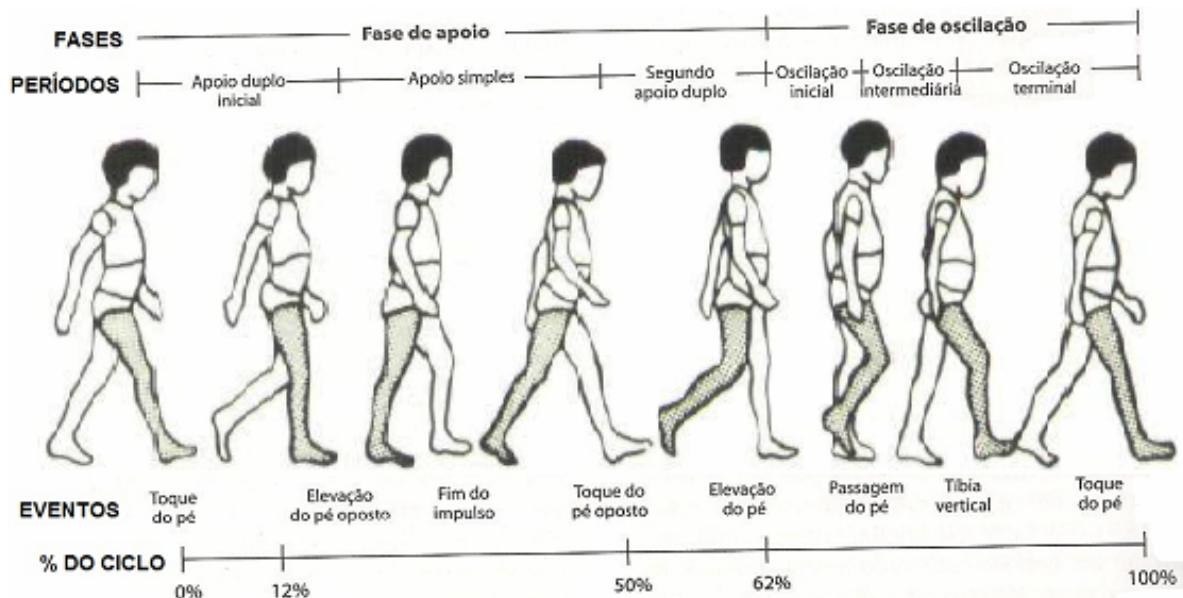


**Fonte:** PERRY, J. (2005, p.4)

Recentemente, a forma mais utilizada e aceita para avaliar a marcha é descrever o ciclo em termos de porcentagens, ao invés de tempo decorrido, devido à observação que os eventos ocorrem em uma sequência muito uniforme e independente do tempo (ROSE; GAMBLE, 2007).

De forma geral, o toque inicial do pé no solo é considerado como 0% do ciclo da passada, e o segundo toque do mesmo pé, 100%. Entre estes períodos ocorrem as duas fases do ciclo básico de marcha, sendo a primeira, a *fase de apoio*, que é definida como a porcentagem do ciclo em que o pé está em contato com o solo, constituindo-se do período entre o toque do pé (0%) e a elevação do mesmo pé (62%), e a segunda fase, caracterizada como *fase de oscilação (ou balanço)*, definida pelo tempo em que o pé é elevado da condição de contato e permanece no ar, iniciando com a elevação do pé (62%) e finalizando com o toque do mesmo pé (100%) (Fig.2) (PERRY, 2005; ROSE; GAMBLE, 2007).

**Figura 2 – Ciclo de marcha normal ilustrando os eventos do andar**



**Fonte:** Adaptado de ROSE, J; GAMBLE, J.G. (2007, p.43)

Para ambas as fases, há subdivisões que descrevem as transições que devem ocorrer quando o centro de massa do corpo passa sobre os membros oscilantes. A fase de apoio é constituída por: 1) *contato inicial* – toque do pé no solo, 2) *apoio médio* – o membro avança sobre o pé estacionário enquanto o pé oposto avança na sua fase de balanço médio e 3) *apoio terminal* – o calcanhar eleva-se e o membro avança sobre o rolamento do antepé, o outro membro está no balanço terminal. A fase de oscilação é subdividida em: 1) *pré-balânco* – o contato com o solo pelo outro membro dá início ao duplo apoio terminal, há um aumento da flexão plantar de tornozelo, 2) *balanço inicial* – o pé é elevado e começa a avançar, 3) *balanço médio* – avanço do membro através do outro membro que está no final do apoio médio, e 4) *balanço terminal* – o avanço do membro é completado até o toque do pé no solo (Fig.2) (PERRY, 2005).

### 3.2 CINEMÁTICA DA MARCHA HUMANA

A cinemática é a subdivisão da mecânica que lida com a descrição dos movimentos dos corpos, sem se preocupar com a força que os causam. Através dela é possível descrever o movimento em termos de deslocamento, velocidade e

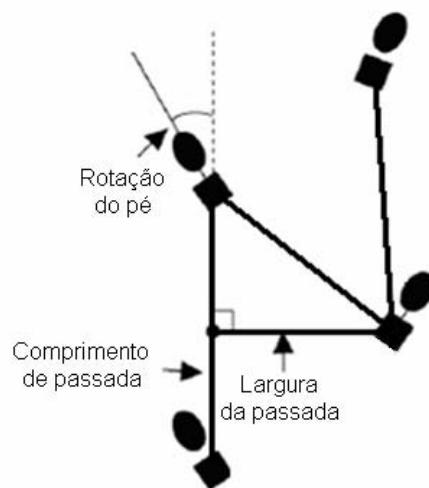
aceleração no espaço. Esta forma de análise permite avaliar os dados de forma qualitativa e quantitativa (HAMIL; KNUTZEN, 1999; ROSE; GAMBLE, 2007).

Para a avaliação da marcha, é importante considerar alguns *parâmetros* como:

- *comprimento do passo*, que é definido como a distância entre os mesmos pontos de referência em cada pé durante o duplo apoio;
- *comprimento da passada*, definido pela distância percorrida durante o tempo de dois toques sucessivos do mesmo pé;
- *largura da passada*, distância apresentada lateralmente entre os pés durante o passo;
- *rotação do pé*, calculada através do ângulo formado entre a linha que liga o dedo ao calcanhar do mesmo pé, à linha que liga o calcanhar deste, ao ponto de toque do calcanhar do pé do passo anterior do mesmo lado;
- *velocidade de marcha*, que é a velocidade média atingida depois de aproximadamente três passos, expressa por distância/tempo, e;
- *cadência*, que é definida como o número de passos em um intervalo de tempo (SUTHERLAND; KAUFMAN; MOITOZA, 1998; PERRY, 2005; ROSE; GAMBLE, 2007; ÂNGULO-BARROSO; WU; ULRICH, 2008).

Para uma melhor visualização, a figura 3 apresenta os parâmetros de comprimento do passo, comprimento de passada e rotação do pé.

**Figura 3 – Definição dos parâmetros da marcha (visão superior)**



**Fonte:** Adaptado de ÂNGULO-BARROSO, R. M; WU, J.; ULRICH, D. A (2008)

No presente trabalho, foram analisados, apenas, os parâmetros cinemáticos do movimento angular das articulações do quadril, joelho e tornozelo, no plano sagital (vista lateral).

Para isto, trataremos, nos tópicos a seguir, as características específicas do movimento angular das articulações do quadril, joelho e tornozelo.

### 3.2.1 Curvas Angulares (Plano Sagital)

As variáveis avaliadas no plano sagital na ação da marcha são estudadas com mais frequência, são mais bem compreendidas e com reprodução mais precisa. Neste plano, as articulações tem maior progressão, ou seja, maior amplitude de movimento das principais articulações dos membros inferiores – quadril, joelho e tornozelo (SUTHERLAND; KAUFMAN; MOITOZA, 1998; ROSE; GAMBLE, 2007).

Valores médios são apresentados pela literatura como referência à análise do padrão de marcha normal de adultos saudáveis. Para melhor compreensão das curvas angulares que serão apresentadas, o quadro 1 mostra o padrão de angulação nos referentes percentuais (%) do ciclo de passada (PERRY, 2005).

**Quadro 1** – Amplitude de movimento e percentual do ciclo de marcha normal

Quadril	Joelho	Tornozelo
0% → 30° flexão	15% → 18° flexão	12% → 7° flexão plantar
50% → 10° extensão	40% → 5° extensão	48% → 10° dorsiflexão
85% → 35° flexão	70% → 65° flexão	62% → 20° flexão plantar
-	97% → 2° extensão	100% → dorsiflexão para neutro

**Fonte:** Adaptado de Perry (2005)

#### 3.2.1.1 Flexão/extensão do quadril

Os movimentos sagitais da pelve são controlados pela gravidade, pela inércia e pela ação dos músculos flexores e extensores do quadril. A pelve é inclinada para frente (flexionada) e move-se sinuosamente, com duas elevações e duas depressões (ROSE; GAMBLE, 2007).

A análise instrumental do movimento, geralmente, mede o ângulo total entre a pelve e o fêmur (PERRY, 2005), ou seja, considera-se o ângulo relativo anterior da articulação. Esta avaliação é realizada considerando o ângulo formado pelos eixos longitudinais de dois segmentos adjacentes cujo vértice se encontra na articulação (McGINNIS, 2002).

Durante o ciclo de passada uma perna desloca-se para frente, adiantando o corpo, enquanto a outra permanece atrás, apoiando o corpo. O quadril está flexionado no toque inicial e estende-se até o toque do pé oposto. Logo que o pé oposto toca o solo, o peso é transferido para o membro que está na frente, e a perna que está atrás começa a flexionar-se no joelho e no quadril, enquanto gira sobre o antepé.

Ao final da fase de balanço, durante a preparação para o segundo apoio duplo, o quadril volta a flexionar. Os músculos extensores do quadril desaceleram a coxa e diminuem a flexão do quadril, preparando a transferência de peso (ROSE; GAMBLE, 2007). De forma geral, o movimento do quadril durante o ciclo de marcha organiza-se da seguinte forma:

*Contato inicial:* flexão do quadril;

*Apoio médio:* extensão progressiva do quadril;

*Apoio terminal:* hiperextensão do quadril;

*Pré-balânço:* flexão do quadril até neutro;

*Balanço inicial:* flexão do quadril;

*Balanço médio:* continuidade da flexão do quadril;

*Balanço terminal:* fim da flexão do quadril.

### 3.2.1.2 Flexão/extensão do joelho

O joelho é uma articulação complexa, caracterizada por uma grande amplitude de movimento no plano sagital (flexão e extensão). A estabilidade e mobilidade do joelho são os principais fatores no padrão normal da marcha. Durante o apoio, o joelho é o determinante básico de estabilidade do membro, e no balanço, a flexibilidade é o fator primário na liberdade do membro para avançar (PERRY, 2005).

Durante cada passada, o joelho passa por quatro picos de movimento, com flexão e extensão ocorrendo de forma alternada. O primeiro pico de flexão age como um amortecedor de impacto, para ajudar a recepção do peso. Essa curva chega ao máximo no apoio inicial e elevação do pé oposto. O segundo pico de flexão é necessário para a passagem do pé na fase de oscilação inicial. A flexão do joelho na realidade precede o início da flexão do quadril no toque do pé oposto. O joelho se flexiona com rapidez, começando logo após a elevação do calcanhar até um máximo na fase de oscilação, logo que o pé oscilante passa pelo membro oscilante sem arrasto do pé. A articulação do joelho estende-se então com rapidez, atingindo extensão quase completa antes do toque do pé no solo (ROSE; GAMBLE, 2007).

De forma geral, o movimento do joelho durante o ciclo de marcha organiza-se da seguinte forma:

*Contato inicial:* postura em extensão do joelho;

*Apoio médio:* extensão do joelho;

*Apoio terminal:* completar a extensão do joelho;

*Pré-balânço:* flexão passiva do joelho;

*Balanço inicial:* flexão do joelho;

*Balanço médio:* extensão passiva do joelho;

*Balanço terminal:* extensão do joelho.

### 3.2.1.3 Flexão plantar/dorsiflexão do tornozelo

A articulação do tornozelo foi definida por Inman, em 1976, (*apud* PERRY, 2005) como sendo a interação entre as articulações subtalar e tibiotalar e, a partir de então, o presente termo tem sido extensamente utilizado na literatura.

Com relação à movimentação do tornozelo, os termos mais utilizados na literatura denominam de *dorsiflexão*, quando é realizado o movimento do pé para cima e *flexão plantar*, quando o movimento do pé for para baixo, contudo, considerando a curva de movimento do tornozelo, ela é a mais complexa, podendo ser dividida em quatro fases separadas (PERRY, 2005; ROSE; GAMBLE, 2007).

Duas vezes durante cada ciclo, o tornozelo de forma alternada realiza flexão plantar e então dorsiflexão. Os primeiros três picos de movimento

ocorrem durante o apoio do pé no solo, e na fase de balanço o tornozelo somente dorsiflexiona (PERRY, 2005).

Para considerarmos de forma mais detalhada, o primeiro pico ocorre entre o toque do pé e a elevação do pé oposto. O tornozelo fica em uma posição aproximadamente neutra quando ocorre o toque do pé (em geral com o calcaneo), e a posição da força de reação do solo posterior ao centro do tornozelo provoca flexão plantar até que o pé fique plano, antes da elevação do pé oposto (ROSE; GAMBLE, 2007).

O segundo pico ocorre durante o apoio simples, ou seja, entre a elevação e o toque do pé oposto. Esta fase reflete a passagem do corpo por cima do pé fixo plano (segundo balanço). Próximo ao fim do apoio simples, cerca de 40% do ciclo, o calcaneo começa a elevar-se perdendo alguma flexão dorsal, mas não volta à posição neutra (ROSE; GAMBLE, 2007).

O terceiro pico continua com o toque do pé oposto e termina com a elevação do pé. A transferência de peso para o membro oposto ocorre com muita rapidez, e o movimento de flexão plantar que ocorre após o toque do pé oposto é passivo (ROSE; GAMBLE, 2007).

O quarto pico é de dorsiflexão rápida do tornozelo. O tempo desse movimento da fase de oscilação coincide com o esforço máximo de passagem do pé e também com o segundo pico de flexão do joelho. Assim, esse movimento tem função relacionada com a passagem do pé (ROSE; GAMBLE, 2007).

De forma geral, o movimento do tornozelo em um ciclo de passada organiza-se da seguinte forma:

*Contato inicial:* tornozelo em 90º para iniciar o rolamento do calcaneo;

*Apoio médio:* primeiro pico de dorsiflexão do tornozelo;

*Apoio terminal:* elevação do calcaneo com a continuação da dorsiflexão do tornozelo;

*Pré-balanço:* segundo pico de flexão plantar de tornozelo;

*Balanço inicial:* início do segundo pico de dorsiflexão;

*Balanço médio:* continuação da dorsiflexão do tornozelo;

*Balanço terminal:* sustentação do tornozelo em neutro.

### 3.3 AQUISIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA MARCHA INFANTIL

Medidas de parâmetros temporais e espaciais, movimentos articulares, ativação muscular, consumo de energia e forças de reação do solo durante a marcha mostram ser indicadores sensíveis das alterações do padrão de marcha que ocorrem com a idade e com a experiência. A compreensão da cronologia das mudanças desses parâmetros e de como eles se relacionam com outros eventos neurológicos e comportamentais proporciona uma visão dos mecanismos subjacentes do desenvolvimento das crianças (ROSE; GAMBLE, 2007).

Aprender a andar é um problema motor extremamente complexo durante a infância, pois requer equilíbrio dinâmico e manutenção da postura ereta em uma base de constante modificação. A desigualdade das dimensões corporais, assim como o peso do corpo da criança são fatores importantes para o processo de aquisição da marcha (ADOLPH; AVOLIO, 2000; ADOLPH, 2002; THELEN; FISHER; RIDLEY-JOHNSON, 1984; THELEN; ULRICH; JESEN, 1990; THELEN; ULRICH, 1991).

Alguns estudos que buscaram verificar a influência do peso corporal sobre a aquisição da marcha encontraram que, com o rápido aumento do peso das pernas, as crianças não conseguem realizar movimentos de passada, até então considerados como movimentos reflexos de marcha. Com o propósito de confirmar esta hipótese, as mesmas pesquisadoras fizeram outro estudo, introduzindo as crianças na água e observaram que as crianças voltaram a apresentar movimentos de passos, o que puderam concluir que diminuindo o peso sobre os membros inferiores das crianças, os movimentos de passada são apresentados (THELEN; FISHER; RIDLEY-JOHNSON, 1984; THELEN, 1995).

Segundo Adolph e colaboradores (2003), o crescimento corporal pode afetar a força e o equilíbrio das crianças por alterar e restringir os movimentos das crianças. A taxa de gordura pode afetar a posição ereta das crianças devido à falta de força para sustentar e elevar os membros inferiores mais pesados (THELEN; FISHER; RIDLEY-JOHNSON, 1984). As crianças que apresentam maior gordura corporal e tem forma mais cilíndrica iniciam o caminhar mais tarde dos que as crianças mais finas, devido à exigência de força necessária para realizar o movimento (ADOLPH, 1997; ADOLPH; VEREJKEN; SHROUT, 2003).

Durante os primeiros meses de marcha independente (3 a 6 meses), características como, velocidade, comprimento da passada e movimentos articulares mudam com rapidez (THELEN, 1986; THELEN; ULRICH, 1991; BRIL; BRENIÈRE, 1992; BRIL; LEDEBT, 1998). Durante os meses seguintes e até os 7 a 8 anos de idade, a velocidade das mudanças diminui e a relação entre as características da marcha tornam-se mais previsíveis (BRIL; BRENIÈRE, 1992; 1993; BRIL; LEDEBT, 1998).

A grande variação do padrão da marcha durante sua aquisição pode ser atribuída a inúmeros fatores, incluindo falta de controle motor e de coordenação entre os membros, velocidade da marcha inconsistente, exploração ativa de diferentes padrões de movimentos e dificuldade de obtenção de medidas da marcha em crianças pequenas (BRIL; BRENIÈRE, 1993; CLARK; WHITALL; PHILLIPS, 1998; DIOP; RAHMANI; CALMELS et al., 2004).

Alguns estudos que avaliaram a idade do aparecimento do padrão maduro da marcha em crianças, apresentaram diferentes resultados, variando dos 5 aos 10 anos de idade (OUNPUU; DAVIS; DELUCA, 1991; OEFFINGER; AUGSBURGER; CUPP, 1997; CUPP et al., 1999; GANLEY; POWERS, 2005; CHESTER; TINGLEY; BIDEN, 2006), o que pode estar relacionado aos diferentes métodos de avaliação e análises estatísticas realizados.

Algumas das características consideradas como características do padrão maduro da marcha são: duração do apoio simples, velocidade da marcha, cadência, comprimento do passo, e; relação entre largura do quadril e o afastamento dos calcanhares (ROSE; GAMBLE, 2007).

Com relação aos parâmetros da marcha apresentados na literatura, observamos que, com relação ao comprimento da passada, os dados parecem estar diretamente relacionados com a largura da passada, e comprimento da perna.

Bril e Brenière (1992) ressaltam em seu estudo uma relação inversa entre a largura da base e o comprimento dos passos, ou seja, à medida que há um aumento no comprimento do passo, consequentemente ocorre uma diminuição da largura. Esta base ampla durante a aquisição da marcha tem sido considerada um bom indicador de controle postural melhorando o equilíbrio (BRIL; BRENIÈRE, 1992) além de ser uma boa estratégia para se evitar quedas (BURNETT; JOHNSON, 1971).

Payne e Isaacs (2007) ao analisar crianças com desenvolvimento típico, iniciantes na marcha, encontraram que estas afastam os pés ampliando a base de apoio, a fim de manter a postura e facilitar o deslocamento. À medida que há uma melhora do equilíbrio, a criança diminui a base até apresentar o deslocamento do pé dentro das dimensões do tronco, considerada como padrão maduro de marcha (BURNETT; JOHNSON, 1971).

Wu, Looper, Ulrich, Ulrich e Ângulo-Barroso (2007) investigaram o efeito de diferentes intervenções sobre esteira ao aparecimento dos padrões da marcha em crianças com Síndrome de Down, e encontraram que nos grupos que tiveram algum tipo de intervenção sobre a esteira houve um aumento do comprimento de passada além do início da marcha significativamente mais cedo do que as do grupo controle.

Sutherland, Olshen, Biden e Wyatt (1988), avaliando as características da marcha em crianças de 1 a 7 anos, encontraram uma relação linear entre o comprimento da perna com o comprimento da passada, assim como entre a idade e a velocidade da marcha.

Hallemans, De Clercq e Aerts (2006) através de um estudo longitudinal, acompanharam 10 crianças com desenvolvimento típico, a fim de identificar as mudanças no controle mecânico da marcha durante os primeiros meses após o início da caminhada independente. Ao iniciar a marcha, todas as crianças mostraram o alargamento da base, que pode estar relacionada à posição de flexão do quadril e joelho durante a manutenção postural. Com o aumento da experiência de marcha houve um aumento na velocidade, cadência e comprimento do passo. Medidas de largura do passo, tempo de duplo apoio, flexão máxima de quadril e abdução do quadril diminuíram significativamente com o decorrer do tempo.

Chester e Wrigley (2008) avaliaram diversos parâmetros da marcha em crianças de 3 a 13 anos de idade, e com relação às variáveis temporais encontraram diferenças na velocidade da marcha, sendo significativamente mais baixa em crianças com 3 a 4 anos de idade, comparados as mais velhas, além de diferenças na cadência, sendo significativamente menor nos grupos com maior idade.

Outra característica analisada no padrão de marcha das crianças considera a posição dos braços durante o deslocamento (MURRAY, 1967; LEDEBT,

2000; BURNETT; JOHNSON, 1971). Esta posição é caracterizada como guarda alta, quando a criança permanece com os braços elevados e cotovelos flexionados a frente do corpo, podendo ser caracterizada como uma estratégia adaptativa que auxilia no equilíbrio (BURNETT; JOHNSON, 1971; PAYNE; ISAACS, 2007; BRIL; BRENIÈRE, 1992; BRIL; LEDEBT, 1998).

Burnett e Johnson (1971) e Ledebt (2000) observaram relações entre a postura dos braços e a largura da base de apoio durante a marcha de crianças, e observaram que, a maioria das crianças apresentaram guarda alta no início da locomoção, passando para guarda média durante a décima semana de experiência da marcha e que esse abaixamento da guarda está fortemente relacionado com a diminuição da largura da base, demonstrando que o desenvolvimento dos braços como controle postural durante o caminhar se torna mais estável durante o tempo de experiência.

Próspero (2008) avaliou a posição do braço e o comprimento de passada de crianças iniciantes na marcha nas condições de superfícies rígida e deformante, em um período de 4 meses, e foi observado que as crianças abaixaram os braços e aumentaram o comprimento de passada durante o período experimental nas duas superfícies, sendo de forma mais lenta para a superfície deformante, o que demonstra uma adaptação dos bebês ao tipo de restrição apresentada.

Com relação à variação angular durante a marcha, Sutherland e colaboradores (1980) avaliaram 186 crianças de 1 a 7 anos de idade, e observaram que ao considerar os ângulos de flexão e extensão do quadril e joelho, assim como a flexão plantar e dorsiflexão, as crianças com dois anos de idade apresentaram padrão muito semelhante ao dos adultos, e que as crianças com menos de dois anos apresentaram maior flexão de joelho e dorsiflexão de tornozelo durante a fase de elevação do pé.

Chester, Tingley e Biden (2006) analisaram a variação angular de crianças de 3 a 13 anos de idade e encontraram que para a maioria das variáveis analisadas (temporais e espaciais), resultados semelhantes foram obtidos entre os grupos etários. Resultados diferentes foram encontrados apenas no menor pico de flexão do quadril e extensão do joelho, observados no grupo de 3-4 anos de idade em comparação com as crianças mais velhas. Os resultados sugerem que as crianças apresentaram padrão maduro de marcha a partir dos 5 anos de idade para

a maioria das variáveis, apenas para a articulação do tornozelo, padrões semelhantes aos adultos foram apresentados a partir dos 9 anos de idade.

Carneiro, Haupenthal, Schütz e colaboradores (2009) observaram em seu estudo as variações angulares do tornozelo e joelho durante a marcha em ambiente aquático de 3 crianças com idades entre 11 e 12 anos, e encontraram que no movimento de tornozelo, apenas três curvas de movimento foram apresentadas, o que pode ser justificado pelo fato de todas as crianças já tocarem o solo com o pé plano ou em flexão plantar sobre o chão. Com relação à amplitude total do movimento de tornozelo, os autores encontraram diferentes resultados para cada criança, o que pode ser justificado pelo nível de experiência em ambiente aquático. Na articulação do joelho, o contato inicial foi realizado com o joelho em flexão por todas as crianças no ambiente aquático, o que difere do ambiente terrestre, podendo ser explicado pela força de empuxo.

Hallemans, Beccu, Van Loock e colaboradores (2009) avaliaram a influência da privação visual (caminhar de olhos abertos e fechados) na marcha de crianças e adultos divididos em 3 grupos (3-6 anos, 7-11anos e 28 anos), e verificaram que ambos os grupos apresentaram diferenças no padrão da marcha entre as condições, incluindo uma posição mais inclinada para trás do tronco, movimento limitado na pelve, adução reduzida do quadril durante a postura, aumento da flexão do joelho relacionada com o contato do pé plano e reduzida flexão plantar do tornozelo durante a elevação do pé. Estas diferenças indicam uma estratégia mais cautelosa da marcha com a ausência de visão, sendo pequenas as diferenças entre crianças e adultos.

Outro estudo de Michel, Grobet, Dietz, e van Hedel (2010) teve por objetivo investigar a capacidade de locomoção de crianças durante a marcha com obstáculos, com dificuldade crescente. Os autores avaliaram dois grupos de crianças (6-8 e 9-12 anos) e um de adultos para controle das variáveis. Foi avaliado o desempenho, com um teste de avaliação motora de Zürich (AMZ), bem como a influência de um obstáculo unilateral e bilateral durante a caminhada em esteira. Com os resultados, os autores verificaram que houve uma correlação positiva entre o aumento da idade e o desempenho na tarefa. Os três grupos apresentaram melhora durante a elevação do pé no obstáculo unilateral, tendo as crianças mais novas um pior nível de desempenho. Durante o obstáculo bilateral somente o grupo de adultos e o de 09-12 anos de idade melhoraram durante a elevação do pé,

enquanto que nenhuma melhoria considerável foi observada no grupo de crianças de 6-8 anos. Com isto, os autores concluíram que crianças menores de 9 anos de idade têm um desempenho motor inferior em relação às crianças mais velhas e adultos, que se torna mais acentuado, com o aumento da complexidade da tarefa.

Observando os estudos apresentados acima, podemos verificar que, vários deles consideram a aquisição da marcha como um marco motor dependente do desenvolvimento de vários subsistemas correlacionados, e a partir desta idéia, se utiliza de diferentes formas de intervenção ou condição experimental a fim de se determinar as relações entre estes componentes.

Este modelo de avaliação leva em conta fundamentos da Teoria dos Sistemas Dinâmicos, proposta por Kugler, Kelso e Turvey (1980 e 1982) e reformulada por Newell (1986), onde considera as restrições do organismo, do ambiente e da tarefa como sendo influenciadoras no processo de desenvolvimento de um indivíduo (apud NEWELL, 1986). Para melhor esclarecimento, esta teoria será detalhada a seguir.

### 3.4 RESTRIÇÕES

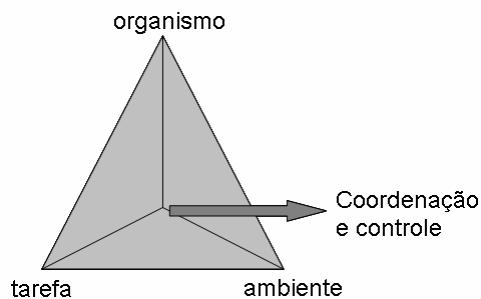
A teoria dos Sistemas Dinâmicos considera o desenvolvimento de um indivíduo como a interação de vários subsistemas, referenciados por Newell (1986) como restrições (“constraint”), sendo elas, *restrições do organismo, do ambiente e da tarefa* e que podem ser limitadoras ou encorajadoras do movimento.

As *restrições do organismo* referem-se a informações endógenas do corpo e inclui componentes estruturais (ex. peso, altura, obesidade) e funcionais (ex. sinergia muscular, maturação do sistema nervoso, etc.). As *restrições do ambiente* referem-se às informações externas ao corpo, como componentes físicos (ex. gravidade, altura, pressão) e socioculturais (ex. regras/leis). E, finalmente, as *restrições da tarefa*, que se referem aos parâmetros da tarefa em si (ex. obstáculos, colchonete, degrau, superfície irregular, etc.) (NEWELL, 1986).

Newell (1986) representou esquematicamente o relacionamento entre as três restrições por meio de um triângulo (Fig. 4). Os lados do triângulo representam as categorias das restrições e as intersecções formadas pelos lados do triângulo representam a interligação entre cada categoria das restrições. Qualquer movimento realizado por um indivíduo com objetivos definidos e caracterizado por

um padrão de coordenação e controle emerge da interação dessas três restrições (NEWELL, 1986).

**Figura 4 – Representação esquemática das três categorias de restrições**



**Fonte:** Adaptado de Corrêa, U.C. (2008, p. 108)

Para Haywood e Getchell (2004), a restrição pode ser limitante ou facilitadora de um movimento, dando a ele uma forma particular. Assim, ao pensar no processo de aquisição das habilidades motoras, como elas emergem e se modificam no decorrer da vida do indivíduo, as alterações nas restrições podem alterar o curso do desenvolvimento do indivíduo.

Acredita-se que a variação nestas restrições pode desencadear mudanças na organização da resposta motora, porém, há a necessidade de investigar qual seria o efeito de cada uma delas em cada situação e em cada período da vida do individuo (MARQUES, 2003).

Exemplos de estudos que se utilizam desta abordagem como forma de entender o processo da aquisição da marcha fazem uso de diferentes formas de materiais e métodos de análise. Caminhar em superfície plana ou inclinada, sobre colchão, água, areia, ultrapassar obstáculos, caminhar sobre esteira elétrica, com pouca luminosidade ou de olhos fechados, são alguns exemplos de estratégias utilizadas (LEJEUNE; WILLEMS; HEGLUND, 1998; MAUERBERG-DE CASTRO; ÂNGULO-KINZLER, 2000; MAUERBERG-DECOSTRO; MORAES, 2002; COZZANI; MAUERBERG-DE CASTRO, 2005; PAULA; MAUERBERG-DE CASTRO; COZZANI, 2006; KANG; DINGWELL, 2008; CHANG; SHAIKH; CHAU, 2009; HALLEMANS et al., 2009; MICHEL et al., 2010).

Contudo, avaliar o efeito da restrição da tarefa durante a aquisição da marcha de crianças se torna crucial a fim de compreender as relações que

ocorrem entre os diferentes subsistemas envolvidos neste processo, qual o nível de influência que certas tarefas utilizadas como restritivas causam na marcha, e observar possíveis benefícios que as restrições podem trazer ao desenvolvimento das crianças.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 PARTICIPANTES

O estudo contou com a participação de 11 crianças iniciantes na marcha, capazes de realizar oito passos independentes e consecutivos (PRÓSPERO, 2008). A idade cronológica média em que as crianças iniciaram a marcha foi de 12,09 meses, com desvio-padrão de 0,42.

A tabela 1 apresenta as características das crianças participantes da amostra, como o gênero, idade de início da marcha, peso corporal na coleta 1 e coleta 8, além da estatura na coleta 1 e coleta 8.

**Tabela 1 –** Caracterização do gênero e idade cronológica das crianças participantes do estudo

GÊNERO	IDADE INÍCIO DA MARCHA (meses)	PESO (Kg)		ESTATURA (m)	
		Col 1	Col 8	Col 1	Col 8
F	11,9	9,0	9,8	0,72	0,76
F	12,6	8,3	9,1	0,76	0,79
M	12,7	10,0	9,7	0,75	0,77
F	11,8	12,2	12,8	0,80	0,83
M	11,8	11,2	12,0	0,78	0,83
M	12,8	9,2	9,9	0,76	0,78
F	12,1	8,7	9,3	0,73	0,75
M	12,0	8,7	9,1	0,71	0,74
M	11,9	8,9	9,4	0,76	0,77
M	11,9	9,4	9,5	0,73	0,77
M	11,5	10,1	11,0	0,79	0,82
<b>Média</b>		<b>12,09</b>	<b>9,6</b>	<b>0,75</b>	<b>0,78</b>
<b>DP</b>		<b>0,42</b>	<b>1,18</b>	<b>0,29</b>	<b>0,29</b>

Como critério de inclusão, foi considerado, apenas, que as crianças fossem saudáveis e nascidas a termo.

Os participantes foram selecionados no Centro de Educação Infantil do Hospital Universitário de Londrina, cujos pais ou responsáveis pelas crianças foram contatados e esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa e, na sequência, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido permitindo a participação dos bebês no estudo.

A condução do estudo foi autorizada pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Londrina, sob parecer nº 211/06.

#### 4.2 TAREFA

Foi solicitado que as crianças caminhassem de forma independente sobre uma plataforma de madeira, sob duas condições de superfície: Superfície Rígida (SR) e Superfície Deformante (SD), sendo realizadas no mínimo três tentativas em cada superfície.

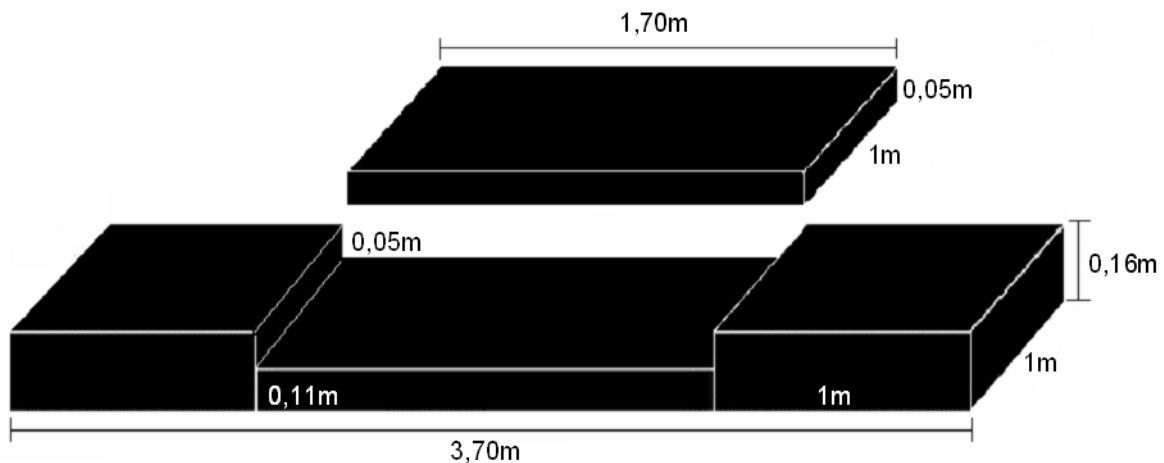
Em cada coleta a tarefa foi apresentada de forma randomizada, ou seja, em todas as coletas as crianças iniciavam a tarefa na condição diferente a que foi realizada na coleta anterior.

#### 4.3 INSTRUMENTOS

Para a realização das coletas foi utilizado uma passarela de madeira preta, composta por três módulos. Dois módulos (inicial e final) com as dimensões de 1m de comprimento, 1m de largura com 0,16m de altura, eram acoplados ao terceiro módulo (central) com 1,70 x 1,00 x 0,16m (comprimento, largura e altura respectivamente). Este módulo central era composto de uma parte fixa em madeira 1,70 x 1,00 x 0,11 m (comprimento, largura e altura respectivamente), dentro do qual foram encaixados dois segmentos removíveis - madeira ou colchonete (densidade 28Kg/m<sup>3</sup>) medindo 1,70 x 1,00 x 0,05 m (comprimento, largura e altura respectivamente) permitindo a nivelação da parte central aos dois módulos finais que totalizava uma passarela com 3,70m de comprimento e 1m de largura (figura 5).

Além disso, foram adicionados colchonetes nas laterais da passarela a fim de prevenir qualquer eventual acidente.

**Figura 5 – Ilustração da plataforma**



Para a realização dos procedimentos cinemáticos foi utilizado uma filmadora digital, Panasonic (VDR-M53), 30 Hz, com *shutter speed* regulado automaticamente e foco manual. Ela foi posicionada a 3m de distância do ponto central da passarela ao centro do tripé, perpendicular ao plano de referências bidimensionais, registrando o momento em que a criança passou pelo módulo central da plataforma, nas duas condições de superfície. A câmera permaneceu posicionada perpendicular ao centro da passarela, fixada a uma altura de 0,57m entre o centro da base do tripé e o centro da lente da câmera. Também foi utilizado um holofote de 1000 watts para proporcionar iluminação adequada e melhorar a definição das imagens, assim como um tecido preto opaco revestindo a parede de fundo da imagem.

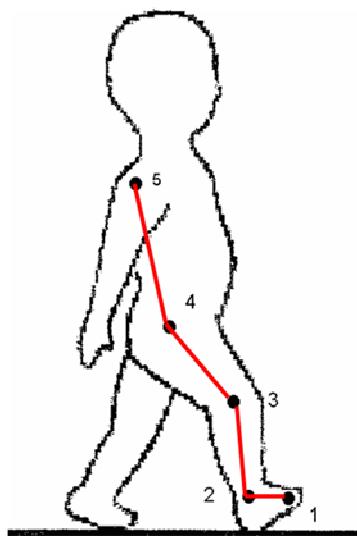
Um calibrador de quatro pontas feito em madeira, com medidas de 1,70 m de largura e 0,98m de altura, foi posicionado no centro da plataforma, de modo que todo o movimento coletado e analisado encontrava-se dentro do sistema de referência, além de um ponto fixo na parede necessário para a calibração das imagens do ambiente de coleta.

#### 4.4 MODELO BIOMECÂNICO

Marcadores retro-refletores feitos de isopor, revestidos de fitas auto-adesivas, com 1,5cm de diâmetro, foram posicionados em cinco centros articulares anatômicos ao lado direito do corpo das crianças. A identificação dos pontos anatômicos foi realizada através do método palpatório proposto por Tixa (2009). Os

pontos demarcados foram: 1) quinta articulação metatarsofalangiana, 2) maléolo lateral da fíbula, 3) epicôndilo lateral do fêmur, 4) trocânter maior do fêmur lado direito e 5) centro articular do acrômio. A ligação entre esses pontos definiu os seguintes segmentos corporais: pé (1-2), perna (2-3), coxa (3-4) e tronco (4-5) (figura 6).

**Figura 6 –** Figura esquemática dos pontos fixados para digitalização e análise: pé (1-2), perna (2-3), coxa (3-4) e tronco (3-5).



Utilizando-se deste modelo biomecânico, a análise dos ângulos articulares foi realizada a partir dos pontos:

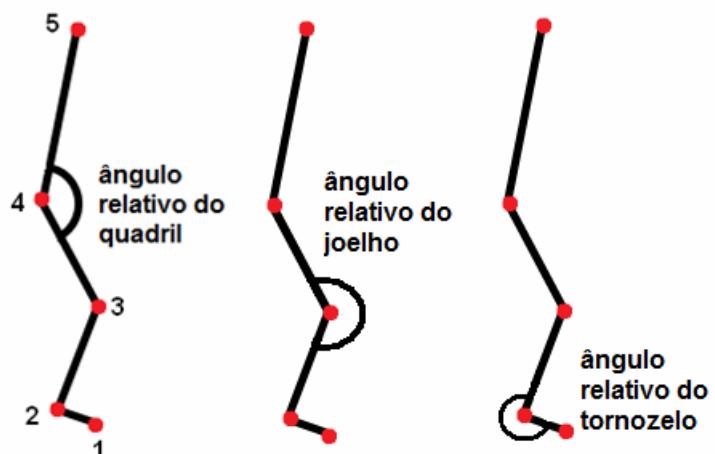
Quadril: epicôndilo lateral do fêmur (ponto 3) e centro articular do acrônio (ponto 5);

Joelho: maléolo lateral da fíbula (ponto 2) e trocânter maior do fêmur do lado direito (ponto 4); e

Tornozelo: quinta articulação metatarsofalangiana (ponto 1) e epicôndilo lateral do fêmur (ponto 3).

A posição destes ângulos pode ser observada na figura 7, na qual apresenta a posição esquemática dos pontos anatômicos e ângulos articulares.

**Figura 7 –** Representação do ângulo relativo do quadril, joelho e tornozelo, considerando os pontos anatômicos demarcados, onde: 1) quinta articulação metatarsofalangiana, 2) maléolo lateral da fíbula, 3) epicôndilo lateral do fêmur, 4) trocânter maior do fêmur lado direito e 5) centro articular do acrônio.



#### 4.5 DELINEAMENTO

Esta pesquisa apresenta caráter quase-experimental com delineamento de amostras temporais equivalentes (THOMAS; NELSON, 2002).

Este modelo de pesquisa representa que, não há distribuição aleatória dos sujeitos pelos tratamentos, nem grupo-controle. Os mesmos indivíduos são avaliados repetidamente ao longo de um período e comparados consigo mesmos.

De acordo com essas características, 11 crianças com desenvolvimento típico foram avaliadas em 8 coletas, ao longo de 4 meses a cada 15 dias.

Vale ressaltar que o período de coletas do presente trabalho foi realizado no ano de 2007, por ser parte de um projeto maior, em que as imagens também foram utilizadas para o estudo de Próspero (2008).

#### 4.6 ANÁLISE DOS DADOS

Para a obtenção do ciclo representativo de marcha utilizadas nas análises, considerou-se a terceira passada dentro dos limites do módulo central considerado como área de análise. Este critério foi adotado por considerar que na terceira passada as crianças já tenham se organizado em relação ao padrão de marcha adotado em cada superfície. Além disso, como medida de segurança, as digitalizações das imagens iniciaram com 5 quadros antes do que era determinado como toque do calcanhar direito no solo, realizado visualmente, e terminaram com 5 quadros após o toque subsequente deste mesmo calcanhar, a fim de garantir a análise dos momentos inicial e final das passadas.

Após determinado o ciclo representativo de cada criança, em cada tentativa das 8 coletas, os dados foram digitalizados e analisados através do programa *Ariel Performance Analysis System* (APAS versão 1.4). Essa análise considera os dados em um sistema de referência bidimensional (eixo X horizontal e Y vertical), que permite analisar os dados dos segmentos considerados através do plano sagital.

Durante a avaliação do movimento angular, das articulações do quadril, joelho e tornozelo, no programa APAS, foi considerado o deslocamento do ângulo relativo das três articulações consideradas, sendo: 1) *quadril*, formado pelos segmentos tronco e coxa, 2) *joelho*, formado pelos segmentos coxa e perna, e 3) *pé*, formado pelos segmentos pé e perna.

Após a obtenção dos dados pelo programa APAS, foi utilizado o programa *Time Normalization* (Normal) para a normalização dos dados, a fim de que todos os ciclos de passada apresentassem 100 quadros e pudessem ser analisados percentualmente (0-100% do ciclo de passada). Este programa utiliza-se dos valores angulares brutos, que foram obtidos através do APAS, cria valores entre os dados apresentados através de cálculos específicos, de forma que, todos os ciclos de marcha apresentassem 100 momentos.

Através destes dados, para cada criança, inicialmente, foi calculada a média entre as 3 tentativas realizadas em cada superfície, em todas as coletas, nas quais foi possível considerar o ciclo representativo de cada superfície nas suas respectivas coletas. Posteriormente, os dados de todos os sujeitos foram agrupados

de acordo com sua coleta e superfície, sendo calculado, novamente, a média, a qual foi utilizada para as comparações.

Estes procedimentos foram realizados para que se obtivesse os dados representativos de toda a amostra, em cada superfície e ao longo do tempo, em todas as variáveis analisadas.

A partir deste método de análise foram consideradas e analisadas as seguintes variáveis, identificadas no quadro 2.

**Quadro 2 – Apresentação das Variáveis Dependentes e Independentes**

Variáveis Dependentes (VD)	Variáveis Independentes (VI)
Movimento angular das articulações de quadril	Superfície Rígida
Movimento angular das articulações de joelho	Superfície deformante
Movimento angular das articulações de tornozelo	Número de coletas

#### 4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente, os dados foram analisados descritivamente, através dos valores de média e desvio-padrão.

A análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) foi utilizada para comparar os valores médios do grupo em cada superfície e em cada coleta. O teste de esfericidade de Mauchly's foi aplicado e, quando necessário (violação do pressuposto da esfericidade), correções técnicas foram realizadas utilizando-se a correção de Greenhouse-Geisser. Quando o valor de F foi estatisticamente significante foi utilizado post-hoc de Bonferroni.

O tamanho do efeito da superfície sobre o movimento angular do quadril, joelho e tornozelo durante as oito coletas, foi calculada através da diferença da média e desvio-padrão apresentados nas duas superfícies de cada coleta ( $d'$  de Cohen). O tamanho do efeito foi classificado como alto ( $>0,8$ ), médio ( $>0,5$ ) ou baixo ( $>0,2$ ), o que significa que, quanto mais alto o tamanho do efeito, maior foi a mudança ocorrida no movimento angular do quadril, joelho e tornozelo na superfície deformante em relação à superfície rígida (COHEN, 1988).

## 5 RESULTADOS

O objetivo do presente estudo foi analisar e descrever o movimento angular do quadril, joelho e tornozelo durante a aquisição da marcha independente sob diferentes condições de superfícies.

Os resultados estão organizados, inicialmente, com a descrição do movimento angular de cada articulação (quadril, joelho e tornozelo), seguidos pelos resultados estatísticos encontrados.

Para todas as variáveis serão apresentados, primeiro, os dados de média e DP para a caracterização da amostra, seguido pelas comparações, ao longo das 8 coletas, na superfície rígida, na superfície deformante e, finalmente, o tamanho do efeito ( $\delta$  de Cohen) para as superfícies.

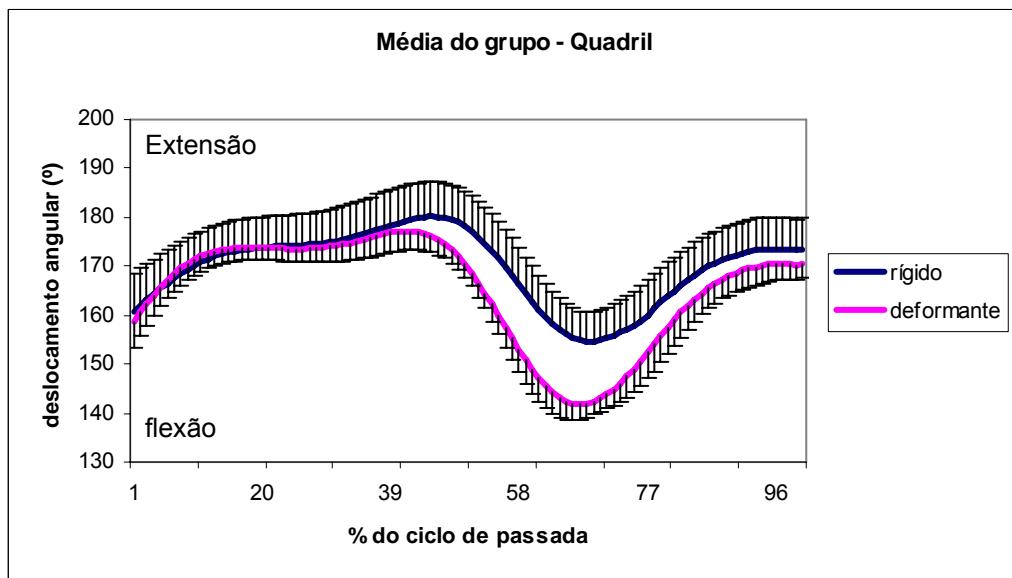
Antes de iniciar qualquer consideração sobre os resultados obtidos, é importantíssimo ressaltar que nos gráficos de comparação entre coletas do movimento angular de quadril, joelho e tornozelo, os números apresentados na área de plotagem mostram as variáveis que não apresentaram diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ). Esta estratégia foi utilizada para que a área do gráfico apresentasse pouca informação e assim pudesse facilitar o entendimento.

### 5.1 ANÁLISE DO MOVIMENTO ANGULAR DE QUADRIL

A fim de se observar o movimento angular de quadril apresentado pelas crianças durante as coletas, e verificar se haveria mudanças neste movimento entre as superfícies, inicialmente foi realizado o cálculo da média e DP entre todos os sujeitos e todas as coletas de acordo com a superfície.

Através desta forma de análise podemos observar na figura 8 que até os 40% do ciclo de passada, aproximadamente, o que representa as fases de contato inicial do pé ao solo, apoio médio e apoio terminal, as crianças apresentaram padrões bem semelhantes entre as superfícies, sendo o DP maior para a superfície rígida (superfície rígida  $DP \pm 6,76$  e superfície deformante  $DP \pm 3,65$ ).

**Figura 8 –** Resultado dos valores médios e DP das oito coletas entre todos os sujeitos formando a curva angular do quadril nas duas condições de superfície.



A partir da fase de pré-balânço, balanço inicial, balanço médio até o balanço terminal (41-100% do ciclo de passada), há uma maior diferença entre os valores das curvas angulares entre as superfícies, o que indica que na superfície deformante as crianças flexionaram mais o quadril durante toda a fase de balanço.

Considerando o ângulo de movimento do quadril utilizado nesta análise, em uma pessoa adulta, durante a fase de apoio médio o ângulo do quadril seria de aproximadamente 180º, o que indica uma posição reta do tronco e coxa, passando para valores ainda maiores (200º) durante a fase de contato final, o que indicaria a extensão do quadril. Como podemos verificar na figura 8, as crianças permaneceram com o quadril flexionado em praticamente todo o ciclo de passada, principalmente na superfície deformante. Essas características serão observadas com maior detalhe a seguir.

Para a possível realização das análises estatísticas do movimento angular de quadril entre as 8 coletas, tanto na superfície rígida, quanto na superfície deformante, os dados foram analisados de acordo com o número de picos de movimento apresentados durante a curva angular do quadril, ou seja, foi realizado ANOVA de medidas repetidas considerando os valores de 0 a 40% do ciclo de passada (flexão do quadril durante as fases de contato inicial, apoio médio e apoio terminal), novamente foi calculado a ANOVA para os valores de 41% a 70% do ciclo

de passada (extensão do quadril durante o apoio terminal, pré-balânço e balanço médio) e, finalmente, outra ANOVA para os dados de 71% a 100% do ciclo de passada (flexão do quadril durante o balanço terminal até o contato do pé no solo), para as duas condições de superfície.

### 5.1.1 Superfície Rígida – entre Coletas

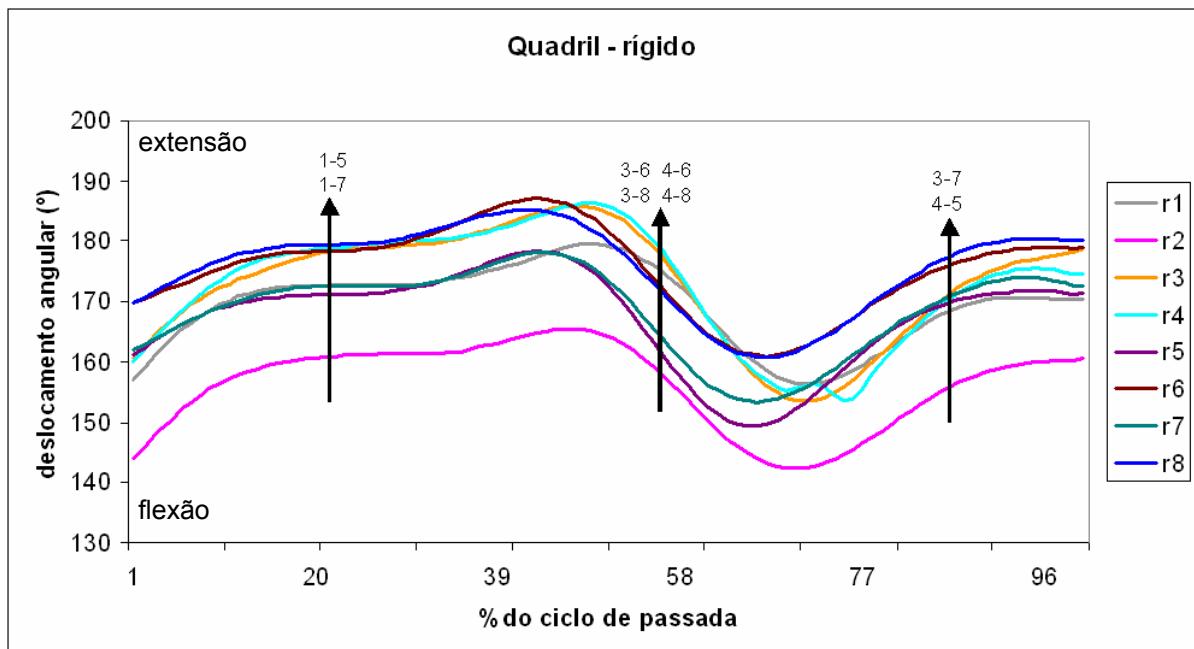
Considerando esta forma de análise, observamos que na articulação do quadril, durante o primeiro pico de movimento, no qual há o contato inicial do pé, apoio médio até o apoio terminal (0-40% do ciclo de passada), houve diferença estatisticamente significativa entre as coletas 1-2, 1-3, 1-4, 1-6, 1-8, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7, 3-8, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8, 5-6, 5-7, 5-8, 6-7, 6-8 e 7-8, todas com nível de significância  $p \leq 0,004$  (Fig. 9).

De acordo com esses resultados observamos que, os valores angulares do quadril durante a fase de extensão, ocorreram de forma bastante variável entre as coletas (Fig.9), o que pode ser explicado pela falta de estabilidade durante o processo de aquisição da marcha independente. Como podemos observar nesta fase do ciclo da marcha, as crianças permaneceram com o quadril flexionado em todas as coletas.

Durante o segundo pico de movimento da curva, quando o quadril começa a se flexionar para que ocorra a fase de pré-balânço, balanço inicial e balanço médio (41-70% do ciclo de passada), diferenças significativas foram observadas entre as coletas 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7, 1-8, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8, 3-4, 3-5, 3-7, 4-5, 4-7, 5-6, 5-7, 5-8, 6-7, 6-8 e 7-8, todas com nível de significância  $p \leq 0,001$ . Considerando as curvas apresentadas na figura 14, podemos observar a grande variação dos valores angulares do quadril durante a fase de balanço. Isto mostra que assim como no primeiro pico de movimento (0-40% do ciclo de passada) as crianças foram inconsistentes no padrão de marcha durante a fase de flexão do quadril na superfície rígida.

Vale ressaltar, novamente, que devido à grande quantidade de valores estatisticamente diferentes, os dados apresentados no gráfico, são apenas os que não apresentaram diferenças significativas.

**Figura 9** – Movimento angular de quadril (sagital) na superfície rígida (r) durante as 8 coletas. As setas indicam as coletas que não apresentaram diferença estatisticamente significante ( $p \geq 0,05$ ).



No terceiro e último pico analisado, onde o quadril encerra a fase de balanço (balanço terminal) com o quadril ainda em flexão e inicia a extensão para que ocorra novamente o toque do pé no solo, os dados mostraram diferenças significativas entre as coletas 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7, 1-8, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8, 3-4, 3-5, 3-6, 3-8, 4-6, 4-7, 4-8, 5-6, 5-7, 5-8, 6-7, 6-8 e 7-8, com  $p \leq 0,02$ . As mesmas considerações feitas para o primeiro e segundo pico da curva angular de quadril podem ser utilizadas para o último pico.

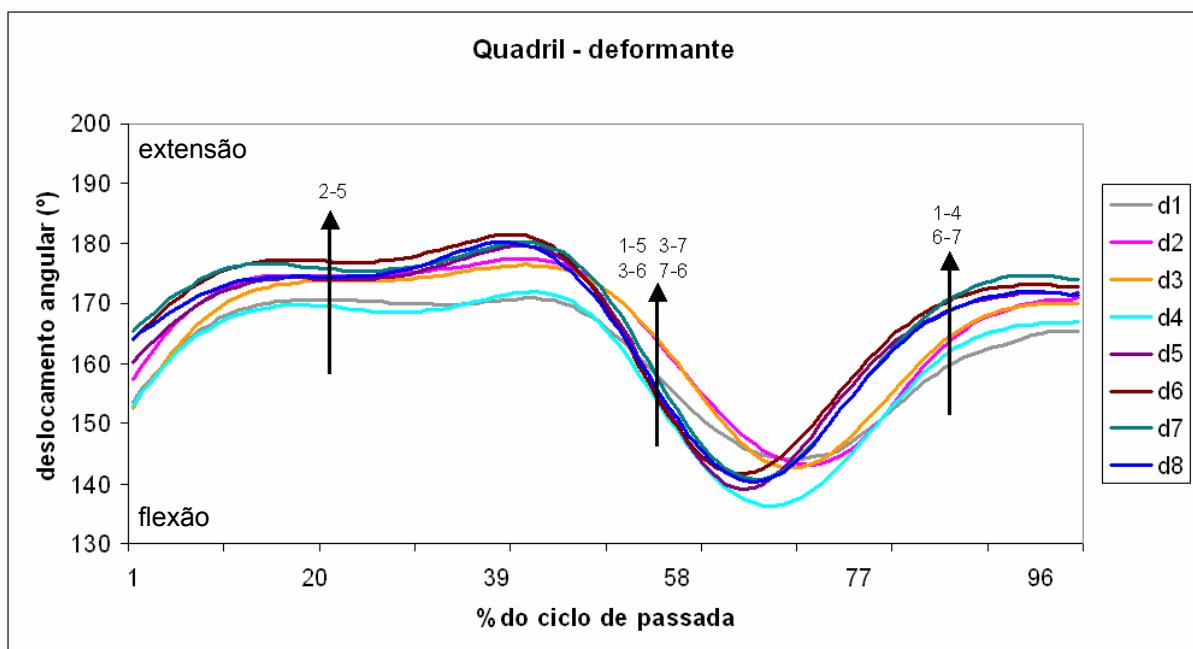
Com relação ao tempo decorrido entre as coletas, podemos verificar que, durante as primeiras coletas as crianças permaneceram com o quadril mais flexionado quando comparado às últimas coletas, o que demonstra uma significativa evolução do padrão de marcha das crianças. Vale ressaltar que apenas nas coletas 3, 4, 6 e 8, durante a fase de contato final do pé com o solo, é que pode-se observar angulação maior de 180°, o que representa a extensão do quadril durante esta fase.

### 5.1.2 Superfície Deformante – entre Coletas

A análise dos dados da superfície deformante seguiu os mesmos procedimentos da superfície rígida.

No primeiro pico, durante o contato inicial até o apoio terminal (0-40% do ciclo de passada) em que ocorre a extensão do quadril, houve diferenças significativas entre quase todas as coletas, com exceção apenas das coletas 2 e 5. As curvas com os valores mais baixos foram apresentados pelas coletas 1 e 4, enquanto que os maiores valores foram apresentados nas coletas 6 e 7, o que demonstra que, no início das coletas, as crianças apresentavam maior flexão do quadril durante o início da passada, na fase de apoio do pé no solo (Fig.10).

**Figura 10 –** Movimento angular de quadril (sagital) na superfície deformante (d) durante as 8 coletas. As setas indicam as coletas que não apresentaram diferença estatisticamente significante ( $p \geq 0,05$ ).



Diferenças significativas foram encontradas também no segundo pico de movimento da curva angular (40-70% do ciclo de passada), onde ocorre à fase de flexão do quadril durante o balanço da perna (pré-balanço, balanço inicial e balanço médio). As coletas 1-2, 1-3, 1-4, 1-6, 1-7, 1-8, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8, 3-4, 3-5, 3-8, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8, 5-6, 5-7, 5-8, 6-8 e 7-8 apresentaram diferenças significativas com  $p \leq 0,02$ .

No terceiro pico da curva angular do quadril, durante o balanço terminal e toque do pé no solo (71-100% do ciclo de passada) diferenças significantes foram encontradas entre a maioria das coletas ( $p \leq 0,01$ ), com exceção das coletas 1-4 e 6-7. Nesta fase do ciclo de passada, há uma clara observação de

que os maiores valores de flexão do quadril são apresentados nas coletas 1, 2, 3 e 4 em relação as coletas 5, 6, 7 e 8.

De forma geral podemos considerar que o movimento angular de quadril apresentado pelas crianças na superfície deformante foi mais organizado entre as coletas, quando comparado à superfície rígida. Durante todo o ciclo de passada, nas coletas iniciais (1, 2, 3 e 4), as crianças apresentaram maior flexão na fase de apoio do pé, menor flexão na fase de balanço e menor extensão durante o balanço terminal e contato do pé. Essas características demonstram que também na superfície deformante as crianças permaneceram com o quadril mais flexionado nas primeiras coletas, em relação às últimas.

### 5.1.3 Superfície Rígida x Superfície Deformante

Os valores do tamanho do efeito da superfície sobre o ângulo do quadril foram calculados através da diferença das médias e desvios-padrão do grupo em cada coleta e cada superfície e são apresentados pelo valor de  $\delta$  de Cohen na tabela 2.

**Tabela 2 –** Média e desvio-padrão do ângulo do quadril nas superfícies rígida (r) e deformante (d) durante as 8 coletas, com os valores e classificação do tamanho de efeito ( $\delta$ ).

Superfície	Média	DP	Superfície	Média	DP	$\delta$	Classificação
r1	169,37	6,55	d1	161,59	9,14	0,98	alto
r2	156,18	7,01	d2	165,70	11,04	1,02	alto
r3	172,85	9,34	d3	164,97	10,68	0,79	médio-alto
r4	172,90	9,48	d4	160,25	11,36	1,21	alto
r5	167,24	7,99	d5	166,05	11,82	0,11	baixo
r6	175,44	7,19	d6	167,91	12,13	0,75	médio-alto
r7	168,48	7,11	d7	167,66	12,15	0,08	baixo
r8	175,69	7,13	d8	166,33	11,89	0,95	alto

Estes resultados mostram que nas coletas 1, 2, 4 e 8, o tamanho do efeito foi alto entre as superfícies, demonstrando assim, que com a mudança da superfície rígida para a superfície deformante, o movimento angular do quadril das crianças foi afetado.

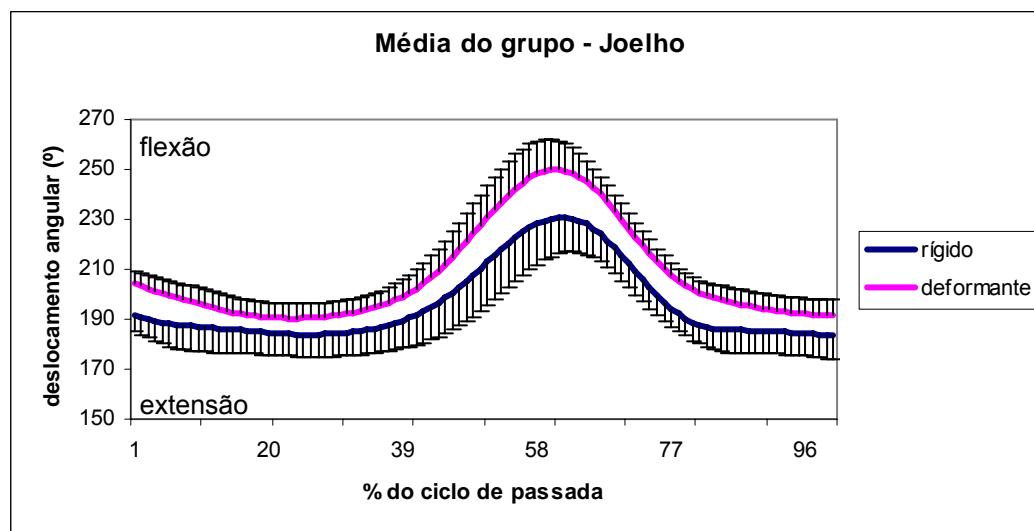
Nas coletas 3 e 6 podemos considerar um tamanho do efeito médio-alto, o que representa que as mudanças no movimento angular do quadril na superfície deformante não foi tão diferente da apresentada na superfície rígida.

Um baixo efeito da superfície sobre o movimento angular do quadril foi observado nas coletas 5 e 7, demonstrando assim que as crianças não modificaram o movimento angular do quadril entre as superfícies, ou seja, não houve efeito da superfície.

## 5.2 ANÁLISE DO MOVIMENTO ANGULAR DE JOELHO

De acordo com as considerações apresentadas na literatura sobre o movimento angular do joelho durante o ciclo de passada, na análise geral dos dados obtidos no presente estudo, podemos observar que, através da média geral do movimento angular do joelho entre as duas superfícies, as crianças apresentaram valores mais altos em todas as fases do ciclo de passada na superfície deformante, caracterizando uma maior flexão do joelho nesta superfície (Fig.11).

**Figura 11** – Resultado dos valores médios e DP das oito coletas entre todos os sujeitos formando a curva angular do joelho nas duas condições de superfície.



Considerando os padrões de marcha de um adulto, o momento em que o pé toca no solo, o joelho encontra-se completamente estendido, formando assim, um ângulo de 180º entre a coxa e a perna do indivíduo. Considerando os

dados apresentados pelas crianças, elas iniciam o contato do pé no solo com uma leve flexão do joelho, não havendo em momento algum a extensão completa do joelho durante o ciclo de passada.

No momento em que o pé toca o solo (contato inicial) o joelho encontra-se semi-flexionado e permanece nesta posição durante o apoio médio e apoio terminal (0-40% do ciclo de passada). Os valores entre as duas superfícies nesta fase do ciclo de passada já apresentam uma diferença considerável, e aumenta ainda mais a partir da fase de balanço inicial, onde o joelho começa a flexionar-se, aumentando, gradativamente, durante o balanço médio (41-60% do ciclo de passada), e volta a estender-se no final do balanço médio e balanço terminal (61-100% do ciclo de passada) (Fig.11).

Na figura 11 observamos claramente que na condição de superfície deformante as crianças permaneceram com os joelhos mais flexionados durante todo o ciclo de passada em relação à superfície rígida. Relacionado aos valores do DP, na superfície rígida foram apresentados valores médios maiores, com  $DP \pm 10,62$  em relação à superfície rígida com  $DP \pm 7,24$ , o que demonstra que na superfície rígida as crianças variaram mais o movimento angular do joelho, comparado a superfície deformante.

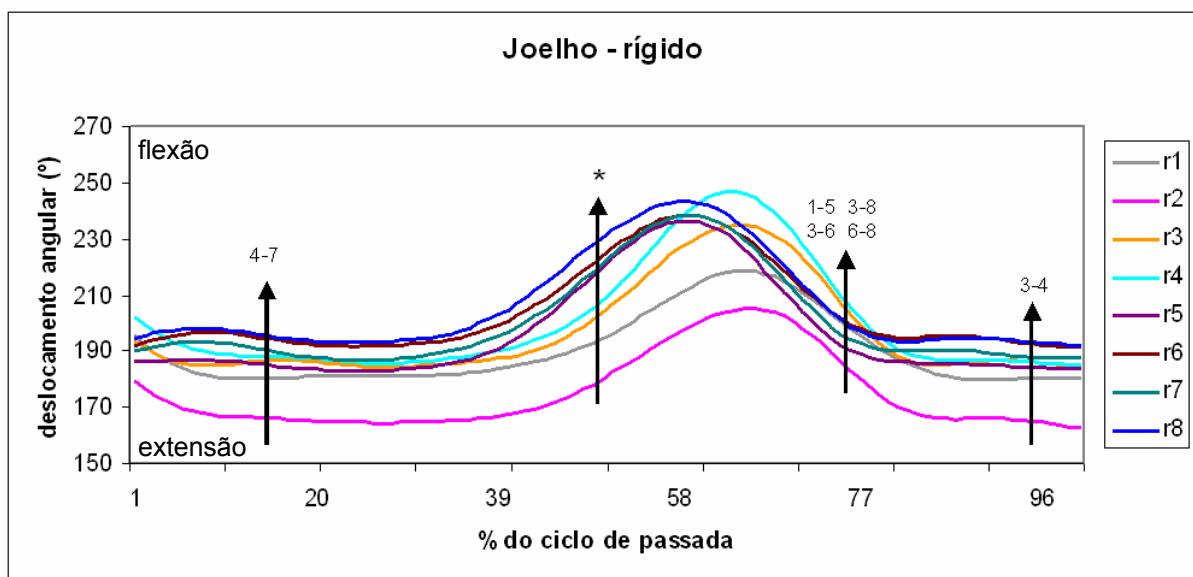
### 5.2.1 Superfície Rígida – entre Coletas

Com o intuito de comparar o movimento angular do joelho ao longo do período de coletas (8 coletas), os dados foram organizados em quatro momentos de análise, no qual considera os quatro picos de movimento como proposto na literatura (PERRY, 2005).

O primeiro pico ocorre na fase de extensão do joelho onde há o contato inicial do pé com o solo, há uma leve flexão na resposta à carga para a absorção do impacto e continua em extensão durante o apoio médio (0-30% do ciclo de passada). Durante esta fase observamos que, com exceção da coleta 2, as crianças não estenderam completamente a perna para o contato do pé com o solo, sendo que, as únicas coletas que não apresentaram diferenças entre si, foram as coletas 4 e 7. Apenas nas coletas 6, 7 e 8 as crianças apresentaram uma leve flexão do joelho para a absorção do impacto (Fig.12).

Quando é terminado o apoio do pé no solo (apoio terminal) e inicia-se a fase de pré-balânço, o joelho passa da extensão para o início da flexão, aumentando esse valor gradativamente, até o de balanço inicial (31-60% do ciclo de passada). A variação do movimento angular nessa fase foi significativamente diferente entre todas as coletas ( $p \leq 0,001$ ) sendo apresentado os menores valores de flexão do joelho durante as coletas 1 e 2 em relação as outras coletas.

**Figura 12 –** Movimento angular do joelho (sagital) na superfície rígida (r) durante as 8 coletas. As setas indicam as coletas que não apresentaram diferença estatisticamente significante ( $p \geq 0,05$ ).



\* houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre todas as coletas.

No momento em que a perna desloca-se durante o balanço médio, é iniciado a extensão do joelho que continua a estender-se até o balanço terminal (61-90% do ciclo de passada). As características observadas nesta fase da curva mostram que diferenças significativas foram encontradas nas coletas 1-2, 1-3, 1-4, 1-6, 1-7, 1-8, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8, 3-4, 3-5, 3-7, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8, 5-6, 5-7, 5-8, 6-7 e 7-8 com  $p \geq 0,05$ . Observando as curvas do movimento angular na figura 12, verificamos que as crianças variaram mais o movimento durante as quatro primeiras coletas, tendo um movimento mais organizado a partir da quinta coleta.

O último pico da curva do joelho mostra que no balanço terminal e toque do pé no solo (91-100% do ciclo de passada) só não foi encontrada diferenças significativas entre as coletas 3 e 4, e os maiores valores de flexão do joelho foram

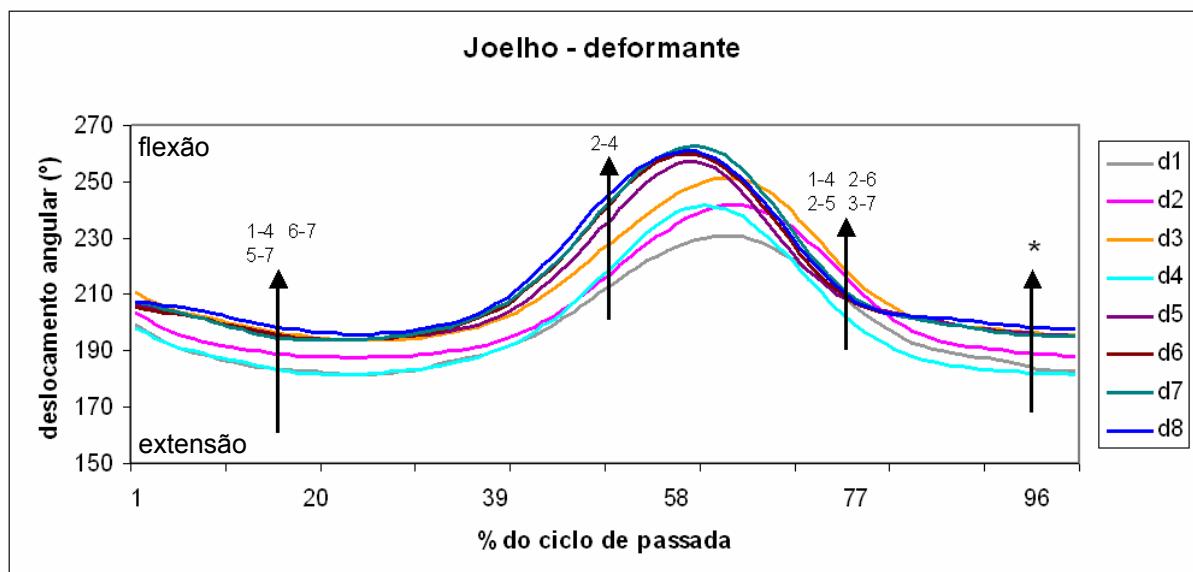
observados durante as ultimas coletas (Fig. 12). Vale ressaltar que nesta fase, com exceção da coleta 2, em nenhuma coleta as crianças chegaram a apresentar a extensão completa do joelho.

### 5.2.2 Superfície Deformante – entre Coletas

A análise do movimento angular do joelho, durante a marcha independente na superfície deformante, mostra que, na primeira fase do ciclo de passada (contato inicial e apoio médio, de 0-30% do ciclo de passada) as crianças não apresentaram diferenças do movimento angular apenas entre as coletas 1-4, 5-7 e 6-7. Em todas as outras apresentaram nível de significância a partir de  $p \leq 0,003$ .

Considerando as curvas angulares desta fase (Fig. 13), observamos que durante as primeiras coletas as crianças mantiveram o joelho menos flexionado, e ao longo do tempo este padrão foi alterado, porém sem a apresentação da flexão do joelho para a absorção do impacto durante o contato inicial e apoio médio (resposta à carga).

**Figura 13 –** Movimento angular do joelho (sagital) na superfície deformante (d) durante as 8 coletas. As setas indicam as coletas que não apresentaram diferença estatisticamente significante ( $p \geq 0,05$ ).



\* houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre todas as coletas.

Durante o segundo momento da curva do ciclo de passada, em que ocorre a flexão do joelho nas fases de pré-balanço e balanço inicial (31-60% do ciclo de passada) não houve diferença significante apenas entre as coletas 2 e 4 ( $p \geq 0,001$ ). De forma geral os valores de flexão do joelho foram menores para as coletas 1, 2, 3 e 4 (Fig.13).

No terceiro momento da curva angular do joelho (61-90% do ciclo de passada), em que ocorre a extensão do joelho a partir do balanço médio até o balanço terminal, diferenças significativas foram observadas entre as coletas 1-2, 1-3, 1-5, 1-6, 1-7, 1-8, 2-3, 2-4, 2-7, 2-8, 3-4, 3-5, 3-6, 3-8, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8, 5-6, 5-7, 5-8, 6-7, 6-8 e 7-8 com  $p \geq 0,001$ .

No último momento de análise da curva angular de joelho (91-100% do ciclo de passada) houve diferença significativa entre todas as coletas ( $p \geq 0,001$ ), o que mostra que o tempo decorrido entre as coletas apresentou influência sobre o movimento angular do joelho durante o balanço terminal e toque do pé no solo.

Considerando estas análises, observamos que, nas quatro primeiras coletas as crianças variaram menos os valores angulares do joelho, representando assim, um congelamento dos graus de liberdade na superfície deformante.

### 5.2.3 Superfície Rígida x Superfície Deformante

O cálculo do tamanho do efeito das superfícies sobre o movimento angular do joelho das crianças, mostrou que, houve um alto efeito da superfície deformante sobre a superfície rígida nas coletas 2, 3 e 5, demonstrando assim, que a superfície deformante foi uma restrição capaz de alterar o movimento angular do joelho das crianças.

Nas coletas 1, 6, 7 e 8 a classificação do tamanho do efeito foi média, ou seja, as modificações ocorridas foram menores do que as encontradas nas coletas 2, 3 e 5.

Apenas na coleta 4 não houve efeito (efeito baixo) da superfície sobre o movimento angular dos joelhos das crianças, ou seja, tanto na superfície rígida, como na superfície deformante, as crianças apresentaram o mesmo movimento angular de joelho.

**Tabela 3** – Média e desvio-padrão do ângulo do joelho nas superfícies rígida (r) e deformante (d) durante as 8 coletas, com os valores e classificação do tamanho de efeito ( $d'$ ).

Superfície	Média	DP	Superfície	Média	DP	$d'$	Classificação
r1	227,78	3,89	d1	224,10	4,42	0,53	médio
r2	209,37	4,53	d2	244,27	6,22	1,8	alto
r3	235,07	4,40	d3	252,01	5,23	0,81	alto
r4	245,13	4,16	d4	235,90	5,23	0,09	baixo
r5	237,56	2,79	d5	255,33	6,09	0,77	alto
r6	247,67	3,67	d6	254,09	6,11	0,44	médio
r7	244,54	3,14	d7	257,64	6,49	0,64	médio
r8	247,73	4,71	d8	256,63	4,82	0,42	médio

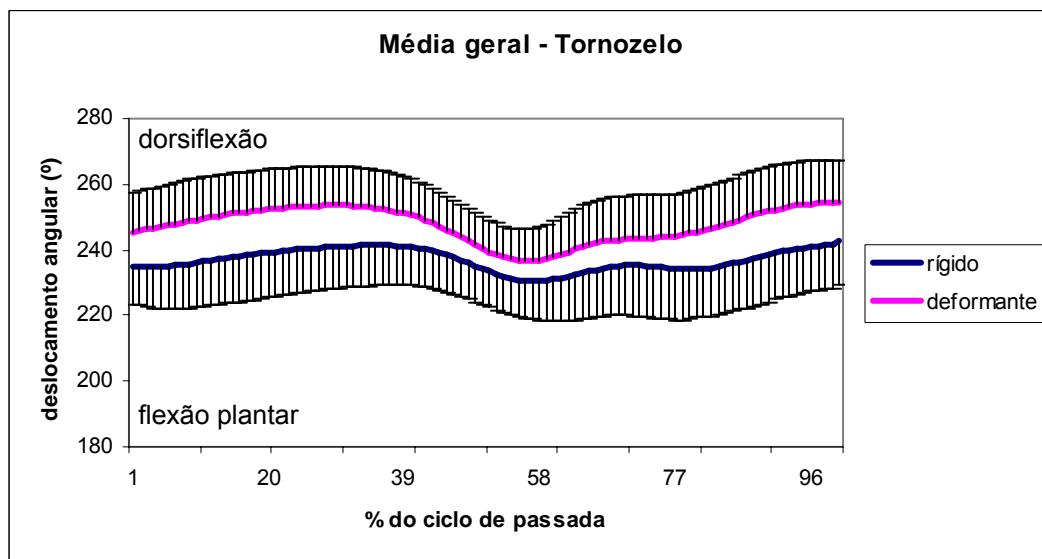
### 5.3 ANÁLISE DO MOVIMENTO ANGULAR DE TORNOZELO

Através da análise descritiva dos dados, podemos observar que a média do movimento angular de tornozelo entre as coletas foi maior em todos os momentos na superfície deformante, com DP médio de 12,05, enquanto que o DP da superfície rígida foi de 13,26 (Fig.14).

Considerando a posição neutra do tornozelo de um adulto, e a localização dos pontos anatômicos utilizados no presente estudo, no momento em que há o contato do pé com o solo o tornozelo encontra-se em aproximadamente 260º. Observando estes valores, podemos considerar que, para ambas as superfícies as crianças permaneceram com o pé em flexão plantar (caminhar na ponta dos pés) na maior parte do tempo do ciclo de marcha.

Na superfície deformante, apenas nas fases de pré-balânço e balanço final é que as crianças apresentam valores próximos ao que seria da posição neutra do tornozelo. Na superfície rígida as crianças permanecem com o pé em flexão plantar durante todo o ciclo de passada, o que pode caracterizar a marcha sobre as pontas dos pés.

**Figura 14** – Resultado dos valores médios e DP das oito coletas entre todos os sujeitos formando a curva angular do tornozelo nas duas condições de superfície.



Para uma análise mais detalhada do movimento angular do tornozelo, comparações estatísticas foram realizadas dos quatro principais momentos da curva angular entre as oito coletas, como se segue.

### 5.3.1 Superfície Rígida – entre Coletas

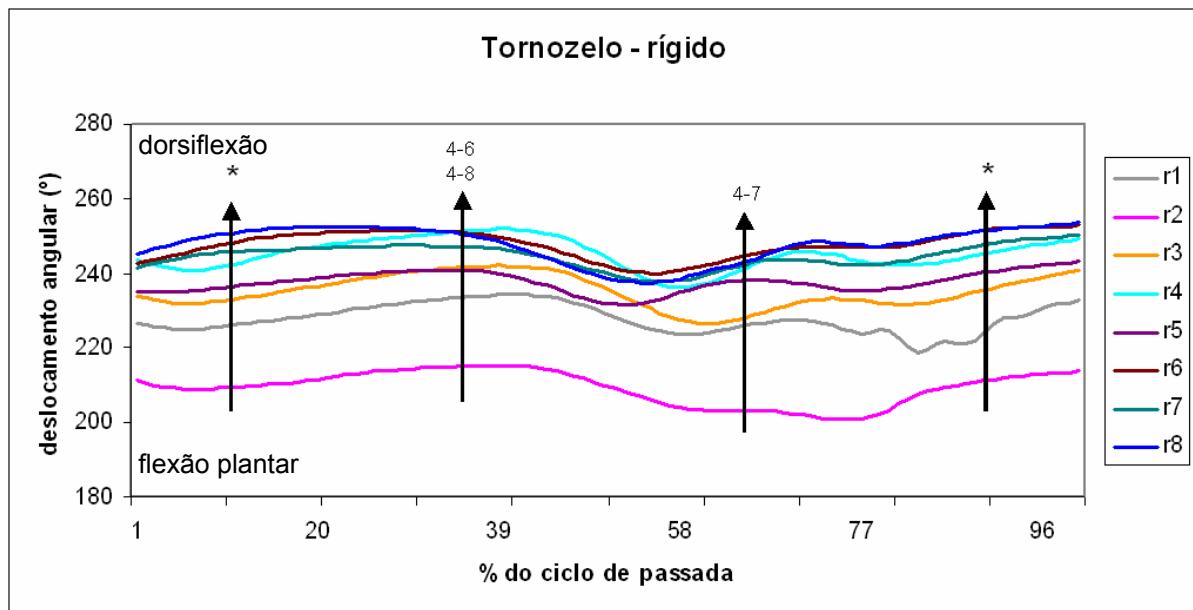
Conforme descrito pela literatura (PERRY, 2005), a curva angular do tornozelo apresenta quatro picos de movimento durante um ciclo de passada.

O primeiro pico de movimento analisado é caracterizado pelas fases de contato inicial do pé, com ligeira flexão plantar até que todo o pé se apóie ao solo (0-20% do ciclo de passada). Considerando as características do presente estudo, durante o momento do contato inicial do pé com o solo, o pé em posição neutra deveria apresentar uma angulação de aproximadamente 260°, e de acordo com esta observação segue-se as análises.

De acordo com os resultados observados, diferenças significativas foram apresentadas entre todas as coletas neste primeiro pico de movimento ( $p \leq 0,001$ ). Como podemos observar, o movimento angular na figura 15 mostra que em todas as coletas as crianças permaneceram com o tornozelo em flexão plantar,

sendo maior nas quatro primeiras coletas, em relação as quatro ultimas, o que caracteriza um contato realizado com a ponta dos pés.

**Figura 15 –** Movimento angular do tornozelo (sagital) na superfície rígida (r) durante as 8 coletas. As setas indicam as coletas que não apresentaram diferença estatisticamente significante ( $p \geq 0,05$ ).



\* houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre todas as coletas.

Durante o segundo pico de movimento onde deveria ocorrer a dorsiflexão do pé nas fases de apoio médio e apoio terminal (20-50% do ciclo de passada), não foram apresentadas diferenças significativas apenas entre as coletas 4-6 e 4-8. Em todas as outras coletas apresentaram diferenças significativas entre si ( $p \leq 0,003$ ). Esta característica representa que as crianças permaneceram com os pés apoiados apenas com as pontas no solo durante a fase de apoio.

No terceiro pico de movimento da curva angular do tornozelo, é onde ocorre a flexão plantar na fase de pré-balânco e volta a dorsiflexão durante as fases de balanço inicial e balanço médio (51-80% do ciclo de passada). Os resultados da comparação deste pico de movimento entre as coletas mostraram que houve diferenças significativas entre quase todas as coletas ( $p \leq 0,002$ ), com exceção apenas das coletas 4 e 7, e de acordo com os valores angulares, as crianças apresentaram uma pequena flexão plantar para a fase de pré-balânco voltando a posição anterior, sem apresentar dorsiflexão.

Ao observar o quarto pico de movimento do tornozelo, onde ocorre a fase de balanço terminal e contato do pé no solo (81-100% do ciclo de passada), o pé deveria apresentar uma posição caracterizada como neutra (aproximadamente 260°), mas como podemos observar nos resultados do presente estudo, as crianças permanecem em flexão plantar, apresentando diferenças significativas entre todas as coletas durante este pico ( $p \leq 0,006$ ).

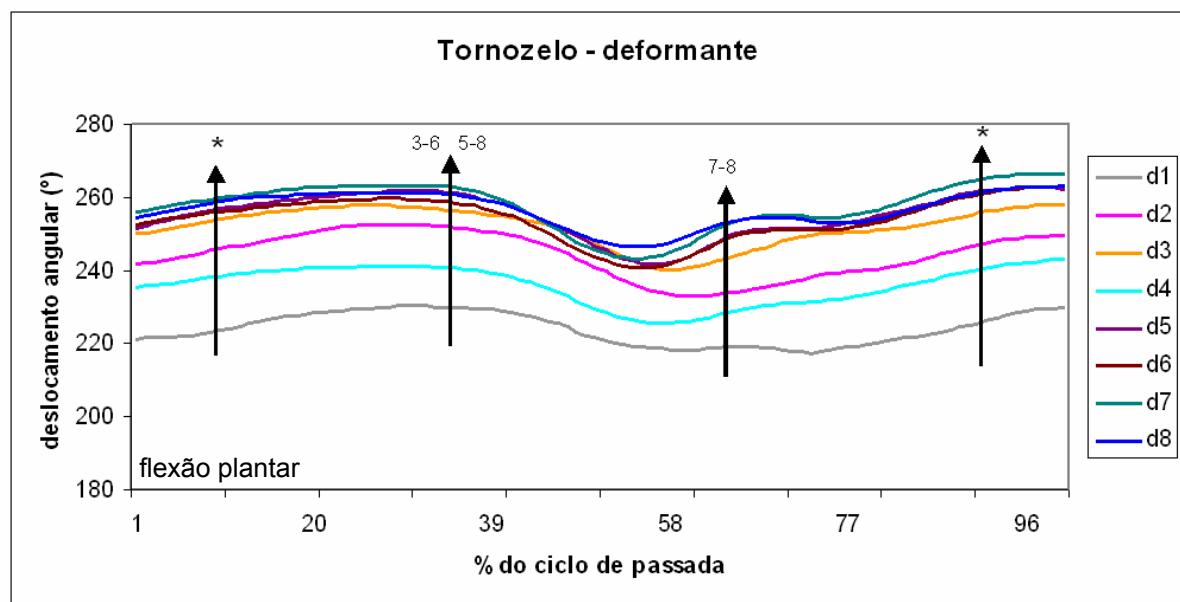
De acordo com estas características, podemos considerar que na superfície rígida as crianças realizaram todo o ciclo de passada sobre a ponta dos pés.

### 5.3.2 Superfície Deformante – entre Coletas

Assim como na superfície rígida, na superfície deformante foram considerados quatro picos de movimento do tornozelo para as análises estatísticas.

No início do ciclo de passada, durante o primeiro pico de movimento, que ocorre entre 0-20% do ciclo de passada. Assim como na superfície rígida, na superfície deformante, as crianças realizaram o contato inicial do pé com o solo com a ponta dos pés.

**Figura 16** – Movimento angular do tornozelo (sagital) na superfície deformante (d) durante as 8 coletas. As setas indicam as coletas que não apresentaram diferença estatisticamente significante ( $p \geq 0,05$ ).



\* houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre todas as coletas.

Durante o segundo pico de movimento, caracterizado pela dorsiflexão nas fases de apoio médio e apoio terminal (21-50% do ciclo de passada), diferenças significativas foram encontradas entre as coletas 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7, 1-8, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8, 3-4, 3-5, 3-7, 3-8, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8, 5-6, 5-7, 6-7, 6-8 e 7-8, todas com  $p \leq 0,02$ . Uma característica importante de se observar é que apenas nas últimas coletas, os valores se aproximam a 260º, o que caracteriza a posição neutra do pé durante a fase de apoio.

O terceiro pico de movimento considerado na curva angular do tornozelo (51-80% do ciclo de passada) mostra que não houve diferença estatística apenas entre as coletas 7 e 8, tendo todas as outras um nível de significância de  $p \leq 0,002$ , o que demonstra que na fase em que ocorre a flexão plantar durante o pré-balânço, seguido pela dorsiflexão durante o balanço inicial e balanço médio o movimento angular apresentado entre as coletas foi bastante variável, especialmente entre as quatro primeiras coletas.

No último pico de movimento apresentado pelo tornozelo, durante o ciclo de passada, onde o pé termina a dorsiflexão e se posiciona em neutro para que haja um novo contato do pé no solo, diferenças significativas foram encontradas entre todas as coletas ( $p \leq 0,006$ ). Como podemos observar na figura 16 apenas nas coletas 5, 6, 7 e 8 é que os valores angulares se aproximam de 260º considerado para a posição neutra dos pés.

### 5.3.3 Superfície Rígida x Superfície Deformante

De acordo com a análise do tamanho do efeito, observamos que em todas as coletas houve um efeito alto da superfície deformante sobre o movimento angular do tornozelo (Tab. 4), o que demonstra que a superfície deformante foi uma restrição capaz de modificar o movimento angular do tornozelo durante as oito coletas.

Esta característica demonstra que na superfície deformante as crianças pisavam diferente da superfície rígida em todas as coletas, o que permite concluir que, a superfície deformante foi extremamente restritiva ao movimento angular do tornozelo durante a aquisição da marcha independente de crianças.

**Tabela 4 –** Média e desvio-padrão do ângulo do quadril nas superfícies rígida (r) e deformante (d) durante as 8 coletas, com os valores e classificação do tamanho de efeito ( $\delta$ ).

Superfície	Média	DP	Superfície	Média	DP	$\delta$	Classificação
r1	227,78	3,89	d1	224,10	4,42	0,87	alto
r2	209,37	4,53	d2	244,27	6,22	6,44	alto
r3	235,07	4,40	d3	252,01	5,23	3,56	alto
r4	245,13	4,16	d4	235,90	5,23	1,96	alto
r5	237,56	2,79	d5	255,33	6,09	3,82	alto
r6	247,67	3,67	d6	254,09	6,11	1,27	alto
r7	244,54	3,14	d7	257,64	6,49	2,60	alto
r8	247,73	4,71	d8	256,63	4,82	1,87	alto

## 6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve por objetivo analisar e descrever o movimento angular do quadril, joelho e tornozelo durante a aquisição da marcha independente sob diferentes condições de superfícies. A partir dos resultados obtidos, verificamos que, mudanças significativas foram observadas durante a aquisição da marcha independente de crianças entre as condições de superfície rígida e deformante, e entre o tempo decorrido entre as coletas.

Sendo assim, a discussão que se segue, apresenta as características observadas no padrão de marcha das crianças nas superfícies rígida e deformante, e durante o tempo decorrido entre as coletas.

### 6.1 MOVIMENTO ANGULAR DO QUADRIL, JOELHO E TORNOZELO NAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE RÍGIDA E SUPERFÍCIE DEFORMANTE

As avaliações em relação às diferenças apresentadas entre as superfícies, calculadas através do tamanho do efeito ( $\delta$  de Cohen), mostraram que em quase todas as coletas, houve o efeito da superfície sobre o movimento angular do quadril, joelho e especialmente sobre o tornozelo. Isso demonstra que a utilização da superfície deformante como superfície restritiva, foi uma estratégia eficiente, para que ocorresse a modificação do padrão da marcha das crianças.

De forma geral, na superfície deformante as crianças flexionaram mais o quadril e joelhos, e mantiveram o pé em menor flexão plantar, quando comparado a superfície rígida.

Deve-se destacar que a organização do padrão da marcha das crianças na superfície deformante, quando comparado à superfície rígida, apresentou-se menos variável entre as coletas, nas três articulações em questão. Esta característica observada na superfície deformante pode ser explicada, pelo fato das crianças voltarem a apresentar padrões considerados mais rudimentares da marcha, como a maior flexão de quadril e joelho, além da menor flexão plantar do tornozelo.

Tal afirmação pode ser confirmada com os dados obtidos no trabalho de Próspero (2008), visto que as mesmas crianças do presente estudo foram avaliadas em relação ao comprimento de passada e movimento angular do

antebraço. De acordo com os resultados, as crianças apresentaram valores significativamente menores do comprimento de passada e do ângulo do antebraço na superfície deformante. Esses dados reforçam a característica de que na superfície deformante, as crianças organizam suas ações com padrões mais rudimentares, diferentes dos apresentados na superfície rígida.

É importante frisar que há poucos estudos em que os movimentos angulares de membros inferiores são analisados, sob a luz do efeito das restrições, durante o início da marcha independente de crianças com desenvolvimento típico. Dessa maneira, os estudos apresentados aqui fazem referência às características da marcha de crianças, adultos e idosos.

O estudo que mais se assemelha ao realizado no presente estudo, foi o conduzido por Hallemans, De Clercq e Aerts (2006), no qual os autores avaliaram o desenvolvimento de 10 crianças nos primeiros cinco meses, após a aquisição da marcha independente, considerando características espaço temporais e cinemáticas da marcha. No início das coletas, realizadas em superfície plana e rígida, as crianças apresentaram maior flexão do quadril e joelho, e menor flexão plantar de tornozelo no início das coletas, alterando para, maior extensão do quadril e joelho durante a posição de apoio nas últimas coletas. Estes dados coincidem com os apresentados em nosso estudo, também apresentando padrões inconsistentes de marcha durante as coletas.

Estes mesmos autores verificaram a ausência da flexão do tornozelo após o toque do pé no solo, para a absorção do impacto, corroborando com os resultados do presente estudo, onde apenas na superfície rígida, a partir da quarta coleta, foi possível identificar uma leve flexão do joelho nesta fase do ciclo de passada (HALLEMANS; DE CLERCQ; AERTS, 2006).

Oliveira (2009) avaliou em seu estudo as características da marcha, em solo estável e solo instável, de 24 crianças, com idade de 8 a 10 anos. Como forma de análise dos ângulos do quadril, joelho e tornozelo, a autora utilizou-se de valores da amplitude angular das referidas articulações, e encontrou diferença significativa entre as superfícies, apresentando uma diminuição da amplitude angular no solo instável. Esses dados corroboram com os encontrados no presente estudo, no qual as crianças flexionaram mais o quadril e joelho, mantendo, também, uma menor flexão-plantar do tornozelo na superfície deformante, quando comparada à

superfície rígida. Da mesma maneira, a autora sugere que as crianças assumem uma atitude mais conservadora de padrão de marcha em solo instável.

Chester, Tingley e Biden (2006) observaram em seu estudo as diferenças relacionadas à idade, nos parâmetros cinemáticos e cinéticos da marcha em crianças de 3 a 13 anos de idade e observaram que, em relação ao movimento angular de quadril, joelho ou tornozelo, não houve diferença significativa entre nenhum dos grupos etários. No grupo de 3 a 4 anos de idade, houve um aumento de flexão de quadril e joelho, assim como de flexão plantar do tornozelo durante a fase de balanço, além de um atraso temporal no pico das curvas em comparação às crianças mais velhas, porém, nenhuma destas tendências atingiu significância estatística. O resultado das crianças de 3 a 4 anos assemelham-se às características apresentadas pelas crianças do presente estudo nas primeiras coletas, como maior flexão do quadril e joelho.

Alguns estudos tem se utilizado de variações na velocidade da marcha para analisar as alterações no padrão de organização. Van der Linden, Kerr, Hazlewood e colaboradores (2002) avaliaram 36 crianças de 8 a 11 anos de idade durante a marcha independente em cinco velocidades diferentes e verificaram que, para as velocidades mais lentas, foram encontradas diferenças significativas com maior flexão do quadril e joelho, e maior dorsiflexão do tornozelo.

Por outro lado, Roislien, Skare, Gustavsen e colaboradores (2009) buscaram verificar o efeito do sexo, idade e velocidade da marcha simultaneamente. Os autores avaliaram cinematicamente, 48 adultos (com idade média de 40,5 anos) e identificaram que as mulheres apresentaram maior flexão plantar de tornozelo na fase de pré-balanço e maior flexão do joelho durante a fase de balanço quando comparadas aos homens. Com relação à velocidade, diferenças significativas foram observadas, durante o aumento da velocidade com o aumento da dorsiflexão do tornozelo durante o contato inicial com o solo e maior flexão plantar do tornozelo na fase de pré-balanço.

Van Hedel, Tomatis e Müller (2006) analisaram o movimento angular de quadril, joelho e tornozelo de 20 adultos saudáveis caminhando em dez velocidades diferentes, com o peso do corpo suspenso. Os resultados indicaram alterações na amplitude dos movimentos angulares do quadril e joelho na medida em que aumentou a velocidade, apresentando maiores picos de flexão. Além disso,

foi observado, também, alterações no movimento de tornozelo em todas as velocidades.

Os resultados destes estudos podem relacionar-se aos encontrados no presente estudo no que diz respeito às mudanças que ocorrem na marcha de acordo com o aumento da velocidade. Esta variável não foi analisada no presente estudo, mas a literatura aponta diferenças significativas no aumento da velocidade de crianças durante a aquisição da marcha independente (SUTHERLAND et al., 1980; THELEN, 1986; THELEN; ULRICH, 1991; BRIL; BRENIÈRE, 1992; BRIL; LEDEBT, 1998; WU et al., 2007).

Outro estudo encontrado na literatura (HALLEMANS et al., 2009) que buscou verificar se a privação visual, acarretaria em adaptações do padrão de marcha de crianças e adultos, e encontraram que a privação visual teve um efeito significativo no padrão da marcha de crianças e adultos, apresentando aumento da flexão do joelho e menor dorsiflexão do tornozelo quando caminhando de olhos fechados. Interessante notar que, ao serem submetidos a uma instabilidade, seja de qual ordem for, o padrão de marcha, independente de ser adulto ou criança, apresentam alterações similares às apresentadas pelas crianças do presente estudo, retornando a um padrão mais rudimentar de organização, refletido no aumento da flexão, parecendo adotar um padrão mais confortável e seguro de locomoção.

McMillan, Pulver, Collier e Williams (2010) verificaram em seu estudo o padrão de marcha de 36 adolescentes, obesos e não obesos, e encontraram que os adolescentes obesos apresentaram uma flexão de joelho significativamente menor durante o contato inicial e final do pé. O quadril permaneceu menos flexionado no contato inicial e a flexão foi significativamente maior durante a posição final.

Assim, como pode ser observado, todos os estudos em que buscaram alterar o padrão da marcha tanto de crianças como de jovens, mostraram que os indivíduos apresentam, de alguma maneira, padrões mais rudimentares da marcha, quando em situação instável, seja no colchonete, em diferentes velocidades, sem visão, obesos, etc. Mas, o mais interessante é que esse padrão acontece a partir de um ano de idade, estendendo-se aos adultos. No final, o comportamento mais frequente quando em ambiente instável, é o aumento da flexão do quadril e joelho, além da menor flexão plantar de tornozelo durante a marcha na

superfície deformante, conforme o encontrado em nosso estudo. Novamente, ressalta-se que esses padrões de organização compreendem aspectos rudimentares da marcha.

Vale ressaltar que, outras características que estão relacionadas diretamente ao padrão de marcha, não foram avaliadas no presente estudo, como o peso e estatura das crianças. Estas características estão apresentadas na tabela 1, o que permite identificar que as crianças também sofreram o efeito das dimensões corporais durante a aquisição da marcha, porém não foram controladas nas avaliações.

Com base nisto, podemos sugerir que a utilização de diferentes superfícies restritivas, como forma de intervenção durante o processo de aquisição da marcha independente, pode ser uma estratégia eficiente para a avaliação da marcha.

## 6.2 MOVIMENTO ANGULAR DO QUADRIL, JOELHO E TORNOZELO AO LONGO DO PERÍODO DE COLETAS

Observando as características dos movimentos angulares das articulações do quadril, joelho e tornozelo, podemos identificar que com o passar do tempo, durante o período de coletas, mudanças significativas foram observadas em todos os momentos das fases do ciclo da marcha, tanto para a articulação do quadril, quanto do joelho e tornozelo.

Nas coletas iniciais, as crianças permaneceram com o quadril mais flexionado, o joelho mais estendido e o tornozelo com maior flexão plantar durante toda a passada. Com o passar do tempo, as crianças estenderam o quadril, passaram a apresentar uma leve flexão do joelho durante a fase de contato com o solo, considerado uma característica do padrão maduro de marcha, e o tornozelo passou a apresentar dorsiflexão.

Os resultados, portanto, indicam alterações no comportamento da marcha em todas as variáveis. Parte desses resultados corrobora com o estudo de Sutherland e colaboradores (1980), no qual, avaliaram 186 crianças com desenvolvimento típico, entre um e sete anos de idade, considerando dados cinemáticos e cinéticos da marcha. As coletas foram feitas transversalmente, e os grupos, eram constituídos por crianças de acordo com sua faixa etária. Os autores

observaram que os valores do movimento angular do quadril, joelho e tornozelo da marcha das crianças de um ano de idade, quando comparados ao padrão de adultos, apresentavam diferenças mais evidentes do que quando comparados ao padrão de marcha de crianças de dois anos de idade. Características como, manter o quadril mais flexionado durante a fase de balanço, o joelho mais flexionado durante a fase de apoio e o tornozelo em flexão plantar durante o contato do pé com o solo, foram observadas mais claramente nas crianças de um ano, quando comparado aos adultos.

Considerando estes achados, apenas o movimento angular do joelho das crianças não coaduna com os resultados encontrados no presente estudo, uma vez que as crianças permaneceram com os joelhos mais estendidos durante as primeiras coletas, nas duas condições de superfície. Talvez esse padrão possa ser explicado devido ao tempo decorrido entre as coletas do presente estudo, e o estudo citado, onde, apenas os quatro primeiros meses do início da marcha mostra-se diferente do padrão médio da marcha de crianças com um ano de idade. Essa falta de flexão do joelho durante o contato do pé no solo nas primeiras coletas, de acordo com Sutherland e colaboradores (1980), pode estar relacionada à falta de força dos músculos flexores plantares do tornozelo.

Em outro estudo com as variáveis relacionadas, Hennessy, Dixon e Simon (1984) avaliaram 65 crianças africanas, com idades entre 13 e 69 meses, durante a marcha independente, e encontraram que, houve uma extensão dos ângulos articulares do quadril, joelho e tornozelo de acordo com a idade, e que o toque inicial com o tornozelo foi observado principalmente nas crianças com mais de 30 meses de idade, o que vai ao encontro dos resultados apresentados no presente estudo, porém com resultados mais expressivos, em razão da amplitude de idade ser maior a de nossa amostra.

Outro estudo realizado por Grimshaw, Marques-Bruna, Salo e Messenger (1998) corrobora com os achados do presente estudo, no qual observa que crianças de 10 a 24 meses, iniciantes da marcha, apresentam uma maior flexão do quadril no início da marcha, quando comparado às coletas de duas crianças que foram feitas, sete e oito meses após as primeiras coletas. No entanto, diverge em relação ao movimento do joelho, destacando que os mesmos permaneceram flexionados durante todo o ciclo da marcha, com flexão maior do que ocorrem imediatamente após o impacto do calcanhar.

Quando se analisa crianças mais velhas, Ganley e Powers (2005) puderam observar em seu estudo, no qual foi avaliado as características cinemáticas e cinéticas da marcha de crianças de 7 anos de idade comparados aos adultos, utilizando-se de dados antropométricos referentes à idade como base dos cálculos, os autores, verificaram que, não houve diferença significativa do movimento angular de quadril, joelho e tornozelo entre os grupos, levando-os a concluir que aos sete anos de idade as crianças já apresentam a marcha com padrão maduro.

Todos esses trabalhos apresentam dados semelhantes aos encontrados no presente estudo, onde, verificaram que, mudanças significativas foram observadas ao longo do tempo no padrão de marcha de crianças.

## 7 CONCLUSÃO

Ao analisar o padrão da marcha independente de crianças iniciantes na marcha, através da utilização de diferentes superfícies (superfície rígida e superfície deformante) foi possível identificar que as crianças apresentaram diferenças significativas em relação à superfície e ao tempo decorrido entre as coletas.

De forma geral, na superfície deformante, as crianças permaneceram com o quadril e joelhos mais flexionados e tornozelo com menor flexão plantar durante todo o ciclo de passada, quando comparado à superfície rígida.

Quando observado os valores angulares do quadril, joelho e tornozelo, com o desvio-padrão em cada superfície, observamos uma maior variação dos valores angulares na condição de superfície deformante, comparado à superfície rígida, o que pode estar relacionado, à inconsistência do padrão de marcha durante o período de aquisição, como já citado por outros autores.

Vale ressaltar a necessidade de mais estudos, que busquem verificar o efeito de diferentes condições restritivas no movimento angular durante a marcha de crianças, assim como, a velocidade da marcha, comprimento de passada, estatura, peso, largura da passada, entre outras.

Os resultados deste estudo, assim como de outros autores, demonstraram que a utilização de tarefas restritivas, são eficientes na identificação de novas estratégias do padrão de marcha das crianças, esclarecendo um pouco mais sobre tais alterações e magnitudes de influências.

Sendo assim, sugere-se que novos estudos sejam realizados, ampliando tais variáveis ou buscando analisar comportamentos de crianças ainda mais novas, com menos experiência da marcha.

## REFERÊNCIAS

- ADOLPH, K. E. Psychophysical assessment of toddler's ability to cope with slopes. **Journal of Experimental Psychology. Human Perception Performance**, v. 21, n. 4, p. 734-790, 1995.
- ADOLPH, K. E. Learning in the development of infant locomotion. **Monographs of the Society for Research in Child Development**, Serial n. 251, v. 62, n. 3, p. 1-163, 1997.
- ADOLPH, K. E.; AVOLIO, A. M. Walking infants adapt locomotion to changing body dimensions. **Journal of Experimental Psychology**, v. 26, n. 3, p. 1148-1166, 2000.
- ADOLPH, K. E. Learning to keep balance. **Advances in Child Development and Behavior**, v. 30, p. 1-40, 2002.
- ADOLPH, K. E; VEREJKEN, B.; SHROUT, P. E. What changes in infant walking and why. **Child Development**, v. 74, n. 2, p. 475-497, 2003.
- ANDRADE, V. M. **Efeito da restrição da tarefa na velocidade e comprimento de passada durante a marcha independente de crianças com Síndrome de Down**. 2008. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Educação Física, Centro de Educação Física e Esporte) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.
- CASTRO, Andrade de V. M; PRÓSPERO, V. G. M; MARTINS, R. M; MARQUES, I. Efeito da restrição da tarefa durante a marcha independente de crianças com síndrome de Down e desenvolvimento típico. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 6, n. 1, p. 37-44, 2011.
- ANGULO-BARROSO, R. M; WU, J.; ULRICH, D. A. Long-term effect of different treadmill interventions on gait development in new walkers with down syndrome. **Gait and Posture**, v. 27, p. 231-238, 2008.
- BRIL, B; BRENIÈRE, Y. Postural requirements and progression velocity in young walkers. **Journal of Motor Behavior**, v. 24, n. 1, p.105-115, 1992.
- BRIL, B; BRENIÈRE, Y. Posture and independent locomotion in early childhood: learning to walk or learning dynamic postural control? In: SALVESBERG, G. **The development of co-ordination in infancy**. Amsterdam: Elsevier, 1993.
- BRIL, B; LEDEBT, A. Head coordination as a means to assist sensory integration in learning to walk. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 22, n. 4, p. 555-563, 1998.
- BURNETT, C. N; JOHNSON, E. W. Development of gait in childhood. Part II. **Development Medicine and Child Neurology**, v. 13, p. 207-212, 1971.

- CARNEIRO, L. C; HAUPENTHAL, A; SCHÜTZ, G. R; SOUZA, P.V; TAVARES, G. M. S.; ROESLER, H. Características cinemáticas e dinamométricas da marcha de crianças em ambiente aquático. **Fisioterapia e Movimento**, Curitiba, v. 22, n. 3, p. 427-438, jul./set. 2009.
- CHANG, M. D; SHAIKH, S; CHAU, T. Effect of treadmill walking on the stride interval dynamics of human gait. **Gait and Posture**, v. 30, p. 431-435, 2009.
- CHESTER, V. L; TINGLEY, M; BIDEN, E. N. Age-related differences in gait kinetics. **Clinical Biomechanics**, v. 21, n. 7, p. 726-732, 2006.
- CHESTER, V. L; TINGLEY, M; BIDEN, E. N. A comparison of kinetic gait parameters for 3-13 Year Olds. **Clinical Biomechanics**, v. 21, p. 726-732, 2006.
- CHESTER, V. L; WRIGLEY, A. T. The identification of age-related differences in kinetic gait parameters using principal component analysis. **Clinical Biomechanics**, v. 23, p. 212-220, 2008.
- CLARK, J. E; WHITALL, J; PHILLIPS, S. J. Human interlimb coordination: the first 6 months of independent walking. **Development Psychobiology**, v. 21, p. 445-456, 1998.
- COZZANI, M. V.; MAUERBERG-DECASTRO, E. Estratégias adaptativas durante o andar na presença de obstáculos em idosos: impacto da institucionalização e da condição física. **Revista Brasileira de Educação Física e Esportes**, v. 1, n. 19, p. 49-60, 2005.
- CUPP, T; OEFFINGER, D; TYLKOWSKI, C; AUGSBURGER, S. Age-related kinetic changes in normal pediatrics. **Journal of Pediatric Orthopedics**, v. 19, p. 475-478, 1999.
- DIOP, M; RAHMANI, A.; CALMELS, P.; GAUTHERON, V.; BELLI, A.; GEYSSANT, A.; COTTALORDA, J. Influence of speed variation and age on the intrasubject variability of ground reaction forces and spatiotemporal parameters of children's normal gait. **Annales de Réadaptation et de Médecine Physique**, v. 47, n. 2, p. 72-80, 2004.
- ELFTMAN, H. The function of the arms in walking. **Human Biology**, v. 11, p. 529-536, 1939.
- GANLEY, K. J; POWERS, C. M. Determination of lower extremity anthropometric parameters using dual energy X-ray absorptiometry: the influence on net joint moments during gait. **Clinical Biomechanics**, v. 19, p. 50-56, 2005.
- GOBBI, L. T. B.; PATLA, A. Desenvolvimento da locomoção em terrenos irregulares: proposta de um modelo teórico. In: PELLEGRINI, A. M. **Coletânea de estudos: comportamento motor I**. São Paulo: Movimento, 1997.
- GOBBI, L. T. B.; SECCO, C. R.; MARINS, F. H. P. Influências da lateralidade na locomoção sobre obstáculos. In: QUEVEDO, A. A. F. de Oliveira Jr.; MANTOAN, Tem (Org.). **Mobilidade e comunicação**: desafios à tecnologia e à inclusão social. Campinas: WVA, 1999.

- GOBBI, L. T. B.; MENUCHI, M. T. P.; UEHARA, E. T.; SILVA, J. J. Influência da informação exproprioceptiva em tarefa locomotora com alta demanda de equilíbrio em crianças. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. Brasília, v. 11, n. 4, p. 79-86, out./dez. 2003.
- GRIMSHAW, P. N.; MARQUES-BRUNA, P.; SALO, A.; MESSENGER, N. The 3-dimensional kinematics of the walking gait cycle of children aged between 10 and 24 months: cross sectional and repeated measures. **Gait and Posture**, v. 7, p. 7-15, 1998.
- HALLEMANS, A.; DE CLERCQ, D.; AERTS, P. Changes in 3D joint dynamics during the first 5 months after the onset of independent walking: a longitudinal follow-up study. **Gait and Posture**, v. 24, n. 3, p. 270-279, 2006.
- HALLEMANS, A.; BECCU, S.; VAN LOOCK, K.; ORTIBUS, E.; TRUIJEN, S.; AERTS, P. Visual deprivation leads to gait adaptations that are age- and context-specific: II Kinematic parameters. **Gait and Posture**, v. 30, n. 3, p. 307-311, 2009.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. São Paulo: Manole, 1999.
- HAYWOOD, K. M.; GETCHELL, N. **Desenvolvimento motor ao longo da vida**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- HENNESSY, M. J.; DIXON, S. D.; SIMON, S. R. The development of gait: a study in African children ages one to five. **Child Development**, v. 55, p. 844-853, 1984.
- INMAN, V.; RALSTON, H.; TODD, F. A locomoção humana. In: ROSE, J.; GAMBLE, J. **Marcha humana**. 2. ed. Baltimore: Willians e Wilkins, 1998.
- KANG, H. G.; DINGWELL, J. B. Separating the effects of age and walking speed on gait variability. **Gait and Posture**, v. 27, p. 572-577, 2008.
- LEDEBT, A. Changes in arm posture during the early acquisition of walking. **Infant Behavior & Development**, v. 23, p. 78-79, 2000.
- LEJEUNE, T. M.; WILLEMS, P. A.; HEGLUND, N. C. Mechanics and energetics of human locomotion on sand. **The Journal of Experimental Biology**, v. 201, p. 2071-2080, 1998.
- LIMA, C. B.; SECCO, C. R.; MIYASIKE, V. S.; GOBBI, L. T. B. Equilíbrio dinâmico: Influência das restrições ambientais. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 3, n. 1, p. 83-94, 2001.
- MARQUES, I. **Efeito de restrições da tarefa na habilidade manipulativa de crianças nos primeiros dois anos de vida**. 2003. 324 f. Tese (Doutorado – Escola de Educação Física e Esporte) – Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2003.
- MAUERBERG, de Castro E.; ANGULO-KINZLER, R. M. Locomotor patterns of individuals with Down syndrome: effects of environmental and task constraints. In: WEEKS, D. J.; CHUA, R.; ELLIOT, D. **Perceptual-motor behavior in Down syndrome**. Champaign: Human Kinetics, p. 71-98, 2000.

MAUERBERG-DECASTRO, E.; MORAES, R. Parâmetros psicofísicos e biomecânicos da percepção haptica durante a locomoção em crianças. **Revista Brasileira de Psicologia**, v. 15, p. 373-382, 2002.

McGINNIS, P. M. **Biomecânica do esporte e do exercício**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

McGRAW, M. B. **The neuromuscular maturation of the human infant**. 4. ed. London: Mac Keith Press, 1989.

McMILLAN, A. G.; PULVER, A. M. E.; COLLIER, D. N.; WILLIAMS, D. S. B. Sagittal and frontal plane joint mechanics throughout the stance phase of walking in adolescents who are obese. **Gait and Posture**, v. 32, p. 263-268, 2010.

MICHEL, J.; GROBET, C.; DIETZ, V.; VAN HEDEL, H. J. A. Obstacle stepping in children: task acquisition and performance. **Gait and Posture**, v. 31, p. 341-346, 2010.

MURRAY, M. P. Gait as a total patterns of movement. **American Journal of Physical Medicine**, Printed in U.S.A, v. 46, n. 1, 1967.

NEWELL, K. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M.; WHITING, H. T. A. **Motor development in children**: aspects of control and coordination. Dordrecht: Martinu Nijhoff, 1986.

OEFFINGER, D. J.; AUGSBURGER, M. S.; CUPP, T. Pediatric kinetics: agerelated changes in able-bodied populations. **Gait and Posture**, v. 5, n. 2, p. 155-156, 1997.

OUNPUU, S.; DAVIS, R. B.; DELUCA, P. A. Joint kinetics: methods, interpretation and treatment decision-making in children with cerebral palsy and myelomeningocele. **Gait and Posture**, v. 4, p. 62-78, 1991.

PAULA, A. I.; MAUERBERG, de Castro E.; COZZANI, M. V. Desenvolvimento longitudinal do andar para frente e para trás: impacto da restrição ambiental. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 8, n. 4, p. 73-81, 2006.

PAYNE, V. G.; ISAACS, L. D. **Desenvolvimento motor humano**: uma abordagem vitalícia. Rio de janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

PERRY, J. **Análise de marcha**: marcha normal. São Paulo: Manole, 2005.

PRÓSPERO, V. G. M. **Efeito da restrição da tarefa durante a aquisição da marcha independente**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física – Aquisição e Desempenho de Habilidades Motoras) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

ROISLIEN, J.; SKARE, O.; GUSTAVSEN, M.; BROCH, N. L.; RENNIE, L.; OPHEIM, A. Simultaneous estimation of effects of gender, age and walking speed on kinematic gait data. **Gait and Posture**, v. 30, p. 441-445, 2009.

- ROSE, J.; GAMBLE, J. G. **Marcha**: teoria e prática da locomoção humana. 3. ed. Série Physio: fisioterapia prática. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- SUTHERLAND, D. H.; OLSHEN, R.; COOPER, L.; WOO, S. L. The development of mature gait. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 62, p. 336-353, 1980.
- SUTHERLAND, D. H.; OLSHEN, R. A.; BIDEN, E. N.; WYATT, M. P. **The development of mature walking**. Philadelphia: J. B. Lippincott, 1988.
- SUTHERLAND, D. H.; KAUFMAN, K.; MOITOZA, J. R. Cinemática da marcha humana normal. In: ROSE, J.; GAMBLE, J. G. **Marcha humana**. 2. ed. Premier, p. 23-45, 1998.
- THELEN, E.; FISHER, D. M.; RIDLEY-JOHNSON, R. The relationship between physical growth and a newborn reflex. **Infant Behavior & Development**, Norwood, v. 7, p. 479-493, 1984.
- THELEN, E. Treadmill-elicited stepping in seven-month-old infants. **Child Development**, v. 57, p. 1498-1506, 1986.
- THELEN, E. Motor development: a new synthesis. **American Psychologist**, v. 50, n. 2, p. 79-95, 1995.
- THELEN, E.; ULRICH, B. D.; JENSEN, J. The developmental origins of locomotion. In: WOOLLACOTT, M.; SHUMWAY-COOK, A. **Development of posture and gait across the lifespan**. Columbia: University of South Carolina Press, p. 25-47, 1990.
- THELEN, E.; ULRICH, B. D. Hidden skills: a dynamic systems analysis of treadmill stepping during the first year. **Monographs of the Society for Research in Child Development**, Washington, serial n. 223, v. 56, n. 1, p. 1-103, 1991.
- THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- TIXA, S. **Atlas de anatomia palpatória**: do pescoço, do tronco e do membro superior. 2. ed. São Paulo: Manole, 2009.
- TIXA, S. **Atlas de anatomia palpatória**: do membro inferior. 3. ed. São Paulo: Manole, 2009.
- VAN DER LINDEN, M. L.; KERR, A. M.; HAZLEWOOD, M. E.; HILLMAN, S. J.; ROBB, James E. Kinematic and kinetic gait characteristics of normal children walking at a range of clinically relevant speeds. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v. 22, p. 800-806, 2002.
- VAN HEDEL, H. J. A.; TOMATIS, L.; MÜLLER, R. Modulation of leg muscle activity and gait kinematics by walking speed and bodyweight unloading. **Gait and Posture**, v. 24, p. 35-45, 2006.
- YAGURAMAKI, N.; KIMURA, T. Acquisition of stability and mobility in infant gait. **Gait and Posture**, v. 16, p. 69-77, 2002.

WU, J.; LOOPER, J.; ULRICH, B. D.; ULRICH, D. A.; ANGULO-BARROSO, R. M. Exploring effects of different treadmill interventions on walking onset and gait patterns in infants with Down syndrome. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 49, p. 839-845, 2007.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

### **Este é um convite especial para o seu filho participar voluntariamente do estudo: O EFEITO DAS RESTRIÇÕES DURANTE A AQUISIÇÃO DA MARCHA INDEPENDENTE**

Por favor, leia com atenção as informações abaixo antes de dar seu consentimento para participar ou não do estudo. Qualquer dúvida sobre o estudo ou sobre este documento pergunte ao pesquisador com que você está conversando neste momento.

Nome do (a) Pesquisador(a): Viviani Gusmão Moretto Próspero e Vanessa Mota Andrade

Nome do (a) Orientador (a): Inara Marques

**1. Natureza da Pesquisa:** Esta pesquisa tem característica longitudinal, no qual os participantes serão acompanhados aproximadamente três meses pelo Experimentador para observação da marcha independente perfazendo 8 sessões de análise. A coleta de dados será realizada na Creche do Hospital Universitário de Londrina, de quinze em quinze dias sem nenhum custo para os participantes.

**2. Objetivo da Pesquisa:** Descrever o efeito da restrição da tarefa no comportamento dos segmentos de braços e pernas durante o processo de aquisição da marcha independente.

**3. Participantes da pesquisa:** A pesquisa será composta de 11 bebês que estarão iniciando sua marcha independente.

**4. Envolvimento da pesquisa:** Ao colaborar com a participação de seu filho ou filha no estudo a sra (sr) permitirá que o pesquisador (a) possa trabalhar a marcha independente com seu filho (a) em duas restrições (condição rígida e condição deformante). Sempre que necessitar poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do (a) pesquisador (a) do projeto, (043) 3336 –5907 ou 9108 3855.

**5. Entrevistas:** Os pais terão o compromisso de responder um questionário com algumas perguntas relacionadas à saúde, nascimento, estimulação dadas as crianças em casa, idade, local que moram etc. uma única vez e será realizado no melhor horário marcado pelos pais.

**6. Riscos e desconfortos:** A participação na pesquisa não traz complicações legais e nenhum risco decorrente da participação do projeto. Os procedimentos adotados na pesquisa obedecem aos Critérios de Ética em pesquisa com seres humanos conforme resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Londrina, parecer nº 211/06.

**7. Confidencialidade:** Todas as informações coletadas neste estudo serão estritamente confidenciais. Todas as informações serão somente utilizadas para fins acadêmicos.

**8. Benefícios:** Ao participar desta pesquisa a sra (sr) não terá nenhum benefício direto. Entretanto espera-se que este estudo traga informações importantes sobre o aspecto da marcha independente de bebês, de forma que o conhecimento gerado pela pesquisa colabore para outras pesquisas.

**9. Pagamento:** Eu entendo que não terei nenhuma despesa para participar desta

pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.

**10. Participação voluntária:** A participação do seu filho (a) neste estudo é voluntária, vocês terão plena e total liberdade para desistir do estudo a qualquer momento, sem que isso acarrete qualquer prejuízo a você ou à criança.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para autorizar seu filho (a) a participar desta pesquisa. Portanto, preencha, por favor, os itens que se seguem:

Eu \_\_\_\_\_, RG nº \_\_\_\_\_, responsável legal por \_\_\_\_\_, declaro ter sido informado e concordo com a sua participação, como sujeito, no projeto de pesquisa acima descrito. Fui devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador (a) Viviani G. M. Próspero e Vanessa Mota Andrade sobre os procedimentos, riscos, benefícios decorrente de minha participação.

Tendo em vista os itens acima descritos, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa.

Londrina, .....de .....de 2007.

---

Nome e telefone do Participante da Pesquisa

---

Assinatura do Responsável do Participante da Pesquisa

---

Assinatura do Pesquisador

---

Assinatura do Orientador

**TELEFONES:**

Pesquisador: (43) 3336 5907 (43) 9108 3855

Orientador: (43) 33419663 (43) 9995038

**APÊNDICE B – Ficha de coleta de dados do participante**

**COLETA Nº=**

**FICHA DE COLETA DE DADOS DO PARTICIPANTE**

**Informações das tentativas:**

<u>DATA</u>	<u>SUJEITO</u>	<u>TENTATIVA</u>	<u>CONDICÃO</u>
		<u>1</u>	
		<u>2</u>	
		<u>3</u>	
		<u>1</u>	
		<u>2</u>	
		<u>3</u>	

**COMENTÁRIOS**

**1 - HUMOR:** Bom ( ) Mais/menos ( ) Ruim ( )

**Comentário:** \_\_\_\_\_

---

**2 – Estado de saúde no dia da coleta:** Bom ( ) mais/menos ( ) Ruim ( )

**Comentário:** \_\_\_\_\_

---

**3 – Executou as tentativas com tranqüilidade:**

Sim ( ) mais/menos ( ) Não ( )

**Comentário:** \_\_\_\_\_

---

**4 – Recusou a executar a tarefa:** Sim ( ) mais/menos ( ) Não ( )

**Comentário:** \_\_\_\_\_

---

**5 – Houve queda durante a locomoção:** Sim ( ) Não ( )

**Comentário:** \_\_\_\_\_

---

**6 – Houve dificuldade em deixar os pontos articulares durante a coleta na criança:**

Sim ( ) mais/menos ( ) Não ( )

**Comentário:** \_\_\_\_\_

---

**ANEXO**

**ANEXO A – Parecer do Conselho de Ética de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina**



**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS**

<b>Parecer Nº 211/06 CAAE Nº 0161.1.268.000-06 FOLHA DE ROSTO Nº 98107</b>	<b>Londrina, 23 de agosto de 2006.</b>
--	--

**PESQUISADOR(A): INARA MARQUES**

Ilmo(a) Sr(a),

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina – CEP – UEL – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS , **APROVA** a realização do projeto: **“AQUISIÇÃO DA LOCOMOÇÃO INDEPENDENTE EM CRIANÇAS NORMAIS E COM SÍNDROME DE DOWN: UM ESTUDO LONGITUDINAL SOB O PONTO DE VISTA DAS RESTRIÇÕES DA TAREFA”**.

Informamos que deverá ser comunicado, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa e deverá ser apresentado ao CEP/UEL relatório final da pesquisa.

**Situação do Projeto: APROVADO**

Atenciosamente,

**Profª. Dra. Nilza Maria Diniz**  
 Comitê de Ética em Pesquisa  
 Coordenadora