



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**CARACTERÍSTICAS BIOMECÂNICAS DOS PÉS DURANTE A  
MARCHA DE CRIANÇAS TIPÍCAS E COM SÍNDROME DE DOWN**

**Kelli Cristina de Castro**

**São Carlos 2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**CARACTERÍSTICAS BIOMECÂNICAS DOS PÉS DURANTE A  
MARCHA DE CRIANÇAS TIPÍCAS E COM SÍNDROME DE DOWN**

**Kelli Cristina de Castro**

Dissertação de Mestrado apresentada  
ao Programa de Pós-Graduação em  
Fisioterapia da Universidade Federal  
de São Carlos como requisito parcial  
para obtenção do Título de Mestre em  
Fisioterapia.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paula Hentschel Lobo da Costa**

Projeto desenvolvido com apoio CAPES

**São Carlos 2012**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C355cb Castro, Kelli Cristina de.  
Características biomecânicas dos pés durante a marcha  
de crianças típicas e com síndrome de Down / Kelli Cristina  
de Castro. -- São Carlos : UFSCar, 2012.  
73 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2012.

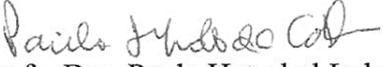
1. Fisioterapia. 2. Biomecânica. 3. Down, Síndrome de. 4.  
Marcha Infantil. I. Título.

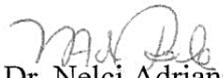
CDD: 615.82 (20ª)

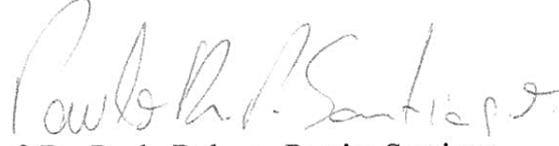
## FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da banca examinadora para defesa de dissertação de mestrado de Kelli Cristina de Castro apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, em 24 de outubro de 2012.

Banca Examinadora:

  
Prof. Dra. Paula Hetschel Lobo da Costa  
(UFSCar)

  
Prof. Dr. Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha  
(UFSCar)

  
Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago  
(USP – Ribeirão Preto)

**DEDICATÓRIA**

*A Deus, aos meus pais, **Neuza** e **José Roberto**, ao meu irmão **Marcio** pelo apoio, paciência, força e incentivo que me deram para que nunca desistisse do meu objetivo.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me tranquilizar e amparar nos momentos difíceis, me dando força para superar as dificuldades e sempre me direcionando no caminho certo.

A minha orientadora Profa. Dra. **Paula H. Lobo da Costa**, sempre presente em todos os momentos de minha trajetória com sua sabedoria e ensinamentos. Obrigada por acreditar em mim e contribuir ao meu crescimento profissional e por ser também um exemplo de profissional a ser seguido.

Aos meus pais **Neuza** e **José Roberto**, por sempre estarem presentes em minha vida e torcendo para que tudo de certo, que são pessoas humildes que não tiveram estudo, mas que sempre se esforçaram para que eu pudesse ter essa oportunidade de ter uma profissão e seguir além.

Muito obrigada, Amo Vocês!

Ao meu namorado, amigo e companheiro **Pablo Borelli**, por sempre estar presente em todos os momentos da minha vida, por compreender nos momentos de ausência, mas sempre me apoiando em todos os momentos e por me ajudar nas coletas, obrigada.

Amo muito Você!

Ao meu irmão **Marcio**, que sempre pude contar com sua ajuda em qualquer momento. A minha cunhada **Adriana** e meu irmão que com muito amor me tornaram Titia de uma subrinha tão linda a **Melissa**, trazendo muita alegria para a família.

Eu amo vocês!

Aos meus avós **Rosa** e **José, Luzia** (in memória) que são minha inspiração para viver. Amores da minha vida!

As minhas amigas **Andreia L., Suellen, Andreia B. e Jamilli** que nos tornamos amigas desde a especialização e que mesmo distantes hoje, sei que sempre pude contar com vocês. A **Andreia L.** por sempre me aconselhar e apoiar quando precisei. Obrigada

As minhas amigas de laboratório (NAM) **Giovana** e **Fernanda** por sempre me ajudarem em tudo e em qualquer momento que precisei ao longo deste estudo, sempre me animando nos momentos difíceis e me apoiando a seguir em frente e o grande aprendizado que me ofereceram. Muito obrigada!

Ao **Kleber** que me ajudou nas coletas. Obrigada pelas palavras de conforto e otimismo.

Aos colegas de laboratório **Silmara, Joice** e **Eduardo** que ajudaram nas coletas.

A **Nayara** e **Vanessa** pela ajuda no processamento.

As minhas amigas da pós **Adriana, Silvinha** e **Lívia** sempre dispostas a ajudarem e ao mesmo para dar risadas nos momentos de descontração. Obrigada

Aos casais de amigos **Silsam & Alex, Patricia & welligton, Paula Gaúcha, Isabel & Diego, Aline & Diego, Daniela & Diego** que sempre me trazem alegrias quando estamos juntos e certeza de amizade infinita.

Aos pais das crianças, pela confiança por permitir a participação de seus filhos na pesquisa.

As crianças o meu obrigado, tenho muito carinho por todas algumas conhecidas a longo tempo e outras que conheci através da pesquisa.

A CAPES pelo auxílio financeiro.

E a todos que de alguma forma estiveram presentes durante nessa trajetória e me ajudaram chegar até aqui.

**Muito Obrigada !**

*“Renda-se, como eu me rendi. Mergulhe no que você não conhece como eu mergulhei. Não se preocupe em entender, viver ultrapassa qualquer entendimento”.*

*Clarice Lispector*

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1: Coleta de dados na escola, plataforma EMED embutida em passarela de EVA. ....	21
Figura 2: a) Representação das áreas do pé: .....	23
Figura 3: Marcadores reflexíveis .....	42
Figura 4: Medição do ângulo entre os segmentos pé–perna no contato inicial com o solo. ....	43
Figura 5: Curvas médias ( $\pm$ desvios-padrão) para a componente vertical .....	49
Figura 6: Curvas médias ( $\pm$ desvios-padrão) para a componente ântero-posterior). ....	50

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1: Valores médios e desvios-padrão das características das crianças.	25
Tabela 2: Classificação do arco plantar - Índice Chipaux-Smirak (ICS).	25
Tabela 3: Médias e desvios-padrão para Área de Contato durante a Marcha (AC) - [cm <sup>2</sup> ].	26
Tabela 4: Médias e desvios-padrão para o Pico de Pressão durante a marcha (PP) - [kPa].	26
Tabela 5: Médias e desvios-padrão para a Integral Força-Tempo (IFT) - [N.s].	27
Tabela 6: Dados antropométricos	46
Tabela 7: Experiência com o andar independente (em meses) de cada criança.	47
Tabela 8: Valores médios (desvios-padrão) das variáveis discretas das forças de reação do solo.	48
Tabela 9: Valores médios (desvio-padrão) dos parâmetros temporais.	48
Tabela 10: Valores médios dos coeficientes de Variação (CV) para as curvas da componente vertical (Fz) e da componente ântero-posterior (Fy).	50
Tabela 11: Projeção do ângulo do segmento perna-pé do grupo de crianças típicas (GT) e com Síndrome de Down (SD).	51

## LISTA DE APÊNDICES

---

Apêndice A: Comitê de Ética Estudo I.....	65
Apêndice B: Comitê de Ética Estudo II.....	66
Apêndice C: Termo de Consentimento .....	68
Apêndice D: Questionário de Anamnese .....	71
Apêndice E:Protocolo Dinamometria.....	72
Apêndice F:Protocolo Cinemetria.....	73

## Sumário

---

1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	12
2. ESTUDO I .....	15
CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS PÉS DE CRIANÇAS DA EDUCAÇÃO INFANTIL .....	15
2.1 Introdução.....	17
2.2 Material e Métodos.....	20
2.2.3 Variáveis selecionadas .....	21
2.2.4 Processamento e Análise dos Dados .....	24
2.3 Resultados.....	25
2.4 Discussão .....	27
2.4.1 Índice do Arco.....	28
2.4.2 Largura do mediopé.....	29
2.4.3 Comprimento do pé .....	30
2.4.4 Área de contato .....	31
2.4.5 Pico de pressão .....	32
2.4.6 Integral força-tempo.....	33
2.5 Conclusão.....	35
3. ESTUDO II .....	36
CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS PÉS DE CRIANÇAS DA EDUCAÇÃO INFANTIL.....	36
3.1 Introdução.....	38
3.2 Material e métodos .....	40
3.2.1 Participantes .....	40
3.2.2 Procedimentos .....	41
3.2.3 Protocolo experimental .....	44
3.2.4 Processamento dos dados .....	45
3.3 Resultados.....	46
3.3.1 Variáveis Discretas.....	47
3.3.2 Comportamento cinético das forças de reação ao solo.....	49
3.3.3 Ângulo do Segmento Pé-Perna .....	51
3.4 Discussão .....	52
3.5 Conclusão.....	55
4. Referências .....	56
5. Apêndices.....	64

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

---

Após o nascimento de um bebê todos os sistemas biológicos esforçam-se para adaptar-se aos fatores ambientais. O bebê deve ser capaz em primeiro lugar de controlar o corpo em pé, antes de dominar as mudanças posturais dinâmicas necessárias para a locomoção ereta.

O período de desenvolvimento da marcha infantil é caracterizado pelo controle imaturo da postura, grande variabilidade cinemática, irregularidades em parâmetros espaço-temporais, ampla base de apoio e frequentes quedas ([HALLEMANS](#) et al., 2005). O domínio da posição em pé representa o primeiro marco desenvolvimental na busca do bebê pela estabilidade postural. É a indicação de que o controle da musculatura já foi obtido até o ponto em que a força da gravidade não pode mais fixar limitações insuperáveis sobre o movimento, ocorrendo assim a locomoção ([HALLEMANS](#) et al., 2005).

Aos três anos de idade, aproximadamente, as instabilidades posturais e a falta de força muscular são superadas e o andar torna-se relativamente mais estável e regular. Contudo, mudanças sutis continuam ocorrendo até os sete ou oito anos de idade ([HALLEMANS](#) et al., 2005; [HAUSDORFF](#) et al., 1999).

A estrutura estática e a função dinâmica dos pés infantis também passa por mudanças desenvolvimentais no mesmo período de desenvolvimento da marcha e, nesse sentido, pode-se admitir que ambos os processos influenciem-se mutuamente ([BOSCH](#) et al., 2007). Para tanto, seria interessante acompanhar as mudanças que ocorrem na morfologia dos pés ao mesmo tempo em que se monitora as mudanças nas características da marcha infantil.

Sistemas biomecânicos de baropodometria são ideias para este fim, pois além de descrever a estrutura e a funcionalidade dos pés, além de assimiladores de carga e geradores de impulso para a marcha, permitem inferir sobre características desenvolvimentais do andar, se empregados em crianças que se encontrem nas idades iniciais do desenvolvimento da marcha. Como estes são portáteis, é possível transportá-los até as escolas, onde estão muitas crianças desde dos 3 anos de idade, conhecidas como escolas de educação infantil.

Nesse contexto, o Estudo 1 foi elaborado originalmente para monitorar a marcha e o desenvolvimento dos pés, a cada três meses ao longo de um ano, de crianças que se encontravam em idades em que ocorriam as principais mudanças desenvolvimentais nos pés e na marcha. Para tanto, recebemos a colaboração de Dieter Rosebaum e Kerstin Bosch da Clínica e Policlínica de Ortopedia Geral do Hospital Universitário da Universidade de Münster, Alemanha, que, graças ao apoio financeiro do governo alemão, trouxeram o equipamento (Sistema EMED, Novel, Alemanha) em visita ao Núcleo Multidisciplinar de Análise do Movimento da UFSCar.

Portanto, o estudo I precisou ser limitado e ficou restrito ao período em que tínhamos o equipamento em mãos. Assim, o Estudo 1 teve como objetivo avaliar um grupo de crianças da educação infantil, a fim de caracterizar e classificar a estrutura e função dos pés.

Contudo crianças com Síndrome de Down tem uma disfunção genética caracterizada por disfunções motoras como frouxidão ligamentar, hipotonia muscular, déficits de equilíbrio que afetam o controle postural e também a aquisição da marcha ([GIMENEZ](#) et al., 2004).

A maioria destas crianças apresenta distúrbios ortopédicos, musculoesqueléticos e atrasos na aquisição de marcos motores. Estas são frequentemente acompanhadas por fisioterapeutas, a fim de promover o desenvolvimento neuropsicomotor. No entanto, a intervenção neuropediátrica é considerada concluída após a aquisição da marcha ([PAU](#) et al., 2012). Assim, seria interessante avaliar o desenvolvimento da marcha de crianças com Síndrome de Down no período de refinamento da habilidade do andar, a fim de acompanhar e monitorar mudanças no padrão de movimento nos primeiros anos do andar independente.

Estudos sobre o desenvolvimento da marcha em crianças com Síndrome de Down são escassos. Em geral empregam metodologias qualitativas, provavelmente pela facilidade de aplicação, e faixas etárias maiores, talvez pela dificuldade de recrutamento. O único estudo encontrado avaliou a cinemática do andar em crianças com Síndrome de Down com idades entre 9 e 12 anos ([RIGOLDI, GALLI e ALBERTINI](#), 2011).

Assim, o Estudo 2 teve como objetivo descrever a cinética e cinemática do apoio inicial do pé ao solo por meio de forças de reação do solo durante o andar de crianças com Síndrome de Down, a fim de avaliar se há irregularidades nesse apoio ou se esse evento ocorre de maneira diversa da crianças típicas ou semelhantes no desenvolvimento da marcha.

## 1. ESTUDO I

---

# CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS PÉS DE CRIANÇAS DA EDUCAÇÃO INFANTIL

### Resumo

Avaliar o desenvolvimento dos pés em crianças entre dois e seis anos de idade pode ser uma das tarefas de profissionais da Saúde inseridos na Educação Infantil. Nessa faixa etária ocorrem as principais mudanças na estrutura dos pés e a avaliação destas pode contribuir para a identificação precoce de disfunções que podem exigir intervenção. O objetivo do presente estudo foi avaliar a estrutura estática e a função dinâmica dos pés de um grupo de escolares da educação infantil, a fim de classificá-los de acordo com um perfil de referência. Foram avaliadas 25 crianças saudáveis (idade média de  $3,4 \pm 0,65$  anos) que andaram na passarela, passando sobre a plataforma de pressão. A função dinâmica dos pés foi avaliada pela FRS e a estrutura estática dos pés foi avaliada por meio da plantigrafia. Os resultados evidenciaram que o índice do arco, a largura do mediopé e o pico de pressão na região do mediopé são maiores nas crianças avaliadas em nosso estudo, quando comparadas com um estudo de referência. Tais resultados sugerem que em alguns aspectos tanto a estrutura quanto a função dos pés ainda não estão plenamente desenvolvidos nessas crianças como o esperado para a idade.

**Palavras –chave:** pés infantis, pressões plantares, saúde na escola.

## **Abstract**

The developmental evaluation in children's feet between the age of two and six years-old may be one of Health Professionals duty in a pre-school. In this age the more important changes in children's feet occur and it may be important to identify dysfunctions that require intervention as soon as possible. Thus the purpose of this study was to evaluate the static structure and dynamic function of pre-school children's feet in order to classify them according to a reference profile. Twenty five healthy children (mean age of  $3.4 \pm 0.65$  years) had their feet anthropometry measured to classify the static foot structure and plantar pressures measured with a platform to evaluate dynamic foot function. The results evidenced that our children showed increased arch index, midfoot width and peak pressure over the midfoot and decreased force-time integral for the forefoot, compared to a reference study. Thus, our results suggest that our children in some aspects present foot structure and function not as developed as expected for their age.

**Key words:** children's feet, plantar pressures, school health.

## 2.1 Introdução

No período da primeira infância, as características biomecânicas do andar passam por grandes mudanças até atingirem um comportamento estável e mais regular por volta dos cinco anos de idade ([UNGER, ROSENBAUM, 2004](#)

Ao nascer os bebês possuem pés planos funcionais e coxins gordurosos na superfície plantar que protegem as estruturas cartilaginosas frágeis. A assimilação de cargas mecânicas para a adoção da postura em pé, bem como para o início das tentativas do andar, desencadeiam o processo de ossificação e remodelagem ósseas dos pés. Ambos os processos são combinados à reabsorção dos coxins gordurosos e levam à formação dos arcos plantares longitudinais ([MAIER, 1961](#)). Sendo assim, a estrutura dos pés e seu desenvolvimento também são influenciados pela adoção da postura ereta e pelo início da marcha independente que emergem aproximadamente aos 10 meses ([NIETHARD, 1997](#)).

Antes de adquirir o andar maduro a amplitude do passo aumenta duas vezes até atingir a idade dos cinco anos e triplica até os oito, desde os primeiros passos independentes do bebê ([MAIER, KILLMANN, 2003](#)).

No andar, os pés exercem papéis fundamentais, tais como: suporte de peso e assimilação de cargas durante os impactos com o solo, geração e transmissão de força propulsiva para a locomoção e também estabelecem a interação com o terreno, a fim de corrigir o equilíbrio, manter a postura bípede e adaptar a irregularidades do solo.

De maneira geral, pés e suas superfícies plantares, além de promoverem os movimentos locomotores adequados ([EILIS, BEHRENS, MERS, THORWESTEN, VÖLKER, ROSEMBAUM](#), 2004) exercem papel muito importante na propriocepção, determinando a orientação corporal e especificando condições de suporte, complementarmente a outros sistemas como o visual e o vestibular ([ROLL, KAVOUNOUDIAS, ROLL](#), 2002).

O desenvolvimento da estrutura dos pés em geral é somente considerado quando há limitações nas funções locomotoras ou de equilíbrio nas crianças, fatos que levam pais e responsáveis a buscar atendimento especializado. Entre os dois e seis anos de idade ocorrem as maiores mudanças na estrutura e função dos pés ([UNGER, ROSENBAUM](#), 2004) e como a maioria dessas crianças frequentam a educação infantil, pode-se dizer que o ambiente escolar seja propício para o acompanhamento do desenvolvimento e das condições de saúde infantis de maneira geral e dos pés em particular. O profissional da Saúde pode contribuir nessa avaliação, levantando casos que possivelmente necessitem intervenção especializada principalmente nos anos iniciais.

No Brasil ainda não há dados de referencia para subsidiar esse tipo de avaliação e para o acompanhamento da intervenção, especialmente no desenvolvimento infantil. Assim o objetivo do presente estudo foi avaliar um grupo de crianças da educação infantil a fim de caracterizar e classificar a estrutura e função dos pés.

## 2.2 Material e Métodos

### 2.2.1 Participantes

Foram convidados para participar 30 crianças, das quais 3 não foram autorizadas pelos pais e duas foram excluídas por perderem o interesse em realizar as avaliações, portanto participaram deste estudo 25 crianças com idade média de 3,4 ( $\pm 0,71$ ) anos, idade mínima de 2 anos e máxima de 4 anos, ambos os sexos .

Foi calculado o índice de massa corporal (IMC) no percentil 85, sendo que o cálculo do IMC ( $IMC = peso / (altura)^2$ ) e este classificado para idade conforme o Portal TeleSaúde Brasil. A classificação é feita com base em percentis conforme a idade e sexo da criança. O percentil indica a posição relativa do IMC da criança em relação a outras da mesma idade e sexo. O quadro abaixo apresenta as categorias de classificação de IMC para crianças na faixa etária ([DUNCAN, SCHMIDT, GIUGLIANI, 2004](#)).

Baixo IMC para idade	IMC adequado ou Eutrófico	Sobrepeso	Obesidade
< Percentil 3	≥ Percentil 3 e < Percentil 85	≥ Percentil 85 e < Percentil 97	≥ Percentil 97

As crianças recrutadas em escolas de educação infantil do município de São Carlos, SP- Brasil . O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (Parecer no. 523/2009) (Apêndice A). Os pais ou responsáveis assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, concordando com a participação de seus filhos na pesquisa. Como critério de inclusão através da inspeção visual e relato dos pais, nenhuma das crianças apresentava alterações de

origem musculoesquelética ou neurológica que afetasse a estimulação pelo comando verbal para a realização da atividade do andar que comprometessem a participação no estudo.

Todas as crianças autorizadas pelos pais realizaram uma única sessão experimental. Apenas foram analisados os dados de crianças que compreenderam integralmente os comandos verbais relacionados à realização das tarefas da marcha com passagem sobre o instrumento de medidas, descrito a seguir.

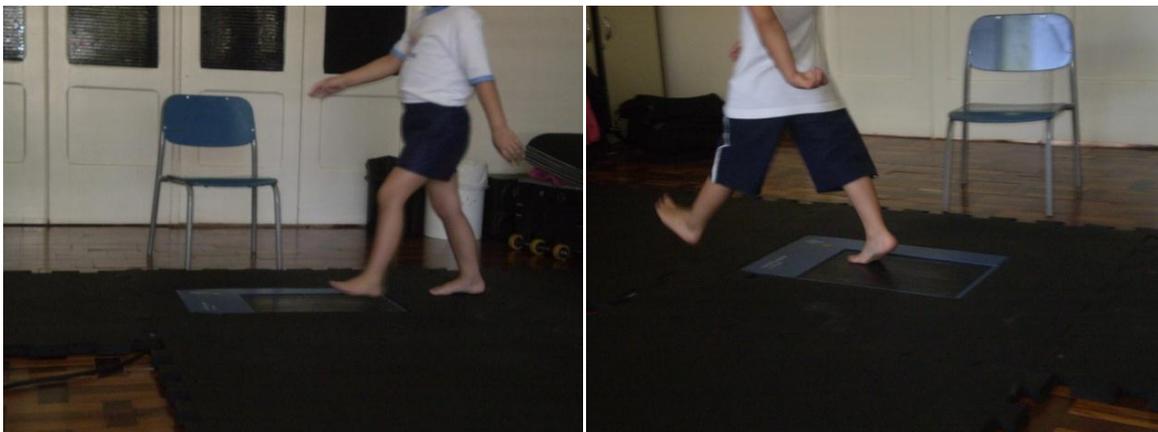
## **2.2.2 Instrumentos e Procedimentos**

Todas as avaliações foram feitas nas dependências das escolas, em intervalos de recreio, em dias e horários combinados previamente com a direção e a professora de cada classe. Nenhuma criança precisou deslocar-se até a universidade ou o laboratório.

Inicialmente foram realizadas as mensurações da massa corporal por meio de uma balança digital e da estatura com uma fita métrica presa à parede do pátio com precisão em milímetros. Em seguida, a estrutura dos pés foi avaliada por meio da plantigrafia (pedígrafo da marca Salvapé), realizada nos pés direito e esquerdo. Para tanto, as crianças eram posicionadas em pé e orientadas para olhar para frente e não se movimentar durante 5 segundos. Essas avaliações foram realizadas sempre pelo mesmo experimentador.

No mesmo dia foram adquiridos dados da função dos pés por meio da baropodometria dinâmica. Para tanto, foi utilizada uma plataforma de pressão plantar (EMED ST 4, Novel, Alemanha) de 4 sensores/cm<sup>2</sup>, com frequência de amostragem de 50 Hz. Para a aquisição desses dados, as crianças permaneceram descalças e foram posicionadas em uma passarela de EVA de

7 metros de comprimento e 2 cm de espessura, no centro da qual estava a plataforma de pressão, nivelada com a passarela de EVA, montada no ambiente da escola (Figura 1).



**Figura 1:** Coleta de dados na escola, plataforma EMED embutida em passarela de EVA.

Três avaliadores acompanharam as sessões experimentais, um monitorava o equipamento, o segundo permanecia no início da passarela com a criança e o terceiro no final da passarela estimulando-a com comandos verbais para que andasse sem interrupções. Antes do início das coletas, as crianças praticavam duas vezes para se familiarizar com o ambiente e com os comandos dos testes. Em seguida, foram realizadas as tentativas do andar em velocidade auto-selecionada e avaliadas 5 tentativas válidas dadas quando a criança pisava com um único pé sobre a área de medição da plataforma de pressão plantar.

### **2.2.3 Variáveis Selecionadas**

As variáveis usadas para descrever a função dinâmica dos pés, derivadas das medidas de pressão plantar durante o andar, foram: a área de contato, pico de pressão e integral força-tempo para diferentes áreas plantares.

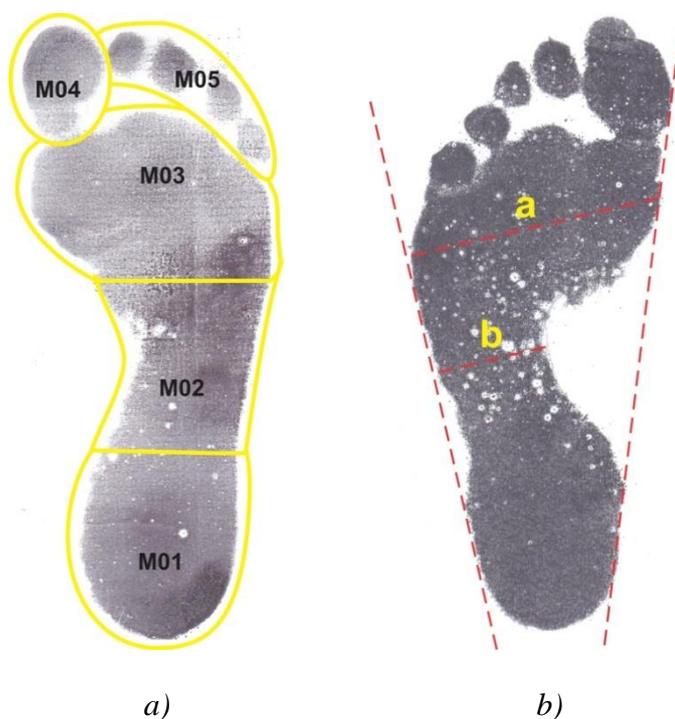
A área de contato ( $\text{cm}^2$ ) refere-se à área da superfície plantar cujos sensores de pressão são ativados em função do contato, em geral usada para classificar a estrutura e verificar o efeito de diferentes tipos de intervenção na postura dos pés ([GULDEMON](#), 2008). O pico de pressão (kPa) é o valor máximo de pressão exercido em cada área plantar especificada e é usado como indicador de carga local ([FILIPPIN, SACCO, BARBOSA E LOBO DA COSTA](#), 2006). A integral força-tempo (N.s) é o produto da pressão média pelo intervalo de tempo no qual foi exercida e, assim, costuma ser usada como indicadora de estresse tecidual local ([GULDEMON](#), 2008).

As áreas plantares foram selecionadas de acordo com o estudo de [BOSCH](#) et al. (2007) em: área total do pé, retropé (M01), mediopé (M02), antepé (M03), halux (M04) e dedos (M05) (Figura 2a).

A estrutura dos pés foi avaliada por meio das seguintes medidas: comprimento do pé sem os dedos (medido do calcanhar até os metatársicos), largura do mediopé e índice do arco, através do Índice de Chippaux-Smirak (ICS). Esse índice é considerado o mais apropriado para a verificação da estrutura do arco plantar em crianças na faixa etária do presente estudo ([ONODERA](#) et al., 2008).

O ICS é obtido, traçando-se duas retas, uma tangente aos pontos mais mediais na região das cabeças dos metatarsos e do calcanhar e outra tangente aos pontos mais laterais nas mesmas regiões, em seguida, traça-se um segmento de reta (a) entre o ponto mais medial e o mais lateral na região das cabeças dos metatarsos, de forma a demarcar a maior largura da impressão nesta região. Em seguida traça-se outro segmento paralelo a este (b), na menor largura do pé na região do arco plantar longitudinal medial ou do

mediopé. Medem-se ambos os segmentos (a e b) e divide-se o último pelo primeiro, obtendo-se uma porcentagem (Figura 2b). Quanto maior o ICS, mais plano é o pé ([ONODERA](#), et al., 2008; [QUEEN](#), et al., 2007). Os valores de referência para o ICS independente da idade são: 0 cm = pé cavo; 0,01 a 0,29 cm = pé normal; 0,30 a 0,39 cm = pé intermediário; 0,40 a 0,44 cm = pé rebaixado; maior que 0,45 cm = pé plano ([PEZZAN, SACCO, JOÃO](#), 2009).



**Figura 2:** a) Representação das áreas do pé: retopé (M01), mediopé (M02), antepé (M03), halux (M04), dedos (M05). b) Cálculo do Índice Chipaux-Smirak; a: maior largura na região das cabeças dos metatarsos; b: menor largura na região do arco longitudinal, sendo  $b$  paralelo  $a$ . Calcula-se razão entre o comprimento  $b$  pelo  $a$ .

#### 2.2.4 Processamento e Análise dos Dados

Para a análise de dados foi feita a média dos valores de cinco tentativas válidas para cada criança. Uma vez que não houve diferenças significativas entre os pés direito e esquerdo para as variáveis selecionadas, estes valores foram agrupados para efeito do cálculo das médias, o mesmo já observado por outros autores ([BOSCH](#) et al., (2007); [LIU](#) et al., (2005); [BERTSCH](#) et al., (2004); [UNGER, ROSENBAUM](#), (2004)). Os valores médios foram comparados e classificados de acordo com os percentis descritos no estudo de [Bosch](#) et al. (2007), dado que não foram encontrados estudos nacionais que estabelecessem referências de crescimento e desenvolvimento comparáveis.

[Bosch](#) et al. (2007) realizaram um estudo longitudinal com crianças que foram acompanhadas desde a aquisição da marcha até o 48º mês de idade, usando o mesmo método de medição do presente estudo. Esses estabeleceram curvas de crescimento como referências para definir o desenvolvimento da estrutura e da função dinâmica dos pés infantis.

## 2.3 Resultados

Na Tabela 1 estão apresentados os dados antropométricos e da estrutura estática dos pés.

**Tabela 1:** Valores médios e desvios-padrão das características das crianças.

n = 25	Média	DP
Idade (meses)	41,76	±8,29
Estatura (cm)	101,94	±8,29
Massa corporal (kg)	16,87	±1,8
Índice de massa Corporal – IMC		Percentil < 85
Comprimento do pé sem os dedos (cm)	13,44	
Largura do mediopé (cm)	6,15	±0,56

Na Tabela 2 estão os resultados da classificação do arco plantar, calculado pelo Índice Chipaux Smirak – ICS.

**Tabela 2:** Classificação do arco plantar - Índice Chipaux-Smirak (ICS).

Classificação	Amostra	ICS
n = 25		
Normal	18%	0,22 (±0,07)
Rebaixado ou intermediário	16%	0,37 (±0,03)
Plano	66%	0,61 (±0,12)

Foi observado que das 25 crianças avaliadas a maioria possuía pés considerados planos e somente 18% tinham pés com arco normal, de acordo com o índice utilizado.

Na Tabela 3 estão os resultados das áreas de contato.

**Tabela 3:** Médias e desvios-padrão para Área de Contato durante a marcha (AC) - [cm<sup>2</sup>].

N = 25	
AC - Total	67,79 (±9,55)
AC – Retropé	15,78 (±1,90)
AC - Mediopé	15,83 (±4,50)
AC - Antepé	25,34 (±3,61)
AC - Hálux	5,66 (±0,80)
AC - Dedos	5,09 (±1,37)

Na Tabela 4 estão os resultados para os picos de pressão nas respectivas áreas.

**Tabela 4:** Médias e desvios-padrão para o Pico de Pressão durante a marcha (PP) - [kPa].

N = 25	
PP - Total	278,55 (±60,39)
PP - Retropé	245,43 (±77,89)
PP - Mediopé	94,00 (±24,24)
PP - Antepé	153,44 (±33,28)
PP - Hálux	205,71 (±53,88)
PP - Dedos	95,09 (±40,63)

Na Tabela 5 estão os resultados para integral força-tempo.

**Tabela 5:** Médias e desvios-padrão para a Integral Força-Tempo (IFT) - [N.s].

n	25
IFT - Total	69,59 ( $\pm 10,52$ )
IFT - retropé	24,82 ( $\pm 5,57$ )
IFT - Mediópé	8,43 ( $\pm 3,93$ )
IFT - Antepé	29,07 ( $\pm 6,99$ )
IFT - Halux	7,05 ( $\pm 2,57$ )
IFT - Dedos	2,58 ( $\pm 1,68$ )

## 2.4 Discussão

Medidas de pressões plantares têm se tornado importantes para o estabelecimento da função dos pés em situações dinâmicas como o andar. A distribuição de pressão entre a sola dos pés e o chão tem fornecido informações valiosas para a identificação de perfis fisiológicos e para a avaliação de intervenções sobre patologias que afetam os pés e suas funções de suporte e locomoção.

Idealmente, valores de referência deveriam estar disponíveis nacionalmente para o julgamento dos resultados, a fim de se conhecer os limites da normalidade e avaliar eventuais problemas que requeiram intervenção. Porém, a discussão dos resultados do presente estudo será baseada na comparação com os estudos desenvolvimentais de [Bosch](#) et al. (2007) e [Bosch](#) et al. (2010), uma vez que não existe um estudo nacional equivalente.

### 2.4.1 Índice do Arco

Observou-se que a maioria dos pés avaliados foram classificados como planos, de acordo com o índice utilizado. [Onodera](#) et al. (2008) avaliaram indivíduos de faixas etárias entre 3 e 10 anos e calcularam o índice do arco, testando diferentes metodologias, a fim de identificar o melhor método de cálculo do índice do arco em crianças. Foram testados os seguintes índices: 1) Staheli; 2) pressão plantar de ângulo alfa; 3) Cavanagh e Rodgers; 4) Chipaux-Smirak. As autoras concluíram que o índice Chipaux-Smirak (ICS) é o mais apropriado para a avaliação da área do mediopé em crianças na faixa etária do nosso estudo, pois possui cinco níveis de classificação, entre os quais três são referentes à identificação de aplainamento do arco plantar e, assim, permite o acompanhamento de mudanças sutis ao longo do crescimento.

[Souza, João e Sacco](#) (2007) também foram às escolas e avaliaram 156 crianças obesas com idades de 4 a 10 anos para a caracterização do arco longitudinal medial. Os autores também concluíram que o índice Chipaux-Smirak (ICS) foi o mais preciso para avaliar o arco longitudinal em crianças obesas, pois permitiu identificar melhor o rebaixamento do arco. No entanto a obesidade dessas crianças não permitem uma comparação com os resultados do presente estudo.

[Bertsch](#) et al. (2004) avaliaram durante 12 meses um grupo de crianças a partir da aquisição do andar independente. Com avaliações trimestrais realizadas também pó meio da plataforma de pressão plantar, encontraram uma diminuição do índice do arco ao longo do primeiro ano do andar independente, indicando rápidas mudanças na estrutura dos pés em direção à formação do arco plantar. Para a medida do arco plantar foi utilizado o índice

de Cavanagh e Rodgers (1987) que, comparado com o ICS, contém somente três níveis de classificações e pode não ter sido tão sensível para a identificação maiores diferenças na estrutura do arco plantar ao longo do período avaliado.

Para o grupo de crianças deste estudo, que são mais jovens que as de [Souza, João e Sacco](#) (2007) e mais velhas que as de [Bertsch](#) et al. (2004), observou-se 66% de arcos plantares de tipo plano, o que pode indicar que o processo de adequação de cargas ainda está em andamento para a maioria das crianças, o que devem ser finalizado por volta dos 7 anos.

De acordo com Perry (2005) quando o índice do arco não se modifica ao longo dos anos pode haver alongamento exagerado da fásia plantar ou mesmo enfraquecimento de estruturas como plantar longo e tibial anterior e posterior, fibular longo, flexores e abductor do hálux, flexor curto dos dedos e fásia plantar acarretando uma pronação excessiva do pé, desalinhamento a articulação subtalar e levando a uma sobrecarga na região plantar. Assim o acompanhamento do índice do arco é clinicamente importante nessa faixa etária.

#### **2.4.2 Largura do mediopé**

Neste estudo foram encontrados valores médios para a largura de médio pé de 6,15 cm ( $\pm$  0,56) que, quando comparados aos resultados de [Bosch](#) e colaboradores (2007) para a mesma faixa etária, os resultados encontram-se no percentil 97. Assim, o resultado do grupo de crianças avaliado, que é destacadamente alto para a faixa etária, pode estar relacionado com hábito da

utilização regular ou não de calçado e mesmo quanto ao tipo de calçado utilizado ([YUNG-HUI & WEI-HSIEN, 2005](#)).

O aumento da largura do mediopé parece estar relacionado à obesidade infantil ([FILIPPIN, et al., 2007](#)). Pois quanto maior o peso da criança, maior a largura do mediopé. Quando crianças obesas entre 9 e 11 anos foram comparadas a eutróficas, observou-se maiores larguras do mediopé para o grupo de obesos, indicando maior contato nessa região plantar e sugerindo um aplainamento do arco longitudinal medial.

### **2.4.3 Comprimento do pé sem os dedos**

Valores médios para o comprimento do pé neste estudo foram de 13,44 cm ( $\pm 0,83$ ) e encontram-se no percentil 3 do estudo de [Bosch et al. \(2007\)](#) para a mesma faixa etária. Assim, as crianças do presente estudo possuem pés de comprimentos menores para a mesma faixa etária.

No entanto as crianças alemãs estuda por [Bosch et al \(2007\)](#) apresentaram pés mais compridos e estreitos, comparadas às do presente estudo que, para a mesma faixa etária, que apresentaram pés mais curtos e largos. Diferenças étnicas e mesmo culturais podem explicar esse resultado.

Não se sabe se uma base de apoio menor em comprimento cria dificuldades de controle de equilíbrio estático e mais instabilidade postural, pois as medidas de oscilação ântero-posterior do centro de pressão são em geral normalizadas pelo comprimento do pé ([BARELA, POLASTRI, GODOI, 2000](#)). Apenas um estudo prospectivo poderia identificar se pés de menor comprimento estão associados a limitações no controle do equilíbrio estático. Por outro lado, o controle postural estático é regulado por diferentes

mecanismos proprioceptivo e exteroceptivos que poderiam compensar um menor comprimento de pé, portanto, essa característica não deve ser crítica nesse contexto.

Essa variável tem possivelmente implicações na fabricação de calçados infantis. Apenas um estudo de âmbito nacional seria capaz de identificar as reais necessidades quanto à numeração dos calçados infantis que poderiam acomodar as rápidas mudanças de comprimento e largura que ocorrem na primeira infância como, por exemplo, inserir meios números para o comprimento do calçado e ainda medidas diferentes na largura dos calçados. Isso certamente traria mais conforto e saúde, favorecendo a mobilidade dos pés no período de crescimento.

#### **2.4.4 Área de contato**

A medida da área de contato dinâmica foi crescente desde o retropé, seguidos pelo mediopé, até o antepé, com valores equivalentes aos encontrados na literatura ([BOSCH](#) et al., 2007). Em termos relativos, a área do mediopé das crianças deste estudo representou aproximadamente 23,4% da área total do pé em contato com o solo e devem decrescer com a idade. [Bosch, Gerb e Rosenbaum](#) (2010) mostraram que a área de contato do médiopé decresce com a idade, sendo de 30% da área total do pé no início do andar independente e de 18% ao nove anos. Por outro lado, as demais áreas de contato do pé crescem com a idade. Os resultados deste estudo para a área de contato do mediopé encontram-se entre os percentis 50 e 97 do estudo citado. [Bertsch](#) et al. (2004) e [Bosch](#) et al. (2007) sugerem que a redução que ocorre

na área de contato no mediopé deve-se a mudanças estruturais em direção à formação do arco longitudinal medial.

#### **2.4.5 Pico de pressão**

Os maiores picos no retropé, seguidos do antepé e hálux encontrados nesse estudo correspondem às mudanças esperadas que ocorrem durante o rolamento do pé na fase de apoio da marcha ([BOSCH](#) et al., 2010). [Bosch](#) et al. (2010) observaram que nos três primeiros meses do andar independente as maiores pressões ocorrem no hálux e gradualmente estas pressões elevadas migram para as regiões do retropé e antepé.

Quanto aos valores de pico de pressão na área total do pé, os autores citados observaram aumento gradual desde o início do andar independente até os nove anos de idade ([BOSCH](#) et al., 2010). Para as diferentes áreas plantares também foi observado o crescimento gradual dos picos de pressão ao longo dos dez primeiros anos de vida. Na região do mediopé, os picos de pressão deste estudo são próximos ao percentil 97 dos estudos de [Bosch](#) et al. (2007; 2010) para a mesma faixa etária, sugerindo valores mais elevados de cargas nessa região do que o esperado para a idade.

De acordo com os autores citados esperava-se que os maiores picos de pressão fossem na região do retropé que realiza a recepção de carga, bem como na região do antepé durante a propulsão da marcha. Os valores elevados para os picos de pressão no mediopé encontrados neste estudo sugerem que o rolamento do pé talvez ainda não ocorra de maneira adequada quanto a distribuição de carga nas regiões plantares.

[Unger e Rosenbaum](#) (2004) avaliaram diferenças nas funções dinâmicas dos pés que pudessem estar relacionadas ao sexo em crianças a partir do primeiro ano do andar independente. Constataram que há uma redução gradual dos picos de pressão e que meninas apresentam em média menores picos de pressão no mediopé do que meninos. Por outro lado, os meninos apresentaram maiores picos de pressão na área do retropé, o que sugere que estes tendem a ter um processo mais longo de desenvolvimento da função dinâmica dos pés.

Este estudo não comparou os resultados por sexo, em virtude do pequeno número de crianças participantes, porém a discussão quanto ao sexo pode ser útil e revelar que meninos devem ser avaliados por um período maior de tempo, já que o desenvolvimento de meninos é mais lento comparado ao das meninas.

Comparando os resultados de área do mediopé e pico de pressão na mesma área com o encontrado na literatura, pode-se considerar que os arcos plantares das crianças do presente estudo não estejam completamente formados, resultando em possíveis limitações na funcionalidade do rolamento do pé durante a fase de apoio.

#### **2.4.6 Integral força-tempo**

Os resultados para a integral força-tempo (IFT) mostraram que o processo do rolamento do pé encontra-se em pleno desenvolvimento, pois a região do antepé apresentou os maiores valores entre as áreas. Para a região do antepé, os valores de integral força-tempo deste estudo encontram-se abaixo do percentil terceiro para a mesma idade do estudo de [Bosch](#) et al.

(2007). Modificações no rolamento do pé afetam as demais fases da marcha, provocando alterações cinemáticas como consequência, tais como maiores flexões de joelho, menores dorsiflexões de tornozelos e força propulsiva, além de passo de menor amplitude ([PERRY](#), 2005).

Para a região do mediopé os valores encontram-se entre os percentis 50 e 97, variando portanto de um perfil adequado até muito elevado para a idade. ([BOSCH](#) et al. 2007).

[Bosch](#) et al. (2007) observaram que as principais mudanças na IFT na região do antepé em direção ao aperfeiçoamento da função de rolamento do pé ocorrem entre o terceiro e sexto mês do andar independente, havendo 25% de aumento nessa variável durante esse período.

[Bertsch](#) et al. (2004), por sua vez, observaram que no primeiro ano do andar independente ocorre um aumento na IFT do hálux de 2% e do antepé de aproximadamente 13% e com redução proporcional no mediopé. [Liu](#) et al. (2005) encontraram valores de IFT para o antepé duas vezes maiores que no retropé em crianças de 6 a 16 anos. Esses resultados evidenciam a transferência de carga que ocorre do mediopé para o antepé com o desenvolvimento da marcha. Portanto, os resultados da integral força-tempo do presente estudo indicam que ainda há mudanças a acontecer na função dinâmica dos pés das crianças participantes, em direção ao desenvolvimento da função do antepé e hálux na propulsão.

A busca por referências para a comparação destes resultados revelou a inexistência de estudos longitudinais sobre o desenvolvimento da estrutura e da função dinâmica dos pés da população infantil brasileira. Nesse sentido, a comparação não leva em conta aspectos étnicos e culturais que poderiam

influenciar as variáveis estudadas. Outras limitações dizem respeito à pequena amostra que não permite generalizar os resultados e ao caráter transversal que impossibilita compreender o desenvolvimento dos pés como processo, mas apenas identificar o perfil das crianças avaliadas.

A obtenção de dados normativos para a população brasileira requer amostras grandes de pés saudáveis e a dificuldade para se obtê-los se deve a diversos fatores, tais como as diferenças entre os sistemas de medição, os protocolos de medição, as características das populações, regiões estudadas, o que dificulta a comparação de dados e a verificação da condição normal nesse estudo. Portanto, apenas estudos que empregaram a mesma metodologia foram utilizados para efeito de comparação.

## **2.5 Conclusão**

De maneira geral, as comparações feitas permitem classificar o perfil estrutural e dinâmico dos pés do grupo de crianças avaliadas e, sendo assim, é possível afirmar que os resultados encontrados evidenciam que há aspectos da estrutura e da função dos pés que ainda não estão plenamente desenvolvidos para a idade, tais como pés planos e altas pressões na região do médiopé. Idealmente, esses aspectos deveriam ser acompanhados e avaliados com regularidade. A falta de estudos nacionais como padrão de referência para a população infantil limita a abrangência das conclusões desse estudo.

### 3. ESTUDO II

---

## ESTUDO DO CONTATO INICIAL DO PÉ AO SOLO NA MARCHA DE CRIANÇAS COM SÍNDROME DE DOWN

### Resumo

O presente estudo tem por objetivo descrever o apoio inicial do pé na marcha de crianças com Síndrome de Down e de crianças típicas através de forças de reação ao solo e da cinemática do contato inicial do pé ao solo, a fim de avaliar se há alterações na forma deste contato que possam prejudicar a propulsão da marcha. Os resultados preliminares demonstraram que para os grupos estudados não houve diferenças na maioria das variáveis selecionadas, exceto uma redução na fase propulsiva da força de reação horizontal para as crianças com Síndrome de Down, além desta também apresentarem menor amplitude de dorsiflexão de tornozelo no início do contato.

**Palavras- chaves:** Força de reação ao solo, andar, Síndrome de Down.

**Abstract**

The purpose of the present study is to describe the foot strike pattern during walking in a group of typical children and one with Down Syndrom. Ground reaction forces were measured in order to identify whether there are propulsion deficits in children with Down Syndrom. The preliminary results indicate no differences between both groups in the most of the selected variables. One exception was found for the propulsion phase of the horizontal reaction force that was reduced in the group with Down Syndrom, which also showed reduced dorsiflexion of the ankle joint at foot strike compared to the typical group.

**Key words:** Ground reaction forces, walking, Down Syndrom,

### 3.1 Introdução

O andar independente ocorre por volta dos 12 meses de idade em crianças sem desordens neuro-motoras. Nas crianças com Síndrome de Down ocorre um atraso no desenvolvimento neuropsicomotor que afeta a idade de aquisição da marcha independente que ocorre por volta dos 2 anos de idade ([ARAUJO, SCARTEZINI, KREBS, 2007](#)).

As primeiras tentativas do andar independente caracterizam-se por uma marcha com base larga de apoio, pés em rotação lateral e joelhos levemente flexionados. Concomitantemente, a formação da estrutura dos pés e seu desenvolvimento também são influenciados pela idade de adoção da postura ereta e do início da marcha independente ([NIETHARD, 1997](#)).

No andar, os pés exercem papéis fundamentais, tais como: suporte de peso, assimilação de cargas durante os impactos com o solo, geração e transmissão de força propulsiva, além de estabelecerem a interação com o terreno, a fim de corrigir o equilíbrio e a postura bípede, avaliando irregularidades do solo ([ONODERA et al 2008](#); [IVANENKO, DOMINICI, LACQUANITI, 2007](#)).

De maneira geral, pés e suas superfícies plantares, além de promoverem os movimentos locomotores adequados (EILIS, et al, 2004), exercem papel muito importante na propriocepção, determinando a orientação corporal e especificando condições de suporte, complementarmente a outros sistemas como o visual e o vestibular ([ROLL, KAVOUNOUDIAS, ROLL, 2002](#)). Além disso, mudanças desenvolvimentais nas funções dinâmicas dos pés provavelmente contribuem para a aquisição da marcha ([ROSENBAUM, et al.](#)

2005), pois tais funções também respondem ao campo gravitacional e às forças reativas do ambiente.

Uma vez que o segmento do pé é o primeiro elemento receptor de impacto no andar ([HALLEMANS](#) et al., 2006) e aquele que proporciona a interação com o ambiente, a já conhecida incidência de pés planos em crianças com Síndrome de Down (SOARES, LEMOS, BARROS, 2003) pode ser vista como fator que potencialmente limite o desenvolvimento da função da marcha nestas crianças.

Nesse contexto da função dos pés, um dos eventos mais críticos no andar é o contato inicial com o solo que no padrão maduro é realizado pelo calcanhar. Porém, patologias neuromotoras ou ortopédicas limitam essa forma de contato e muitas vezes afetam os demais eventos de aplainamento do pé, apoio plantar total, retirada do calcanhar e dos dedos ([PERRY](#), 2005), fundamentais para a função bem sucedida da marcha. Se alterada a amplitude de movimento do tornozelo durante o contato inicial da marcha, pode haver dificuldades nas fases subsequentes de movimento, comprometendo toda a função de absorção de impactos e propulsão do passo.

A fisioterapia é iniciada precocemente em crianças com Síndrome de Down (SD), porém é bem conhecido que quando estas adquirem o andar, geralmente o tratamento é interrompido. As características próprias do andar de crianças com SD, tais como a base de apoio alargada, déficits no equilíbrio e na coordenação dos movimentos, já foram descritas e avaliadas através de instrumentos qualitativos ([ARAUJO, SCARTEZINI, KREBS](#), 2007; [REZENDE,](#)

[BETELI, SANTOS](#), 2005), porém estas podem ser quantificadas através da dinamometria e cinemetria.

Assim, o objetivo do presente estudo é descrever a cinética e cinemática do apoio inicial ao solo através de forças de reação do solo durante o andar de crianças com Síndrome de Down, a fim de avaliar se há irregularidades nesse apoio ou se esse evento ocorre de maneira diversa da de crianças típicas de mesmo grau de desenvolvimento da marcha.

### **3.2 Material e métodos**

O presente estudo pretende quantificar variáveis biomecânicas que descrevem o apoio inicial do andar de crianças com Síndrome de Down. Para tanto, serão empregados os métodos da dinamometria e da cinemetria.

#### **3.2.1 Participantes**

Participaram do estudo 13 crianças típicas com idades 3 anos e 9 meses ( $\pm 1,0$  ano) e 11 crianças com Síndrome de Down (trissomia 21) com idades 4 anos e 1 mês ( $\pm 0,9$  ano) (Tabela 6). As crianças típicas tiveram como critérios de inclusão a ausência de desordens neuromotoras ou ortopédicas. Foram incluídas as crianças com Síndrome de Down que compreendiam os comandos verbais necessários aos procedimentos experimentais e que já andavam independentemente há dois anos, a fim de poderem ser comparadas às típicas quanto à experiência com a marcha.

Os participantes foram selecionados através do contato com instituições pré-escolares e unidades de reabilitação em intervenção precoce do município

de São Carlos. O projeto foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade (protocolo nº443/2010), (Apêndice B). Os pais voluntários foram previamente informados e esclarecidos a respeito dos objetivos desta pesquisa, sobre o protocolo experimental e os riscos mínimos de desconforto, tropeços, quedas. Em caso de aceitação plena, os responsáveis assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice C) para a participação desta pesquisa, autorizando a aplicação do protocolo experimental proposto para este estudo (Apêndice E-F).

### **3.2.2 Procedimentos**

As resultantes das forças de reação do solo representam a soma algébrica da aceleração da massa de todos os segmentos corporais ([WINTER, 1991](#)). Seus comportamentos dinâmicos são importantes descritores do padrão do andar e serão úteis para a comparação da forma da interação como solo das crianças com Síndrome de Down e típicas.

O método da dinamometria foi usado para a aquisição das forças de reação do solo (FRS). Duas plataformas de força da marca Bertec (BERTEC Corporation - modelo 4060-08) dispostas em série sobre uma passarela antiderrapante de cinco metros de comprimento foram utilizadas. Após o procedimento de calibração das plataformas, os dados foram amostrados a uma frequência de 100 Hz. Os dados da plataforma de força foram filtrados com filtro digital Butterworth de quarta ordem, com frequência de corte entre 3 - 5 Hz e normalizados pelo respectivo peso corporal do participante e pelo tempo total de apoio.

As magnitudes das forças de reação do solo em suas componentes ortogonais ( $F_z$  = vertical e  $F_y$  = ântero-posterior) e respectivos cursos temporais e impulsos foram mensurados durante as fases de apoio do andar.

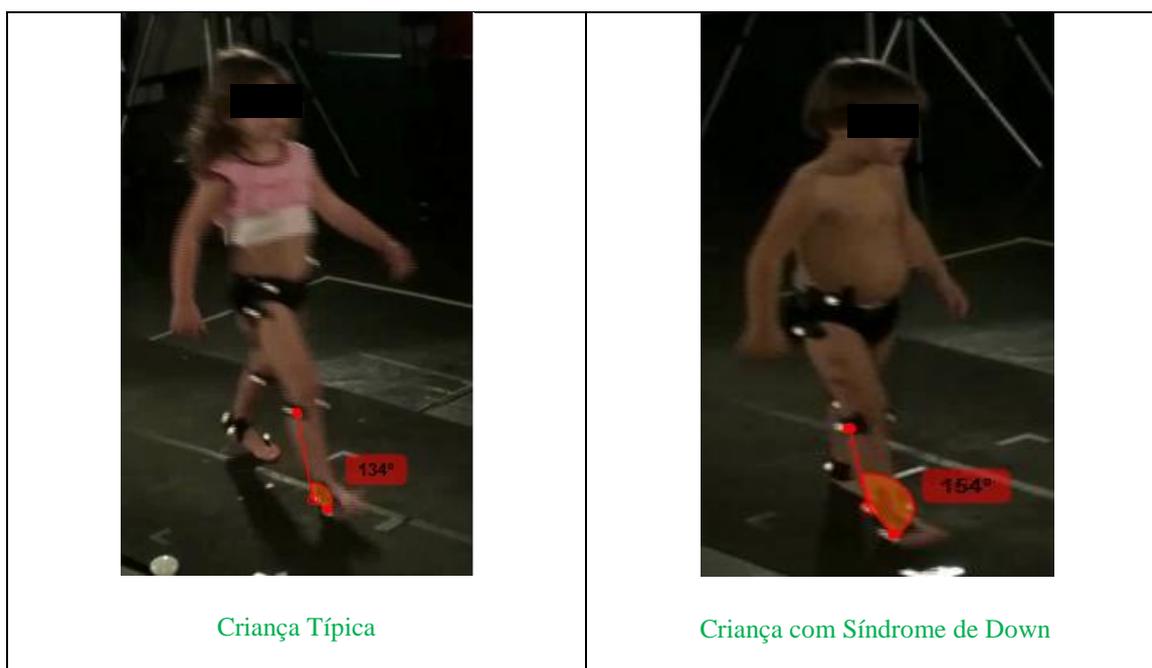
A fim de caracterizar a forma com que cada criança realiza o contato inicial com o solo durante o andar, foi utilizada uma câmera digital (Sony XDR-XR150) para a descrição no plano sagital da projeção do ângulo formado entre os segmentos perna e pé. Estes segmentos são considerados corpos rígidos e foram definidos por marcadores refletivos aderidos por fita dupla face no trocâter maior, linha interarticular do joelho, maléolo lateral e cabeça do quinto metatarso, unilateralmente (Figura 3). Mas só foram utilizados os marcadores da linha articular do joelho calcâneo e 5° metatársico. A câmera tem frequência de amostragem de 60 Hz.



**Figura 3:** Marcadores refletiveis

Através da cinemetria planar foi quantificado o ângulo entre os segmentos perna e pé no instante do primeiro contato com o solo no andar.

Três tentativas bem sucedidas em que cada criança apoiava sobre a plataforma de força foram utilizadas para análise. Essas tentativas foram carregadas no software Kinovea – 0.8.15 (<http://www.kinovea.org/en/>), e por meio desse programa foram selecionados os instantes do primeiro contato do pé direito com o solo. Todos os contatos selecionados pertenciam ao ciclo da marcha em que a criança passava pelas plataformas de força, localizadas no meio da passarela. Em seguida, foram identificados os marcadores refletivos e formada a geometria do apoio, através da projeção de um ângulo no plano da imagem, cujo vértice é o ponto anatômico do maléolo lateral e as semi-retas são os pontos anatômicos do quinto metatarso e da linha articular do joelho (Figura 4).



**Figura 4:** Medição do ângulo entre os segmentos pé–perna no contato inicial com o solo.

As caracterizações antropométricas das crianças foram feitas com uma trena específica para medida dos comprimentos dos membros inferiores. A

massa corporal foi aferida através de balança digital e a estatura através de medida direta com estadiômetro.

### **3.2.3 Protocolo experimental**

Foram retiradas quatro crianças com SD das análises de dados por terem apresentado dificuldade em realizar a tarefa solicitada ou por terem passo de amplitude pequena demais para as dimensões da plataforma de força, assim apenas 7 crianças concluíram o protocolo experimental.

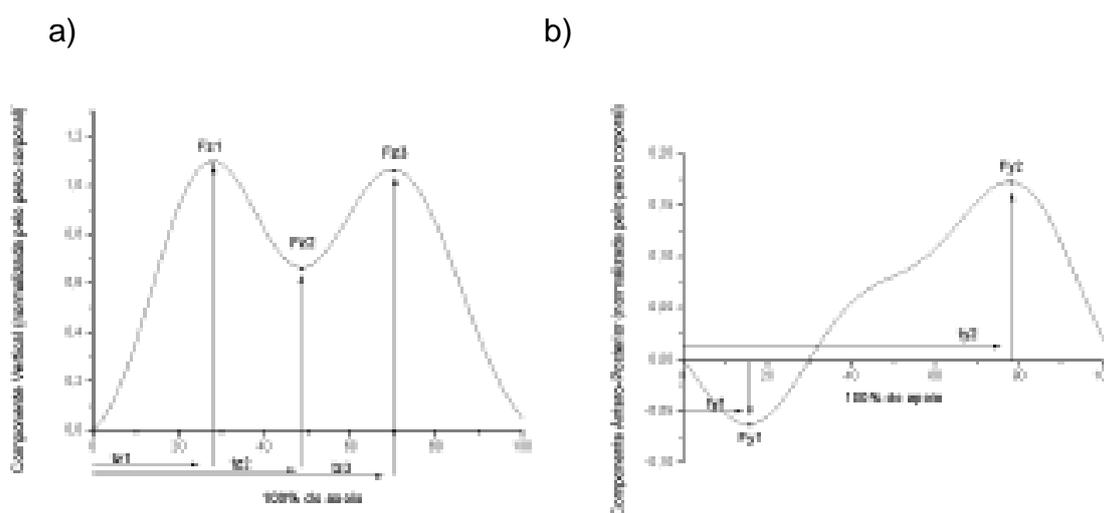
O protocolo experimental consistiu de um questionário de anamnese que foi respondido pelos pais ou responsáveis (Apêndice D). Em seguida, foram realizadas as medidas antropométricas e o registro em vídeo de toda a coleta de dados do andar com passagens sobre a plataforma de força.

Antes do início das coletas de dados, as crianças eram vestidas com shorts de lycra preto e posteriormente eram colocados o marcadores. Em seguida eram estimuladas a realizar o andar sobre a passarela no laboratório com a finalidade de se adaptar às condições de testes. Após esse período de habituação, foram consideradas tentativas válidas aquelas em que a criança pisava somente com um dos pés sobre uma das plataformas de força. Foram coletadas no mínimo três tentativas válidas de apoio sobre a plataforma para cada criança, nos pés direito e esquerdo. Ao final da coleta era mensurados os dados antropométricos. A velocidade de deslocamento foi auto-selecionada pelas crianças e o tempo de apoio sobre a plataforma usado para a estimativa da velocidade média empregada por cada criança. A duração de cada sessão de coleta de dados foi de aproximadamente 50 minutos.

### 3.2.4 Processamento dos dados

Para as forças de reação do solo, o primeiro pico da componente vertical descreve o toque inicial ao solo e é definido aqui como  $Fz1$ . O valor mínimo desta componente corresponde a  $Fz2$  e o segundo pico, que coincide com a retirada do pé do solo, como  $Fz3$  (Figura 1 (a)). Similarmente para a componente ântero-posterior,  $Fy1$  é força de reação posterior máxima, na fase de frenagem, quando o calcanhar toca o solo e  $Fy2$  é a força de reação anterior máxima que ocorre na fase de propulsão (Figura 5 (b)).

As magnitudes das forças de reação foram normalizadas pelo peso corporal e a duração das tentativas pelo tempo de apoio. Os parâmetros temporais correspondentes às variáveis da força de reação foram definidos como  $tz1$ ,  $tz2$ ,  $tz3$  (direção vertical) e  $ty1$ ,  $ty2$  (direção horizontal ântero-posterior) (Figura 5 (a) e (b)).



**Figura 5:** Representação gráfica do comportamento das componentes vertical (a) e horizontal (b) da FRS (LEVADA & LOBO DA COSTA, 2012).

Para o comportamento cinético foi calculada a variabilidade das curvas das forças de reação do solo através do coeficiente de variação (CV), calculado entre as tentativas individuais para cada sujeito de acordo com [Winter](#) (1991). Os dados foram processados pelo programa Origin 8.1 (OriginLab Corporation, USA). O tratamento estatístico foi realizado pelo programa SigmaPlot v.12 (Microsoft, USA). Após verificada a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk, utilizou-se o teste Teste-T para amostras independentes para a variável da força vertical e para as demais variáveis foi utilizado o teste de Mann-Whitney, devido à distribuição aleatória dos dados. O nível de significância utilizado foi de 5%, a fim de identificar diferenças significativas entre os grupos.

### 3.3 Resultados

As Tabelas 6 e 7, abaixo, apresentam a caracterização dos participantes deste estudo, com idade, estatura, massa e a experiência com o andar independente, respectivamente. Esta última foi informada na anamnese preenchida pelos pais.

**Tabela 6:** Dados antropométricos

	<b>Típicas</b>	<b>Síndrome Down</b>
<b>Idade (anos)</b>	4 ( $\pm 1,1$ )	4 ( $\pm 0,9$ )
<b>Estatura (m)</b>	1,1 ( $\pm 0,02$ )	1,00 ( $\pm 0,07$ )
<b>Massa (kg)</b>	20,1 ( $\pm 5,49$ )	17.7 ( $\pm 3,4$ )
<b>n</b>	13	7

**Tabela 7:** Tempo de aquisição do andar independente (em meses) de cada criança.

T = para criança típica e SD = para criança com Síndrome de Down.

Sujeito	Sexo	Idade cronológica (meses)	Tempo de aquisição do andar (meses)
T1	Masculino	41	29
T2	Feminino	47	35
T3	Masculino	50	38
T4	Feminino	52	40
T5	Feminino	62	50
T6	Masculino	47	33
T7	Feminino	53	43
T8	Feminino	50	38
T9	Masculino	44	32
T10	Masculino	43	31
T11	Feminino	75	64
T12	Masculino	37	26
T13	Masculino	45	33
n = 13			
<b>Média</b>		49,7	37,8
<b>Desvio padrão</b>		(±9,8)	(±10,1)
SD1	Masculino	73	59
SD2	Masculino	51	27
SD3	Masculino	47	23
SD4	Masculino	53	33
SD5	Feminino	38	18
SD6	Feminino	66	42
SD7	Masculino	49	26
n= 7			
<b>Média</b>		53,9	32,6
<b>Desvio padrão</b>		(±11,9)	(±13,9)

### 3.3.1 Variáveis Discretas

A Tabela 8 apresenta os valores médios e os desvios-padrão de variáveis selecionadas das forças de reação do solo em suas componentes vertical e anteroposterior para ambos os grupos.

**Tabela 8:** Valores médios (desvios-padrão) das variáveis discretas das forças de reação do solo, normalizadas pelo peso corporal.

Componentes da FRS	GT (%PC)	GSD (%PC)	p-valor
Fz1	118,67 (±7,80)	129,12(±7,99)	0,156
Fz2	71,46(±5,75)	83,91(±2,33)	0,029*
Fz3	105,39(±12,08)	105,98(±2,56)	0,95
Fy1	15,04(±10,09)	12,92(±3,9)	0,342
Fy2	22,26(±14,62)	13,40(±2,04)	0,235
n	13	7	

\*p ≤ 5%

GT: Grupos típicos

GSD: Grupo Síndrome de Down

A tabela 9 apresenta os valores médios e os desvios-padrão dos parâmetros temporais das FRS em porcentagem do tempo total de apoio para ambos os grupos.

**Tabela 9:** Valores médios (desvio-padrão) dos parâmetros temporais, normalizados pela porcentagem da fase de apoio.

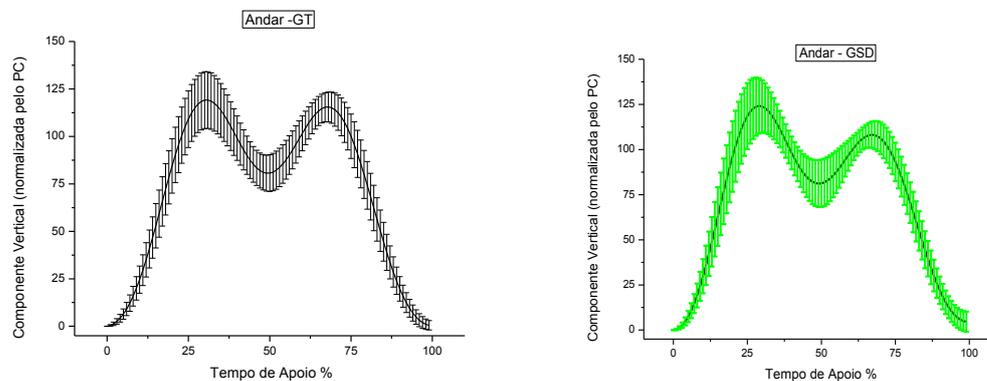
Componente da FRS	GT (% apoio)	GSD (%apoio)	Valor p
Tz1	28,07(±2,90)	30,22(±1,54)	0,263
Tz2	48,26(±3,89)	48,2(±2,39)	0,976
Tz3	68,59(±1,51)	67,33(±0,47)	0,755
Ty1	24,53 (±8,75)	29,24(±3,25)	0,526
Ty2	74,71(±5,21)	69,88(±3,51)	0,042*
Duração da fase de apoio (s)	0,68(±0,07)	0,64(±0,03)	0,48
n	13	7	

\*p ≤ 5%

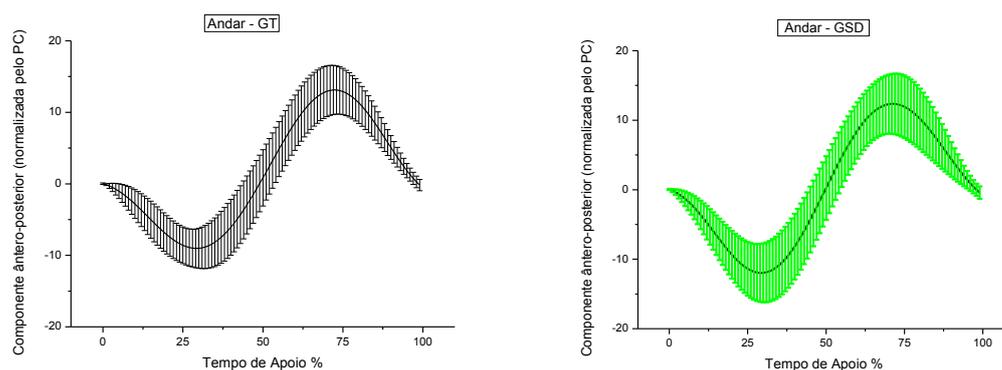
### 3.3.2 Comportamento cinético das forças de reação ao solo

As observações do comportamento da curva permitem verificar se há diferenças no padrão das forças de reação do solo e, assim, na interação do indivíduo com o ambiente durante o andar.

As Figuras 6 e 7 exemplificam as curvas médias ( $\pm$  desvios- padrão) para as componentes vertical e ântero-posterior, respectivamente, da força de reação do solo do grupo de crianças Típicas e Síndrome de Down.



**Figura 6:** Curvas médias ( $\pm$  desvios-padrão) para a componente vertical (normalizada pelo peso corporal) da FRS para o grupo típico (GT, em preto) e o Grupo com Síndrome de Down (SD, em verde).



**Figura 7:** Curvas médias ( $\pm$  desvios-padrão) para a componente ântero-posterior (normalizada pelo peso corporal) da FRS para o grupo típico (GT, em preto) e o Grupo com Síndrome de Down (SD, em verde).

A Tabela 10 apresenta valores médios dos coeficientes de variação para as componentes vertical e ântero-posterior nos dois grupos. Foi calculada a variabilidade entre as tentativas de cada sujeito e feita a média de todos os sujeitos dentro dos grupos.

**Tabela 10:** Valores médios dos coeficientes de Variação (CV) para as curvas da componente vertical ( $F_z$ ) e da componente ântero-posterior ( $F_y$ ).

Coeficiente de Variação (%)			
CV das Componentes	GT	GSD	p-valor
vertical	7,2 ( $\pm$ 5,5)	17,2 ( $\pm$ 17,6)	0,772
ântero-posterior	62,7 ( $\pm$ 25,3)	63,3 ( $\pm$ 11,5)	0,615
N	13	7	

\* $p \leq 5\%$

A variabilidade das componentes ântero-posterior e vertical não foi estatisticamente diferente entre os grupos, porém nota-se que a uma tendência para valores maiores para a componente vertical do grupo de crianças com Síndrome de Down.

### 3.3.3 Ângulo do Segmento Pé-Perna

Os ângulos foram medidos através de um software para análise qualitativa do movimento humano, de acesso livre, já mencionado.

**Tabela 11:** Projeção do ângulo do segmento perna-pé do grupo de crianças típicas (GT) e com Síndrome de Down (SD).

Segmento Pé-Perna	GT	GSD	p-valor
(projeção do ângulo em graus)	120,13 ( $\pm 14,14$ )	146,24 ( $\pm 5,43$ )	0,001*
n	13	7	

\*p  $\leq$  5%

O ângulo entre os segmentos perna e pé na posição neutra é de 90°. No presente estudo caracterizamos a presença de uma dorsiflexão de tornozelo uma diminuição do ângulo na posição neutra e sempre que aumentar ocorre uma flexão-plantar de tornozelo.

Os resultados indicam que as crianças estudadas do grupo com SD realizam o contato inicial com o solo com maiores flexões-plantares, caracterizando um apoio inicial realizado pelo antepé e ou pontas dos dedos ([PERRY](#), 2005; [SUTHERLAND](#) 1999). Tais desvios causados pela posição do pé podem afetar todo o curso da fase de apoio e, conseqüentemente, a produção de propulsão a cada ciclo.

No entanto, este resultado precisa ser avaliado com cautela, pois trata-se de uma medida feita no plano da imagem, além disso, não podemos discorrer sobre o comportamento do complexo perna-pé, pois não temos as variações desse ângulo ao longo do tempo de apoio. Por outro lado, esse dado preliminar nos estimula a continuar medindo esse comportamento através da cinematria tridimensional, pelo software DVIDEO ( [FIGUEIROA](#) et al., 2003).

### 3.4 Discussão

O presente estudo descreveu as curvas de força de reação ao solo vertical e ântero-posterior da fase de apoio durante o andar e observou a angulação pé –perna no primeiro contato com o solo de crianças com síndrome de down e típicas.

O andar é caracterizado por uma sequência regular de movimentos, adaptável e aparentemente simples, fundamental para a interação de crianças com o ambiente e a promoção dos desenvolvimentos motor, social e cognitivo ([BARROSO, WU, ULRICH](#), 2007).

Atualmente, aceita-se que o desenvolvimento de padrões mais coordenados de marcha em crianças ocorra à medida que o sistema neuro-músculo-esquelético responde às experiências no contexto funcional e às mudanças nas propriedades biomecânicas intrínsecas do organismo ([THELEN](#), 1986). Essa abordagem integrativa teve início com os estudos de [Bernstein](#) (1967), que considerava que a estrutura dos movimentos humanos voluntários só poderia ser descrita e compreendida pela interação complexa entre elementos dos domínios da fisiologia, anatomia e mecânica. O presente estudo optou por quantificar variáveis que descrevem o evento da marcha que gera a interface entre o organismo e o ambiente: o contato inicial com o solo.

As crianças com Síndrome de Down apresentam deficiência física associada a doenças musculoesqueléticas, frouxidão ligamentar, hipotonia muscular generalizada, atraso no desenvolvimento neuropsicomotor com aquisição tardia de marcos motores ([ARAUJO, SCARTEZINI, KREBS](#), 2007; [PAU](#) et al. 2012; [GALLI](#) et al, 2008). Além disso, dificuldades de equilíbrio,

mobilidade, deformidades de joelhos e pés afetam 30% dessas crianças ([PAU](#) et al. 2012). Tais fatores podem também contribuir para o atraso na aquisição do andar independente e fazer com que o padrão de marcha dessas crianças apresente características atípicas até os cinco anos de idade ([BARROSO](#), [WU](#), [ULRICH](#), 2007).

No andar infantil o aumento da flexão do joelho no contato inicial e mudanças no padrão de movimento do tornozelo já são reconhecidos como fatores que limitam o rolamento do pé na fase de apoio (PARKER BRONKS, 1980). Além disso, a forma de se realizar esse apoio pode ser irregular, ocorrendo em alguns passos com o calcanhar, em outros com a área plantar total e mesmo com as pontas dos pés ([HALLEMANS](#) et al , 2006). Quando crianças que apresentem ambos os comportamentos não são estimuladas adequadamente, esse quadro se prolonga e pode gerar futuras consequências posturais e mais atrasos motores ([RIGOLDI](#), [GALLI](#), [ALBERTINI](#), 2011).

Recentemente, [Pau](#) et al. (2012) avaliaram comparativamente as pressões plantares durante o andar de 99 crianças saudáveis e 99 com SD. Os resultados evidenciaram maior pressão na área do mediopé e antepé das crianças com SD na fase de contato inicial do andar, fato que confirma a diferença na geometria do apoio inicial das crianças SD. Ainda relataram esses autores que com o passar do tempo e descontinuidade da intervenção houve um aumento ainda maior da área de pressão no mediopé, demonstrando uma clara tendência a prejuízos ainda maiores à função da marcha, podendo desencadear problemas posturais e mesmo artroses futuras.

[Galli](#) et al. (2008) observaram aumento da flexão de joelho e flexão plantar no contato inicial da marcha em crianças de 6 a 15 anos com SD. Esses autores atribuíram essas características a insuficiência de extensores de tornozelo gerando instabilidade no apoio dos pés com conseqüente diminuição do passo e da velocidade. Da mesma maneira as crianças com SD do presente estudo apresentaram maiores flexões plantares no contato inicial do que as típicas. Adicionalmente menores valores para a fase propulsiva da componente horizontal da força de reação do solo, para as crianças com SD estão de acordo com a noção de perda de propulsão por provável insuficiência dos extensores.

Podemos destacar em nossos resultados que as crianças com SD apresentaram maior flexão-plantar de tornozelo no contato inicial, o que já foi evidenciado por [Galli](#) et al (2008). Adicionalmente, observamos uma diminuição da força de reação na fase de propulsão, fato ainda não relatado pela literatura especializada, que seja de nosso conhecimento. É importante destacar que apenas um sistema de pressões plantares, poderia confirmar como ocorre o rolamento do pé na fase de apoio do andar de crianças SD. Idealmente, este deveria ser associado à plataforma de força e ao processamento de imagens para se obter uma descrição precisa e completa desse evento do ciclo da marcha.

Apesar de apresentarmos no momento apenas resultados preliminares quanto ao comportamento dos segmentos perna e pé, avaliamos que o déficit de amplitude articular de tornozelo no início do apoio possa estar relacionado com a redução propulsiva ao final do apoio. Adicionalmente, podemos supor

que a diminuição para o tempo necessário até o pico propulsivo da componente horizontal observada no presente estudo (dada pelo tempo de apoio para atingir a  $Fy_2$ , Tabela 8) também pode estar relacionado à diminuição do impulso para a propulsão.

Assim, o interesse clínico em identificar fatores de alterações, tanto na funcionalidade do pé, quanto no padrão da marcha pode promover uma intervenção fisioterápica específica, a fim não apenas de alcançar metas desenvolvimentais, mas também buscar o alinhamento biomecânico, evitando distúrbios futuros. Portanto, optamos por comparar as crianças com Síndrome de Down com crianças típicas, semelhantes quanto ao tempo de experiência com a marcha independente.

### **3.5 Conclusão**

Apesar das limitações do presente estudo, os resultados parciais mostraram que mesmo que a cinética do padrão da marcha de crianças com Síndrome de Down seja típica, No entanto o contato inicial do solo visto pela cinemática demonstra alteração deste primeiro contato do pé com o solo assim, podendo haver prejuízos propulsivos que precisam ser melhor investigados, cujas consequências precisariam ser levados em conta em contextos clínicos.

Os resultados parciais evidenciaram semelhanças no padrão das forças de reação ao solo da marcha entre os grupos, no entanto o contato inicial do pé com o solo evidenciou maiores flexões plantares para o grupo com síndrome de down, que pode resultar em prejuízos propulsivos.

#### 4.Referências

ARAUJO, A.G.S.; SCARTEZINI C.M.; KREBS, R.J.; Análise da marcha em crianças portadoras de síndrome de down e crianças normais com idade de 2 a 5 anos, **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 20, n. 3, p. 79-85, 2007.

BARELA, J.A.; POLASTRI, P.F.; GODOI, D. Controle Postural em crianças: Oscilação corporal e frequência de oscilação. *Revista Paulista de Educação Física*. Vol. 14(1), p.55 – 64, 2000.

BARROSO, R.M.; WU, J.; ULRICH, D.A.; Long-Term effect of treadmill interventions on gait development in new walkers with down syndrome. **Gait & Posture** v27, 231-238, 2008.

BERNSTEIN, N. **The co-ordination and regulation of movements**. London, Pergamon Press, 1967.

BERTSCH, C.; UNGER, H.; WINKELMANN, W.; ROSENBAUM, D. Evaluation of early walking patterns from plantar pressure distribution measurements. First year results of 42 children. **Gait & Posture**, v. 19, p. 235- 42, 2004.

BONOMO, L. M. M.; ROSSETTI, C. B.; Desenvolvimento percepto-motor e inteligência sensório motora na síndrome de Down: Uma proposta de avaliação integrada. **Rev. Bras. Cresc. E Desenv. Hum.** (no prelo).

BOSCH, K., GERß, J., & ROSENBAUM, D. Development of healthy children's feet—nine-year results of a longitudinal investigation of plantar loading patterns. **Gait & Posture**, 32(4), 564–571, 2010.

BOSCH, K.; GERSS, J.; ROSENBAUM, D.; Preliminary normative values for foot loading parameters of developing child. **Gait & Posture**. V. 26, p. 238-247, 2007.

CAIRD, M. S., WILLS, B. P. D., DORMANS, J. P. Down syndrome in children: The role of the orthopaedic surgeon. **Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons**, 14, 610–619, 2006.

CASELLI, M. A., COHEN-SOBEL, E., THOMPSON, J., ADLER, J., GONZALEZ, L. Biomechanical management of children and adolescents with Down syndrome. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, 81(3), 119–127, 1991.

CONCOLINO, D., PASQUZZI, A., CAPALBO, G., SINOPOLI, S., STRISCIUGLIO, P. Early detection of podiatric anomalies in children with Down syndrome. **Acta Pediatrica**, 95, 17–20, 2006.

DUNCAN, B.B.; SCHMIDT, M.I.; GIUGLIANI, E.R.J. Medicina ambulatorial: condutas de atenção primária baseada em evidências. **3ª Ed. Porto Alegre: Artmed Editora**; 2004.

EILS, E.; BEHRENS, S.; MERS, O.; THORWESTEN, L.; VÖLKER, K.; ROSEMBAUM, D. Reduced plantar sensation causes a cautious walking patterns. **Gait and Posture**, v.20, p. 54-60, 2004.

FILIPPIN, N.T; SACCO, I.C.N.; BARBOSA, V.L.P.; LOBO DA COSTA, P.H.; Efeitos da Obesidade na Distribuição de Pressão Plantar em crianças. **Rev. bras. fisioterapia**, São Carlos, v. 11, n. 6, p. 495-501, nov./dez. 2007.

FILIPPIN, N.T; SACCO, I.C.N.; LOBO DA COSTA, P.H.; Distribuição de Pressão Plantar: definição, caracterização e aplicações no estudo do movimento humano, **Fisioterapia Brasil**, vol. 9, 2006.

FIGUEROA, P.J.; LEITE, N.J.; BARROS, R.M. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **comput methods programs**, 72, 155-165, 2003.

GALLAHUE, D. L.; OZMUN, J. C. Compreendendo o desenvolvimento motor: bebês, crianças, adolescentes e adultos. São Paulo: **Phorte Editora**, 2003.

GALLI, M.; RIGOLDI, C.; REINALD, R.; VIRJI-BABUL, B.N.; GIORGIO, A.; Joint stiffness and gait pattern evaluation in children with Down syndrome, **Gait & Posture**, vol. 28 502–506, 2008.

GIMENEZ, R; MANOEL E.J; OLIVEIRA, D.L; BASSO, L.; Combinação de padrões fundamentais de movimento: crianças portadoras de Síndrome de Down. **Rev Bras Educ Fís Esp**. Vol.18(1):101-116, 2004.

GULDEMON, N. A. Plantar pressure, diabetes and foot orthoses therapy: studies on etiological, diagnostic and therapeutical aspects. **Tese de doutorado, Universidade de Maastricht. Druck, Rotterdam**, p. 233. 2008.

HALLEMANS, A.; DE CLERCQ, D.; OTTEN, B.; PETER AERTS, P.; 3D joint dynamics of walking in toddlers A cross-sectional study spanning the first rapid development phase of walking. **Gait & Posture**, vol.22, 107–118, 2005.

HALLEMANS, A.; D' AOU<sup>^</sup> T, K.; DE CLERCQ D.; AERTS P. Pressure distribution patterns under the feet of new walkers: the first two months of independent walking. **Foot & Ankle**, vol.24, 444 - 453, 2003.

HALLEMANS, A.; DE CLERCQ, D.; DONGEN, S.V.; AERTS, P. Changes in foot-function parameters during the first 5 months after the onset of independent walking: a longitudinal follow-up study. **Gait & Posture**, vol.23, 142–148, 2006.

HAUSDORFF, J.M.; ZEMANY, L. PENG, C.K.; GOLDBERGER, A.L. Maturation of gait dynamics: stride-to-stride variability and its temporal organization in children. **Journal of Applied Physiology**, v.86, p.1040-1047, 1999.

HAUSDORFF, J. M. Gait dynamics, fractals and falls: finding meaning in the stride-to-stride fluctuations of human walking. **Human Movement Science**, v. 26, n. 4, p. 555-589, 2007.

<http://www.telessaudebrasil.org.br/apps/calculadoras/?page=7>

IVANENKO, Y. P.; DOMINICI, N.; LACQUANTI, F. Development of independent walking in toddlers. **Exercise and Sport Sciences Review**, v. 35, n. 2, p. 67-73, 2007.

LEVADA, G.; LOBO DA COSTA, P.H.; Estudo da variabilidade das forças de reação do solo na aquisição do andar independente em bebês, **Rev. Motriz, Rio Claro**, v.18 n.2, p.356-365, 2012.

LIU, X.C.; THOMETZ, J. G.; TASSONE, C. BARKER, B.; LYON, R. Dynamic Plantar Pressure Measurement for the Normal Subject. **J. Pediatr. Orthop**, v. 25. p. 103-106, 2005.

LOBO DA COSTA, P. H. Aspectos biomecânicos da locomoção infantil: grandezas, cinéticas no andar e no correr. São Paulo: [s.n.], 2000.

MAIER, E. Längsschnittuntersuchung über die Reife des Kinderfußes. **Jahrbuch Kinderheilkunde**, p. 109-222, 1961.

MARCHEWKA, A.; CHWALA, W. The Analysis of gait in people with down syndrome-comparin with the normin healthy people. **Biology of sport**. Vol.24, 167-175, 2007.

MIK, G., GHOLVE, P. A., SCHER, D. M., WIDMANN, R. F., GREEN, D. W. Down syndrome: Orthopedic issues. *Current Opinion in Pediatrics*, 20, 30–36, 2008.

NIETHARD, F. U. *Kinderorthopaedie*. **Stuttgart**, Thieme Verlag, 1997.

ONODERA, A.N.; SACCO, I.C.N.; MORIOKA, E.H.; SOUZA, P.S.; SÁ, M.R.; AMADIO, A.C. What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur?. **The Foot**. V. 18, p. 142 – 149, 2008.

PARKER, A. W, BRONKS R. Gait of children with Down syndrome. **Arch Phys Med Rehabil**. V 61, 345–51,1980.

PAU, M.; GALLI, M.; CRIVELLINI, M.; ALBERTIN, G.; Foot–ground interaction during upright standing in children with Down syndrome, **Research in Developmental Disabilities**, vol. 33, 1.881- 1887, 2012.

PERRY, J. Análise de marcha: **Marcha Normal**. São Paulo: Manole, 2004.

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

PEZZAN, P.A.O.; SACCO, C.N.; JOÃO, S.M.A.; Foot posture and classification of the plantar arch among adolescent wearers and non-wearers of high-heeled shoes. **Rev. Bras. Fisioterapia**, São Carlos, v.13. n. 5, p. 398 – 404, 2009.

QUEEN, M.R.; MALL, N.A.; HARDAKER, W.M.; NUNLEY, J.A. Describing Medial Longitudinal Arch Using Footprint Indices and a Clinical. **Foot & Ankle International**, p.456 – 469, 2007.

RIGOLDI, C.; GALLI, M.; ALBERTINI, G. Gait development during lifespan in subjects with down syndrome, **Research in Developmental Disabilities**, 2010.

ROLL, R.; KAVOUNOUDIAS, A.; ROLL, J. P. Cutaneous afferents from human plantar sole contribute to body posture awareness. **Somatosensory\_Systems, Pain and Neuroreport**, v.13. n. 15, p. 1957-1961, 2002.

ROSENBAUM, D.;KAMPS, N.; BOSCH, K.; THORWESTEN, L.; VOÖ LKER, K.; EILS, E.; The influence of external ankle braces on subjective and objective parameters of performance in a sports-related agility course, **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, Vol. 13: 419–425**, 2005.

SOUZA, P.S.; JOÃO, S.M.A.; SACCO, I.C.N.; Caracterização do Arco Longitudinal Plantar de Crianças Obesas por meio de Índices da Impressão Plantar, **Rev Bras Crescimento Desenvolv Hum.**;17(1):76-83, 2007.

SUTHERLAND, D. The development of mature gait. *Gait and Posture*, vol.6, p.13-170, 1997.

- THELEN, E. Treadmill-elicited stepping in seven-month-old infants. **Child Development**. V.57, p.1498-14506, 1986.
- 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**, v. 56, n.1, serial no.223, 1991.
- UNGER, H.; ROSENBAUM, D. Gender-Specific Differences of the Foot During the First Year of Walking. **Foot & Ankle International**. v. 25, p. 582-587, 2004.
- VIANNA, D. L.; GREVE, J. M. D, Relação entre a mobilidade do tornozelo e pé e a magnitude da força vertical de reação do solo, **Rev. bras. fisioterapia**, São Carlos, v. 10, n. 3, p. 339-345, 2006.
- VIEL, E. A marcha humana, a corrida e o salto: biomecânica, investigações, normas e disfunções. São Paulo: Manole, 2000.
- WINTER, D.A. **The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological**. Waterloo, University of Waterloo, 1991.
- YUNG-HUI, L.; WEI-HSIEN, H. Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and a perceived comfort during walking. **Applied Ergonomics**, v. 36, p. 355-362, 2005.

## **5. Apêndices**

## Apêndice A: Comitê de ética



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA  
Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos  
Via Washington Luís, km. 235 - Caixa Postal 676  
Fones: (016) 3351.8109 / 3351.8110  
Fax: (016) 3361.3176  
CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Brasil  
[propp@power.ufscar.br](mailto:propp@power.ufscar.br) - <http://www.propp.ufscar.br/>

### CAAE 0149.0.135.000-09

**Título do Projeto:** Da Postura Bípede ao andar independente: A iniciação ao passo

**Classificação:** Grupo III

**Procedência:** Programa de Pós-Graduação em Física

**Pesquisadores (as):** Fernanda Grazielle da Silva Azevedo Nora, Paula H. Lobo da Costa (orientadora),  
Vanessa Cristina de Souza Melo (colaboradora), Kelli Cristina de Castro (colaboradora)

**Processo nº:** 23112.004200/2009-03

### Parecer Nº. 523/2009

#### 1. Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando à parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ e ao término do estudo.

#### 2. Avaliação do projeto

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:

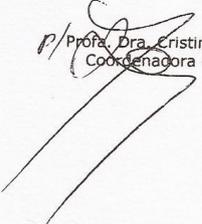
As pendências apontadas no Parecer nº. 473/2009, de 30 de novembro, foram satisfatoriamente resolvidas.

O projeto atende as exigências contidas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

#### 3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 11 de janeiro de 2010.

  
Prof. Dra. Cristina Paiva de Sousa  
Coordenadora do CEP/UFSCar

## Apêndice B : Comitê de ética



### UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676

CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil

Fones: (016) 3351-8028 Fax (016) 3351-8025 Telex 162369 - SCUF - BR

[cephumanos@power.ufscar.br](mailto:cephumanos@power.ufscar.br)

<http://www.propq.ufscar.br>

## Parecer N<sup>o</sup>. 443/2010

**Título do projeto:** Estudo do desenvolvimento da marcha em crianças com síndrome de down

**Área de conhecimento:** 4.00 - Ciências da Saúde / 4.08 - Fisioterapia e Terapia Ocupacional

**Pesquisador Responsável:** KELLI CRISTINA DE CASTRO

**Orientador:** PAULA HENTSCHEL LOBO DA COSTA

**Colaborador(es):** Fernanda Grazielle da Silva Azevedo Nora

**CAAE:** 0146.0.135.000-10 **Processo número:** 23112.003881/2010-81 **Grupo:** III

### Análise da Folha de Rosto

Adequada.

### Descrição sucinta dos objetivos e justificativas

O propósito desse estudo é descrever a mudanças de variáveis biomecânicas que ocorrem em um intervalo de seis meses no padrão da marcha em crianças com Síndrome de Down (SD) e crianças típicas. Especificamente, objetiva-se avaliar as forças de reação do solo e os ângulos articulares para os membros inferiores no plano sagital do andar de crianças que ainda se encontrem na fase de aquisição do andar independente. Especificamente, pretende-se descrever comparativamente as características da marcha de crianças com Síndrome de Down e de crianças típicas à medida que estas adquirem o andar independente.

### Metodologia aplicada

Após aprovação do projeto no Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da universidade será iniciado o protocolo experimental. Este protocolo consistirá das seguintes etapas: 1) questionário de anamnese, que será respondido pelos pais ou responsáveis; 2) medida da massa corporal e medidas antropométricas; 3) coletas da marcha sobre uma plataforma de força com registro em vídeo.

### Identificação de riscos e benefícios

Os pais voluntários serão previamente informados e esclarecidos a respeito dos objetivos desta pesquisa e sobre o protocolo experimental a que serão submetidos seus filhos, explicitando o caráter não-invasivo do mesmo e os riscos mínimos de desconforto, tropeços, quedas. Serão também informados de que poderão desistir de participar do projeto a qualquer momento, independentemente do motivo e que os dados obtidos durante este trabalho serão mantidos em sigilo e não poderão ser consultados por outras pessoas sem sua autorização prévia por escrito, resguardando sua privacidade.

### Cronograma

Adequado.

### Orçamento financeiro detalhado

Adequado.

### Adequação do TCLE

Adequado.

### Identificação dos currículos dos participantes da pesquisa

Adequados.

### Conclusão

O projeto atende a Resolução 196/96. **Aprovado.**

### Normas a serem seguidas:

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 –

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676

CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil

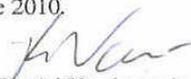
Fones: (016) 3351-8028 Fax (016) 3351-8025 Telex 162369 - SCUF - BR

[cephumanos@power.ufscar.br](mailto:cephumanos@power.ufscar.br)<http://www.propq.ufscar.br>

Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente dentro de 1 (um) ano a partir desta dada e ao término do estudo.

São Carlos, 17 de novembro de 2010.



Prof. Dr. Daniel Vendruscolo  
Coordenador do CEP/UFSCar

## **Apêndice C – Termo de Consentimento**

---

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

**Nome do Projeto:** ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO DA MARCHA EM CRIANÇAS COM SÍNDROME DE DOWN

O objetivo desse estudo é verificar as mudanças na forma do andar, à medida que as crianças aprendem a andar sozinhas. A tarefa a ser realizada pela criança será caminhar sobre uma passarela no laboratório e, ao longo do caminho, que será livre de qualquer forma de obstáculo, as crianças deverão pisar sobre uma placa fixa no chão e ao nível do solo. Nesse trajeto, todos os cuidados para que não haja quedas ou tropeços serão tomados rigorosamente. Imagens de vídeo serão tomadas ao mesmo tempo, e, para tanto, serão fixados seis pequenos marcadores de isopor nos membros inferiores. Na ocorrência de qualquer tipo de desconforto apresentado pela criança em qualquer momento da coleta de dados, esta poderá ser dispensada sem nenhuma restrição. E, caso ocorra desistência, não haverá prejuízo para o participante e para o pesquisador.

A participação na realização desse projeto torna-se importante, pois os resultados obtidos poderão ajudar a elaborar protocolos de reabilitação motora mais adequados às crianças com Síndrome de Down. É importante ressaltar que ao aceitar participar do presente projeto, todos os dados obtidos serão mantidos em completo sigilo e somente poderão ser utilizados para fins científicos, resguardando assim, sua privacidade.

Todos os procedimentos de avaliação serão conduzidos por um profissional experiente, garantindo sua integridade física e moral. As crianças que participarão do projeto deverão estar acompanhadas pelos pais ou responsáveis durante todo o período de coleta de dados no laboratório.

Uma cópia desse termo será entregue a você, juntamente com o telefone e endereço do pesquisador principal, tornando viáveis quando necessários esclarecimentos das dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou em qualquer momento.

---

Kelli Cristina de Castro (Aluna-pesquisadora)

**Rua: Dr. Alderico Vieira Perdigão, 1015 Bairro: Jardim Cruzeiro do Sul**

**Telefone: (16) 33519573 / (16) 97129953**

**Profª Drª Paula Hentschel Lobo da Costa (Pesquisadora responsável) Docente do Departamento de Educação Física e Motricidade Humana**

**Telefone: (16) 33518774**

**CONSENTIMENTO FORMAL PARA PARTICIPAÇÃO EM PROJETO DE  
PESQUISA.**

Eu, \_\_\_\_\_,  
responsável pelo menor \_\_\_\_\_

Portadora do RG \_\_\_\_\_, residente à  
\_\_\_\_\_  
bairro \_\_\_\_\_ na cidade de \_\_\_\_\_,  
estado \_\_\_\_\_ telefone \_\_\_\_\_.

Autorizo a participação de meu (minha) filho (a) no projeto. Após esclarecimentos por parte da pesquisadora, tenho pleno conhecimento dos procedimentos a serem utilizados, da relevância desse estudo e de que meu (minha) filho (a) não sofrerá qualquer dano físico, psíquico, moral ou social. Além disso, terei total liberdade de abandonar a pesquisa caso não concorde com algum procedimento ou se assim desejar. Permito que toda a avaliação seja filmada e que esses dados possam ser utilizados para divulgação científica, respeitando o código de ética da instituição, com garantia de que meu (minha) filho (a) não será identificado(a) em hipótese alguma.

Declaro que li e entendi todas as informações contidas neste documento.

São Carlos, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2010.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Responsável

## Apêndice D - Questionário de Anamnese

### Questionário de Anamnese

#### *DADOS DO SUJEITO*

<b>Nome:</b>	
<b>Endereço:</b>	
<b>Telefone de Contato:</b>	
<b>Nome do Responsável:</b>	
<b>Idade do Responsável:</b>	<b>Profissão do Responsável:</b>
<b>Idade:</b>	<b>Data de Nascimento:</b>
<b>Peso:</b>	<b>Estatura:</b>
<b>Data da Coleta:</b>	

#### *DADOS ANTROPOMÉTRICOS*

Dados	Valores em Centímetros
Comprimento Membro Inferior Direito	
Comprimento Membro Inferior Esquerdo	
Distância entre as Espinhas Iliacas	
Comprimento do Pé Esquerdo	
Largura do Pé Esquerdo	
Comprimento do Pé Direito	
Largura do Pé Direito	

#### *ANAMINESE*

Questões	Resposta
Idade Gestacional	
Tipo de Parto	
Intercorrências durante a gestação	
Peso ao Nascimento (kg)	
Altura do Nascimento (cm)	
Intercorrências após a gestação	
Faz o uso de algum medicamento	
Alimentação	
Idade que sentou pela primeira vez	
Idade que começou a andar com apoio	
Idade que começou a andar sem apoio	
Observações	

## Apêndice E – Protocolo Dinamometria

### Protocolo de Avaliação “Dinamometria”

#### *Dados dos Sujeitos*

<b>Nome:</b>	
<b>Idade:</b>	<b>Data da Coleta:</b>
<b>Peso:</b>	

#### Atividade Realizada: Gait

Tentativa	Plataforma 1	Plataforma 2	Sentido do Movimento	Validade	Observação
01			Plat1→Plat2		
02			Plat1→Plat2		
03			Plat1→Plat2		
04			Plat1→Plat2		
05			Plat1→Plat2		
06			Plat1→Plat2		
07			Plat1→Plat2		
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

## Apêndice F – Protocolo Cinemetria

---

### Protocolo de Avaliação “Cinemetria”

#### Atividade Realizada: Gait

Tentativa	Sentido do Movimento	Validade	Número Mostrado	Observação
01	Plataforma 1 → Plataforma2			
02	Plataforma 1 → Plataforma2			
03	Plataforma 1 → Plataforma2			
04	Plataforma 1 → Plataforma2			
05	Plataforma 1 → Plataforma2			
06	Plataforma 1 → Plataforma2			
07	Plataforma 1 → Plataforma2			
08	Plataforma 1 → Plataforma2			
09	Plataforma 1 → Plataforma2			
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				