



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM EDUCAÇÃO FÍSICA

PAULA RIBEIRO MESQUITA

**VARIÁVEIS ESPAÇO-TEMPORAIS DA LOCOMOÇÃO  
EM CRIANÇAS DE 3 A 10 ANOS**

BRASÍLIA

2025

PAULA RIBEIRO MESQUITA

**VARIÁVEIS ESPAÇO-TEMPORAIS DA LOCOMOÇÃO  
EM CRIANÇAS DE 3 A 10 ANOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Educação Física.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Cristina de David

BRASÍLIA

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

PAULA RIBEIRO MESQUITA

**VARIÁVEIS ESPAÇO-TEMPORAIS DA LOCOMOÇÃO  
EM CRIANÇAS DE 3 A 10 ANOS**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Educação Física pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física da Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 01 de julho de 2025

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cristina de David (Presidente)  
Universidade de Brasília

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eliane Fátima Manfio  
(Membro Titular Externo)  
Universidade Feevale

---

Prof. Dr. Giordano Márcio Gatinho Bonuzzi  
(Membro Titular Interno)  
Universidade de Brasília

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Hentschel Lobo da Costa  
(Membro Titular Externo)  
Universidade Federal de São Carlos

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andréa Gomes Moraes  
(Membro Suplente)  
UDF Centro Universitário

Dedico este trabalho à Marina  
e ao Benício, meus filhos, que  
representam de forma  
concreta os motivos que  
tenho para seguir.

## AGRADECIMENTOS

Eu poderia escrever outra tese tentando expressar tudo aquilo que aconteceu nesses 8 anos de doutorado. Foram anos que incluíram casamento, filhos e conquistas profissionais, além de uma pandemia e mais alguns momentos difíceis. Ao mesmo tempo que não quero me alongar, quero ter certeza de que estou transmitindo aqui toda a emoção que estou sentindo nesse momento.

Começo agradecendo ao Rafael, meu marido e companheiro, que me apoia desde a graduação e o mestrado e esteve comigo durante este (longo) doutorado enquanto passávamos por momentos maravilhosos construindo a nossa família e, também, por alguns momentos difíceis. (Arrisco dizer que ele é uma das pessoas mais felizes com a conclusão dessa etapa kkk). Meu amor, obrigada por tudo e por tanto, sempre!

Aqui entra também o agradecimento aos meus filhos, Marinoca e Beni, que, mesmo sem entender nada, me ajudaram tanto nesse caminho. Por enquanto, eles não têm ideia da loucura que foi lidar com os nascimentos e criação deles enquanto fazia coletas, análise de dados e escrevia essa tese. Mas, como a minha orientadora me disse algumas vezes, foram eles que me tornaram uma aluna e pesquisadora melhor. Não fosse pela chegada deles, eu certamente não teria alcançado esse título com tanta dedicação e orgulho. Não sei o que seria da minha vida sem vocês, meus filhotinhos.

Em seguida, agradeço à minha família. Eu sou muito feliz por ter uma família tão amorosa, que me ensina tanto e de quem tenho um apoio e suporte incondicionais. Meus pais, irmãos, avós, tias e tios, primas e primos... Obrigada por estarem sempre presentes, preocupados com o recrutamento dos meus participantes, a publicação dos artigos e tantas outras coisas que, muitas vezes, vocês nem entendiam, mas estavam sempre a postos a ajudar porque era importante para mim. Amo vocês!

Agradeço muito à Ana, minha orientadora, que é uma referência de mulher, professora e pesquisadora para mim. Tenho muito orgulho em dizer que faço parte do grupo de pesquisa coordenado por ela, sempre majoritariamente formado por mulheres e contribuindo com trabalhos tão significativos para a nossa área. Admiro muito a sua inteligência e dedicação a essa função, mesmo quando a gente dificulta um pouco a sua vida. A qualidade das suas observações e correções em cada texto são ponto fundamental para a conclusão deste trabalho. Obrigada por todos esses anos de orientação acadêmica e pessoal. Aproveito para agradecer aos outros professores e funcionários que fazem parte

da minha trajetória nesses 14 anos de UnB. Sou muito feliz nessa universidade e tenho cada um de vocês guardado com carinho na memória.

Por fim, quero lembrar de 3 pessoas que, infelizmente, nos deixaram antes que eu pudesse finalizar o doutorado, mas que tenho certeza de que estariam muito felizes comemorando esse momento comigo. Meu dindo, Antônio. Que saudade eu sinto de você todos os dias! Obrigada por ter me apoiado tanto, foi incrível poder ter estado tão próxima de você nos últimos anos em que estivemos juntos. Sr. Muniz, um tio que ganhei e que eu tenho certeza de que estaria muito orgulhoso dessa conquista (e aproveitaria muito a festa que virá em breve para comemorar). E Sr. Juruna, meu sogro querido de quem também tenho sentido muita falta nos últimos meses e, certamente, proporia uma viagem pra Guaibim em janeiro de 2026. Obrigada por terem sido parte desse processo! Sei que vocês estão juntos e comemorando também.

Obrigada a cada pessoa que fez parte desse trabalho, às crianças voluntárias e aos seus pais que contribuíram para que eu pudesse coletar os dados. Às minhas companheiras de LAMH e aos meus amigos que ajudaram e apoiaram de perto ou de longe. Obrigada, obrigada, obrigada!

## RESUMO

A descrição das variáveis espaço-temporais da locomoção em crianças pode facilitar a compreensão do desenvolvimento motor típico, permitindo a comparação com possíveis disfunções e contribuindo para programas de atividade física mais adequados, diagnósticos precoces e tratamentos clínicos mais eficientes. A análise das variáveis espaço-temporais visando o entendimento da aquisição e especialização da habilidade de correr em crianças ainda é limitada. Além disso, a associação dessas variáveis com outros fatores também pode ser mais bem estudada. **Objetivo:** este estudo transversal teve como objetivo apresentar valores de referência por idade e sexo para as variáveis espaço-temporais durante o correr em velocidade auto selecionada e rápida em crianças de 3 a 10 anos. Também foram apresentados os valores das variáveis espaço-temporais do andar em velocidade auto selecionada. Além disso, investigou-se a associação entre o índice de massa corporal (IMC) e essas variáveis e entre a velocidade do correr e a distância no salto de impulsão horizontal. **Métodos:** participaram do estudo 181 crianças (97 do sexo feminino). As variáveis espaço-temporais (velocidade, cadência, comprimento do passo, tempo de ciclo e duração das fases aérea e de apoio) foram coletadas por meio da plataforma GAITRite em três condições distintas: correr rápido, correr auto selecionado e andar auto selecionado. **Resultados:** Com o avanço da idade, observou-se um aumento da velocidade absoluta e do comprimento do passo, bem como redução da velocidade normalizada, cadência e comprimento do passo normalizado. Meninos apresentaram valores mais altos de velocidade absoluta e normalizada, cadência e comprimento do passo normalizado em comparação às meninas. Crianças com sobrepeso apresentaram velocidades mais baixas durante o correr e maior duração da fase de apoio. O aumento da velocidade do correr foi associado a maior cadência, comprimento do passo e duração da fase aérea, e a menor duração do tempo de ciclo e da fase de apoio. A distância no salto de impulsão horizontal esteve positivamente associada à velocidade do correr. **Conclusões:** O comportamento das variáveis espaço-temporais indicou que os padrões de movimento do correr ainda parecem estar em desenvolvimento na faixa etária de 3 a 10 anos. Além disso, as meninas e as crianças mais velhas parecem ter um desenvolvimento mais rápido da habilidade de correr. A associação com o IMC demonstrou que, mesmo em crianças não obesas, o sobrepeso foi suficiente para reduzir a velocidade e estender a fase de apoio durante o correr, enfatizando a importância da composição corporal no desenvolvimento dessa habilidade. A associação entre a velocidade do correr e a distância alcançada no salto de impulsão horizontal sugere que a aptidão física e o nível de desenvolvimento motor necessários para as habilidades de correr e saltar parecem ser semelhantes.

## ABSTRACT

Describing spatiotemporal variables of locomotion in children can contribute to understanding typical motor development, enabling comparisons with possible dysfunctions and supporting more effective interventions, such as appropriate physical activity programs, early diagnoses, and clinical treatments. Despite the relevance of this topic, the analysis of these variables focusing on the acquisition and specialization of the running skill in children remains limited. Furthermore, the relationship between these variables and other factors also deserves further investigation. **Objective:** This cross-sectional study aimed to establish age- and sex-specific reference values for spatiotemporal variables during running at self-selected and fast speeds in children aged 3 to 10 years. Additionally, values for spatiotemporal variables during walking at a self-selected speed were presented. The study also examined the associations between body mass index (BMI) and these variables, as well as between running speed and horizontal standing long jump distance. **Methods:** A total of 181 children (97 girls) participated in the study. The spatiotemporal variables – speed, cadence, step length, cycle time, and duration of the aerial and stance phases – were measured using the GAITRite system under three distinct conditions: fast running, self-selected running, and self-selected walking. **Results:** With increasing age, absolute speed and step length increased, while normalized speed, cadence, and normalized step length decreased. Boys presented higher values of absolute and normalized speed, cadence, and normalized step length compared to girls. Overweight children exhibited lower running speeds and longer stance phase duration. Increased running speed was associated with greater cadence, step length, and aerial phase duration, as well as shorter cycle time and stance phase duration. A positive association was also observed between running speed and horizontal jump distance. **Conclusions:** The behavior of spatiotemporal variables indicated that running movement patterns are still developing in children aged 3 to 10 years. In addition, girls and older children seem to exhibit faster development of running skills. The association with BMI showed that even in non-obese children, being overweight was enough to reduce running speed and prolong the stance phase, emphasizing the importance of body composition in the development of this skill. The association between running speed and horizontal jump distance suggests that physical fitness and the level of motor development required for running and jumping skills appear to be similar

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Caracterização dos participantes de cada grupo etário .....	33
<b>Tabela 2</b> – Dados de referência em percentil para as variáveis espaço-temporais de meninas e meninos de 3 a 10 anos durante o correr em velocidade rápida e auto selecionada e o andar em velocidade auto selecionada. ....	34
<b>Tabela 3</b> – Associação de idade, sexo e IMC com as variáveis espaço-temporais durante o correr em velocidade rápida e auto selecionada e o andar em velocidade auto selecionada.....	42
<b>Tabela 4</b> – Caracterização da amostra de participantes entre 5 e 10 anos classificados como eutróficos e com sobrepeso.....	43
<b>Tabela 5</b> – Comparação das variáveis espaço-temporais entre os grupos de crianças, entre 5 e 10 anos, eutróficas e com sobrepeso.....	45
<b>Tabela 6</b> – Comparação das variáveis espaço-temporais entre as velocidades do correr e do andar.....	48
<b>Tabela 7</b> – Associação entre a distância do salto de impulsão horizontal e a velocidade do correr.....	49
<b>Tabela 8</b> – Dados de referência em percentil para a distância do salto de impulsão horizontal de meninas e meninos de 3 a 10 anos.....	49

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Ciclo da Marcha.....	20
<b>Figura 2</b> – Ciclo do Correr.....	20
<b>Figura 3</b> – Medida do comprimento dos Membros Inferiores.....	28
<b>Figura 4</b> – Setup de execução do salto de impulsão horizontal.....	29
<b>Figura 5</b> – Setup de coleta de dados na Escola Parque 210/211 Sul.....	30

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS .....	15
2.1. Objetivo Geral .....	15
2.2. Objetivos Específicos .....	15
3. HIPÓTESES .....	16
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	17
4.1. Aspectos neurofisiológicos do desenvolvimento da locomoção independente .....	17
4.1.1. Desenvolvimento da locomoção independente .....	19
4.2. O estudo da locomoção por meio das variáveis espaço-temporais .....	22
5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	27
5.1. Caracterização do Estudo .....	27
5.2. Participantes .....	27
5.3. Procedimentos Experimentais .....	28
5.4. Análise Estatística .....	31
6. RESULTADOS .....	33
7. DISCUSSÃO .....	51
7.1. Associações de idade, sexo e IMC com as variáveis espaço-temporais do correr .....	51
7.2. Comportamento das variáveis espaço-temporais do correr em diferentes velocidades .....	53
7.3. Associações entre a distância do salto de impulso horizontal e a velocidade do correr, a idade e o sexo dos participantes .....	55
8. LIMITAÇÕES .....	57
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	58
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
ANEXO A – ANAMNESE .....	66
ANEXO B – TCLE .....	67
ANEXO C - TALE .....	69
ANEXO D – ARTIGO PUBLICADO .....	70
APÊNDICE - PARECER CONSUBSTANCIADO CEP .....	80

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da locomoção independente, a partir das habilidades de andar e correr, é caracterizado por um longo processo que envolve a maturação do sistema nervoso, as alterações anatômicas referentes ao crescimento e uma integração complexa entre os membros efetores e os sistemas coordenativos do movimento. O reflexo locomotor da marcha é o primeiro “passo” para o desenvolvimento e aquisição da marcha voluntária e independente. Sua existência é uma evidência de que a locomoção bípede é um traço evolutivo bem estabelecido e coordenado por estruturas medulares subcorticais<sup>1-3</sup>.

O andar é definido como o deslocamento do corpo até um local desejado, em velocidade autodeterminada e com o menor gasto energético possível<sup>4</sup>. Para que esse objetivo seja alcançado com sucesso, uma sequência finamente coordenada e sincronizada de flexões e extensões dos membros inferiores compõem as fases de apoio e balanço que constituem o ciclo da marcha<sup>4,5</sup>. Essa habilidade coordenativa é desenvolvida ao longo dos primeiros meses de vida, até a aquisição da marcha independente, por volta dos 12 meses. No entanto, ainda são necessários vários meses – ou anos – de experiência, durante os quais o corpo em crescimento passa por ajustes de coordenação entre músculos e articulações até que o padrão de movimento seja considerado maduro<sup>2,6,7</sup>.

A estabilidade e o controle sobre a habilidade de andar permitem variações no padrão de movimento, tal como o aumento da velocidade de deslocamento. Velocidades mais altas resultam em uma redução no tempo de duração do ciclo de movimento e de suas fases, além do surgimento da chamada fase de voo, quando ambos os pés perdem o contato com o solo, caracterizando a execução da habilidade de correr<sup>2,8</sup>. O correr começa a ser executado ainda entre 13 e 18 meses, mas, assim como o andar, demanda um longo tempo de prática até a apresentação de um padrão maduro de movimento, com fases de voo bem estabelecidas<sup>9-11</sup>.

A análise espaço-temporal da locomoção fornece informações importantes sobre os padrões de movimento nas mais diversas populações. As variáveis espaço-temporais do correr podem ser moduladas de acordo com a velocidade de deslocamento<sup>12</sup>, a idade do indivíduo<sup>13,14</sup>, ou mesmo seu sexo<sup>14-17</sup> e IMC<sup>18-22</sup>. Além disso, é possível compreender o desenvolvimento da habilidade de correr a partir de sua associação com outras habilidades motoras, como o salto<sup>23</sup>.

Para o aumento da idade, os estudos indicam maior velocidade e comprimento do passo e menor cadência<sup>14,21,24</sup>. A influência do sexo dos participantes apresenta resultados inconsistentes quando se analisa o andar<sup>14,25</sup>, mas esse fator parece influenciar o comportamento das variáveis durante o correr de crianças por volta dos 12 anos<sup>15,16</sup>. Por sua vez, crianças com IMC elevado costumam apresentar maior duração da fase de apoio durante o andar e o correr, mas essas diferenças são relatadas apenas quando comparadas crianças eutróficas e obesas<sup>18,21,26,27</sup>, não havendo evidências de diferenças entre as variáveis espaço-temporais de crianças eutróficas e com sobrepeso durante a marcha<sup>19</sup>. Em geral, a velocidade mais alta resulta em aumentos de cadência, comprimento do passo e fase aérea do movimento, com consequente redução da fase de apoio e do tempo total do ciclo de movimento<sup>28-30</sup>. A associação entre o correr e o saltar indica que os indivíduos que atingem maior velocidade durante o correr são capazes de alcançar distâncias mais longas na execução do salto de impulsão horizontal<sup>23</sup>.

Os estudos sobre as variáveis do correr são, em sua maioria, realizados em populações de adolescentes ou jovens adultos que são corredores experientes<sup>13,15,16,31,32</sup>. Por isso, a investigação desses parâmetros na infância, ainda pode ser mais bem esclarecida na literatura. Dados referentes aos padrões do andar e do correr de uma população são reconhecidos como uma ferramenta importante no estudo do controle motor e do desenvolvimento e funcionamento do sistema nervoso.

Os resultados alcançados no presente estudo poderão refinar o conhecimento dos padrões biomecânicos apresentados por crianças de 3 a 10 anos durante o correr, auxiliando o entendimento do desenvolvimento dessa população. O trabalho pode contribuir para a caracterização do comportamento das variáveis espaço-temporais durante a execução do correr em diferentes velocidades, de modo a fornecer informações mais claras e específicas que poderão auxiliar profissionais da área da saúde no desenvolvimento de programas de atividade física, treinamentos e reabilitação para essa população. Além disso, os dados poderão servir como valores de referência para a avaliação do nível de desenvolvimento motor das crianças, contribuindo para a realização de diagnósticos precoces e mais assertivos em casos de síndromes ou outros casos de marcha e corrida atípicas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Descrever o comportamento das variáveis espaço-temporais da locomoção (andar, correr e saltar) de crianças de 3 a 10 anos.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Descrever valores de referência, para cada idade e sexo, para as variáveis espaço-temporais durante o correr em velocidade auto selecionada e rápida.
- Descrever o comportamento das variáveis espaço-temporais durante o andar em velocidade auto selecionada.
- Investigar a associação de idade, sexo e IMC com as variáveis espaço-temporais do correr e do andar.
- Investigar a associação entre a distância do salto de impulsão horizontal e a velocidade do correr.
- Descrever valores de referência, para cada idade e sexo, para a distância do salto de impulsão horizontal.

### 3. HIPÓTESES

A hipótese central deste estudo foi de que os valores de referência para as variáveis espaço-temporais do correr seriam influenciados pela idade, IMC dos participantes e pela velocidade do correr, mas não haveria diferença entre os sexos. Esperava-se que o aumento da idade resultasse em maiores valores de velocidade absoluta, comprimento do passo e duração da fase aérea e menores valores de velocidade e comprimento do passo normalizados, cadência, tempo do ciclo e duração da fase de apoio.

Em relação à associação com o IMC, foi hipotetizado que um IMC mais elevado estaria associado a velocidades absoluta e normalizada, cadência, comprimento de passo e duração da fase aérea reduzidos, além de aumento no tempo de ciclo e duração da fase de apoio. Já o aumento da velocidade iria levar a valores mais altos para o comprimento do passo, a cadência e a duração da fase aérea, enquanto o tempo total do ciclo e a duração da fase de apoio seriam reduzidos.

Quanto à associação como salto de impulsão horizontal, foi esperado que as crianças que apresentassem velocidades mais altas durante o correr alcançassem distâncias maiores na execução do salto de impulsão horizontal.

## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1. Aspectos neurofisiológicos do desenvolvimento da locomoção independente

A aquisição da locomoção independente em bebês é um marco importante no processo de desenvolvimento e amadurecimento neurológico. O controle da marcha é, provavelmente, mais primitivo que o córtex cerebral e passa por um processo complexo e gradual de maturação e integração dos geradores centrais de padrão subcorticais com o substrato neural de controle de postura e equilíbrio, além de mudanças relevantes das proporções corporais e na força óssea e muscular<sup>33</sup>. A capacidade de se locomover de forma independente demanda uma integração complexa entre habilidades motoras, sensoriais e cognitivas e o desenvolvimento dos sistemas responsáveis por essas habilidades é fundamental para a capacidade do bebê de se locomover de forma eficiente e segura.

Desde o período intrauterino, quando o embrião está sendo constituído, começam a ser formadas as estruturas que originarão os sistemas nervosos central e periférico. O sistema nervoso central, por meio do encéfalo e da medula espinal, é o responsável pela recepção e integração de informações, da tomada de decisões e da emissão dos sinais motores que irão gerar e controlar a magnitude, direção, sequência e temporalidade das contrações musculares necessárias para a realização de um movimento específico. Já o sistema nervoso periférico é constituído, principalmente, por fibras nervosas que têm seus prolongamentos em quase todas as partes do corpo. É por meio destes nervos que as informações provenientes dos órgãos sensoriais são enviadas para o sistema nervoso central, e deste para os músculos e as glândulas<sup>3</sup>.

O sistema motor é operado por meio de quatro elementos: os efetuadores, os ordenadores, os controladores e os planejadores. Os músculos esqueléticos são os efetuadores, que recebem comandos a partir do contato direto com os primeiros ordenadores, os motoneurônios da medula e do tronco encefálico. O cerebelo e os núcleos da base, principais controladores do sistema, verificam se a execução dos comandos motores está ocorrendo conforme o planejado, enquanto os planejadores, localizados em regiões específicas do córtex cerebral, são os responsáveis pelas sequências de comandos que dão origem aos movimentos voluntários<sup>3,5</sup>.

As ações motoras são comandadas pelas vias descendentes dos centros ordenadores corticais e subcorticais que constituem dois sistemas fundamentais. O

sistema medial exerce os controles de equilíbrio e postura conectados principalmente aos sistemas axiais e proximais. O sistema lateral reúne as vias de comando dos movimentos voluntários finos efetuados essencialmente pelas partes mais distais dos membros. As funções neuro motoras também são desenvolvidas ainda na gestação, e podem ser observadas nos reflexos primitivos, posturais e locomotores, além dos movimentos espontâneos executados pelos bebês<sup>3,34</sup>.

Os reflexos são movimentos involuntários e estereotipados que ocorrem em resposta a estímulos específicos, enquanto os movimentos espontâneos surgem sem estimulação aparente<sup>5,35</sup>. Ambos têm função importante na sobrevivência e contribuem para o preparo do corpo para a execução dos movimentos voluntários, que dependem do amadurecimento do sistema nervoso<sup>2,34</sup>. Dentre os reflexos locomotores observáveis em bebês, destaca-se o reflexo da marcha, caracterizado pela alternância coordenada de flexão e extensão dos joelhos quando o bebê é sustentado na posição vertical<sup>2,35</sup>. No entanto, esse reflexo tende a desaparecer antes do início da marcha independente, gerando questionamentos sobre sua real relação com o caminhar voluntário, tema investigado nos estudos clássicos de Thelen e colaboradores<sup>1,33,36,37</sup>.

Os autores observaram que, mesmo após o desaparecimento do reflexo de marcha, os chutes espontâneos de bebês mantinham padrões rítmicos e coordenados semelhantes à marcha voluntária<sup>36</sup>. Além disso, identificaram que bebês com maior ganho de peso realizavam menos passos quando expostos ao estímulo do reflexo de marcha, sugerindo que o aumento de massa corporal dificultava a resposta reflexa<sup>37</sup>. Nos experimentos seguintes<sup>1</sup>, manipularam a carga dos membros inferiores dos bebês e relataram que: ao adicionar pesos às pernas dos bebês, o número de passos diminuiu ainda mais; em contrapartida, ao reduzir a ação da gravidade com a imersão parcial dos bebês, os passos reapareciam. Com isso, os autores concluíram que a força muscular dos bebês não acompanha o ganho de massa nos primeiros meses, explicando o desaparecimento temporário do reflexo. Isso indica que, possivelmente, algum fator biomecânico envolvendo a relação entre forças internas e as forças da gravidade funcione como um elemento limitador para a expressão de um padrão de movimento mais coordenado<sup>38</sup>. Dessa forma, entende-se que o reflexo locomotor de caminhar parece ser um traço evolutivo bem estabelecido, apresentado desde o nascimento, e responsável pelo controle e coordenação do movimento voluntário.

#### 4.1.1. Desenvolvimento da locomoção independente

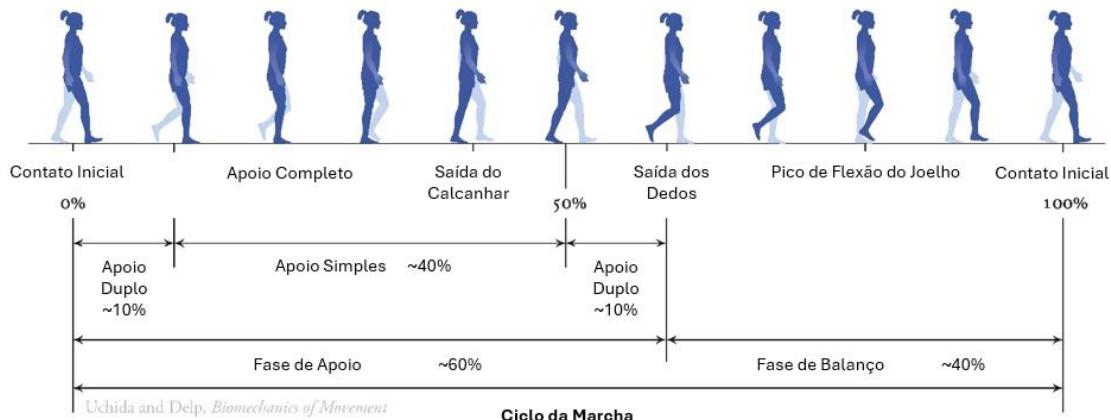
A ação voluntária de caminhar pode ser definida como o deslocamento do corpo até um local desejado, em velocidade autodeterminada e com o menor gasto energético possível<sup>4</sup>. Esse movimento, executado com a finalidade de locomoção, depende da habilidade de se estabelecer uma simetria entre os movimentos angulares das principais articulações envolvidas e os padrões de ativação muscular coordenada e sustentação de carga dos membros inferiores<sup>39</sup>. Os padrões de simetria e coordenação vão sendo desenvolvidos ao longo dos anos, à medida em que acontece a maturação dos sistemas nervoso e musculoesquelético e o desenvolvimento dos sistemas de controle do tônus muscular e das reações posturais e antecipatórias<sup>3</sup>.

O estado de contração permanente de um músculo, ou nível de tensão basal, é chamado tônus muscular. O sistema nervoso controla os níveis de contração de forma delicada e precisa, armazenando energia mecânica e mantendo o sistema preparado para responder às alterações de posição do corpo provocadas por mudanças ambientais ou pela ação voluntária do indivíduo. O reflexo de estiramento é o mecanismo que auxilia o estabelecimento e a manutenção da posição desejada, atuando por meio de ajustes musculares de baixa magnitude em resposta a perturbações do movimento<sup>3,5,34</sup>. A realização de ajustes posturais durante o movimento, chamada de reação postural, acontece a partir de cadeias reflexas específicas e trabalha em conjunto com o tônus muscular, atuando na manutenção e ajustes dos níveis adequados de contração muscular, e na posição do corpo para que o padrão de movimento seja o mais estável possível<sup>4</sup>.

A sincronização temporal e a coordenação dos padrões de movimento durante a marcha acontecem a partir da ação dos geradores centrais de padrão, estruturas localizadas a nível medular e que coordenam os padrões de contração e relaxamento muscular em movimentos cíclicos<sup>3,5</sup>. Os geradores centrais de padrão são responsáveis pelo comando sequencial dos músculos durante a locomoção e trabalham formando circuitos oscilatórios que envolvem motoneurônios extensores e flexores em um ciclo de duas fases (Figura 1): a *fase de apoio*, na qual os extensores da perna são ativados e os flexores inibidos, mantendo o contato do membro com o solo; e a *fase de balanço*, quando o membro é flexionado para se afastar do solo e, então, levado à frente para iniciar a próxima fase de apoio. As fases acontecem de maneira unilateral, quando um membro se encontra na fase de apoio, o outro está em

fase de balanço. No ciclo seguinte, inverte-se o padrão, e assim sucessivamente<sup>3-5</sup>.

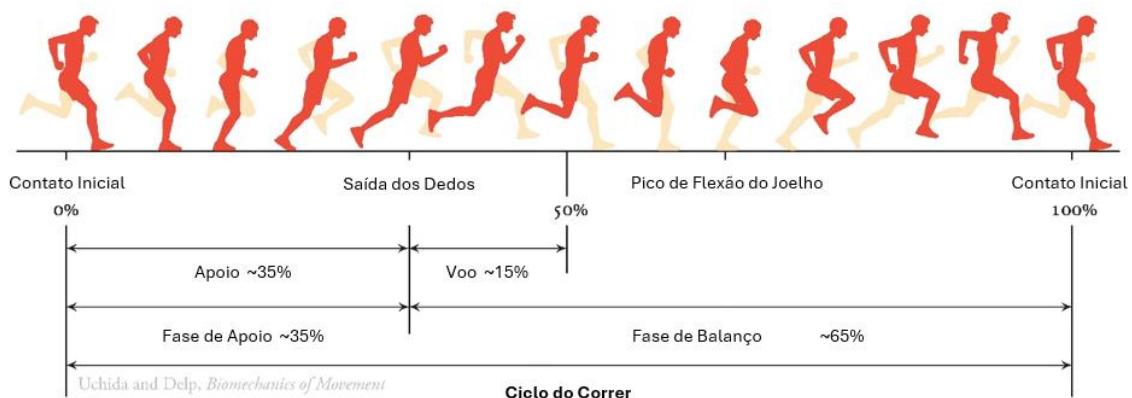
**Figura 1.** Ciclo da Marcha



Fonte: Adaptado de Uchida e Delp<sup>40</sup>

Conforme a experiência é adquirida, a execução da marcha passa a acontecer de forma mais estável e controlada, possibilitando algumas variações no padrão de movimento, tal como o aumento da velocidade. Aumentos na velocidade de locomoção reduzem a quantidade de tempo necessário para completar um ciclo, e a principal alteração no tempo do ciclo acontece devido a um encurtamento da fase de apoio e resulta em uma alteração importante em seu ciclo: o surgimento da fase de voo (Figura 2), na qual os dois pés perdem o contato com o solo, caracterizando a execução do correr em lugar do andar<sup>2,41</sup>.

**Figura 2.** Ciclo do Correr



Fonte: adaptado de Uchida e Delp

A habilidade de executar, adequadamente, os movimentos coordenados que compõem o ciclo da marcha é desenvolvida ao longo dos primeiros meses de vida, durante os quais o bebê adquire o controle voluntário de suas ações e inicia a execução de habilidades motoras rudimentares. A sequência pela qual a aquisição da marcha independente ocorre pode variar de acordo com influências biológicas, ambientais ou da tarefa, mas costuma seguir uma progressão sequencial<sup>2,7,41</sup>. Desde o nascimento, os bebês iniciam um processo de familiarização com a ação da força da gravidade sobre seu corpo. É dessa forma que eles desenvolvem as habilidades necessárias para a estabilização e sustentação de cabeça, tronco e pescoço e o início das habilidades de se sentar, rastejar e engatinhar como preparação para a aquisição da marcha independente<sup>2</sup>.

Entre 4 e 6 meses de vida, surge a habilidade de rastejar, seguida pelo engatinhar, que se diferencia da primeira pela capacidade de execução de um padrão contralateral de ativação dos membros. A locomoção na postura ereta depende do desenvolvimento das habilidades estabilizadoras, pois a criança deve ser capaz de controlar o corpo durante o apoio bipodal antes de dominar as mudanças posturais dinâmicas que ocorrem durante o deslocamento. Em geral, entre 12 e 14 meses os bebês começam a se deslocar sozinhos, executando a marcha em um estágio inicial e rudimentar, no qual o ritmo e a coordenação do movimento ainda serão ajustados de acordo com as suas limitações de controle postural e habilidades coordenativas<sup>2,42</sup>.

Após esse início, observa-se a ocorrência de um período para aquisição de experiência na marcha independente, durante o qual serão realizados ajustes finos dos movimentos de acordo com as condições de execução da tarefa e os processos de maturação e crescimento biológico da criança<sup>43-45</sup>. Ou seja, mesmo após adquirir as principais habilidades necessárias para a execução da marcha, é necessário um tempo de ajuste para que o corpo em crescimento possa desenvolver um padrão maduro de coordenação dos músculos e articulações envolvidos e, assim, alcançar a execução de uma marcha estável semelhante ao padrão de movimento adulto<sup>42,43,46</sup>.

O desenvolvimento típico dessas habilidades de coordenação acontece de 3 a 6 meses após o início da locomoção independente, podendo levar até 4 anos para que a execução do movimento se ajuste às mudanças que ocorrem em função do processo de crescimento e maturação anatômica e neural<sup>41,47,48</sup>. Isso acontece porque é preciso algum tempo de prática para que o indivíduo consiga adaptar seu corpo em crescimento ao desenvolvimento de um padrão maduro de coordenação de seus membros<sup>6</sup>. Ou seja, as alterações anatômicas e ajustes posturais que acontecem de maneira acelerada nos

primeiros anos de vida representam um fator de grande influência sobre o período de aprendizagem do andar até que se atinja um padrão estável e maduro, por volta dos 5 anos de idade<sup>41,45,47</sup>.

A habilidade de correr começa a ser desenvolvida em um período próximo ao do desenvolvimento do andar, entre 13 e 18 meses. No entanto, a apresentação da fase de voo passa a acontecer apenas por volta dos 36 meses, e os padrões de movimentos mais maduros apenas entre 4-6 anos, com a expertise do movimento demandando até 10 anos de prática<sup>9,10,40,49</sup>. Embora a capacidade de correr incluindo uma fase de voo aumente com a idade, Bach et. al<sup>11</sup> verificaram que a duração dessa fase não atinge os esperados 15% do ciclo do correr ainda na infância. Segundo os autores, durante o processo de aprendizagem, as crianças de 2 a 9 anos utilizam uma estratégia de caminhada-corrida (*walk-run strategy*) já que o seu padrão de movimento apresenta tanto fases de voo quanto de apoio duplo e não assemelha ao padrão de corrida adulto, mas também difere de seu próprio padrão de marcha.

As análises do andar e do correr representam fontes de informações importantes para a caracterização e o entendimento dos processos de desenvolvimento e maturação do sistema nervoso e do controle motor. Esses dados podem ser importantes para o diagnóstico precoce de um desempenho atípico nas tarefas motoras e a identificação de possíveis disfunções neuro motoras<sup>50</sup>.

#### 4.2. O estudo da locomoção por meio das variáveis espaço-temporais

As habilidades de andar e correr podem ser quantificadas por meio da avaliação dos parâmetros espaço-temporais<sup>51</sup>. A literatura apresenta diversas variáveis utilizadas nesse tipo de avaliação. Dentre as mais estudadas temos: velocidade de deslocamento absoluta e normalizada, cadência, comprimento do passo absoluto e normalizado e duração do ciclo de movimento e das suas fases (apoio e balanço). Diversos fatores podem influenciar os parâmetros espaço-temporais do andar e do correr, tais como: a idade, o sexo e o IMC dos participantes; a velocidade de deslocamento durante o movimento; e a associação com a habilidade de saltar. A análise da associação desses fatores com as variáveis espaço-temporais pode ser importante para o melhor entendimento desses movimentos na infância.

O aumento da idade parece exercer uma influência importante sobre as variáveis espaço-temporais do andar em função do crescimento, principalmente na infância<sup>17,48</sup>.

Gouelle et al.<sup>52</sup>, Mckay et al.<sup>17</sup> e Voss et al.<sup>14</sup> avaliaram crianças, adolescentes, adultos e idosos saudáveis e com desenvolvimento motor típico, e relataram que a adolescência e a fase adulta representam os períodos nos quais ocorrem menos alterações e variações nos parâmetros da marcha. A velocidade, por exemplo, tende a ser menor durante a caminhada de crianças e idosos, enquanto adolescentes e adultos executam o movimento em uma velocidade constante. É importante destacar, no entanto, que esse comportamento é observado quando se avalia a velocidade absoluta do deslocamento. Quando os dados são normalizados, crianças apresentam valores mais altos de velocidade em relação a adolescentes e adultos quando andam tanto em velocidade auto selecionada quanto em velocidades mais altas.

A cadência do movimento, por sua vez, foi reduzida com o aumento da idade durante o andar em velocidade auto selecionada e o mais rápida possível, tanto para valores absolutos quanto para valores normalizados. As crianças de 5 a 10 anos apresentaram o maior número de passos por minuto e os padrões de movimento semelhantes aos dos adultos foram alcançados entre 11 e 13 anos na cadência absoluta e entre 14 e 21 anos na cadência normalizada. Os autores também demonstraram que ocorre um aumento progressivo do comprimento de passo absoluto com a idade, no entanto, não existe diferença entre as faixas etárias quando esse parâmetro é normalizado<sup>14,52</sup>. Sobre as fases do ciclo da marcha, as principais informações destacam uma duração maior das fases de apoio simples e duplo e, consequentemente, menor da fase de balanço durante o andar de crianças e idosos. Este comportamento tem sido associado a um padrão de movimento com a intenção de garantir maior segurança ao seu executante<sup>14,17</sup>.

A influência do sexo sobre as variáveis espaço-temporais ainda apresenta resultados inconsistentes. Entre os trabalhos analisados, apenas Mckay et. al<sup>17</sup> e Voss et. al<sup>14</sup> encontraram diferenças entre os sexos durante o andar. Os autores apontaram que as diferenças foram encontradas a partir da adolescência, seguindo para a fase adulta, e apenas quando os participantes estavam andando em velocidade rápida. As participantes do sexo feminino apresentaram velocidade normalizada, cadência e tempo de apoio mais altos que aqueles do sexo masculino, enquanto os homens tiveram valores mais altos para velocidade absoluta, comprimento e largura do passo e maior duração da fase de balanço. Apesar de os resultados indicarem que o aumento da velocidade pode favorecer a ocorrência de diferenças entre homens e mulheres, ainda não foram relatados dados que possam evidenciar esse fato durante o correr, especialmente em crianças mais novas.

A influência do IMC sobre os parâmetros espaço-temporais tem sido representada

pelo aumento da duração do tempo do ciclo e da fase de apoio, além de uma redução da velocidade e da cadência, tanto durante o andar quanto durante o correr<sup>18,21,26,53-55</sup>. Esses resultados têm sido relacionados a uma possível fraqueza muscular e diminuição do equilíbrio dinâmico e da estabilidade por parte dos indivíduos com valores mais altos de IMC<sup>18,20,56</sup>. Apesar de a influência do aumento do IMC sobre as variáveis espaço-temporais estar bem estabelecida na literatura, a comparação entre sujeitos eutróficos e com sobrepeso/obesidade ainda apresenta resultados diversos.

A avaliação das características da marcha auto selecionada em adultos jovens não encontrou diferenças para o comportamento das variáveis espaço-temporais quando comparou um grupo de pessoas eutróficas a outro de pessoas com sobrepeso e obesidade<sup>22</sup>. Os autores relataram que o aumento do peso exerceu uma maior influência sobre as funções articulares. Da mesma forma, os trabalhos de Cimolin et. al<sup>57</sup> e Porta et. al<sup>19</sup> verificaram que os parâmetros espaço-temporais do andar foram semelhantes entre crianças e adolescentes eutróficos e com sobrepeso. Sendo assim, o entendimento a respeito da associação do aumento do IMC com o comportamento das variáveis espaço-temporais de crianças durante o correr ainda pode ser mais bem esclarecido.

Estudos, clássicos e recentes, descrevem o comportamento e estabelecem dados normativos para as variáveis espaço-temporais do andar, de crianças e adultos, em diferentes velocidades<sup>14,17,24,28,30,49,53,59-61</sup>. Os resultados destes trabalhos apontam que a velocidade de deslocamento durante o andar exerce influência sobre seus parâmetros espaço-temporais com o deslocamento mais rápido levando a maiores amplitudes das variáveis espaciais e menor duração das variáveis temporais. Ou seja, em geral, andar em velocidade mais alta leva a aumentos da cadência e do comprimento do passo e reduções do tempo do ciclo e de suas fases<sup>24,28,30,59,61,62</sup>, em comparação com velocidades mais lentas.

A análise das variáveis espaço-temporais do correr em adultos mostra um comportamento semelhante ao encontrado durante o andar. Ao aumentar a velocidade de deslocamento, também são observados aumentos no comprimento do passo e na cadência<sup>12,63</sup>. No entanto, para este movimento, observa-se uma estratégia diferente na qual o indivíduo aumenta o comprimento do passo primeiramente e, em seguida, realiza o aumento da cadência. Essa estratégia parece estar associada à experiência do corredor e, aumentos precoces da cadência podem indicar imaturidade do padrão de corrida, bem como falta de força muscular para executar os passos mais longos até que chegue o momento de aumentar sua frequência<sup>12</sup>.

Ainda são poucos os trabalhos que apresentam informações sobre o comportamento das variáveis espaço-temporais do correr em uma ou mais velocidades, tanto em adultos quanto em crianças. A revisão sistemática realizada por Smith et al.<sup>64</sup>, se propôs a investigar as diferenças entre o andar e o correr em crianças com e sem transtornos de desenvolvimento motor. Os autores relataram que, apesar de os parâmetros espaço-temporais representarem um dos assuntos mais estudados entre os artigos incluídos na revisão, estes também apresentaram um alto nível de inconsistência em sua qualidade metodológica, tornando seus resultados e relatos menos confiáveis. Dentre os resultados destacados na revisão, apenas um trabalho relatou dados do correr de crianças, destacando que as crianças com desenvolvimento atípico apresentaram maior cadência, menor comprimento de passada e mais tempo de fase apoio durante o ciclo da corrida<sup>65</sup>.

Os dados disponíveis a respeito do correr contemplam, em sua maioria, adolescentes e adultos jovens ou corredores de alto rendimento. Entre os trabalhos encontrados, alguns resultados podem ser destacados. Segundo Nagahara<sup>15,16</sup>, a habilidade de sprint se desenvolve antes dos 8 anos e depois dos 12 anos em meninos e antes dos 12 anos em meninas. Além disso, os parâmetros espaço-temporais do correr foram positivamente associados à estatura, negativamente associados à massa corporal<sup>31</sup> e moderadamente correlacionado com os tempos de chegada da maratona de corredores adolescentes<sup>32</sup>. A cadência mais alta de corredores jovens foi associada a comprimentos de pernas mais curtos e maior velocidade de corrida<sup>13</sup>, e o melhor desempenho em um teste de 1 km contrarrelógio foi associado a um maior comprimento da passada e um menor tempo de contato para crianças de 9 anos<sup>10</sup>. Por fim, crianças com distúrbios no desenvolvimento da coordenação apresentaram passadas mais curtas e fases de apoio mais longas do que crianças típicas<sup>64,65</sup>. Fica clara, então, a importância de se aprofundar a investigação a respeito dos parâmetros espaço-temporais do correr, principalmente na infância.

O saltar, assim como o correr, é uma habilidade motora fundamental desenvolvida na primeira infância e é comumente avaliado usando o teste de impulsão horizontal, um teste amplamente utilizado para avaliar a aptidão física em crianças<sup>23,66,67</sup>. Referências normativas mostram que a idade aumenta as distâncias alcançadas por crianças e adolescentes de 3 a 18 anos<sup>65,67</sup>. O teste de salto de impulsão horizontal é considerado um indicador de aptidão muscular de membros superiores e inferiores em crianças<sup>69</sup>. Estudos anteriores demonstraram uma associação entre melhores desempenhos no teste e maior estatura<sup>70,71</sup> e melhor desenvolvimento motor amplo<sup>72</sup>. Alguns achados demonstraram uma associação entre as habilidades de salto e sprint em atletas jovens<sup>73,74</sup>, e Bertozzi et

al.<sup>23</sup> descobriram que a distância atingida no teste de impulsão horizontal prediz a velocidade de sprint em crianças de 4 a 5 anos. Evidências anteriores sugerem que uma maior força muscular, avaliada por meio do teste de impulsão horizontal, pode explicar o aumento da capacidade de correr em velocidades mais altas<sup>23,69</sup>. No entanto, essa hipótese requer mais investigação e deve ser testada em uma faixa etária mais ampla dentro da população infantil.

A partir das informações apresentadas, entende-se que a descrição de dados de referência dos parâmetros espaço-temporais do correr de crianças com desenvolvimento típico, bem como sua associação com outros fatores, ainda pode ser mais bem esclarecida na literatura. Essas informações são importantes para que seja possível comparar e diferenciar o desenvolvimento motor típico daquele com possíveis disfunções, contribuindo para programas de atividade física mais adequados, diagnósticos precoces e tratamentos clínicos mais eficientes.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. Caracterização do Estudo

O presente estudo possui um enfoque quantitativo. Seu alcance é identificado como descritivo, por apresentar as características de um fenômeno e descrever suas tendências em uma amostra não probabilística por conveniência, e correlacional, já que verifica o grau de associação existente entre duas ou mais variáveis em um contexto específico. Quanto ao desenho de pesquisa, o trabalho se classifica como não-experimental e transversal, visto que foi realizado a partir de uma medição única dos dados, observando a ocorrência do fenômeno e analisando-o em seguida<sup>75</sup>.

### 5.2. Participantes

A pesquisa foi divulgada à comunidade via rede social, e às escolas da Secretaria de Educação, por meio de contato com a Regional de Ensino do Plano Piloto de Brasília – DF. Foram recrutadas para o estudo crianças de ambos os sexos, com idade entre 3 e 10 anos e que apresentassem histórico de desenvolvimento típico. A elegibilidade para participação das crianças foi verificada a partir do preenchimento de um questionário de anamnese (Anexo A) por seus responsáveis. Para as coletas realizadas nas escolas, o formulário de anamnese e autorização foi enviado previamente às famílias, de modo que apenas as crianças já autorizadas eram retiradas de sala para participação.

Os critérios de exclusão aplicados foram: nascimento prematuro, lesões musculoesqueléticas, distúrbios neurológicos e/ou obesidade. Desse modo, não puderam participar das coletas, crianças com doenças e/ou lesões que comprometessesem seus movimentos e impossibilitassem a realização das avaliações de forma independente. Inicialmente, 188 crianças fizeram parte da amostra do estudo, mas, após o cálculo e classificação do IMC, 7 crianças foram classificadas como obesas e excluídas da análise. Desse modo, o presente trabalho foi composto por uma amostra final de 181 crianças de 3 a 10 anos e de ambos os sexos.

### 5.3. Procedimentos Experimentais

As coletas foram realizadas em 3 escolas (Ipê Amarelo, Jardim de Infância 02 – Cruzeiro e Escola Parque – 210/211 Sul) e no Laboratório de Análise do Movimento Humano, localizado na Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília. Os participantes foram atendidos individualmente ou em grupos de 3 a 5 crianças a depender do local e cada coleta teve duração média de 20 a 30 minutos. Ao serem levados ao local de coleta, os participantes foram apresentados à pesquisadora responsável, ouviram uma explicação sobre os procedimentos que seriam realizados e tiveram todas as suas dúvidas esclarecidas. Após isso, todos tiveram alguns minutos para se familiarizar com o ambiente e os equipamentos a serem utilizados.

**Figura 3:** Medida do comprimento dos Membros Inferiores



Fonte: Singh, AP (2019)<sup>76</sup>

Inicialmente, as medidas antropométricas de massa, estatura e comprimento dos membros inferiores (CMI) dos participantes foram registradas utilizando procedimentos padrão. A massa corporal foi obtida a partir de uma balança mecânica com precisão de 0,01kg. Para a medição da estatura, uma fita métrica com precisão de 0,1cm foi fixada à parede. A medida foi realizada com o sujeito de costas para a parede, de modo que os calcanhares estivessem juntos e em contato com ela. O comprimento dos membros inferiores foi medido utilizando o *total true shortening method*, que consiste no posicionamento de uma fita métrica desde a espinha ilíaca anterossuperior até o maléolo medial do mesmo lado (Figura 3)<sup>24,77</sup>. O IMC foi calculado posteriormente a partir da

divisão do valor da massa corporal pelo quadrado da estatura ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ). Os valores determinados por Cole et al<sup>78</sup> foram utilizados para classificar os participantes como apresentando peso normal (eutróficos), sobre peso ou obesidade. Na faixa etária de 5 a 10 anos de idade foram identificadas 20 crianças classificadas com sobre peso que foram aleatoriamente pareadas em idade, sexo e estatura a um grupo de crianças eutróficas para análises posteriores.

Em seguida, os participantes realizaram o teste do salto de impulsão horizontal (Figura 4), para o qual foi solicitado que as crianças se posicionassem atrás de uma linha demarcada no solo, com os dois pés tocando-a e, então, realizassem um impulso vigoroso, saltando o mais longe que conseguissem e aterrissando com os dois pés ao mesmo tempo. As crianças puderam balançar os braços para auxiliar na execução do salto. A distância foi medida em centímetros desde a linha de impulsão até o ponto onde a parte de trás do calcanhar mais próximo da linha aterrissou. O teste foi repetido 3 vezes com intervalos de, pelo menos, 1 minuto entre as tentativas e o maior valor foi considerado para análise. Os saltos não foram considerados em casos de desequilíbrios, quedas ou se a aterrissagem não ocorreu com ambos os pés<sup>68,69,79</sup>.

**Figura 4:** Setup de execução do salto de impulsão horizontal.



Fonte: elaborado pela autora (2024)

Para aquisição das variáveis espaço-temporais foi utilizada a plataforma GAITRite® (CIR systems), que inclui 18.432 sensores distribuídos em 8 blocos na plataforma que apresenta uma área de 61 cm de largura e 488cm de comprimento (Figura 5). O equipamento é relatado como uma das ferramentas mais simples, com melhor custo-benefício e maior eficácia clínica para avaliação de crianças<sup>80</sup>.

**Figura 5:** Setup de coleta de dados na Escola Parque 210/211 Sul.



Fonte: elaborado pela autora (2024)

O equipamento foi posicionado em uma superfície nivelada, com espaços de 2 metros para aceleração e desaceleração, respectivamente antes e após o deslocamento sobre o tapete. As crianças foram instruídas a se deslocar do ponto inicial ao ponto final andando em velocidade auto selecionado (Aas), ou correndo em velocidade auto selecionada (Cas) e rápida (Cr). As condições de deslocamento foram descritas, respectivamente, como “sua velocidade confortável/típica de caminhada”, “sua velocidade confortável/típica de corrida” e “sua velocidade mais rápida de corrida”, sem nenhum tipo de parâmetro de referência (ex. metrônomo ou timer), visto que esse direcionamento poderia modificar os padrões de movimento naturalmente executados<sup>61,81</sup>.

Todas as crianças realizaram os testes com roupas confortáveis para a prática de atividades físicas e descalças. Foram registradas 3 tentativas válidas para cada uma das condições de teste. As tentativas foram consideradas válidas quando eram realizados, no mínimo, 4 contatos do pé com o solo. Ademais, registros com passos ou pegadas incompletas foram excluídos da análise. As variáveis obtidas foram: velocidade absoluta (m/s) e normalizada (cm/s), cadência (passos/min), comprimento do passo absoluto (cm) e normalizado (cm/cm), tempo do ciclo (s), duração da fase de apoio (% ciclo total) e duração da fase aérea (% ciclo total). A velocidade normalizada foi determinada a partir

da divisão da velocidade absoluta pelo comprimento de membro inferior de cada indivíduo, sendo expressa em comprimento de membro inferior/segundo<sup>61,62,82-84</sup>.

Os parâmetros espaço-temporais foram calculados pelo software GAITRite® utilizando definições pré-programadas. Foram exportados os valores de cada um dos 3 registros válidos para cada velocidade de deslocamento e, posteriormente, calculou-se a média desses registros para análise. O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília – CEP-FM/UnB (número de protocolo: 5.978.773).

#### 5.4. Análise Estatística

As estatísticas descritivas básicas dos participantes do estudo foram apresentadas como médias e desvios padrão. Para verificar a distribuição e a homogeneidade dos dados foram utilizados, respectivamente, os testes de Shapiro-Wilk e de Levene.

Os dados descritivos de referência para as variáveis espaço-temporais durante o correr rápido e auto selecionado e o andar auto selecionado, bem como para a distância do salto de impulso horizontal, foram apresentados como percentis (5 – 95).

Para análise inferencial, utilizamos o modelo linear generalizado (GLM)<sup>85,86</sup> para variáveis dependentes contínuas - com o post-hoc de Bonferroni para comparações múltiplas - para avaliar: (i) comparação das variáveis espaço-temporais entre as condições de deslocamento (correr e andar); e (ii) a associação de idade, sexo e IMC com as variáveis espaço-temporais em cada condição de deslocamento. O modelo foi ajustado para as variáveis de confusão: sexo, idade e/ou IMC, conforme apropriado.

O GLM<sup>85,87</sup> com post-hoc de Holm para comparações múltiplas foi utilizado para verificar a associação entre a distância do salto de impulso horizontal e as velocidades absoluta e normalizada do correr em condição auto selecionada e rápida. Ajustamos o modelo para variáveis de confusão: idade, sexo e IMC, conforme apropriado.

O Teste *t* de Student foi utilizado para comparar as amostras de participantes eutróficos e com sobrepeso quando os dados apresentaram distribuição normal. Para dados que não apresentaram distribuição normal, foi realizado um equivalente não paramétrico (Mann-Whitney). Os tamanhos de efeito (TE) para essa comparação foram calculados de acordo com as especificações do *d* de Cohen (0,20 a 0,50 – efeito pequeno; 0,50 a 0,80 – efeito médio; > 0,80 – efeito grande)<sup>87</sup>. Os dados foram expressos como média e desvio-padrão, e mediana e quartis, conforme apropriado.

Para todas as análises do GLM, apresentamos dados descritivos usando a média e o intervalo de confiança de 95%. O nível de significância adotado em todo o trabalho foi de  $p < 0,05$ . As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software JAMOVI (v. 2. 2. 5).

## 6. RESULTADOS

As crianças mais velhas apresentaram maior estatura, massa corporal, IMC e comprimento dos membros inferiores do que as crianças mais jovens (Tabela 1). Não houve diferenças entre os sexos para as medidas antropométricas.

**Tabela 1.** Caracterização dos participantes de cada grupo etário (média ± DP).

Idade (Anos)	Gênero (Feminino)	Estatura (cm)	Massa (kg)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	CMI (cm)
3 (n = 11)	5 (45,5%)	94,5 ± 3,6	14,1 ± 1,7	15,7 ± 1,2	39,1 ± 3,2
4 (n = 21)	10 (47,6%)	109 ± 9,4	16,8 ± 3,2	14,1 ± 1,9	46,0 ± 4,4
5 (n = 38)	24 (63,2%)	112 ± 4,4	18,7 ± 3,1	14,8 ± 1,9	49,6 ± 3,3
6 (n = 23)	14 (60,9%)	117 ± 6,4	20,5 ± 3,1	14,9 ± 1,6	54,1 ± 4,1
7 (n = 19)	9 (47,4%)	124 ± 5,0	23,6 ± 4,8	15,2 ± 2,3	57,0 ± 4,8
8 (n = 21)	11 (52,4%)	132 ± 6,4	27,6 ± 5,2	15,7 ± 2,1	62,9 ± 4,1
9 (n = 23)	13 (56,5%)	139 ± 6,2	32,0 ± 6,9	16,4 ± 2,6	67,0 ± 3,4
10 (n = 25)	11 (44%)	141 ± 6,8	33,6 ± 7,7	16,6 ± 2,7	68,1 ± 4,6

CMI: Comprimento de Membro Inferior.

Os dados descritivos, específicos para cada idade e sexo, de referência para as variáveis espaço-temporais durante o correr rápido e auto selecionado e o andar auto selecionado estão listados na Tabela 2. Avaliando a variação da velocidade entre as condições de teste, foi possível notar que as crianças mais novas e aquelas do sexo feminino tendem a apresentar variações menores de velocidade, especialmente entre o correr auto selecionado e o correr rápido. Considerando as diferentes condições de teste, observou-se que a variação da velocidade foi mais alta quando se considera a transição entre as condições de andar e correr auto selecionados do que a transição entre as duas condições do correr.

As análises apresentadas nas Tabelas 3, 4 e 5 aprofundam a compreensão de como esses parâmetros variaram de acordo com a idade, o sexo, o IMC e a velocidade do movimento.

**Tabela 2.** Dados de referência em percentil para as variáveis espaço-temporais de meninas e meninos de 3 a 10 anos durante o correr em velocidade rápida e auto selecionada e o andar em velocidade auto selecionada.

Velocidade Absoluta (cm/s)	Idade	Sexo	N	CORRER RÁPIDO					CORRER AUTO SELECCIONADO					ANDAR AUTO SELECCIONADO						
				5	25	50	75	95	Δ%	5	25	50	75	95	Δ%	5	25	50	75	95
Velocidade Absoluta (cm/s)	3	F	5	155	232	234	251	273	2	141	208	229	237	251	133	88,6	93,8	98,2	100	101
		M	6	237	254	270	287	295	3	243	255	263	278	297	141	85,1	92,9	109	114	145
	4	F	10	241	308	325	342	392	3	227	244	315	334	368	181	74,2	89,0	112	120	127
		M	11	275	317	336	369	380	4	248	282	324	358	374	265	62,3	72,6	88,8	91,9	98,4
	5	F	24	340	355	367	382	417	12	230	293	327	357	368	206	68,6	88,8	107	120	137
		M	14	340	364	375	385	454	5	261	311	356	371	407	274	63,5	78,9	95,2	113	132
	6	F	14	303	344	369	392	444	14	237	283	324	401	423	241	82,0	92,5	95,1	113	119
		M	9	338	389	430	436	465	37	279	305	315	366	447	216	92,6	96,2	99,7	114	134
	7	F	9	386	408	421	430	495	10	253	375	382	399	404	232	96,4	100	115	130	135
		M	10	376	417	431	453	507	1	371	393	426	451	513	277	92,7	104	113	117	123
	8	F	11	336	390	424	441	471	50	217	270	282	368	399	145	96,0	103	115	117	135
		M	10	332	355	446	483	491	27	228	272	350	413	433	221	83,7	100	109	124	164
	9	F	13	351	382	391	424	440	25	265	283	312	361	382	200	80,8	93,4	104	120	138
		M	10	368	391	407	445	474	24	240	251	329	365	408	170	85,9	97,0	122	133	161
	10	F	11	293	354	389	419	446	38	226	259	281	309	338	140	89,7	108	117	137	151
		M	14	327	420	458	505	521	64	215	265	280	375	483	114	98,3	116	131	136	162

Velocidade Normalizada (cm/s)		F	5	3,64		5,52		5,85		5,98		6,64		8	3,34		5,20		5,44		5,77		6,00		132	2,09		2,34		2,35		2,39		2,45	
				M	6	6,12	6,37	7,38	8,00	8,55	2	6,25	6,52	7,24	7,58	8,57	148	2,23	2,58	2,92	3,30	3,84	2,23	2,58	2,92	3,30	3,84								
3		F	10	5,54		6,42		6,61		7,14		7,91		3	4,76		5,71		6,43		6,64		7,55		180	1,59		1,86		2,30		2,51		2,72	
				M	11	6,39	7,28	7,63	8,21	8,65	4	5,63	6,85	7,35	7,68	8,66	281	1,43	1,61	1,93	2,11	2,35	1,43	1,61	1,93	2,11	2,35								
4		F	24	6,37		6,96		7,36		7,89		8,72		12	4,93		5,90		6,59		7,16		7,35		205	1,43		1,82		2,16		2,37		2,85	
				M	14	6,85	7,35	7,64	8,06	9,09	11	5,73	6,27	6,89	7,42	8,40	250	1,35	1,50	1,97	2,20	2,72	1,35	1,50	1,97	2,20	2,72								
5		F	14	5,17		6,15		6,56		7,38		8,37		9	4,26		4,93		6,03		7,03		7,99		249	1,48		1,57		1,73		2,01		2,31	
				M	9	6,50	7,01	8,12	8,77	9,25	40	5,19	5,62	5,81	7,54	9,35	219	1,70	1,79	1,82	2,46	2,58	1,70	1,79	1,82	2,46	2,58								
6		F	9	2,81		6,58		7,53		7,82		8,59		17	2,69		6,33		6,45		6,99		7,59		207	0,79		1,79		2,10		2,17		2,32	
				M	10	6,76	7,55	7,79	8,36	8,98	4	6,80	7,31	7,50	8,11	8,96	279	1,67	1,88	1,98	2,16	2,24	1,67	1,88	1,98	2,16	2,24								
7		F	11	5,34		6,03		6,58		6,72		7,88		38	3,30		4,18		4,78		5,85		6,30		173	1,43		1,73		1,75		1,85		2,15	
				M	10	5,48	5,82	6,62	7,57	8,67	14	3,72	4,24	5,83	6,60	7,08	224	1,37	1,57	1,80	1,95	2,70	1,37	1,57	1,80	1,95	2,70								
8		F	13	5,24		5,38		6,04		6,44		6,77		28	3,79		4,19		4,73		5,36		6,02		190	1,19		1,36		1,63		1,84		2,04	
				M	10	5,52	5,81	6,07	6,38	7,21	24	3,59	3,68	4,92	5,34	6,05	172	1,25	1,48	1,81	1,94	2,49	1,25	1,48	1,81	1,94	2,49								
9		F	11	4,18		5,07		5,41		6,12		6,67		41	3,14		3,63		3,83		4,53		5,05		129	1,34		1,48		1,67		1,92		2,19	
				M	14	4,57	6,20	7,04	7,79	8,13	63	3,05	3,95	4,33	5,57	7,43	128	1,46	1,74	1,90	2,12	2,39	1,46	1,74	1,90	2,12	2,39								

Cadência (passos/min)	Sexo	Peso (kg)						Altura (cm)					Cintura (cm)				
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
3	F	5	221	228	243	250	270		207	222	234	241	258		145	145	158
	M	6	222	232	259	282	292		225	230	252	282	299		143	155	162
	F	10	223	231	243	253	268		223	228	241	254	270		118	127	147
	M	11	208	232	257	268	282		191	229	253	265	289		107	121	126
	F	24	220	234	246	267	284		182	212	232	250	268		106	120	140
	M	14	219	236	247	275	291		210	229	239	268	309		114	133	134
	F	14	188	219	232	240	314		193	212	227	241	251		113	120	128
	M	9	218	262	273	278	294		193	227	256	273	287		113	123	131
	F	9	228	240	244	257	292		150	229	233	236	266		122	130	136
	M	10	214	229	263	280	314		222	232	262	276	318		110	123	130
4	F	11	190	216	240	250	275		158	191	205	217	243		112	118	120
	M	10	192	217	246	284	307		174	187	224	262	282		110	118	121
	F	13	193	201	212	228	239		176	197	214	227	234		99,3	109	121
	M	10	195	210	219	238	256		166	188	195	209	233		98,4	114	118
	F	11	175	197	222	229	254		150	166	178	198	226		104	110	114
5	M	14	185	218	252	274	279		158	180	205	237	275		111	119	128
	F	24	220	234	246	267	284		182	212	232	250	268		106	120	140
	M	14	219	236	247	275	291		210	229	239	268	309		114	133	134
	F	14	188	219	232	240	314		193	212	227	241	251		113	120	128
	M	9	218	262	273	278	294		193	227	256	273	287		113	123	131
6	F	9	228	240	244	257	292		150	229	233	236	266		122	130	136
	M	9	214	229	263	280	314		222	232	262	276	318		110	123	130
	F	10	214	229	263	280	314		158	191	205	217	243		112	118	120
	M	10	214	229	263	280	314		174	187	224	262	282		110	118	121
	F	11	190	216	240	250	275		176	197	214	227	234		99,3	109	121
7	M	10	192	217	246	284	307		158	191	205	217	243		98,4	114	118
	F	11	190	216	240	250	275		174	187	224	262	282		104	110	114
	M	10	192	217	246	284	307		176	197	214	227	234		104	110	114
	F	11	190	216	240	250	275		166	188	195	209	233		111	119	128
	M	10	192	217	246	284	307		150	166	178	198	226		111	119	128
8	F	11	190	216	240	250	275		158	191	205	217	243		112	118	120
	M	10	192	217	246	284	307		174	187	224	262	282		110	118	121
	F	11	190	216	240	250	275		176	197	214	227	234		99,3	109	121
	M	10	192	217	246	284	307		166	188	195	209	233		98,4	114	118
	F	11	190	216	240	250	275		150	166	178	198	226		104	110	114
9	M	10	195	210	219	238	256		158	180	205	237	275		111	119	128
	F	13	193	201	212	228	239		174	187	224	262	282		110	118	121
	M	10	195	210	219	238	256		176	197	214	227	234		99,3	109	121
	F	11	175	197	222	229	254		166	188	195	209	233		98,4	114	118
	M	10	195	210	219	238	256		150	166	178	198	226		104	110	114
10	F	11	175	197	222	229	254		158	180	205	237	275		111	119	128
	M	14	185	218	252	274	279		174	187	224	262	282		110	118	121
	F	13	193	201	212	228	239		176	197	214	227	234		99,3	109	121
	M	10	195	210	219	238	256		166	188	195	209	233		98,4	114	118
	F	11	175	197	222	229	254		150	166	178	198	226		104	110	114

Comprimento do Passo (cm)	3	F	5	39,2	54,8	56,3	57,7	64,3	38,9	51,1	56,9	59,1	60,7	33,8	35,7	38,5	39,3	39,9
		M	6	56,9	60,8	64,7	67,7	68,2	55,6	57,4	61,1	68,4	72,0	33,5	39,1	39,8	42,2	46,0
	4	F	10	58,8	69,2	84,4	89,6	95,4	57,5	61,8	73,8	85,8	91,5	36,3	39,7	43,4	46,0	50,8
		M	11	71,2	77,3	82,8	85,7	95,8	69,3	73,8	78,7	84,3	91,0	31,7	36,3	37,5	42,3	46,1
	5	F	24	68,9	84,4	90,4	94,0	100	60,1	74,6	85,9	89,4	95,3	37,0	41,5	44,9	50,1	56,6
		M	14	75,1	84,3	91,1	95,7	112	58,7	78,9	84,8	93,4	96,8	28,9	37,7	41,8	48,4	51,0
	6	F	14	70,5	89,8	93,5	109	115	71,2	79,9	84,7	99,7	108	41,6	47,0	47,4	49,1	52,7
		M	9	80,1	91,7	93,7	98,9	101	72,3	73,8	88,3	91,9	97,4	42,9	45,7	49,0	51,1	61,5
	7	F	9	93,2	98,4	101	107	110	80,4	94,8	102	104	106	42,9	46,6	52,2	55,1	59,0
		M	10	92,8	96,9	103	109	113	87,8	91,6	97,2	104	119	49,1	50,0	51,7	53,0	54,8
	8	F	11	94,8	99,2	106	111	125	74,7	85,0	89,4	94,6	102	49,3	51,7	54,5	58,8	63,4
		M	10	93,7	95,4	101	110	115	65,7	76,3	94,6	104	124	44,8	50,1	53,1	56,7	64,9
	9	F	13	101	108	110	118	123	82,5	87,4	91,6	99,2	102	46,0	50,3	54,2	57,2	59,2
		M	10	101	105	111	118	128	74,4	80,8	99,7	110	116	50,5	54,3	61,3	65,1	67,8
	10	F	11	88,5	103	108	113	130	77,0	85,1	92,0	110	113	51,1	55,6	62,6	67,5	71,3
		M	14	99,5	107	112	116	122	76,2	80,5	90,2	97,6	106	47,5	56,0	61,5	64,4	69,2

Comprimento do Passo Normalizado (cm/cmi)		F	5	0,92	1,31	1,41	1,41	1,54	0,92	1,28	1,36	1,44	1,45	0,80	0,83	0,93	0,96	0,98
			M	6	1,48	1,64	1,71	1,82	1,96	1,48	1,68	1,70	1,72	1,90	0,94	0,97	1,06	1,18
3		F	10	1,35	1,49	1,66	1,83	1,94	1,21	1,42	1,48	1,76	1,86	0,76	0,81	0,94	1,00	1,03
			M	11	1,67	1,79	1,84	1,98	2,05	1,65	1,67	1,74	1,92	2,06	0,72	0,85	0,90	0,92
4		F	24	1,50	1,68	1,75	1,88	2,01	1,19	1,57	1,65	1,84	1,93	0,77	0,86	0,92	0,99	1,11
			M	14	1,59	1,75	1,84	1,96	2,30	1,27	1,55	1,69	1,81	2,02	0,63	0,76	0,83	0,96
5		F	14	1,33	1,59	1,80	1,87	2,05	1,23	1,47	1,52	1,80	2,02	0,73	0,81	0,87	0,90	0,98
			M	9	1,44	1,72	1,85	1,93	2,11	1,32	1,36	1,63	1,97	2,01	0,80	0,87	0,96	0,97
6		F	9	0,73	1,61	1,74	1,88	1,95	0,69	1,56	1,68	1,82	1,88	0,37	0,84	0,85	0,92	1,02
			M	10	1,60	1,78	1,84	1,93	2,11	1,59	1,65	1,73	1,85	2,13	0,87	0,91	0,92	0,96
7		F	11	1,51	1,59	1,66	1,71	1,92	1,21	1,32	1,35	1,52	1,61	0,77	0,83	0,88	0,90	0,98
			M	10	1,39	1,58	1,67	1,74	1,97	0,99	1,29	1,52	1,68	2,08	0,73	0,79	0,89	0,93
8		F	13	1,50	1,56	1,63	1,75	1,93	1,18	1,29	1,39	1,48	1,58	0,68	0,75	0,81	0,85	0,90
			M	10	1,49	1,52	1,63	1,84	1,88	1,09	1,25	1,44	1,65	1,74	0,76	0,79	0,91	0,95
9		F	11	1,31	1,44	1,52	1,63	1,83	1,09	1,25	1,30	1,48	1,66	0,77	0,78	0,87	0,98	1,00
			M	14	1,46	1,57	1,69	1,81	1,90	1,08	1,22	1,41	1,52	1,64	0,74	0,84	0,93	0,99
10		F	11	1,31	1,44	1,52	1,63	1,83	1,09	1,25	1,30	1,48	1,66	0,77	0,78	0,87	0,98	1,00
			M	14	1,46	1,57	1,69	1,81	1,90	1,08	1,22	1,41	1,52	1,64	0,74	0,84	0,93	0,99

Tempo do Ciclo (s)		F	5	0,45	0,48	0,49	0,52	0,56	0,47	0,52	0,52	0,54	0,59	0,67	0,77	0,82	0,84	0,84
			M	6	0,40	0,41	0,44	0,51	0,54	0,40	0,43	0,50	0,52	0,53	0,68	0,73	0,76	0,80
3		F	10	0,42	0,45	0,47	0,49	0,54	0,44	0,48	0,50	0,53	0,54	0,71	0,77	0,83	0,94	1,02
		M	11	0,43	0,46	0,47	0,52	0,96	0,42	0,46	0,48	0,54	1,14	0,82	0,90	0,95	0,99	1,14
4		F	24	0,41	0,44	0,49	0,51	0,54	0,45	0,48	0,51	0,56	1,11	0,75	0,83	0,91	1,11	1,47
		M	14	0,40	0,44	0,50	0,57	1,44	0,41	0,47	0,51	0,53	0,58	0,77	0,86	0,89	0,96	1,20
5		F	14	0,38	0,49	0,52	0,54	0,59	0,49	0,52	0,56	0,59	1,57	0,84	0,90	0,96	1,08	1,14
		M	9	0,38	0,41	0,43	0,44	0,45	0,42	0,44	0,49	0,51	0,56	0,82	0,89	0,94	1,01	1,98
6		F	9	0,47	0,47	0,49	0,51	0,53	0,49	0,51	0,51	0,61	1,43	0,79	0,82	0,89	0,98	1,69
		M	10	0,39	0,43	0,47	0,52	0,55	0,43	0,46	0,50	0,54	1,25	0,85	0,91	0,98	1,07	1,19
7		F	11	0,44	0,48	0,51	0,60	1,09	0,51	0,55	0,59	0,62	1,16	0,88	0,94	1,03	1,05	1,82
		M	10	0,39	0,42	0,47	0,53	1,82	0,44	0,47	0,53	0,65	1,38	0,85	0,95	0,99	1,02	1,11
8		F	13	0,48	0,51	0,61	0,62	0,84	0,52	0,53	0,57	0,61	0,69	0,84	0,97	1,01	1,14	1,74
		M	10	0,47	0,50	0,56	0,58	0,62	0,53	0,54	0,61	0,64	0,74	0,85	0,95	1,04	1,08	1,21
9		F	11	0,48	0,52	0,56	0,62	0,69	0,54	0,64	0,67	0,48	1,32	0,90	1,06	1,11	1,30	1,52
		M	14	0,43	0,44	0,49	0,56	0,64	0,44	0,51	0,59	0,67	0,75	0,84	0,90	0,95	1,06	1,31
10		F	11	0,48	0,52	0,56	0,62	0,69	0,54	0,64	0,67	0,48	1,32	0,90	1,06	1,11	1,30	1,52
		M	14	0,43	0,44	0,49	0,56	0,64	0,44	0,51	0,59	0,67	0,75	0,84	0,90	0,95	1,06	1,31

Fase Aérea (% ciclo)	3	F	5	46,5	60,9	63,0	64,6	66,3	48,4	60,8	62,2	64,0	65,0	30,9	36,4	40,2	40,7	41,3
		M	6	60,2	63,3	66,3	67,9	69,5	60,0	62,2	67,1	68,8	69,1	33,6	39,4	41,8	43,0	44,1
4	4	F	10	54,4	63,7	67,9	69,1	72,0	63,3	67,5	68,7	69,1	70,3	33,8	39,2	40,2	40,9	41,5
		M	11	53,8	64,0	65,3	66,7	68,8	52,6	64,2	68,3	69,9	71,6	30,7	35,4	39,4	40,6	41,2
5	5	F	24	57,1	67,0	68,6	71,5	73,3	51,7	64,9	68,2	69,6	72,1	30,7	34,5	38,0	39,9	42,1
		M	14	46,3	58,6	66,6	69,2	72,7	56,9	63,5	66,3	68,4	72,6	32,9	35,6	39,5	40,6	41,6
6	6	F	14	64,7	66,0	68,5	71,6	75,1	45,6	56,5	67,0	69,0	71,7	34,7	35,7	38,2	39,4	42,8
		M	9	53,1	63,2	68,3	70,3	72,8	55,9	65,0	68,4	70,5	71,7	27,2	32,3	36,9	40,0	41,6
7	7	F	9	66,5	67,1	69,5	71,5	72,5	47,8	60,1	69,7	69,9	73,1	22,9	37,4	40,2	41,2	42,2
		M	10	58,8	63,3	67,7	70,6	71,8	56,1	66,5	69,1	71,7	72,6	32,5	33,4	37,3	40,1	42,0
8	8	F	11	54,1	64,1	66,5	71,6	73,6	51,9	61,7	64,3	67,2	70,9	29,0	35,8	39,6	40,5	42,5
		M	10	37,2	60,0	65,2	69,4	73,4	53,0	60,8	65,9	71,0	73,9	34,9	40,0	41,4	43,0	46,3
9	9	F	13	50,1	64,9	65,9	67,9	72,1	60,5	63,8	64,9	67,0	68,7	30,1	33,5	37,9	40,4	42,5
		M	10	62,2	65,1	65,4	67,4	70,1	56,5	60,4	62,1	67,4	72,0	38,1	38,7	40,4	41,1	42,6
10	10	F	11	62,5	62,9	66,3	69,7	72,6	47,7	57,8	63,2	67,3	71,3	32,8	35,3	38,4	41,5	42,4
		M	14	63,5	66,3	68,3	69,1	70,9	61,4	63,2	66,8	69,4	72,2	35,0	40,5	41,5	42,1	43,1

Fase de Apoio (% ciclo)	Gênero	Ciclo	CMI (mm)						CMI (mm)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
3	F	5	33,9	35,4	37,0	39,1	53,5		35,0	36,0	37,9	39,3	51,6	58,7	59,3	59,8	63,5	69,1
	M	6	30,5	32,2	33,6	36,7	39,9		30,9	31,2	32,9	37,8	40,1	55,9	57,0	58,2	60,6	66,4
	F	10	28,0	30,9	32,2	36,3	45,7		29,7	30,9	31,3	32,6	36,7	58,5	59,2	59,8	60,8	66,2
	M	11	31,3	33,4	34,8	36,0	46,3		28,4	30,1	31,8	35,8	47,4	58,8	59,3	60,6	64,6	69,3
	F	24	26,7	28,5	31,4	33,0	42,9		27,9	30,4	31,8	35,1	48,3	57,9	60,0	62,0	65,5	69,3
	M	14	27,4	30,8	33,5	41,4	53,7		27,4	31,7	33,7	36,6	43,0	58,4	59,4	60,5	64,4	67,1
	F	14	24,9	28,4	31,5	34,0	35,3		28,3	31,0	33,0	43,4	54,4	57,2	60,6	61,8	64,3	65,3
	M	9	27,2	29,7	31,7	36,8	46,9		28,3	29,5	31,5	35,0	44,2	58,4	60,0	63,1	67,8	72,8
	F	9	27,5	28,5	30,6	32,9	33,5		26,9	30,1	30,3	39,9	52,2	57,9	58,8	59,9	62,6	77,1
	M	10	28,2	29,4	32,2	36,7	41,2		27,4	28,3	30,9	33,4	43,9	58,0	59,9	62,7	66,6	67,5
7	F	11	26,4	28,4	33,5	36,0	45,9		29,0	32,8	35,7	38,3	48,1	57,5	59,5	60,4	64,2	71,0
	M	10	26,6	30,6	34,9	40,0	62,8		26,1	29,0	34,1	39,2	47,1	53,7	57,0	58,6	60,0	65,1
	F	13	27,9	32,1	34,1	35,1	49,9		31,3	33,0	35,1	36,2	39,5	57,5	59,6	62,1	66,5	69,9
	M	10	29,9	32,6	34,6	34,9	37,8		28,0	32,6	37,9	39,6	43,6	57,4	58,9	59,6	61,3	61,9
10	F	11	27,4	30,4	33,7	37,1	37,5		28,7	32,8	36,8	42,2	52,3	57,6	58,5	61,5	64,8	67,2
	M	14	29,1	30,9	31,8	33,7	36,5		27,8	30,6	33,2	36,8	38,6	56,9	57,9	58,5	59,5	64,9

CMI: Comprimento de Membro Inferior; F: feminino; M: masculino.

**Tabela 3.** Associação de idade, sexo e IMC com as variáveis espaço-temporais durante o correr em velocidade rápida e auto selecionada e o andar em velocidade auto selecionada.

Associação	CORRER RÁPIDO			CORRER AUTO SELECIONADO			ANDAR AUTO SELECIONADO		
	Estimativa	IC 95%	p	Estimativa	IC 95%	p	Estimativa	IC 95%	p
<b>Velocidade Absoluta (cm/s)</b>									
Idade	17,62	13,85-21,39	<.001*	2,77	-2,11-7,64	0,268	3,85	2,36-5,34	<.001*
Sexo (M-F)	20,69	5,07-36,31	0,010*	23,21	3,00-43,41	0,026*	0,10	-6,07-6,27	0,975
IMC	-3,9	-7,2--0,6	.022*	-1,6	-5,9-2,6	.458	0,2	-1,2-1,5	.826
<b>Velocidade Normalizada (CMI/s)</b>									
Idade	-0,14	-0,22--0,06	<.001*	-0,34	-0,43--0,25	<.001*	-0,08	-0,11--0,04	<.001*
Sexo (M-F)	0,72	0,39-1,04	<.001*	0,71	0,33-1,08	<.001*	0,09	-0,04-0,22	0,163
IMC	-0,1	-0,2--0,1	.001*	-0,1	-0,1-0,02	.155	-0,01	-0,03—0,02	.714
<b>Cadênci a (passos/min)</b>									
Idade	-2,91	-5,00--0,83	0,007*	-7,21	-9,50--4,91	<.001*	-3,39	-4,51--2,27	<.001*
Sexo (M-F)	11,60	2,97-20,23	0,009*	16,60	7,10-26,10	<.001*	-0,20	-4,84-4,44	0,932
IMC	-3,0	-4,9--1,2	.001*	-0,7	-2,7-1,3	.481	-0,3	-1,3-0,7	.590
<b>Comprimento do Passo (cm)</b>									
Idade	5,72	4,92-6,51	<.001*	3,55	2,59-4,51	<.001*	3,04	2,61-3,47	<.001*
Sexo (M-F)	1,22	-2,09-4,53	0,471	0,80	-3,18-4,78	0,694	-0,18	-1,97-1,62	0,846
IMC	0,4	-0,3-1,1	.255	-0,2	-1,0-0,7	.672	0,3	-0,1-0,6	.182
<b>Comprimento do Passo Normalizado (cm/CMI)</b>									
Idade	-0,01	-0,03-0,00	0,114	-0,04	-0,06--0,02	<.001*	-0,01	-0,02--0,00	0,037*
Sexo (M-F)	0,11	0,04-0,18	0,002*	0,10	0,02-0,18	0,014*	0,04	0,00-0,07	0,051
IMC	-0,01	-0,02-0,01	.355	-0,01	-0,03-0,00	.110	0,00	-0,01-0,01	.702

<b>Tempo do Ciclo (s)</b>									
Idade	0,01	-0,01-0,02	0,384	0,02	0,00-0,04	0,051	0,03	0,01-0,05	<b>0,002*</b>
Sexo (M-F)	0,03	-0,04-0,09	0,416	-0,07	-0,15-0,01	0,104	-0,04	-0,11-0,03	0,304
IMC	0,01	-0,00-0,03	.087	0,01	-0,01-0,02	.503	0,01	-0,00-0,03	.069
<b>Fase Aérea (% ciclo)</b>									
Idade	0,23	-0,26-0,71	0,360	0,04	-0,43-0,52	0,855	0,30	-0,01-0,61	0,056
Sexo (M-F)	-2,00	-4,01-0,01	0,053	1,09	-0,86-3,05	0,274	0,89	-0,39-2,17	0,175
IMC	-0,1	-0,5-0,4	.832	-0,6	-1,0--0,2	<b>.003*</b>	-0,3	-0,6--0,01	<b>.045*</b>
<b>Fase de Apoio (% ciclo)</b>									
Idade	-0,23	-0,72-0,25	0,350	-0,05	-0,52-0,43	0,848	-0,30	-0,61-0,01	0,056
Sexo (M-F)	2,01	-0,00-4,02	0,052	-1,09	-3,04-0,87	0,276	-0,88	-2,16-0,40	0,178
IMC	0,04	-0,4-0,5	.838	0,6	0,2-1,1	<b>.003*</b>	0,3	0,01-0,6	<b>.045*</b>

Modelo multivariado ajusto por sexo, idade e IMC.

Quanto à associação com a idade, a velocidade normalizada (Cr  $\beta=-0,14$ ; Cas  $\beta=-0,34$ ; Aas  $\beta=-0,08$ ;  $p < 0,001$ ) e a cadência (Cr  $\beta=-2,91$ ; Cas  $\beta=-7,21$ ; Aas  $\beta=-3,39$ ;  $p \leq 0,007$ ) foram reduzidas para todas as condições de teste. O comprimento do passo normalizado também foi reduzido, mas apenas durante o correr auto selecionado e o andar (Cas  $\beta=-0,04$ ; Aas  $\beta=-0,01$ ;  $p \leq 0,001$ ). Além disso, a velocidade absoluta (Cr  $\beta=17,62$ ; Cas  $\beta=3,85$ ;  $p \leq 0,001$ ), o comprimento do passo absoluto (Cr  $\beta=5,72$ ; Cas  $\beta=3,55$ ; Aas  $\beta=3,04$ ;  $p \leq 0,001$ ) e o tempo do ciclo (Aas  $\beta=0,03$ ;  $p < 0,002$ ) aumentaram com a idade para uma ou mais condições de teste (Tabela 3).

Os participantes do sexo masculino apresentaram valores mais elevados para velocidade absoluta (Cr  $\beta=20,69$ ; Cas  $\beta=23,21$ ;  $p \leq ,026$ ), velocidade normalizada (Cr  $\beta=0,72$ ; Cas  $\beta=0,71$ ;  $p < 0,001$ ), cadência (Cr  $\beta=11,60$ ; Cas  $\beta=16,60$ ;  $p \leq 0,009$ ) e comprimento do passo normalizado (Cr  $\beta=0,11$ ; Cas  $\beta=0,10$ ;  $p \leq 0,014$ ) durante a execução do correr em ambas as velocidades (Tabela 3).

Com o aumento do IMC, a velocidade absoluta ( $\beta=-3,9$ ;  $p = 0,022$ ), a velocidade normalizada ( $\beta=-0,1$ ;  $p = 0,001$ ) e a cadência ( $\beta=-3,0$ ;  $p = 0,001$ ) foram reduzidas durante o correr rápido. Valores mais altos do IMC também foram associados a uma fase aérea mais curta (Cas  $\beta=-0,6$ ; Aas  $\beta=-0,3$ ;  $p \leq 0,045$ ) e uma fase de apoio mais longa (Cas  $\beta=0,6$ ; Aas  $\beta=0,3$ ;  $p \leq 0,045$ ) durante o correr e o andar auto selecionados (Tabela 3).

**Tabela 4.** Caracterização da amostra de participantes entre 5 e 10 anos, classificados como eutróficos e com sobrepeso (média  $\pm$  DP).

	EUTRÓFICOS (n=20)	SOBREPESO (n=20)	<i>p</i>
Sexo (feminino)	14 (70%)	14 (70%)	-
Idade (anos)	$7,7 \pm 1,8$	$7,7 \pm 1,8$	1,000
Estatura (cm)	$131,9 \pm 11,6$	$132,5 \pm 13,4$	0,87
Massa (kg)	$27,5 \pm 6,1$	$35,2 \pm 9,2$	<b>0,004*</b>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	$15,7 \pm 1,8$	$19,6 \pm 1,5$	<b>&lt;0,001*</b>
Comprimento de Membro Inferior (cm)	$62,8 \pm 7,1$	$63,4 \pm 8,2$	0,807

\* $p < 0,05$  (Teste *t*).

**Tabela 5.** Comparação das variáveis espaço-temporais entre os grupos de crianças, entre 5 e 10 anos, eutróficas e com sobrepeso.

		EUTRÓFICOS (n = 20)		SOBREPESO (n = 20)		<i>p</i>	TE
		Média ( $\pm$ DP)	Mediana (min - máx)	Média ( $\pm$ DP)	Mediana (min - máx)		
Velocidade Absoluta (cm/s)	Correr Rápido	417,8 $\pm$ 51,6	421,3 (388,3-439,3)	386,3 $\pm$ 36,8	386,2 (364,3-420,1)	,033*	0,7
	Correr Auto Selecionado	340,7 $\pm$ 79,4	342,4 (281,3-370,9)	321,5 $\pm$ 58,5	317,4 (273,7-370,5)	0,39	0,27
	Andar Auto Selecionado	112,2 $\pm$ 20,5	114,9 (93,9-133,9)	108,1 $\pm$ 15,5	110,9 (93,8-116,8)	0,302	0,23
Velocidade Normalizada (cm/s)	Correr Rápido	6,3 $\pm$ 1,7	6,67 (5,9-7,2)	6,2 $\pm$ 1,0	6,2 (5,4-6,6)	0,379▲	0,17
	Correr Auto Selecionado	5,4 $\pm$ 1,9	5,5 (4,2-6,5)	5,2 $\pm$ 1,3	5,6 (3,9-6,4)	0,688	0,13
	Andar Auto Selecionado	1,7 $\pm$ 0,5	1,8 (1,6-1,9)	1,7 $\pm$ 0,3	1,8 (1,5-1,9)	0,661	0,02
Cadência (passos/min)	Correr Rápido	239,6 $\pm$ 28,3	237,5 (221,5-253,8)	223,7 $\pm$ 26,5	228,9 (207,7-236,5)	0,073	0,58
	Correr Auto Selecionado	217,2 $\pm$ 48,6	217,5 (181,3-255,9)	215,7 $\pm$ 34,4	228,2 (189,0-234,8)	0,915	0,03
	Andar Auto Selecionado	124,4 $\pm$ 14,5	121,9 (118,8-131,6)	120,8 $\pm$ 13,7	118,9 (110,6-128,9)	0,525	0,25

	Correr Rápido	103,7 ± 14,7	108,5 (93,6-112,7)	104,7 ± 11,4	106,7 (99,5-109,8)	0,818	-0,07
Comprimento do Passo (cm)	Correr Auto Selecionado	94,2 ± 13,4	93,0 (84,9-102,3)	90,2 ± 12,4	90,4 (82,3-97,1)	0,334	0,31
	Andar Auto Selecionado	54,2 ± 9,2	53,2 (48,3-58,8)	53,9 ± 5,6	54,1 (51,1-56,8)	0,803	0,03
Comprimento do Passo Normalizado (cm/cmi)	Correr Rápido	1,7 ± 0,2	1,6 (1,5-1,8)	1,6 ± 0,1	1,6 (1,6-1,7)	0,948	-0,02
	Correr Auto Selecionado	1,5 ± 0,2	1,5 (1,4-1,6)	1,4 ± 0,2	1,5 (1,3-1,6)	0,305	0,33
	Andar Auto Selecionado	0,9 ± 0,1	0,9 (0,8-0,9)	0,9 ± 0,1	0,8 (0,7-0,9)	0,881	0,08
Tempo do Ciclo (s)	Correr Rápido	0,5 ± 0,1	0,5 (0,4-0,5)	0,6 ± 0,2	0,5 (0,5-0,6)	0,167▲	0,26
	Correr Auto Selecionado	0,7 ± 0,3	0,6 (0,5-0,6)	0,6 ± 0,2	0,5 (0,5-0,3)	0,745▲	0,06
	Andar Auto Selecionado	1,1 ± 0,4	1,0 (0,9-1,0)	1,2 ± 0,2	1,1 (1,0-1,2)	0,398▲	0,43

	Correr Rápido	$66,1 \pm 6,5$	67,2 (63,9-70,2)	$65,5 \pm 5,3$	66,3 (64,8-67,3)	0,495▲	0,13
Fase Aérea (% ciclo)	Correr Auto Selecionado	$65,3 \pm 7,2$	67,1 (63,9-69,0)	$62,3 \pm 5,3$	62,84 (60,2-64,8)	,018#	0,44
	Andar Auto Selecionado	$37,8 \pm 4,6$	38,6 (36,7-41,4)	$36,9 \pm 3,8$	37,1 (33,4-40,6)	0,145	0,22
Fase de Apoio (% ciclo)	Correr Rápido	$33,9 \pm 6,5$	32,8 (29,8-36,1)	$34,5 \pm 5,4$	33,8 (32,7-35,2)	0,495▲	0,13
	Correr Auto Selecionado	$34,7 \pm 7,2$	32,95 (31-36,1)	$37,7 \pm 5,3$	37,1 (35,2-39,8)	,018#	0,44
	Andar Auto Selecionado	$62,2 \pm 4,6$	61,4 (58,6-63,2)	$63,1 \pm 3,8$	62,9 (59,1-66,6)	0,144	-0,22

TE: tamanho de efeito; CMI: comprimento de membro inferior. Os dados foram apresentados como média  $\pm$  desvio padrão e mediana (quartis Q1 e Q3); \*p<0.05 (Teste *t*); #p<0.05 (Mann-Whitney); ▲indicação de variáveis não paramétricas sem diferenças significativas.

Os grupos com participantes eutróficos e com sobrepeso apresentaram diferenças apenas para massa corporal e IMC, como esperado (Tabela 4). As comparações entre crianças eutróficas e com e sobrepeso (Tabela 5) mostraram menor velocidade absoluta para o grupo com sobrepeso durante o correr rápido ( $p = 0,033$ ; TE = 0,70). Durante o correr auto selecionado, as crianças com sobrepeso apresentaram maior duração da fase de apoio ( $p = 0,018$ ; TE = 0,44) e menor duração da fase aérea ( $p = 0,018$ ; TE = 0,44).

Como esperado, a velocidade absoluta foi maior durante o correr rápido (256,37%;  $p < 0,001$ ) e auto selecionado (200,06%;  $p < 0,001$ ) em relação ao andar auto selecionado. Os aumentos na velocidade normalizada apresentaram a mesma proporção de incremento (Cr: 253,85%; Cas: 203,08%;  $p < 0,001$ ). Além disso, tanto a velocidade absoluta (18,76%;  $p < 0,001$ ) quanto a normalizada (16,75%;  $p < 0,001$ ) foram maiores quando se comparou o correr rápido ao auto selecionado. A cadência aumentou 85,65% (Cr) e 72,95% (Cas) durante o correr em relação ao andar e, o comparar as duas velocidades do correr, o aumento na cadência foi de 7,29% ( $p < 0,001$ ) para o correr rápido (Tabela 6).

**Tabela 6.** Comparação das variáveis espaço-temporais entre as velocidades do correr e do andar.

	CORRER RÁPIDO		CORRER AUTO SELECCIONADO		ANDAR AUTO SELECCIONADO	
	Média	IC 95%	Média	IC 95%	Média	IC 95%
Velocidade Absoluta (cm/s)	385,02	375,45-394,59 <sup>■▲</sup>	324,19	314,06-334,32 <sup>■</sup>	108,04	104,76-111,32
Velocidade Normalizada (cm/s)	6,90	6,72-7,08 <sup>■▲</sup>	5,91	5,68-6,13 <sup>■</sup>	1,95	1,88-2,02
Cadência (passos/min)	242,80	238,14-247,45 <sup>■▲</sup>	226,31	220,90-231,72 <sup>■</sup>	130,85	128,30-133,41
Comprimento do Passo (cm)	96,15	93,65-98,65 <sup>■▲</sup>	86,55	84,28-88,82 <sup>■</sup>	49,87	48,53-51,21
Comprimento do Passo Normalizado (cm/cm)	1,71	1,68-1,75 <sup>■▲</sup>	1,55	1,51-1,59 <sup>■</sup>	0,89	0,87-0,91
Tempo do Ciclo (s)	0,54	0,51-0,57 <sup>■▲</sup>	0,61	0,57-0,65 <sup>■</sup>	1,00	0,97-1,04
Fase Aérea (% ciclo)	65,90	64,89-66,90 <sup>■</sup>	64,98	63,99-65,97 <sup>■</sup>	38,22	37,57-38,87
Fase de Apoio (% ciclo)	34,12	33,12-35,12 <sup>■</sup>	35,02	34,03-36,02 <sup>■</sup>	61,78	61,14-62,43

IC: intervalo de confiança; CMI: comprimento de membro inferior; <sup>■</sup>diferença significativa em relação ao andar auto selecionado; <sup>▲</sup>diferença significativa em relação ao correr auto selecionado.;  $p < 0,05$ ; *post-hoc* – Bonferroni; Modelo ajustado por sexo, idade e IMC.

Em comparação com o andar auto selecionado, o comprimento do passo durante o correr aumentou em 92,80% (Cr;  $p < 0,001$ ) e 73,55% (Cas;  $p < 0,001$ ) para o parâmetro absoluto, e em 92,13% (Cr;  $p < 0,001$ ) e 74,16% (Cas;  $p < 0,001$ ) para o parâmetro normalizado. A maior velocidade durante o correr também resultou em aumento do comprimento do passo absoluto (11,09%;  $p < 0,001$ ) e normalizado (10,32%;  $p < 0,001$ ) em comparação com o correr auto selecionado (Tabela 6).

Durante o correr, o tempo do ciclo foi 46% (Cr;  $p < 0,001$ ) e 39% (Cas;  $p < 0,001$ ) menor do que durante o andar. A duração do tempo do ciclo também foi menor durante o correr rápido em relação ao correr auto selecionado (-11,48%;  $p = 0,018$ ). Quanto às fases do ciclo, observou-se uma fase aérea mais longa (Cr: 72,42%; Cas: 70,02%;  $p < 0,001$ ) e uma consequente fase de apoio mais curta (Cr: -44,77%; Cas: -43,31%;  $p < 0,001$ ) durante o correr em comparação com o andar. As fases do ciclo não diferiram entre as duas velocidades do correr (Fase Aérea:  $p = 0,518$ ; Fase de Apoio:  $p = 0,525$ ) (Tabela 6).

**Tabela 7.** Associação entre a distância do salto de impulsão horizontal e a velocidade do correr.

CORRER RÁPIDO	Estimativa	R <sup>2</sup>	IC 95%		<i>p</i>
			Inferior	Superior	
<b>Velocidade Absoluta (m/s)</b>					
Salto de Impulsão Horizontal (cm)	125,4	0,44	85,9	164,9	< .001*
<b>Velocidade Normalizada (cmi/s)</b>					
Salto de Impulsão Horizontal (cm)	163	0,32	76	251	< .001*
CORRER AUTO SELECIONADO	Estimativa	R <sup>2</sup>	IC 95%		<i>p</i>
			Inferior	Superior	
<b>Velocidade Absoluta (m/s)</b>					
Salto de Impulsão Horizontal (cm)	114,9	0,11	59,8	170,1	< .001*
<b>Velocidade Normalizada (cmi/s)</b>					
Salto de Impulsão Horizontal (cm)	163	0,38	62	268	.002*

IC: Intervalo de Confiança; CMI: Comprimento de Membro Inferior. Modelo multivariado ajustado por sexo, idade e IMC.

A distância alcançada no teste do salto de impulsão horizontal foi significativamente associada à velocidade do correr, com os aumentos na distância de salto se associando a maiores velocidades absoluta (Cr:  $R^2 = 0,44$ ,  $p < 0,001$ ; Cas:  $R^2 = 0,11$ ,  $p < 0,001$ ) e normalizada (Cr:  $R^2 = 0,32$ ,  $p < 0,001$ ; Cas:  $R^2 = 0,38$ ,  $p = 0,002$ ) tanto durante o correr rápido quanto durante o correr auto selecionado (Tabela 7).

**Tabela 8.** Dados de referência em percentil para a distância do salto de impulsão horizontal de meninas e meninos de 3 a 10 anos.

	<b>Idade</b>	<b>Sexo</b>	<b>N</b>	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>95</b>
3		F	2	46,1	50,3	55,5	60,8	64,9
		M	5	43,2	56	61	64	64
4		F	10	44,5	57,3	67	78,2	89,9
		M	11	58,5	65,5	77	99,5	111
5		F	24	74,2	82,7	95	108	114
		M	14	75,6	85	94,5	108	125
6		F	14	66,9	94,8	104	110	134
		M	9	84,6	109	112	123	140
7		F	9	96	108	109	123	132
		M	10	105	113	118	127	133
8		F	11	94	106	118	122	127
		M	10	104	115	122	131	140
9		F	13	96,2	115	121	129	140
		M	10	112	130	134	155	162
10		F	11	99	117	125	139	144
		M	14	122	128	147	161	182

F: feminino; M: masculino.

Os valores descritivos de referência para a distância do salto de impulsão horizontal indicaram que crianças mais velhas tenderam a alcançar distâncias maiores do que as mais novas. Além disso, crianças do sexo masculino apresentaram distâncias maiores no teste (Tabela 8). Entre as crianças de 3 anos, 3 participantes do sexo feminino e 1 do sexo masculino não realizaram o salto de impulsão horizontal, reduzindo o número de participantes deste grupo.

## 7. DISCUSSÃO

Este trabalho teve como objetivo descrever os valores de referência, específicos para cada idade e sexo, das variáveis espaço-temporais de crianças de 3 a 10 anos durante o correr em velocidade auto selecionada e rápida. Além disso, verificou a associação do IMC com as variáveis espaço-temporais estudadas, bem como a associação entre a velocidade do correr e a distância do salto de impulsão horizontal. Nossos resultados demonstraram que a idade e o sexo dos participantes, bem como a velocidade do correr, influenciaram boa parte das variáveis espaço-temporais do correr. Além disso, o IMC influenciou as variáveis espaço-temporais do correr tanto em velocidade auto selecionada quanto rápida. A velocidade do correr se associou de maneira diretamente proporcional à distância alcançada no salto de impulsão horizontal. Os dados referentes ao andar em velocidade auto selecionada foram apresentados de maneira complementar às informações do correr.

### 7.1. Associações de idade, sexo e IMC com as variáveis espaço-temporais do correr

Valores mais baixos para velocidade normalizada, e cadência, além de maior comprimento de passo durante o andar estão associados ao aumento da idade<sup>14,21,24,25,62,88</sup> e foram identificados neste trabalho tanto para o andar quanto para o correr. Em alguns dos estudos citados, não foi encontrado qualquer efeito da idade sobre as variáveis espaço-temporais normalizadas do andar, sugerindo que o padrão de movimento já estava totalmente maduro por volta dos 7 anos de idade<sup>24,62,89</sup>. Desse modo, poderíamos considerar que, na população estudada, os padrões ainda estavam em desenvolvimento, principalmente para a habilidade do correr.

A pesquisa conduzida por Taylor-Haas et al.<sup>13</sup> em jovens de 9 a 19 anos de idade, corredores de longa distância, afirma que o maior comprimento dos membros inferiores e mais anos de experiência de corrida se associaram a menores valores de cadência. Além disso, Meyers et al.<sup>31</sup> avaliaram os parâmetros espaço-temporais do sprint máximo em meninos de 13 anos e verificaram que a estatura influenciou negativamente a cadência. Esses dados podem ajudar a explicar os nossos resultados uma vez que o maior comprimento dos membros inferiores, os anos de experiência e a maior estatura podem ser considerados como características diretamente associadas ao aumento da idade. Assim, o fato de as crianças mais velhas que compõem a amostra deste trabalho terem

apresentado velocidade absoluta mais alta que as mais novas, está provavelmente associado aos membros inferiores e passos mais compridos, resultando em uma maior velocidade de deslocamento durante o correr.

A associação entre o sexo e as variáveis espaço-temporais do correr mostrou que as crianças do sexo masculino apresentaram velocidade, absoluta e normalizada, cadência e comprimento do passo normalizado maiores do que as crianças do sexo feminino, em ambas as velocidades do correr. A velocidade mais alta para os participantes do sexo masculino deste estudo poderia estar associada a uma maior capacidade de força e potência muscular destes indivíduos em relação aos do sexo feminino<sup>90</sup>. Por sua vez, a cadência mais alta para as crianças do sexo masculino pode ser uma evidência de padrões de corrida menos maduros, já que corredores mais experientes tendem a apresentar uma cadência mais baixa<sup>13</sup>.

Nagahara et. al examinaram variáveis espaço-temporais do sprint em meninos<sup>15</sup> e meninas<sup>16</sup> e descobriram que as meninas apresentam um desenvolvimento mais rápido da habilidade de correr antes dos 12 anos, enquanto os meninos apresentam esse desenvolvimento acelerado antes dos 8 e após os 12 anos de idade. Como corredores mais experientes tendem a apresentar uma cadência menor, pode-se inferir que as meninas podem desenvolver as habilidades de corrida mais cedo do que os meninos. Portanto, assim como descrito nos trabalhos de Nagahara et. al<sup>15,16</sup>, é possível inferir que as crianças do sexo feminino nesta amostra parecem estar desenvolvendo padrões maduros de corrida mais cedo do que as crianças do sexo masculino.

O aumento do IMC foi associado ao aumento da duração da fase de apoio e à redução da fase aérea durante o correr e o andar auto selecionados. Esses resultados eram esperados, visto que são comumente relatados na literatura<sup>18,21,26,54-56</sup>. Evidências sugerem que o aumento da duração da fase de apoio pode ocorrer em função da fraqueza muscular e da diminuição do equilíbrio dinâmico e da estabilidade, pois contribui para que as crianças exerçam maior controle do impacto da aterrissagem com uma perna, enquanto também tentam recuperar a estabilidade antes da propulsão para o membro seguinte<sup>18,20,57</sup>. Além disso, Nantel et al.<sup>91</sup> relataram que crianças obesas transferem energia mecânica de forma menos eficiente na transição entre a fase de apoio e a fase aérea. Nesse sentido, a influência do aumento do IMC sobre as fases da marcha pode estar relacionada não apenas à otimização do consumo energético, mas também a uma estratégia de estabilização do equilíbrio e à prevenção de quedas<sup>26</sup>.

Pesquisas anteriores demonstraram que crianças com sobrepeso e peso normal apresentam padrões espaço-temporais semelhantes durante o andar<sup>19,58</sup>. Entretanto, comparações entre grupos com diferentes classificações de IMC são frequentemente realizadas agrupando crianças com sobrepeso e obesas. Dessa forma, nossos resultados ajudam a esclarecer a compreensão da associação do IMC com as variáveis espaço-temporais do correr, uma vez que crianças com sobrepeso apresentaram menor velocidade absoluta durante o correr rápido e uma fase de apoio mais longa combinada com uma fase de balanço mais curta durante o correr auto selecionado. Assim, nossos resultados indicam que o aumento no IMC, mesmo sem uma classificação de obesidade, também pode afetar os parâmetros espaço-temporais da corrida.

## 7.2. Comportamento das variáveis espaço-temporais do correr em diferentes velocidades.

Como resultado do aumento da velocidade, os participantes apresentaram maiores valores de velocidade – absoluta e normalizada –, cadência, comprimento do passo – absoluto e normalizado –, e duração da fase aérea. Esse resultado é consistente com o de estudos anteriores que encontraram valores mais elevados para as variáveis espaço-temporais de crianças durante o andar em diferentes velocidades<sup>28,61,62</sup>. No entanto, apenas alguns estudos<sup>12,29</sup> descreveram a influência de diferentes velocidades sobre as variáveis espaço-temporais do correr, mesmo em populações que não sejam crianças.

Em uma revisão recente sobre a biomecânica da corrida em adultos, van Oeveren et al.<sup>12</sup> explicaram que o comprimento do passo e a cadência são, normalmente, inversamente relacionados para deslocamentos em velocidades constantes. Isso ocorre porque existem duas estratégias principais para o aumento da velocidade: aumentar o comprimento do passo ou aumentar a frequência do passo (cadência). Segundo os autores, o comprimento do passo é a primeira estratégia a ser utilizada e aumenta mais rapidamente em velocidades de corrida mais baixas até atingir um platô. Em seguida, a segunda estratégia passa a ser aplicada, quando podemos identificar um aumento na cadência. Nesse sentido, um aumento precoce da cadência poderia indicar que o corredor não foi capaz de gerar energia suficiente para executar passos mais longos até que chegasse ao momento ideal para o aumento da cadência<sup>92</sup>. Estes resultados indicam que indivíduos mais experientes e mais rápidos tendem a apresentar uma cadência mais baixa durante o correr.

Com base nos trabalhos de Van Oeveren<sup>12,92</sup>, é possível inferir que o padrão maduro do correr parece não estar desenvolvido até os 10 anos de idade na população estudada, já que os resultados desta pesquisa mostraram aumentos tanto no comprimento do passo quanto na cadência. Essa imaturidade poderia ser esperada dado que, embora as crianças geralmente atinjam a maturidade da locomoção independente do andar por volta dos 4-6 anos de idade<sup>48</sup>, pode levar até 10 anos de prática, para que sejam adquiridas as habilidades específicas necessárias para a execução do correr<sup>10</sup>. Além disso, a capacidade de realizar a transferência do peso corporal de um membro para o outro só atinge a maturidade completa após os 12 anos de idade<sup>4</sup>. Dessa forma, nota-se que os participantes desta pesquisa ainda parecem estar passando pelo processo de desenvolvimento necessário para atingir um padrão maduro de corrida.

Este estudo também identificou que as crianças apresentaram redução do tempo total de ciclo e da duração da fase de apoio durante o correr, o que é consistente com resultados de pesquisas anteriores sobre crianças andando em velocidades mais altas<sup>28,30,60-62</sup>. Segundo Bach et al.<sup>11</sup>, em crianças de 2 a 9 anos a fase aérea tende a se prolongar com o aumento da idade, se aproximando cada vez mais da fase de voo que pode ser observada em um padrão maduro do correr. No entanto, o autor destaca que as crianças mais novas não conseguiram executar a fase de voo e apresentaram padrões de corrida diferentes daqueles de adultos e dos seus próprios padrões de andar, um fenômeno que continha fases de duplo apoio e de voo e que os autores denominaram como "estratégia de caminhada-corrida".

Além de Bach et al.<sup>11</sup>, da Rosa et al.<sup>93</sup> e Garcíá-Pinillos<sup>29</sup> et al. afirmam que os corredores de alto rendimento se distinguem dos corredores recreativos por terem fases de voo mais longas em determinadas velocidades. Essa característica explica que a capacidade de correr executando a fase de voo reflete a aptidão do corredor de gerar potência durante um período de apoio relativamente curto<sup>12</sup> e que a velocidade de corrida pode ser limitada pela capacidade de gerar as forças necessárias para atingir a velocidade desejada durante esse curto tempo de apoio, o que parece não estar completamente desenvolvido nas crianças avaliadas neste trabalho<sup>8</sup>.

### 7.3. Associações entre a distância do salto de impulsão horizontal e a velocidade do correr, a idade e o sexo dos participantes

O teste do salto de impulsão horizontal é descrito como uma das formas mais simples e eficientes de avaliar os níveis de força muscular tanto de membros inferiores quanto de membros superiores<sup>69</sup>. Desse modo, a relação direta entre a distância do salto de impulsão horizontal e a força muscular sugere que um melhor desempenho no salto implica em maior força muscular e, consequentemente, maior capacidade de aumentar a velocidade durante o correr<sup>23,90</sup>. Além disso, esses resultados reforçam que existe uma associação biomecânica importante e complexa entre as habilidades motoras fundamentais de saltar e correr.

Em um estudo recente, Bertozzi et. al<sup>23</sup> relataram que as distâncias atingidas no teste do salto de impulsão horizontal podem predizer a velocidade de crianças de 4 e 5 anos de idade em um teste de sprint de 10 metros. No presente trabalho, as crianças avaliadas também percorreram uma distância de aproximadamente 10 metros, considerando o comprimento do tapete e os espaços de aceleração/desaceleração, possibilitando que os dados fossem comparados. Dessa forma, verificou-se que nossos resultados estão de acordo com o trabalho citado uma vez que as crianças que saltaram distâncias maiores também apresentaram velocidades absoluta e normalizada mais altas durante o correr auto selecionado e rápido. Além disso, nossos achados aprimoraram a compreensão dessa associação, mostrando que a distância percorrida no salto de impulsão horizontal também esteve relacionada a maiores velocidades absolutas e normalizadas durante o correr auto selecionado.

Assim como em nossos resultados, maiores distâncias no salto de impulsão horizontal foram relatadas anteriormente para crianças mais velhas e/ou do sexo masculino<sup>66-68</sup>. Em relação às diferenças entre os sexos, Latorre-Román et. al<sup>66</sup>, relataram melhor desempenho em crianças do sexo masculino de 3 a 5 anos, e Ramiréz-Vélez et. al<sup>68</sup>, mostraram que a distância máxima alcançada foi maior no sexo masculino com idade entre 9 e 17,9 anos, atingindo o pico aos 13 anos de idade. Os autores associaram esses resultados a possíveis diferenças no nível de atividade física moderada a vigorosa e na maturação neuromuscular entre pré-escolares do sexo feminino e masculino.

Por sua vez, o aumento da idade pode estar associado a maior estatura e massa, além de um desenvolvimento motor mais maduro e, de acordo com estudos anteriores, esses fatores parecem desempenhar um papel importante na performance do salto de impulsão

horizontal<sup>71,72</sup>. Hraski et. al<sup>71</sup> avaliaram a relação entre características morfológicas e parâmetros cinemáticos do salto de impulso horizontal e descobriram que crianças mais altas e com braços e pernas mais longos alcançavam distâncias maiores. Além disso, Wang et. a<sup>72</sup> estudaram a relação entre o desempenho no salto e o desenvolvimento da coordenação motora grossa e mostraram que crianças com melhor desempenho no salto também apresentavam melhor desenvolvimento motor. Dessa forma, inferimos que os participantes mais velhos deste estudo podem ter alcançado distâncias maiores do que os mais novos devido à maior estatura e peso, além de um esperado desenvolvimento motor mais avançado.

## 8. LIMITAÇÕES

A principal limitação deste trabalho inclui o fato de que alguns participantes mais velhos e/ou mais altos realizavam apenas 3 contatos dos pés com o tapete instrumentalizado ao correr em condições de alta velocidade dada a restrição de espaço do equipamento. Isto resultou em mais tentativas por parte das crianças para atingir o número de tentativas válidas necessárias para o registro ou mesmo na exclusão de participantes.

A avaliação do estágio maturacional dos participantes do estudo poderia ter contribuído para uma compreensão ainda mais aprofundada dos resultados encontrados, justificando e discutindo o comportamento dos parâmetros estudados com base no processo de crescimento infantil e no nível maturacional. Por esse motivo, acreditamos que a ausência de uma avaliação maturacional seja outra limitação do nosso estudo, que pode ser considerada em investigações futuras.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Confirmando nossas hipóteses, os resultados da pesquisa apontaram valores mais altos para cadência, comprimento do passo e duração da fase aérea, e menor duração do tempo total do ciclo quando a velocidade de movimento foi aumentada. O aumento simultâneo de cadência e comprimento do passo pode ser uma evidência de que os padrões de movimento durante o correr ainda não foram completamente desenvolvidos nas crianças avaliadas. Do mesmo modo, as fases do ciclo diferiram apenas quando se comparou o correr ao andar, sugerindo que os participantes ainda não desenvolveram uma estratégia bem definida para o aumento da velocidade de corrida. Velocidades mais altas durante o correr foram associadas a maiores distâncias no salto de impulsão horizontal provavelmente devido à maior força muscular das pernas, crescimento, desenvolvimento motor e ao determinante biomecânico correspondente entre as habilidades motoras de salto e corrida.

Ao contrário do que acreditamos, participantes do sexo masculino apresentaram velocidade – absoluta e normalizada –, cadência e comprimento do passo normalizado maiores do que as participantes do sexo feminino. Esses dados podem estar associados a uma maior capacidade de força e potência muscular, além de padrões menos maduros do correr por parte dos meninos. Com o aumento da idade, a velocidade absoluta, o comprimento do passo absoluto e o tempo do ciclo foram maiores, enquanto a velocidade normalizada, a cadência e o comprimento do passo normalizado foram reduzidos. O fato de as variáveis normalizadas terem sido influenciadas pela idade pode indicar que o processo de desenvolvimento da habilidade do correr ainda não havia sido concluído.

Crianças com sobrepeso apresentaram menor velocidade absoluta e fase de apoio mais longa do que crianças eutróficas, sugerindo que maior massa corporal – mesmo em crianças não obesas – pode alterar os parâmetros espaço-temporais durante o correr. Esses dados enfatizam a importância da composição corporal e da força muscular no desenvolvimento de habilidades locomotoras, relevando uma área crítica para intervenção direcionada em crianças.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Thelen E, Fisher D, Ridleyjohnson R. The relationship between physical growth and a newborn reflex. *Infant Behav Dev.* 1984;7(4):479-493.
2. Gallahue DL, Ozmun JC. *Compreendendo o Desenvolvimento Motor: Bebês, Crianças, Adolescentes e Adultos.* 3<sup>a</sup>. Phorte; 2005.
3. Lent R. *Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência.* 2<sup>a</sup>. Atheneu; 2010.
4. Perry J, Burnfield J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function.* 2<sup>a</sup>. Slack Incorporated; 2010.
5. Purves D, Augustine G, Fitzpatrick D, Hall W, Lamantia A-S, McNamara J. *Neurociências.* Artmed; 2010.
6. Magil R. *Aprendizagem Motora: Conceitos e Aplicações.* Blucher; 2000.
7. Papalia D, Martorell G. *Desenvolvimento Humano.* 14th ed. McGraw Hill; 2022.
8. Novacheck TF. The biomechanics of running. *Gait Posture.* 1998;7(1):77-95. doi:10.1016/S0966-6362(97)00038-6
9. Whitall J, Getchell N. From Walking to Running: Applying a Dynamical Systems Approach to the Development of Locomotor Skills. *Child Dev.* 1995;66(5):1541-1553. doi:10.1111/j.1467-8624.1995.tb00951.x
10. Williams S, Netto K, Kennedy R, Turner-Bryndzej J, Campbell R, Rosalie SM. Biomechanical correlates of running performance in active children. *J Sci Med Sport.* 2019;22(1):65-69. doi:10.1016/j.jsams.2018.05.025
11. Bach MM, Daffertshofer A, Dominici N. The development of mature gait patterns in children during walking and running. *Eur J Appl Physiol.* 2021;121(4):1073-1085. doi:10.1007/s00421-020-04592-2
12. van Oeveren BT, de Ruiter CJ, Beek PJ, van Dieën JH. The biomechanics of running and running styles: a synthesis. *Sports Biomech.* Published online March 4, 2021:1-39. doi:10.1080/14763141.2021.1873411
13. Taylor-Haas JA, Garcia MC, Rauh MJ, et al. Cadence in Youth Long-Distance Runners is predicted by Leg Length and Running Speed. *SSRN.* Published online 2022. doi:Taylor-Haas, Jeffery and Garcia, Micah C. and Rauh, Mitchell J. and Peel, Shelby and Paterno, Mark V. and Bazett-Jones, David M. and Ford, Kevin R. and Long, Jason T., Cadence in Youth Long-Distance Runners is Predicted by Leg Length and Running Speed. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4125373> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4125373>
14. Voss S, Joyce J, Biskis A, et al. Normative database of spatiotemporal gait parameters using inertial sensors in typically developing children and young adults. *Gait Posture.* 2020;80:206-213. doi:10.1016/j.gaitpost.2020.05.010

15. Nagahara R, Takai Y, Haramura M, et al. Age-related differences in spatiotemporal variables and ground reaction forces during sprinting in boys. *Pediatr Exerc Sci.* 2018;30(3):335-344. doi:10.1123/pes.2017-0058
16. Nagahara R, Haramura M, Takai Y, et al. Age-related differences in kinematics and kinetics of sprinting in young female. *Scand J Med Sci Sports.* 2019;29(6):800-807. doi:10.1111/sms.13397
17. McKay MJ, Baldwin JN, Ferreira P, et al. Spatiotemporal and plantar pressure patterns of 1000 healthy individuals aged 3–101 years. *Gait Posture.* 2017;58:78-87. doi:10.1016/j.gaitpost.2017.07.004
18. Spech C, Paponetti M, Mansfield C, Schmitt L, Briggs M. Biomechanical variations in children who are overweight and obese during high-impact activities: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews.* 2022;23(6). doi:10.1111/obr.13431
19. Porta M, Cimmino D, Leban B, et al. Smoothness of Gait in Overweight (But Not Obese) Children Aged 6–10. *Bioengineering* 2023, Vol 10, Page 286. 2023;10(3):286. doi:10.3390/BIOENGINEERING10030286
20. Bowser BJ, Roles K. Effects of Overweight and Obesity on Running Mechanics in Children. *Med Sci Sports Exerc.* 2021;53(10):2101-2110. doi:10.1249/MSS.0000000000002686
21. Thevenon A, Gabrielli F, Lepvrier J, et al. Collection of normative data for spatial and temporal gait parameters in a sample of French children aged between 6 and 12. *Ann Phys Rehabil Med.* 2015;58(3):139-144. doi:10.1016/j.rehab.2015.04.001
22. Rosso V, Agostini V, Takeda R, Tadano S, Gastaldi L. Influence of BMI on Gait Characteristics of Young Adults: 3D Evaluation Using Inertial Sensors. *Sensors.* 2019;19(19):4221. doi:10.3390/s19194221
23. BERTOZZI F, CAMUNCOLI F, GALLI M, TARABINI M. The relationship between jump and sprint performance in preschool children. *J Sports Med Phys Fitness.* Published online February 2024. doi:10.23736/S0022-4707.24.15628-9
24. Lythgo N, Wilson C, Galea M. Basic gait and symmetry measures for primary school-aged children and young adults whilst walking barefoot and with shoes. *Gait Posture.* 2009;30(4):502-506. doi:10.1016/j.gaitpost.2009.07.119
25. Moreno-Hernández A, Rodríguez-Reyes G, Quiñones-Urióstegui I, Núñez-Carrera L, Pérez-SanPablo AI. Temporal and spatial gait parameters analysis in non-pathological Mexican children. *Gait Posture.* 2010;32(1):78-81. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.03.010
26. Montes-Alguacil J, Páez-Moguer J, Jiménez Cebrián AM, Muñoz BÁ, Gijón-Noguerón G, Morales-Asencio JM. The influence of childhood obesity on spatiotemporal gait parameters. *Gait Posture.* 2019;71:69-73. doi:10.1016/j.gaitpost.2019.03.031

27. Molina-Garcia P, Plaza-Florido A, Mora-Gonzalez J, Torres-Lopez L V., Vanrenterghem J, Ortega FB. Role of physical fitness and functional movement in the body posture of children with overweight/obesity. *Gait Posture*. 2020;80:331-338. doi:10.1016/j.gaitpost.2020.04.001
28. Fukuchi CA, Fukuchi RK, Duarte M. Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: A systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2019;8(1). doi:10.1186/s13643-019-1063-z
29. Garcíá-Pinillos F, Garcíá-Ramos A, Ramírez-Campillo R, Latorre-Román P, Roche-Seruendo LE. How Do Spatiotemporal Parameters and Lower-Body Stiffness Change with Increased Running Velocity? A Comparison Between Novice and Elite Level Runners. *J Hum Kinet*. 2019;70(1):25. doi:10.2478/HUKIN-2019-0036
30. Henderson G, Ferreira D, Wu J. The effects of direction and speed on treadmill walking in typically developing children. *Gait Posture*. 2021;84:169-174. doi:10.1016/j.gaitpost.2020.11.028
31. Meyers R, Oliver J, Hughes M, Lloyd R, Cronin J. The Influence of age, maturity and body size on the spatiotemporal determinants of maximal sprint speed in boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017;31(4):1009-1016.
32. DeJong Lempke AF, Hunt DL, Willwerth SB, d'Hemecourt PA, Meehan WP, Whitney KE. Biomechanical changes identified during a marathon race among high-school aged runners. *Gait Posture*. 2024;108:44-49. doi:10.1016/j.gaitpost.2023.11.009
33. Thelen E. Learning to walk is still an “old” problem: a reply to Zelazo. *J Mot Behav*. 1983;15:139-161.
34. Teixeira L. *Controle Motor*. Manole; 2006.
35. Haywood K, Getchell N. *Desenvolvimento Motor Ao Longo Da Vida*. 3<sup>a</sup>. Artmed Editora; 2004.
36. Thelen E, Fisher D. Newborn stepping: An explanation for a “disappearing” reflex. *Dev Psychol*. 1982;18(5):760-775.
37. Thelen E, Fisher DM, Ridley-Johnson R, Griffin NJ. Effects of body build and arousal on newborn infant stepping. *Dev Psychobiol*. 1982;15(5):447-453. doi:10.1002/dev.420150506
38. Lobo PH, Costa DA. ASPECTOS BIOMECÂNICOS DA LOCOMOÇÃO INFANTIL: GRANDEZAS CINÉTICAS NO ANDAR E NO CORRER. Published online 2000.
39. Barr E, Backus S. Biomecânica da Marcha. In: *Biomecânica Básica Do Sistema Musculoesquelético*. Guanabara Koogan; 2003.
40. Thomas K. Uchida, Scott L. Delp. *Biomechanics of Movement: The Science of Sports, Robotics, and Rehabilitation*. The MIT Press; 2021.

41. Novacheck T. The biomechanics of running. *Gait Posture*. 1998;7:77-95.
42. Breniére Y, Bril B, Bril B. *Development of Postural Control of Gravity Forces in Children during the First 5 Years of Walking*. Vol 121. Springer-Verlag; 1998.
43. Brenière Y, Bril B. Development of postural control of gravity forces in children during the first 5 years of walking. *Exp Brain Res*. 1998;121(3):255-262. doi:10.1007/s002210050458
44. Bril B, Brenière Y. Postural requirements and progression velocity in young walkers. *J Mot Behav*. 1992;24(1):105-116. doi:10.1080/00222895.1992.9941606
45. Sutherland D. The development of mature gait. *Gait Posture*. 1997;6(2):163-170. doi:10.1016/S0966-6362(97)00029-5
46. Nuñez-Lisboa M, Bastien GJ, Schepens B, Lacquaniti F, Ivanenko Y, Dewolf AH. Effect of age and speed on the step-to-step transition strategies in children. *J Biomech*. 2023;157. doi:10.1016/j.jbiomech.2023.111704
47. Magil R. *Aprendizagem Motora: Conceitos e Aplicações*. Blucher; 2000.
48. Bril B, Breniére Y. Postural Requirements and Progression Velocity in Young Walkers. *J Mot Behav*. 1992;24(1):105-116.
49. Sutherland D. The development of mature gait. *Gait Posture*. 1997;6(2):163-170. doi:10.1016/S0966-6362(97)00029-5
50. Gallahue D, Ozmun J. *Comprendendo o Desenvolvimento Motor: Bebês, Crianças, Adolescentes e Adultos*. 3rd ed. Phorte; 2001.
51. Voss S, Joyce J, Biskis A, et al. Normative database of spatiotemporal gait parameters using inertial sensors in typically developing children and young adults. *Gait Posture*. 2020;80(20):206-213. doi:10.1016/j.gaitpost.2020.05.010
52. Kraan CM, Tan AHJ, Cornish KM. The developmental dynamics of gait maturation with a focus on spatiotemporal measures. *Gait Posture*. 2017;51:208-217. doi:10.1016/j.gaitpost.2016.10.021
53. Gouelle A, Leroux J, Bredin J, Mégrat F. Changes in Gait Variability From First Steps to Adulthood: Normative Data for the Gait Variability Index. *J Mot Behav*. 2016;48(3):249-255. doi:10.1080/00222895.2015.1084986
54. Rubinstein M, Eliakim A, Steinberg N, et al. Biomechanical characteristics of overweight and obese children during five different walking and running velocities§. *Footwear Sci*. 2017;9(3):149-159. doi:10.1080/19424280.2017.1363821
55. Hills AP, Parker AW. Gait Characteristics of Obese Children. *Arch Phys Med Rehabil*. 1991;72.
56. Browning RC. Locomotion Mechanics in Obese Adults and Children. *Curr Obes Rep*. 2012;1(3):152-159. doi:10.1007/s13679-012-0021-z

57. Molina-Garcia P, Migueles JH, Cadenas-Sanchez C, et al. A systematic review on biomechanical characteristics of walking in children and adolescents with overweight/obesity: Possible implications for the development of musculoskeletal disorders. *Obesity Reviews*. Published online 2019. doi:10.1111/obr.12848
58. Cimolin V, Galli M, Vismara L, Albertini G, Sartorio A, Capodaglio P. Gait pattern in lean and obese adolescents. *International Journal of Rehabilitation Research*. 2015;38(1):40-48. doi:10.1097/MRR.0000000000000089
59. Prosser LA, Atkinson HL, Alfano JM, Kessler SK, Ichord RB. Walking speed influences spatiotemporal but not symmetry measures of gait in children and adolescents with hemiplegia. *Gait Posture*. 2022;98:233-236. doi:10.1016/j.gaitpost.2022.09.088
60. Diop M, Rahmani A, Belli A, Gautheron V, Geyssant A, Cottalorda J. Influence of speed variation and age on ground reaction forces and stride parameters of children's normal gait. *Int J Sports Med*. 2005;26(8):682-687. doi:10.1055/s-2004-830382
61. Schwartz MH, Rozumalski A, Trost JP. The effect of walking speed on the gait of typically developing children. *J Biomech*. 2008;41(8):1639-1650. doi:10.1016/j.jbiomech.2008.03.015
62. Lythgo N, Wilson C, Galea M. Basic gait and symmetry measures for primary school-aged children and young adults. II: Walking at slow, free and fast speed. *Gait Posture*. 2011;33(1):29-35. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.09.017
63. Kim HK, Mirjalili SA, Fernandez J. Gait kinetics, kinematics, spatiotemporal and foot plantar pressure alteration in response to long-distance running: Systematic review. *Hum Mov Sci*. 2018;57:342-356. doi:10.1016/j.humov.2017.09.012
64. Smith M, Ward E, Williams CM, Banwell HA. Differences in walking and running gait in children with and without developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*. 2021;83:177-184. doi:10.1016/j.gaitpost.2020.10.013
65. Chia LC, Licari MK, Guelfi KJ, Reid SL. A comparison of running kinematics and kinetics in children with and without developmental coordination disorder. *Gait Posture*. 2013;38(2):264-269. doi:10.1016/j.gaitpost.2012.11.028
66. Latorre-Román PÁ, García-Pinillos F, Mora-López D. Reference values of standing long jump in preschool children: A population-based study. *Pediatr Exerc Sci*. 2017;29(1):116-120. doi:10.1123/pes.2016-0076
67. King-Dowling S, Proudfoot NA, Cairney J, Timmons BW. Validity of field assessments to predict peak muscle power in preschoolers. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2017;42(8):850-854. doi:10.1139/apnm-2016-0426
68. Ramirez-Vélez R, Martínez M, Correa-bautista JE, et al. NORMATIVE REFERENCE OF STANDING LONG JUMP FOR COLOMBIAN SCHOOLCHILDREN AGED 9-17.9 YEARS: THE FUPRECOL STUDY. *J Strength Cond Res*. 2017;31(8):2083-2090. www.nsca.com

69. Castro-Piñero J, Ortega FB, Artero EG, et al. ASSESSING MUSCULAR STRENGTH IN YOUTH: USEFULNESS OF STANDING LONG JUMP AS A GENERAL INDEX OF MUSCULAR FITNESS. *J Strength Cond Res.* 2010;24(7):1810-1817. [www.nsca-jscr.org](http://www.nsca-jscr.org)
70. Espinosa-Sánchez M. Kinematic study of standing long jump in preadolescents before the occurrence of maximum growth age. *Anthropol Anz.* 2017;74(1):39-44. doi:10.1127/ANTHRANZ/2017/0668
71. Marijana Hraski, Žejko Hraski, Snježana Mrakovi, Vatroslav Horvat. Relation between Anthropometric Characteristics and Kinematic Parameters which Influence Standing Long Jump Efficiency in Boys and Adolescents - PubMed. *Collegium Antropolologicum.* 2015;39(1):47-55. Accessed April 23, 2024. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26434011/>
72. Wang JL, Sun SH, Lin HC. Relationship of Quantitative Measures of Jumping Performance with Gross Motor Development in Typically Developed Preschool Children. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(3). doi:10.3390/IJERPH19031661
73. Loturco I, D'Angelo RA, Fernandes V, et al. Relationship Between Sprint Ability and Loaded/Unloaded Jump Tests in Elite Sprinters. *J Strength Cond Res.* 2015;29(3):758-764. doi:10.1519/JSC.0000000000000660
74. Bachero-Mena B, Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Yáñez-García JM, Mora-Custodio R, González-Badillo JJ. Relationships Between Sprint, Jumping and Strength Abilities, and 800 M Performance in Male Athletes of National and International Levels. *J Hum Kinet.* 2017;58(1):187-195. doi:10.1515/hukin-2017-0076
75. Sampieri RH, Collado CF, Lucio M del PB. *Metodología de Pesquisa.* 5th ed. Penso; 2013.
76. SINGH AP. True and Apparent Leg Length Measurement. <https://boneandspine.com/true-and-apparent-leg-length/>.
77. McRae R. *Pocketbook of Orthopaedics and Fractures.* Churchill Livingston; 1999.
78. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ.* 2000;320.
79. Rheanna Bulten, King-Dowling S, Cairney J. Assessing the validity of standing long jump to predict muscle power in children with and without motor delays. *Pediatr Exerc Sci.* 2019;31(4):432-437. doi:10.1123/pes.2018-0277
80. Kraan CM, Tan AHJ, Cornish KM. The developmental dynamics of gait maturation with a focus on spatiotemporal measures. *Gait Posture.* 2017;51:208-217. doi:10.1016/j.gaitpost.2016.10.021
81. Bertram JEA, Ruina A. Multiple walking speed-frequency relations are predicted by constrained optimization. *J Theor Biol.* 2001;209(4):445-453. doi:10.1006/jtbi.2001.2279

82. Hof A. Scaling gait data to body size. *Gait Posture*. 1996;4:222-223.
83. Hallemans A, Verbèque E, Dumas R, Cheze L, Van Hamme A, Robert T. Developmental changes in spatial margin of stability in typically developing children relate to the mechanics of gait. *Gait Posture*. 2018;63(March):33-38. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.04.019
84. Stansfield BW, Hillman SJ, Hazlewood ME, et al. Normalisation of gait data in children. *Gait Posture*. 2003;17:81-87. www.elsevier.com/locate/gaitpost
85. de Melo MB, Daldegan-Bueno D, Menezes Oliveira MG, de Souza AL. Beyond ANOVA and MANOVA for repeated measures: Advantages of generalized estimated equations and generalized linear mixed models and its use in neuroscience research. *European Journal of Neuroscience*. 2022;56(12):6089-6098. doi:10.1111/ejn.15858
86. Yu Z, Guindani M, Grieco SF, Chen L, Holmes TC, Xu X. Beyond t test and ANOVA: applications of mixed-effects models for more rigorous statistical analysis in neuroscience research. *Neuron*. 2022;110(1):21-35. doi:10.1016/j.neuron.2021.10.030
87. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. L. Erlbaum Associates; 1988.
88. Dusing SC, Thorpe DE. A normative sample of temporal and spatial gait parameters in children using the GAITRite® electronic walkway. *Gait Posture*. 2007;25(1):135-139. doi:10.1016/j.gaitpost.2006.06.003
89. Holm I, Tveter AT, Fredriksen PM, Vøllestad N. A normative sample of gait and hopping on one leg parameters in children 7-12 years of age. *Gait Posture*. 2009;29(2):317-321. doi:10.1016/j.gaitpost.2008.09.016
90. Weyand PG, Sandell RF, Prime DNL, Bundle MW. The biological limits to running speed are imposed from the ground up. *J Appl Physiol* (1985). 2010;108(4):950-961. doi:10.1152/JAPPLPHYSIOL.00947.2009
91. Nantel J, Brochu M, Prince F. Locomotor Strategies in Obese and Non-obese Children. *Obesity*. 2006;14(10):1789-1794. doi:10.1038/oby.2006.206
92. Van Oeveren BT, De Ruiter CJ, Hoozemans MJM, Beek PJ, Van Dieën JH. Inter-individual differences in stride frequencies during running obtained from wearable data. *J Sports Sci*. 2019;37(17):1996-2006. doi:10.1080/02640414.2019.1614137
93. Da Rosa RG, Oliveira HB, Gomeñuka NA, et al. Landing-takeoff asymmetries applied to running mechanics: A new perspective for performance. *Front Physiol*. 2019;10(MAR):436203. doi:10.3389/FPHYS.2019.00415/BIBTEX

## ANEXO A – ANAMNESE



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Variáveis espaço-temporais de crianças durante o correr em diferentes velocidades  
Responsável: Prof. Ms. Paula Ribeiro Mesquita  
(61) 99163-6999

## QUESTIONÁRIO DE ANAMNESE

Nome do Responsável: \_\_\_\_\_

Contato do Responsável: \_\_\_\_\_

Nome do Participante (criança): \_\_\_\_\_

Data de Nascimento do Participante: \_\_\_\_\_

Número do Calçado: \_\_\_\_\_

Por favor, responda todas as questões abaixo.

Caso não se recorde de algum dado, tente dar a resposta mais aproximada. Obrigada!

1. Com quantos meses/anos a criança começou a andar?

\_\_\_\_\_

2. Ele (a) já apresentou algum sinal de atraso motor?      Sim (  )      Não (  )

- a. Caso tenha respondido sim, esse atraso foi identificado por quem?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- b. Foi necessário realizar acompanhamento com ortopedista, fisioterapeuta, terapeuta ocupacional ou algum outro tipo de especialista? Em caso afirmativo, por favor explicar brevemente.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. A criança já passou por alguma intervenção cirúrgica? Se sim, qual?

---



---



---



---

4. Atualmente, ele (a) pratica alguma atividade física? Sim ( ) Não ( )

a. Se sim, qual (is) e há quanto tempo?

---



---



---

b. Se não, já praticou anteriormente? Está há quanto tempo sedentário?

---



---



---

5. Deseja acrescentar alguma informação que julgue relevante? Use o espaço abaixo.

---



---



---

**DADOS A SEREM PREENCHIDOS PELA PESQUISADORA**

Massa: \_\_\_\_\_ Estatura: \_\_\_\_\_ Perna Dominante: \_\_\_\_\_

Comprimento Perna Esquerda: \_\_\_\_\_ Perna Direita: \_\_\_\_\_

Salto Horizontal

1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_

GaitRite

Andar Auto-Selecionado 1 ( ) 2 ( ) 3 ( )

Correr Auto-Selecionado 1 ( ) 2 ( ) 3 ( )

Correr Rápido 1 ( ) 2 ( ) 3 ( )

## ANEXO B – TCLE

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

Convidamos a criança sob sua responsabilidade a participar voluntariamente do projeto de pesquisa "Variáveis espaço-temporais de crianças durante o correr em diferentes velocidades", sob a responsabilidade da pesquisadora Prof.<sup>a</sup> Ms. Paula Ribeiro Mesquita. O projeto busca avaliar o processo de desenvolvimento da habilidade do correr em crianças de 4 a 10 anos com a intenção de fornecer dados que sirvam de referência para o planejamento de programas de exercício para crianças, a prescrição de terapias e tratamentos e a indústria de calçados infantis. O objetivo desta pesquisa é descrever as variáveis espaço-temporais de crianças de 4 a 10 anos durante o correr em diferentes velocidades.

O(a) senhor(a) e a criança receberão todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que os dados das crianças serão mantidos no mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a).

A participação se dará por meio de medição da altura e do peso corporal da criança, além de um teste para mensurar, por meio de uma plataforma eletrônica, as variáveis espaço-temporais do correr (tais como velocidade e cadência do movimento, comprimento e largura do passo e tempo de duração do ciclo da corrida). A pesquisa será realizada em uma visita única ao Laboratório de Análise do Movimento Humano da UnB, localizado na Faculdade de Educação Física, em data a ser agendada conforme disponibilidade do participante, com um tempo estimado de 30 minutos para sua realização.

Os riscos decorrentes da participação na pesquisa estão associados apenas à possibilidade de alguma queda durante a corrida. No entanto, as crianças estarão sempre acompanhadas pelos seus responsáveis e pela pesquisadora responsável, minimizando essas possibilidades. Não existem riscos fisiológicos ou mecânicos aos participantes, dado que o movimento que está sendo avaliado é o movimento de locomoção natural. Se o(a) senhor(a) autorizar a participação, contribuirá para o melhor entendimento do processo de desenvolvimento motor infantil e, consequentemente, para produtos e programas que atendam melhor às crianças.

As crianças ou seus responsáveis podem se recusar a participar de qualquer procedimento que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo. A participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

Todas as despesas relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa (tais como, passagem para o local da pesquisa, alimentação no local da pesquisa ou exames para realização da pesquisa) serão cobertas pelo pesquisador responsável.

Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação na pesquisa, o(a) senhor(a) deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Universidade de Brasília, podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos.

Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para: Paula Ribeiro Mesquita, no telefone (61)991636999, disponível inclusive para ligação a cobrar, ou e-mail paulamesquita@hotmail.com.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina (CEP/FM) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-1918 ou do e-mail [cepfm@unb.br](mailto:cepfm@unb.br), horário de atendimento de 08:30hs às 12:30hs e de 14:30hs às 16:00hs, de segunda a sexta-feira. O CEP/FM está localizado na Faculdade de Saúde/Faculdade de Medicina no 2º andar do prédio, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o(a) Senhor(a).

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do Participante de Pesquisa

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do Pesquisador Responsável

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

## ANEXO C - TALE

### *Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - TALE*

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa que está sendo feita para entender como acontece o crescimento e o desenvolvimento das crianças. O nome dessa pesquisa é "Variáveis espaço-temporais de crianças durante o correr em diferentes velocidades" e ela será feita pela professora Paula Ribeiro Mesquita.

Nesse trabalho queremos entender como as crianças andam e correm e como o seu corpo funciona durante esses movimentos. Para isso, você irá até a Universidade de Brasília, acompanhado de um responsável para realizar alguns testes. Nesses testes, você precisará andar e correr algumas vezes sobre um tapete e que vai nos mostrar no computador como o seu corpo funciona quando você anda ou corre. A sua participação é importante para que o crescimento das crianças seja estudado para melhorar o planejamento de aulas ou de tratamentos para crianças, por exemplo.

Você poderá tirar suas dúvidas com os professores a qualquer momento e a sua participação é voluntária e gratuita, ou seja, só irá participar quem quiser e não será necessário pagar para participar. Você também pode se recusar a responder ou participar de qualquer teste se não se sentir bem.

Obrigada.

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do Participante de Pesquisa

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do Pesquisador Responsável  
Paula Ribeiro Mesquita  
E-mail: [paulamesquitaa@hotmail.com](mailto:paulamesquitaa@hotmail.com)  
Telefone: (61) 991636999

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_.

## ANEXO D – ARTIGO PUBLICADO



BJMB  
Brazilian Journal of Motor Behavior

Research Article





**Running Spatiotemporal Parameters are Associated with Standing Long Jump Distance and BMI in Children aged 3-10 Years**

PAULA R. MESQUITA<sup>1</sup> | ANA C. DAVID<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Physical Education - Laboratory of Human Motion Analysis, University of Brasília, Brasília, DF, Brazil

Correspondence to: Paula Ribeiro Mesquita, Ms  
Faculty of Physical Education - Laboratory of Human Motion Analysis, University of Brasília, Brasília, DF 70901-900, Brazil.  
+5561991636999  
email: paulamesquita@hotmail.com  
<https://doi.org/10.20338/bjmb.v18i1.448>

---

**HIGHLIGHTS**

- Longer SLJ distance is associated with higher running speed in children.
- Older and male children performed better on the SLJ test than their peers.
- Increased BMI reduced velocity, cadence, and swing phase during running.
- Overweight children presented lower velocity and swing phase during running.

**BACKGROUND:** Standing long jump (SLJ) distance may be related to running velocity in children aged 4-5. However, this hypothesis still requires further investigation and should be tested in a wider age range of the child population. Moreover, increased body mass index (BMI) may affect spatiotemporal parameters, and its impact seems to change with age and different activities such as running, requiring further study.

**AIM:** We aimed to investigate the associations between running velocity and the SLJ distance in children aged 3-10 years. We also described sex-specific normative values for SLJ. Further, the association between BMI and running and walking spatiotemporal parameters was presented.

**METHOD:** This study included 181 children aged 3-10 years. SLJ was measured through standard procedures. We assessed running through the absolute and normalized velocities, cadence, step length, cycle time, and duration of the swing and stance phases using the GAITRite walkway. Participants completed three valid trials for each condition: fast running, self-selected running, and self-selected walking.

**RESULTS:** The SLJ distance was associated with higher running velocity. Overweight children presented lower absolute velocity and longer stance phases than normal-weight children.

**CONCLUSION:** Higher running velocities were associated with greater SLJ distances in children, likely due to greater leg muscle strength, growth, motor development, and the correspondent biomechanical determinant between jumping and running motor skills. Increased BMI influenced spatiotemporal parameters—even in non-obese children—likely due to muscle weakness and impaired dynamic balance and stabilization, with a potentially greater impact during running than walking.

**ABBREVIATIONS**

BMI	Body mass index
ES	Effect size
FR	Running at a fast velocity
GLM	Generalized linear model
LL	Leg length
SLJ	Standing long jump
SSR	Running at a self-selected velocity
SSW	Walking at a self-selected velocity

**KEYWORDS:** Biomechanics | Physical Fitness | Motor Development | Muscle Strength | Kinematic Running Analysis

---

**INTRODUCTION**

Early childhood is a critical phase for motor development, during which children acquire fundamental motor skills. As one of these skills, running is shaped by various environmental and biological factors. Typical immature running patterns usually develop around 18 months, taking 4-6 years for children to achieve maturity and up to 10 years to achieve specific running expertise<sup>1,2</sup>. During this process, the acquisition of other fundamental motor skills and changes in anthropometric measures can influence running spatiotemporal parameters<sup>3,4</sup>.

Jumping is another fundamental motor skill children develop in early childhood, and researchers commonly assess it using the Standing Long Jump (SLJ), a widely used test to evaluate physical fitness in children<sup>3,5,6</sup>. Normative references show that age increases jump distances in children and adolescents aged 3 to 18 years<sup>5,7</sup>. The SLJ test is also considered an index of upper and lower-body muscular fitness in children<sup>8</sup>, and previous studies have demonstrated an association between better performances in this test with higher stature<sup>9,10</sup> and better gross motor development<sup>11</sup>. Some findings have demonstrated an association between jump and sprint abilities in young athletes<sup>12,13</sup>, and Bertozi et al.<sup>3</sup> found that SLJ distance predicts sprinting velocity in children aged 4-5 years. Previous

Mesquita, David | 2024 | VOL.18 | N.1

<https://doi.org/10.20338/bjmb.v18i1.448>

1 of 10

evidence suggests that greater muscle strength, assessed through the SLJ test, may explain the increased capacity for running at higher velocities.<sup>3,8</sup> However, this hypothesis requires further investigation and should be tested across a broader age range within the child population.

Regarding gait spatiotemporal parameters, previous studies have shown that obese and overweight children tend to have increased cycle time, stance phase duration, and double support while their velocity and cadence decrease.<sup>4,14-18</sup> However, previous evidence has grouped obese and overweight participants when investigating the influence of Body Mass Index (BMI) on gait biomechanics. Further, recent studies by Cimolin et al.<sup>19</sup> and Porta et al.<sup>20</sup> found no differences in spatiotemporal parameters between overweight and normal-weight children during walking.<sup>19,20</sup> In this way, we believe that the influence of BMI on running spatiotemporal parameters can still be further clarified.

Therefore, we aimed to investigate the associations between (1) running velocity and SLJ distance; and (2) BMI and the spatiotemporal parameters of self-selected and fast running and self-selected walking in children aged 3-10 years. Additionally, we presented sex-specific descriptive reference values for the SLJ distance in this population and compared spatiotemporal parameters between normal-weight and overweight children. We hypothesized that children with greater SLJ distances would also run at higher velocities than their peers. Regarding the association of spatiotemporal parameters with BMI, we believed that higher BMI would be associated with reduced velocities, cadence, and step length in addition to greater cycle time, longer stance phase, and shorter swing phase.

## METHODS

This study initially evaluated 188 children aged 3-10 years recruited from local primary schools and through social media. Verbal consent was obtained from all participants, and written informed consent was obtained from their parents. All parents completed a questionnaire to verify their children's eligibility. The exclusion criteria were preterm birth, musculoskeletal and neurological disorders, and obesity. After applying the exclusion criteria, 181 children (97 females) were included in the study. The experimental protocol was approved by the Research Ethics Committee of the University of Brasília (Protocol number: 5.978.773).

In this cross-sectional study, we adopted standard procedures to measure height and weight. Height was measured with 0.1 cm accuracy using a measuring tape fixed to the wall, and weight was collected using a mechanical balance accurate to 0.01Kg. For normalization purposes, leg length was obtained using the *total true shortening method*, which consists of positioning a measuring tape from the anterior superior iliac spine to the medial malleolus on the same side.<sup>21-23</sup> Body mass index was calculated as the body mass divided by height squared (kg/m<sup>2</sup>). The cut-off percentile points established by Cole et al.<sup>24</sup> were used to identify children as having normal weight, overweight, or obesity. Starting at 5 years of age, twenty children were identified as being overweight and 7 as obese. Obese children were excluded from all the analyses.<sup>24,25</sup>

Then, participants were asked to stand with both feet touching a marked line and push vigorously to perform a standing long jump in which they should land on both feet as far as possible. Subjects were allowed to swing their arms before the jump. Distance was measured in centimeters from the take-off line to the point where the back of the heel nearest to the take-off line lands. The participants performed the test three times with at least a 1-minute interval between trials, and we computed the highest performance. We did not consider jumps if the children fell or did not take off or land on both feet; in this case, we allowed them another trial.<sup>7,26</sup>

The spatiotemporal parameters were measured using the GAITRite® electronic walkway (CIR Systems), which has been previously validated and used to measure the spatiotemporal parameters of walking and running in children.<sup>27-30</sup> The GAITRite® includes eight sensor blocks on a mat with an active area of 61 cm (24 inches) width and 488 cm (192 inches) length, totaling 18,432 sensors. We positioned the equipment on an even floor surface with a 2 m acceleration/deceleration space on each end of the mat. Participants received standardized instructions to begin from the start line and move to the finish line, walking at a self-selected velocity (SSW) or running at a self-selected (SSR) or a fast (FR) velocity. The test conditions were respectively described as: "your comfortable/typical walking/running velocity," and "your fastest running velocity" with no enforcement for it (i. e., by a metronome or timer) as this may cause modifications to the gait pattern.<sup>31,32</sup>

All the children were barefoot and completed three valid trials for each condition. Trials had to have at least four-foot contacts to be considered valid. Mean values for the three valid trials were calculated and used for subsequent analyses. Notably, taller children or those with longer step lengths sometimes placed only three feet in contact with the walkway, requiring more trials to achieve the required number of valid trials. Furthermore, we excluded partial footfalls from the analysis. All measures were calculated using pre-programmed definitions by the GAITRite® software. The parameters collected were absolute velocity (cm/s), normalized velocity—obtained after dividing the velocity by the average leg length and expressed as leg length per second (LL/s)—<sup>21,32-34</sup>, cadence (steps/min), step length (cm), normalized step length (cm/LL) cycle time (s), swing phase duration (% gait cycle), and stance phase duration (% gait cycle). To compare spatiotemporal parameters between normal-weight and overweight children during running and walking 20 normal-weight children were matched by age, sex, and height with the overweight group. All experimental procedures were performed on the same day, with an average duration of 30 minutes per participant. Data collection took place in local primary schools or the university according to the participants' convenience.

### Statistic procedures

The descriptive statistics of the study participants were presented as means and standard deviations. The Shapiro-Wilk test was performed to investigate data distribution, and to verify the homogeneity of variances, Levene's test was used.

### Association between running velocity and the standing long jump

The generalized linear model (GLM)<sup>35</sup> for continuous dependent variables - with the Holm post-hoc for multiple comparisons - was used to verify the association between the SLJ distance and the absolute and normalized velocities of running at self-selected and fast conditions. We adjusted the model for confounding variables: age, sex, and BMI. Descriptive data for the SLJ distance was presented as the 5<sup>th</sup>, 25<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup>, 75<sup>th</sup>, and 95<sup>th</sup> percentiles.

### Association between spatiotemporal parameters and BMI

The generalized linear model (GLM)<sup>35</sup> for continuous dependent variables - with the Holm post-hoc for multiple comparisons - was also used to verify the association between BMI and the spatiotemporal parameters at each gait condition. We adjusted the model for confounding variables: age and sex.

The student's *t*-test was used to compare normal-weight and overweight participants when data presented a normal distribution. For data that did not present a normal distribution, a nonparametric equivalent (Mann-Whitney) was performed. Effect sizes (ES) for this comparison were calculated according to Cohen's d specifications (0.20 to 0.50 - small effect; 0.50 to 0.80 - medium effect; > 0.80 - large effect)<sup>36</sup>. Data were expressed as means and standard deviations, and median and quartiles as appropriate.

For all GLM analyses, we presented descriptive data using the mean and 95% confidence interval. We adopted a significance level of  $p < .05$  for all analyses. Statistical analyses were performed using R Software (version 4.1), a language and environment for statistical computing.

## RESULTS

Older children were taller and presented greater body mass, BMI, and leg length than their younger counterparts (Table 1;  $p < .05$ ). There were no between-group differences in anthropometric measures according to sex.

**Table 1.** Characteristics of children age groups.

Age (Years)	Gender (Females)	Height (cm)	Body Mass (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Leg Length (cm)
3 (n = 11)	5 (45.5%)	94.5 ± 3.6	14.1 ± 1.7	15.7 ± 1.2	39.1 ± 3.2
4 (n = 21)	10 (47.6%)	109 ± 9.4	16.8 ± 3.2	14.1 ± 1.9	46.0 ± 4.4
5 (n = 38)	24 (63.2%)	112 ± 4.4	18.7 ± 3.1	14.8 ± 1.9	49.6 ± 3.3
6 (n = 23)	14 (60.9%)	117 ± 6.4	20.5 ± 3.1	14.9 ± 1.6	54.1 ± 4.1
7 (n = 19)	9 (47.4%)	124 ± 5.0	23.6 ± 4.8	15.2 ± 2.3	57.0 ± 4.8
8 (n = 21)	11 (52.4%)	132 ± 6.4	27.6 ± 5.2	15.7 ± 2.1	62.9 ± 4.1
9 (n = 23)	13 (56.5%)	139 ± 6.2	32.0 ± 6.9	16.4 ± 2.6	67.0 ± 3.4
10 (n = 25)	11 (44%)	141 ± 6.8	33.6 ± 7.7	16.6 ± 2.7	68.1 ± 4.6

Data are presented as mean ± standard deviation;

The SLJ distance was significantly associated with running velocity, with the increases in the SLJ distance resulting in greater absolute (SSR:  $R^2 = 0.11$ ,  $p < .001$ ; FR:  $R^2 = 0.44$ ,  $p < .001$ ) and normalized (SSR:  $R^2 = 0.38$ ,  $p = .002$ ; FR:  $R^2 = 0.32$ ,  $p < .001$ ) velocities at both running conditions (Table 2). The descriptive reference values for the SLJ distance (Table 3) indicated that older children tended to reach greater distances than younger ones. Further, male children tended to present greater distances for the SLJ test.

BMI values were associated with running and walking spatiotemporal parameters (Table 4). At the fast-running condition absolute velocity ( $\beta = -3.9$ ;  $p = .022$ ), normalized velocity ( $\beta = -0.1$ ;  $p < .001$ ), and cadence ( $\beta = -3.0$ ;  $p = .001$ ) were reduced with higher BMI. Increasing BMI also reduced the swing phase (SSR:  $\beta = -0.6$ ,  $p = .003$ ; SSW:  $\beta = -0.3$ ,  $p = .045$ ) and increased the stance phase ( $\beta = 0.6$ ,  $p = .003$ ; SSW:  $\beta = 0.3$ ,  $p = .045$ ) at self-selected running and walking.

**Table 2.** Association between SLJ distance and velocity during self-selected and fast running.

SELF-SELECTED RUNNING	Estimate	R <sup>2</sup>	95% CI		P
			Lower	Upper	
<b>Absolute Velocity (m/s)</b>	114.9	0.11	59.8	170.1	<.001*
SLJ (cm)					
<b>Normalized Velocity (LL/s)</b>	165	0.38	62	268	.002*
SLJ (cm)					
FAST RUNNING	Estimate	R <sup>2</sup>	95% CI		P
			Lower	Upper	
<b>Absolute Velocity (m/s)</b>	125.4	0.44	85.9	164.9	<.001*
SLJ (cm)					
<b>Normalized Velocity (LL/s)</b>	163	0.32	76	251	<.001*
SLJ (cm)					

SLJ: standing long jump. Multivariate model adjusted by age, sex, and BMI.

**Table 3.** Descriptive data of SLJ distance in female and male children aged 3-10 years.

SLJ (cm)	Age	Sex	N	Percentile				
				5th	25th	50th	75th	95th
				F	M	F	M	F
3	F	F	2	46.1	50.3	55.5	60.8	64.9
		M	5	43.2	56	61	64	64
4	F	F	10	44.5	57.3	67	78.2	89.9
		M	11	58.5	65.5	77	99.5	111
5	F	F	24	74.2	82.7	95	108	114
		M	14	75.6	85	94.5	108	125
6	F	F	14	66.9	94.8	104	110	134
		M	9	84.6	109	112	123	140
7	F	F	9	96	108	109	123	132
		M	10	105	113	118	127	133
8	F	F	11	94	106	118	122	127
		M	10	104	115	122	131	140
9	F	F	13	96.2	115	121	129	140
		M	10	112	130	134	155	162
10	F	F	11	99	117	125	139	144
		M	14	122	128	147	161	182

SLJ: standing long jump; F: females; M: males.

**Table 4.** Association between BMI and the spatiotemporal parameters during running and walking.

Effect	FAST RUNNING			SELF-SELECTED RUNNING			SELF-SELECTED WALKING		
	Estimate	95% CI	p	Estimate	95% CI	p	Estimate	95% CI	p
<b>Absolute Velocity (cm/s)</b>									
BMI	-3.9	-7.2-0.6	.022*	-1.6	-5.9-2.6	.458	0.2	-1.2-1.5	.826
<b>Normalized Velocity (LL/s)</b>									
BMI	-0.1	-0.2-0.1	.001*	-0.1	-0.1-0.02	.155	-0.01	-0.03-0.02	.714
<b>Cadence (steps/min)</b>									
BMI	-3.0	-4.9-1.2	.001*	-0.7	-2.7-1.3	.481	-0.3	-1.3-0.7	.590
<b>Step Length (cm)</b>									
BMI	0.4	-0.3-1.1	.255	-0.2	-1.0-0.7	.672	0.3	-0.1-0.6	.182
<b>Normalized Step Length (cm/LL)</b>									
BMI	-0.01	-0.02-0.01	.355	-0.01	-0.03-0.00	.110	0.00	-0.01-0.01	.702
<b>Cycle time (s)</b>									
BMI	0.01	-0.00-0.03	.087	0.01	-0.01-0.02	.503	0.01	-0.00-0.03	.069
<b>Swing (% gait cycle)</b>									
BMI	-0.1	-0.5-0.4	.832	-0.6	-1.0-0.2	.003*	-0.3	-0.6-0.01	.045*
<b>Stance (% gait cycle)</b>									
BMI	0.04	-0.4-0.5	.838	0.6	0.2-1.1	.003*	0.3	0.01-0.6	.045*

Multivariate model adjusted by age and sex.

Normal-weight and overweight groups only presented differences in body mass and BMI, as expected (Table 5). Moreover, comparisons between normal-weight and overweight children (Table 6) showed lower absolute velocity for the overweight group during the fast-running condition ( $p = 0.033$ ; ES = 0.70). During self-selected running the overweight children were presented with longer stance phase duration ( $p = 0.018$ ; ES= 0.44), and shorter swing phase duration ( $p = 0.018$ ; ES= 0.44).

**Table 5.** Characteristics of normal-weight and overweight children.

	Normal-Weight (n=20)	Overweight (n=20)	p
Gender (females)	14 (70%)	14 (70%)	-
Age (years)	7.7 ± 1.8	7.7 ± 1.8	1.000
Height (cm)	131.9 ± 11.6	132.5 ± 13.4	0.87
Body mass (kg)	27.5 ± 6.1	35.2 ± 9.2	0.004*
Body Mass Index (kg/m <sup>2</sup> )	15.7 ± 1.8	19.6 ± 1.5	<0.001*
Leg Length (cm)	62.8 ± 7.1	63.4 ± 8.2	0.807

Data are presented as mean ± standard deviation; \*p<0.05 (Students' t Test).

**Table 6. Comparisons of spatiotemporal parameters between these normal-weight and overweight groups.**

		Mean (±SD)	Median (min - max)	Mean (±SD)	Median (min - max)	p	ES
Absolute Velocity (cm/s)	Fast Running	417.8 ± 51.6	421.3 (388-349.3)	386.3 ± 36.8	386.2 (364-3420.1)	.033*	0.7
	Self-selected Running	340.7 ± 79.4	342.4 (281.3-370.9)	321.5 ± 58.5	317.4 (273.7-370.5)	0.39	0.27
	Self-selected Walking	112.2 ± 20.5	114.9 (93.9-133.9)	108.1 ± 15.5	110.9 (93.8-116.8)	0.302	0.23
Normalized Velocity (LUs)	Fast Running	6.3 ± 1.7	6.67 (5.9-7.2)	6.2 ± 1.0	6.2 (5.4-6.6)	0.379*	0.17
	Self-selected Running	5.4 ± 1.9	5.5 (4.2-6.5)	5.2 ± 1.3	5.6 (3.9-6.4)	0.688	0.13
	Self-selected Walking	1.7 ± 0.5	1.8 (1.6-1.9)	1.7 ± 0.3	1.8 (1.5-1.9)	0.661	0.02
Cadence (steps/mm)	Fast Running	239.6 ± 28.3	237.5 (221.5-253.8)	223.7 ± 26.5	228.9 (207.7-236.5)	0.073	0.58
	Self-selected Running	217.2 ± 48.6	217.5 (181.3-255.9)	215.7 ± 34.4	228.2 (189.0-234.6)	0.915	0.03
	Self-selected Walking	124.4 ± 14.5	121.9 (118.8-131.6)	120.8 ± 13.7	118.9 (110.6-128.9)	0.525	0.25
Step Length (cm)	Fast Running	103.7 ± 14.7	108.5 (93.6-112.7)	104.7 ± 11.4	106.7 (99.5-109.8)	0.818	-0.07
	Self-selected Running	94.2 ± 13.4	93.0 (84.9-102.3)	90.2 ± 12.4	90.4 (82.3-97.1)	0.334	0.31
	Self-selected Walking	54.2 ± 9.2	53.2 (48.3-58.8)	53.9 ± 5.6	54.1 (51.1-56.8)	0.803	0.03
Normalized Step Length (cm/L)	Fast Running	1.7 ± 0.2	1.6 (1.5-1.8)	1.6 ± 0.1	1.6 (1.6-1.7)	0.948	-0.02

Research Article							
		Self-selected Running		Fast Running		Swing (% Gait Cycle)	
Cycle Time (s)	Self-selected Walking	1.5 ± 0.2	1.5 (14-16)	0.9 ± 0.1	0.9 (0.8-0.9)	1.1 ± 0.4	1.0 (0.9-1.0)
	Self-selected Running	0.9 ± 0.1	0.9 (0.8-0.9)	0.5 ± 0.5	0.6 ± 0.2	65.3 ± 7.2	67.1 (63.9-69.0)
Swing (% Gait Cycle)	Self-selected Walking	0.7 ± 0.3	0.6 (0.5-0.6)	0.6 ± 0.2	0.5 (0.5-0.5)	66.1 ± 6.5	67.2 (63.9-70.2)
	Self-selected Running	1.1 ± 0.4	1.0 (0.9-1.0)	1.2 ± 0.2	1.1 (1.0-1.2)	65.5 ± 5.3	66.3 (64.8-67.3)
Stance (% Gait Cycle)	Self-selected Walking	37.8 ± 4.6	38.6 (36.7-41.4)	36.9 ± 3.8	37.1 (33.4-40.6)	33.9 ± 6.5	32.8 (29.8-36.1)
	Self-selected Running	34.7 ± 7.2	32.9 (31-36.1)	34.5 ± 5.4	33.8 (32.7-35.2)	34.7 ± 7.2	32.9 (31-36.1)
	Self-selected Walking	62.2 ± 4.6	61.4 (58.6-63.2)	63.1 ± 3.8	62.9 (59.1-66.6)	62.2 ± 4.6	61.4 (58.6-63.2)
	Self-selected Running	62.2 ± 4.6	61.4 (58.6-63.2)	63.1 ± 3.8	62.9 (59.1-66.6)	62.2 ± 4.6	61.4 (58.6-63.2)

Data are presented as mean ± standard deviation and median and quartiles (Q1 and Q3); \*p<0.05 (Student's *t* Test); #p<0.05 (Mann-Whitney); ▲ indication of nonparametric parameters that did not present significant *p* values.

## DISCUSSION

This study investigated the associations between (1) running velocity and the SLJ distance; and (2) BMI and the spatiotemporal parameters of running and walking in children aged 3-10 years. Further, we described the SLJ distance values of male and female children and the comparisons for the spatiotemporal parameters between normal-weight and overweight children.

Previous research by Bertozi et al.<sup>3</sup> found longer SLJ distances to predict higher 10-meter sprinting velocity in 4-5-year-old children. In the present study, children ran approximately 10m, considering the mat length and the acceleration/deceleration spaces at each end, making it possible to compare data. Our results follow these findings: children who jumped longer distances also presented higher absolute and normalized velocities in fast-running conditions. Further, our findings improve the understanding of this association showing that SLJ distance was also related to higher absolute and normalized velocities during self-selected running. According to Castro-Pifiero et al.<sup>8</sup>, larger SLJ distances are directly related to greater upper and lower body muscular strength, which may explain why a better performance in the SLJ test implicates greater muscle strength and, consequently, an improved capacity to increase velocity during running<sup>3,37</sup>. Furthermore, these findings reinforce that there is an important and complex biomechanical association between these two fundamental motor skills.

Greater SLJ distances for male and older children have been reported before<sup>5,7,9</sup> and were also seen in this study. Regarding sex differences, authors reported boys aged 3 to 18 to present longer distances for the SLJ test and associated these results with possible differences in moderate-to-vigorous physical activity and neuromuscular maturation among preschool females and males. Aging during childhood can be associated with greater height and weight in addition to more mature motor development, and according to previous studies, these factors seem to play an important role in SLJ performance<sup>10,11</sup>. Hraski et al.<sup>10</sup> assessed the relationship between morphological characteristics and kinematic parameters of the SLJ and found that children who were taller and had longer arms and legs achieved longer distances. Further, Wang et al.<sup>11</sup> studied the relationship between jumping performance and gross motor development and showed that children with better jumping performance also had better gross motor development. In this way, we inferred that older children in this study may have reached longer distances in the SLJ than their younger counterparts due to their greater height and weight, in addition to an expected more advanced motor development.

The running cycle phases at the self-selected running and self-selected walking conditions were associated with BMI, with a reduction for the swing phase and a longer stance phase when BMI increased. These results could be expected since they are commonly reported due to increased BMI<sup>4,14-17,25</sup>. Evidence suggests that this increase in stance phase duration may be due to muscle weakness and decreased dynamic balance and stability, since it may help these children better to control the impact of a single leg landing, while also attempting to regain stability before propulsion to the next limb<sup>4,38,39</sup>. According to Nantel et al.<sup>40</sup>, obese children transfer mechanical energy less efficiently from the stance phase to the swing phase. In this respect, the influence of obesity on the phases of gait might be related not only to the optimization of energy consumption but also to a strategy of balance stabilization and the prevention of falls<sup>25</sup>.

However, comparisons between groups with different BMI classifications are often conducted by grouping overweight and obese children and recent previous research has shown that overweight and normal-weight children have similar spatiotemporal patterns during walking<sup>19,20</sup>. In this way, our results help clarify the understanding of the effect of BMI on running spatiotemporal parameters since overweight children presented lower absolute velocity during the fast-running condition and a longer stance phase combined with a shorter swing phase during self-selected running. Thus, our results indicate that the increment in BMI, even without an obesity classification, could also affect running spatiotemporal parameters.

Our main limitation is that some older or taller participants would only make three-foot contact when running in high-speed conditions, given the space restriction of the equipment. This condition resulted in more trials by the children to achieve the number of valid trials required or even the exclusion of participants. Additionally, given that the data collection occurred in different places, some children's performance may have been affected. When tests were conducted at local schools, children may have been more comfortable in the familiar environment but could also be influenced by their colleagues. Further, the laboratory environment and unfamiliar people could intimidate some participants. The assessment of the maturational stage of the study participants could have contributed to an even deeper understanding of the results found, justifying and discussing the behavior of the studied parameters based on the process of child growth and maturational level. For this reason, we believe that the lack of a maturational assessment is another limitation of our study, which can be considered in future investigations.

## CONCLUSION

Higher running velocities were associated with greater SLJ distances in children, likely due to greater leg muscle strength, growth, motor development, and the correspondent biomechanical determinant between jumping and running motor skills. The spatiotemporal parameters of running showed significant associations with BMI, as expected. Overweight children displayed lower absolute velocity and longer stance phase than normal-weight children, suggesting that higher body mass -even in non-obese children- may alter spatiotemporal parameters during running.

Our findings suggest that the complex and nonlinear system involved in running and jumping development may share similar biomechanical and motor control constraints (muscular strength) that could impact atypical development in both motor skills. Our results also indicate that morphological constraints and reduced physical capacity (e.g., muscle strength) in overweight children may also lead to atypical development in both skills. These insights emphasize the importance of body composition and muscular strength in locomotor skill development, highlighting a critical area for targeted intervention in children.

## REFERENCES

1. Williams S, Netto K, Kennedy R, Turner-Bryndzej J, Campbell R, Rosalie SM. Biomechanical correlates of running performance in active children. *J Sci Med Sport*. 2019;22(1):65-69. doi:10.1016/j.jsams.2018.05.025
2. Whittall J, Getchell N. From Walking to Running: Applying a Dynamical Systems Approach to the Development of Locomotor Skills. *Child Dev*. 1995;66(5):1541-1553. doi:10.1111/j.1467-8624.1995.tb00951.x
3. Bertozzi F, Camuncoli F, Galli M, Tarabini M. The relationship between jump and sprint performance in preschool children. *J Sports Med Phys Fitness*. Published online February 2024. doi:10.23736/S0022-4707.24.15628-9
4. Spech C, Paponetti M, Mansfield C, Schmitt L, Briggs M. Biomechanical variations in children who are overweight and obese during high-impact activities: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2022;23(6). doi:10.1111/obr.13431
5. Latore-Roman PÁ, García-Pinillos F, Mora-López D. Reference values of standing long jump in preschool children: A population-based study. *Pediatr Exerc Sci*. 2017;29(1):116-120. doi:10.1123/pes.2016-0076
6. King-Dowling S, Proudfit NA, Cairey J, Timmons BW. Validity of field assessments to predict peak muscle power in preschoolers. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2017;42(8):850-854. doi:10.1139/apnm-2016-0426
7. Ramirez-Vélez R, Martínez M, Correa-bautista JE, et al. Normative reference of standing long jump for colombian schoolchildren aged 9-17.9 years: the fuprecol study. *J Strength Cond Res*. 2017;31(8):2083-2090.
8. Castro-Piñero J, Ortega FB, Artero EG, et al. Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *J Strength Cond Res*. 2010;24(7):1810-1817.
9. Espinosa-Sánchez M. Kinematic study of standing long jump in preadolescents before the occurrence of maximum growth age. *Anthropol Anz*. 2017;74(1):39-44. doi:10.1127/ANTHRANZ/2017/0668
10. Marijana Hraski, Željko Hraski, Snježana Mraković, Vatroslav Horvat. Relation between Anthropometric Characteristics and Kinematic Parameters which Influence Standing Long Jump Efficiency in Boys and Adolescents - PubMed. *Collegium Antropologicum*. 2015;39(1):47-55.
11. Wang JL, Sun SH, Lin HC. Relationship of Quantitative Measures of Jumping Performance with Gross Motor Development in Typically Developed Preschool Children. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3). doi:10.3390/ijerph19031661
12. Loturco I, D'Angelo RA, Fernandes V, et al. Relationship Between Sprint Ability and Loaded/Unloaded Jump Tests in Elite Sprinters. *J Strength Cond Res*. 2015;29(3):758-764. doi:10.1519/JSUC.0000000000000060
13. Bachero-Mena B, Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Yáñez-García JM, Mora-Custodio R, González-Badillo JJ. Relationships Between Sprint, Jumping and Strength Abilities, and 800 M Performance in Male Athletes of National and International Levels. *J Hum Kinet*. 2017;58(1):187-195. doi:10.1515/hukin-2017-0076
14. Thévenon A, Gaborelli F, Lepvrier J, et al. Collection of normative data for spatial and temporal gait parameters in a sample of French children aged between 6 and 12. *Ann Phys Rehabil Med*. 2015;58(3):139-144. doi:10.1016/j.rehab.2015.04.001
15. Rubinstein M, Etakim A, Steinberg N, et al. Biomechanical characteristics of overweight and obese children during five different walking and running velocities. *J Footwear Sci*. 2017;9(3):149-159. doi:10.1080/19424280.2017.1363821
16. Hills AP, Parker AW. Gait Characteristics of Obese Children. *Arch Phys Med Rehabil*. 1991;72.
17. Browning RC. Locomotion Mechanics in Obese Adults and Children. *Curr Obes Rep*. 2012;1(3):152-159. doi:10.1007/s13679-012-0021-z
18. Dufek JS, Currie RL, Gouws PL, et al. Effects of overweight and obesity on walking characteristics in adolescents. *Hum Mov Sci*. 2012;31(4):897-906. doi:10.1016/j.humov.2011.10.003
19. Cimolin V, Cau N, Sartorio A, et al. Symmetry of gait in underweight, normal and overweight children and adolescents. *Sensors (Switzerland)*. 2019;19(9). doi:10.3390/s19092054
20. Porta M, Cimmino D, Leban B, et al. Smoothness of Gait in Overweight (But Not Obese) Children Aged 6–10. *Bioengineering* 2023, Vol 10, Page 286. 2023;10(3):286. doi:10.3390/BIOENGINEERING10030286
21. Hof A. Scaling gait data to body size. *Gait Posture*. 1996;4:222-223.
22. Hallemans A, Verbeque E, Dumas R, Cheze L, Van Hamme A, Robert T. Developmental changes in spatial margin of stability in typically developing children relate to the mechanics of gait. *Gait Posture*. 2018;63(March):33-38. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.04.019
23. Lythgo N, Wilson C, Galea M. Basic gait and symmetry measures for primary school-aged children and young adults whilst walking barefoot and with shoes. *Gait Posture*. 2009;30(4):502-506. doi:10.1016/j.gaitpost.2009.07.119
24. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320.

25. Montes-Alguacil J, Páez-Moguer J, Jiménez-Cebrián AM, Muñoz BÁ, Gijón-Noguerón G, Morales-Asencio JM. The influence of childhood obesity on spatio-temporal gait parameters. *Gait Posture*. 2019;71:69-73. doi:10.1016/j.gaitpost.2019.03.031
26. Rheanna Bulten, King-Dowling S, Cairney J. Assessing the validity of standing long jump to predict muscle power in children with and without motor delays. *Pediatr Exerc Sci*. 2019;31(4):432-437. doi:10.1123/pes.2018-0277
27. Thorpe DE, Dusing SC, Moore CG. Repeatability of temporospatial gait measures in children using the GAITRite® electronic walkway. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(12):2342-2346. doi:10.1016/j.apmr.2005.07.301
28. Dusing SC, Thorpe DE. A normative sample of temporal and spatial gait parameters in children using the GAITRite® electronic walkway. *Gait Posture*. 2007;25(1):135-139. doi:10.1016/j.gaitpost.2006.06.003
29. Menz HB, Morris ME. Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait Posture*. 2006;24(2):229-236. doi:10.1016/j.gaitpost.2005.09.002
30. Cranage S, Perraton L, Bowles KA, Williams C. A comparison of young children's spatiotemporal measures of walking and running in three common types of footwear compared to bare feet. *Gait Posture*. 2020;81:218-224. doi:10.1016/j.gaitpost.2020.07.147
31. Bertram JEA, Ruina A. Multiple walking speed-frequency relations are predicted by constrained optimization. *J Theor Biol*. 2001;209(4):445-453. doi:10.1006/jtbi.2001.2279
32. Schwartz MH, Rozumalski A, Trost JP. The effect of walking speed on the gait of typically developing children. *J Biomech*. 2008;41(8):1639-1650. doi:10.1016/j.jbiomech.2008.03.015
33. Stansfield BW, Hillman SJ, Hazlewood ME, et al. Normalisation of gait data in children. *Gait Posture*. 2003;17:81-87.
34. Lythgo N, Wilson C, Galea M. Basic gait and symmetry measures for primary school-aged children and young adults. II: Walking at slow, free and fast speed. *Gait Posture*. 2011;33(1):29-35. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.09.017
35. de Melo MB, Daldegan-Bueno D, Menezes Oliveira MG, de Souza AL. Beyond ANOVA and MANOVA for repeated measures: Advantages of generalized estimated equations and generalized linear mixed models and its use in neuroscience research. *European Journal of Neuroscience*. 2022;56(12):6089-6098. doi:10.1111/ejn.15858
36. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. L. Erlbaum Associates; 1988.
37. Weyand PG, Sandell RF, Prime DNL, Bundle MW. The biological limits to running speed are imposed from the ground up. *J Appl Physiol* (1985). 2010;108(4):950-961. doi:10.1152/JAPPLPHYSIOL.00947.2009
38. Bowser BJ, Roles K. Effects of Overweight and Obesity on Running Mechanics in Children. *Med Sci Sports Exerc*. 2021;53(10):2101-2110. doi:10.1249/MSS.0000000000002686
39. Molina-García P, Migueles JH, Cadenas-Sánchez C, et al. A systematic review on biomechanical characteristics of walking in children and adolescents with overweight/obesity: Possible implications for the development of musculoskeletal disorders. *Obesity Reviews*. Published online 2019. doi:10.1111/obr.12848
40. Nantel J, Brochu M, Prince F. Locomotor Strategies in Obese and Non-obese Children. *Obesity*. 2006;14(10):1789-1794. doi:10.1038/oby.2006.206

Citation: Mesquita PR, David AC. (2024). Running Spatiotemporal Parameters are Associated with Standing Long Jump Distance and BMI in Children aged 3-10 Years. *Brazilian Journal of Motor Behavior*, 16(1):e448.

Editor-in-chief: Dr Fabio Augusto Bartieri - São Paulo State University (UNESP), Bauru, SP, Brazil.

Associate editors: Dr José Angelo Barela - São Paulo State University (UNESP), Rio Claro, SP, Brazil; Dr Natalia Madalena Rinaldi - Federal University of Espírito Santo (UFEs), Vitória, ES, Brazil; Dr Renato de Moraes - University of São Paulo (USP), Ribeirão Preto, SP, Brazil.

Copyright: © 2024 Mesquita and David and BJMB. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial-No Derivatives 4.0 International License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Funding: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

DOI: <https://doi.org/10.20338/bjmb.v16i1.448>

## APÊNDICE - PARECER CONSUBSTANCIADO CEP

FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA -  
UNB



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Titulo da Pesquisa:** VARIÁVEIS ESPAÇO-TEMPORAIS DE CRIANÇAS DURANTE O CORRER EM DIFERENTES VELOCIDADES

**Pesquisador:** Paula Ribeiro Mesquita

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 66238522.0.0000.5558

**Instituição Proponente:** Faculdade de Educação Física - UnB

**Patrocinador Principal:** FUNDACAO UNIVERSIDADE DE BRASILIA

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.978.773

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se da apresentação de pendências listadas no parecer nº 5.863.100, de 25/01/2023, como descrito abaixo: Solicto esclarecimento aos seguintes itens:

- 1) Qual o tamanho de fato da amostra?
- 2) Onde será recrutada a amostra?
- 3) Haverá financiamento externo da indústria de calçados ou do complexo médico-industrial para essa pesquisa?
- 4) Solicto a entrega de um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido apropriado para crianças de 7 a 10 anos.
- 5) Atualizar o cronograma.

#### Objetivo da Pesquisa:

De acordo com o descrito no projeto e já relatado em reunião anterior.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com o descrito no projeto e já relatado em reunião anterior.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

De acordo com o descrito no projeto e já relatado em reunião anterior.

Endereço: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina  
Bairro: Asa Norte CEP: 70.910-900  
UF: DF Município: BRASILIA  
Telefone: (61)31071-7170 E-mail: cepfm@unb.br

FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA -   
UNB

Continuação do Parecer: 5.978.773

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Conforme solicitado, esclareço abaixo as pendências apontadas via parecer consubstanciado:

1- A amostra será composta por 140 participantes, sendo esses 20 em cada grupo que compõem a faixa etária avaliada (4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 anos).

As informações a esse respeito foram ajustadas no Projeto de Pesquisa, Projeto de Informações Básicas e Planilha Orçamentária.

2- Os participantes serão recrutados em escolas do Distrito Federal e por conveniência a partir da divulgação da pesquisa em aplicativos de mensagens e redes sociais.

Essa informação foi acrescentada em todos os documentos (Projeto de Pesquisa, Projeto de Informações Básicas e TCLE).

3- O projeto não receberá financiamento de nenhum tipo, especialmente advindo da indústria de calçados ou do complexo médico-industrial.

O trecho do TCLE (parágrafo 1; linha 6) foi alterado para esclarecer essa informação.

4- Foi acrescentado o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), conforme solicitado.

5- O cronograma foi atualizado.

6- As coletas serão realizadas no Laboratório de Análise do Movimento Humano, localizado na Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília.

A informação foi acrescentada no Projeto de Pesquisa e no Projeto de Informações Básicas.

**Recomendações:**

Recomendo introduzir no TALE o de acordo da criança e do responsável

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Julgo que o pesquisador proponente cumpriu com as pendências solicitadas e que não existem óbices éticos para o desenvolvimento da pesquisa.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Após apreciação na reunião dia 29/03/2023 do colegiado CEP/FM o projeto foi aprovado. OBS: De acordo com a Resolução CNS 466/12, nos inciso II.19 e II.20, cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP os relatórios parciais e final do seu projeto de pesquisa. Bem como a notificação de eventos adversos, de emendas ou modificações no protocolo para apreciação do CEP.

Endereço: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina	
Bairro: Asa Norte	CEP: 70.910-900
UF: DF	Município: BRASÍLIA
Telefone: (61)31071-7170	E-mail: cepfm@unb.br

FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.978.773

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJECTO_2029560.pdf	10/02/2023 21:31:21		Aceito
Outros	Carta_de_Respostas_as_Pendencias.docx	10/02/2023 21:30:42	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
Orçamento	Planilha_oramentaria.docx	10/02/2023 21:29:48	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_PaulaMesquita.docx	10/02/2023 21:29:35	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.doc	10/02/2023 21:29:19	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	10/02/2023 21:29:02	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRostoCEPFM.pdf	07/12/2022 16:12:57	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
Outros	termo_de_resp_comp.pdf	23/11/2022 15:51:35	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
Outros	Lattes_AnaCristina.pdf	10/11/2022 19:05:45	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
Outros	Lattes_PaulaMesquita.pdf	10/11/2022 19:05:21	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
Outros	Resumo.pdf	10/11/2022 19:02:03	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
Outros	Termo_de_Anuencia.pdf	10/11/2022 19:00:35	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito
Outros	Carta_de_encaminhamento.pdf	10/11/2022 19:00:03	Paula Ribeiro Mesquita	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina  
 Bairro: Asa Norte CEP: 70.910-900  
 UF: DF Município: BRASÍLIA  
 Telefone: (61)31071-7170 E-mail: cepfm@unb.br

FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA -  
UNB



Continuação do Parecer: 5.978.773

BRASILIA, 31 de Março de 2023

Assinado por:

Antônio Carlos Rodrigues da Cunha  
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina  
Bairro: Asa Norte CEP: 70.910-900  
UF: DF Município: BRASILIA  
Telefone: (61)31071-7170 E-mail: cepfm@unb.br