

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

**Abordagem biopsicossocial no controle postural e realidade virtual não  
imersiva em crianças e adolescentes com Paralisia Cerebral**

**JOICE LUIZA BRUNO ARNONI**

SÃO CARLOS

2019

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

**Abordagem biopsicossocial no controle postural e realidade virtual não imersiva em crianças e adolescentes com Paralisia Cerebral**

**JOICE LUIZA BRUNO ARNONI**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Fisioterapia.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nelci Adriana C. F. Rocha**

**Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Carolina de Campos**

**Apoio Financeiro:** Bolsista de Doutorado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Projeto Auxílio FAPESP 2016/10396-7

SÃO CARLOS

2019

Bruno Arnoni, Joice Luiza

Abordagem biopsicossocial no controle postural e realidade virtual não imersiva em crianças e adolescentes com Paralisia Cerebral / Joice Luiza Bruno Arnoni. -- 2019.

128 f. : 30 cm.

Tese (doutorado)-Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador: Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha

Banca examinadora: Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha, Claudia Santos Oliveira, Alexandre Fonseca Brandão, Daniela Godoi Jacomassi, Natalia Duarte Pereira

Bibliografia

I. Realidade Virtual. 2. Controle Postural. 3. Paralisia Cerebral. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Ronildo Santos Prado – CRB/8 7325



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Joice Luiza Bruno Amoni, realizada em 27/02/2019:

---

Profa. Dra. Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha  
UFSCar

---

Profa. Dra. Cláudia Santos Oliveira  
UniEVANGÉLICA

---

Prof. Dr. Alexandre Fonseca Brandão  
UNICAMP

---

Profa. Dra. Daniela Godoi Jacomassi  
UFSCar

---

Profa. Dra. Natalia Duarte Pereira  
UFSCar

*Dedico este trabalho à minha mãe,  
minha irmã, meu marido amado e  
meus filhos caninos.*

*“Eu notei que as pessoas lidam muito com o negativo, com o que está errado. Por que não tentar o contrário, olhar para o paciente e ver coisas positivas, apenas tocar essas coisas e fazê-las florescer? Às vezes uma ou duas palavras amáveis são suficientes para ajudar alguém a desabrochar como uma flor.”*

*(Thich Nhat Hanh – Monge budista vietnamita)*

## Agradecimentos

São tantos agradecimentos! Quantas pessoas maravilhosas eu pude conhecer nesse período acadêmico, desde o final de 2009, quando cheguei na UFSCar... É enorme a gratidão quando me lembro dessa trajetória. Agradeço ao Grande Espírito, Força Criadora, Deus, seja qual for o Seu nome... Sei o que representa em meu coração e por isso, transbordo em gratidão pelo amparo espiritual e por me carregar nos braços quando eu não tinha mais forças.

Agradeço aos meus pais, que me proporcionaram a vida e tantos aprendizados, que torcem e intercedem por mim constantemente. Amo muito vocês, sou muito grata! Por meio de vocês, estendo o agradecimento a todos os meus familiares.

Agradeço à minha irmã, pela parceria e companheirismo em todos os momentos, acreditando no meu caminho sempre e sempre... Te amo!

Ao meu companheiro de outras vidas, querido e amado Rodrigo, quanta gratidão! Não existem palavras que expressem o que sinto a respeito da nossa vida, nossa parceria e nosso amor. Às vezes eu me pergunto o que fiz para merecer tamanha dedicação e entrega. Não houve um momento sequer, em que você não me apoiasse! Estamos aí, como dizemos sempre... Seguimos caminhando! Você é um presente valioso!

À todos os meus amigos, sem exceção! Em especial, à Fernanda e Henrique, Vanessa e Kléber, pela presença constante, amizade, risadas, por todo amor dedicado à minha família. Aos amigos Gardênia e Rodolfo, Alyne e Hidelbrando que mesmo distantes fisicamente, continuam perto e sempre dispostos a compartilhar amizade fraterna. Gratidão pela vida de vocês!

Às minhas colegas de laboratório, por todos os momentos de convivência. Obrigada por todo aprendizado, por todo auxílio quando precisei, por todas as conversas, choros e risos. Um agradecimento mais que especial à Bruna Verdério, que foi mais do que uma colega de profissão, alguém que me ajudou tanto... Bruna, você foi essencial para a realização desse trabalho. Sou muito grata por toda a sua dedicação e disposição, que você possa colher os frutos de todas as coisas boas que você planta.

Agradeço às colaboradoras, essenciais para realização desse trabalho: Bruna (novamente...), Ana Kleiner, Silvia e Verena, pela dedicação durante o processamento dos dados, escrita dos artigos, dúvidas, enfim, tudo... Gratidão imensa a vocês.

Agradeço às minhas alunas de iniciação científica, com as quais aprendi muito nos últimos anos, em especial à Joice Claro Pereira por todo trabalho que desenvolvemos com as crianças típicas durante o período de graduação dela e do meu doutorado.

À minha orientadora, Profa. Dra. Nelci Adriana, por me acolher e por me ajudar a alcançar as maiores conquistas profissionais da minha vida até o presente momento. Por tudo que me ensinou nesse período em que estive no LADI (Laboratório de Análise do Desenvolvimento Infantil), todos os momentos em que abnegou outros afazeres importantes para me receber, conversar, corrigir, orientar... Agradeço imensamente pela confiança e amizade. Levarei seu exemplo de garra, entrega e competência por toda vida.

Gratidão à minha co-orientadora, Profa. Dra. Ana Carolina de Campos, pela leveza e tranquilidade de sempre, por todas as palavras de carinho e conforto nos momentos difíceis. Não houve um momento em que eu a procurei e que ela não me respondesse com uma pronta solução. Sou muito grata e você é um exemplo da pessoa e profissional que eu almejo ser.

Agradeço imensamente aos professores do Departamento de Fisioterapia da UFSCar, por todos os anos de convivência, todo aprendizado. Em especial, agradeço à Profa. Dra. Anna Carolyn Gialourenço por ser uma pessoa humilde, inteligente e acessível, alguém que ajuda o próximo a crescer. Obrigada por todas as portas profissionais que você tem me ajudado a abrir, sou grata pela amizade e confiança. Outro agradecimento especial, ao Prof. Dr. Thiago Luiz Russo, por todos os momentos de dúvida, conselhos, por me ajudar encontrar o equilíbrio durante momentos de nervosismo e turbulência. Obrigada professores queridos! Como tenho sorte por poder aprender com pessoas como vocês.

Aos funcionários do DFisio, sem exceção, desde a limpeza à secretaria. Agradeço aos amigos especiais que fiz ali, Claudio, Sueli, Vagner e Iolanda, querida! Sem seu café eu não teria chegado até aqui! Obrigada pelo entusiasmo de todas as manhãs, por todas as vezes em que recitou trechos do evangelho para melhorar o meu dia. Ainda bem que eu defendo antes de você aposentar, pois não conseguiria viver sem você no departamento! Gratidão, gratidão!

Agradeço o auxílio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida, ao Ministério da Educação (MEC) pelo projeto PROEXT (2014) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo projeto auxílio pesquisa (2016), que contemplaram o Projeto de Realidade Virtual. Sem o auxílio financeiro de todas essas instituições, esse trabalho e muitos outros não seriam possíveis. Obrigada!

Aos membros da banca avaliadora, muito obrigada pela disponibilidade em compartilhar e melhorar o material apresentado.

Às crianças e responsáveis que concordaram em participar do estudo, meu muito obrigada.



Aos coordenadores e funcionários de todas as instituições em que coletei dados. Foram 30mil Km rodados em 1 ano de coletas. Aprendi muito em todas as instituições e sou muito grata pela confiança de todos no projeto. Imensurável gratidão!

## RESUMO

Segundo a Classificação de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF), a condição de saúde de um indivíduo é resultado da relação multidimensional entre estrutura e função corporal, atividades e participação social e fatores contextuais. Considerando que mudanças contextuais podem influenciar a estabilidade corporal em crianças, como as condições da base de suporte (posicionamento dos pés) e superfície de apoio (complacência, aderência, inclinação), foi desenvolvido o estudo I: **“Influência das configurações da base de suporte e superfície de apoio no controle postural de crianças: Revisão sistemática”**. O estudo objetivou verificar os efeitos de manipulações da base de suporte e da superfície de apoio no controle postural em crianças. Constatou-se que a manipulação da base de suporte e superfície de apoio são fatores que podem aumentar a demanda adaptativa do sistema de controle postural, principalmente em crianças com disfunções neuromotoras como a PC. Administrar situações cotidianas desafiadoras para o controle postural é um dos objetivos dos programas fisioterapêuticos para crianças com PC. Assim, novas ferramentas terapêuticas tem sido utilizadas e a terapia baseada em Realidade Virtual (RV) não imersiva é uma delas, capaz de proporcionar treino contextualizado e com alto número de repetições. Constatou-se porém a ausência de estudos controlados que verificassem os efeitos da RV não imersiva no controle postural em condições posturais mais desafiadoras de crianças com PC. Assim, surgiu motivação para o estudo II: **“Intervenção com realidade virtual não imersiva altera o controle postural de crianças com Paralisia Cerebral unilateral? Estudo randomizado e controlado”**. O estudo verificou o efeito do treino com RV não imersiva na oscilação postural em ortostatismo em diferentes condições da base de suporte (pés paralelos e semi-tandem) e maleabilidade da superfície de apoio (rígida e maleável) em crianças com PC unilateral. Constatou-se redução da oscilação postural (Amplitude médio-lateral e RMS médio-lateral) após o período de intervenção, nas condições superfície maleável e aumento da velocidade média na condição de maior complexidade (superfície maleável e pés em semi-tandem) no grupo intervenção, após o período de treino. Conclui-se que o treino com RV pode melhorar parâmetros específicos da estabilidade corporal em crianças com Paralisia Cerebral. Ainda, pouco se sabe sobre os efeitos da RV não imersiva na realização de atividades dinâmicas, como por exemplo a marcha. Nesse sentido, foi desenvolvido o estudo III: **“Efeitos da realidade virtual não imersiva na mobilidade funcional e parâmetros da marcha em crianças com paralisia cerebral: Estudo randomizado, controlado”**. O objetivo foi investigar mudanças na mobilidade funcional, variáveis espaço temporais da marcha e ângulos da pelve após intervenção com RV não-imersiva. Os resultados indicaram melhora na mobilidade funcional, nas variáveis espaço temporais da marcha, como diminuição do tempo da passada, aumento da cadência e ganho de estabilização dos movimentos pélvicos, com diminuição dos ângulos para retroversão pélvica no grupo intervenção. Com intuito de ampliar o conhecimento dos efeitos do treino com RV, considerando que os prejuízos motores podem impactar em fatores pessoais, foi desenvolvido o estudo IV: **“Efeito da intervenção com videogame ativo sobre o autoconceito, equilíbrio, desempenho motor e sucesso adaptativo de crianças com paralisia cerebral: estudo preliminar”**. Constatou-se melhora significativa para aspectos do autoconceito, desempenho motor geral, equilíbrio e aumento no sucesso adaptativo durante os jogos. Conclui-se portanto, que o treino baseado em RV não imersiva é capaz de otimizar aspectos relevantes do domínio de estrutura e função do corpo, por meio de mudanças na estabilidade corporal, mobilidade funcional, parâmetros espaço-temporais da marcha e angulares da pelve, melhora na execução de atividades e influência nos fatores contextuais, como modificações no autoconceito. Portanto, a RV não imersiva por meio do uso de um videogame ativo deve ser considerada como ferramenta terapêutica complementar na reabilitação de crianças com PC unilateral espástica de comprometimento leve.

**Palavras Chave:** Realidade Virtual, Controle Postural, Marcha, Paralisia cerebral, Reabilitação.

## LISTA DE FIGURAS

### ESTUDO I

Figura 1 – Fluxograma de seleção de artigos.....24

### ESTUDO II

Figura 1 – Fluxograma das fases do estudos. ....54

Figura 2 – Avaliação das oscilações corporais em plataforma de força. ....57

Figura 3 – Ilustração da terapia baseada em Realidade Virtual não imersiva. ....61

### ESTUDO III

Figura 1 – Fluxograma das fases do estudos. ....81

Figura 2 – Ângulos médios da pelve para os grupos controle e intervenção. ....92

### ESTUDO IV

Figura 1 – Características dos jogos utilizados na intervenção. ....108

## LISTA DE TABELAS

### ESTUDO I

Tabela 1- Características dos estudos revisados. ....	26
Tabela 2- Características da manipulação da base de suporte e superfície de apoio e principais resultados. .....	31
Tabela 3- Avaliação da qualidade dos artigos revisados. ....	37

### ESTUDO II

Tabela 1- Características clínicas e antropométricas da amostra para os grupos intervenção e controle. ....	63
Tabela 2- Resultados descritivos e estatísticos da oscilação postural. ....	65

### ESTUDO III

Tabela 1- Características clínicas e antropométricas da amostra para os grupos intervenção e controle. ....	82
Tabela 2- Resultados descritivos e estatísticos das variáveis espaço-temporais da marcha. ...	88
Tabela 3- Resultados descritivos e estatísticos das variáveis angulares da pelve. ....	90

### ESTUDO IV

Tabela 1- Caracterização dos participantes do estudo. ....	105
Tabela 2- Resultados descritivos e estatísticos do autoconceito, equilíbrio, desempenho motor geral e sucesso adaptativo após intervenção. ....	109

## SUMÁRIO

<b>CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	13
<b>ESTUDO I</b> .....	19
<b>1. Introdução</b> .....	20
<b>2. Métodos</b> .....	21
2.1 Estratégia de Busca .....	21
2.2 Seleção dos Estudos .....	22
2.3 Extração dos Dados e Avaliação da Qualidade .....	22
<b>3. Resultados</b> .....	23
3.1 Características dos estudos .....	24
3.2 Base de Suporte e Superfície de Apoio: Implicações para o controle postural. ....	29
3.3 Qualidade Metodológica .....	36
<b>4. Discussão</b> .....	38
4.1 Participantes do estudo .....	38
4.2 Base de Suporte e Superfície de Apoio: Implicações para o controle postural. ....	39
4.3 Qualidade Metodológica .....	41
<b>5. Estudos Futuros</b> .....	42
<b>6. Conclusão</b> .....	43
<b>7. Referências</b> .....	43
<b>ESTUDO III</b> .....	49
<b>1. Introdução</b> .....	50
<b>2. Materiais e Métodos</b> .....	53
<b>3. Análise Estatística</b> .....	62
<b>4. Resultados</b> .....	63
<b>5. Discussão</b> .....	68
<b>6. Conclusão</b> .....	72
<b>7. Referências</b> .....	72

<b>ESTUDO III</b> .....	77
<b>1. Introdução</b> .....	78
<b>2. Materiais e Métodos</b> .....	80
<b>3. Análise Estatística</b> .....	85
<b>4. Resultados</b> .....	86
<b>5. Discussão</b> .....	93
<b>6. Conclusão</b> .....	96
<b>7. Referências</b> .....	97
<b>ESTUDO IV</b> .....	102
<b>1. Introdução</b> .....	103
<b>2. Materiais e Métodos</b> .....	104
<b>3. Análise Estatística</b> .....	109
<b>4. Resultados</b> .....	109
<b>5. Discussão</b> .....	110
<b>6. Conclusão</b> .....	114
<b>7. Considerações Finais</b> .....	115
<b>8. Referências</b> .....	116
ANEXO 1 - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.....	121
APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	123
APÊNDICE B - Ficha de coleta de dados .....	125

Saúde é um conceito amplo e segundo a *World Health Organization* (WHO), trata-se de um “estado de completo bem-estar físico, mental e social, não consistindo somente da ausência de uma doença ou enfermidade” (WHO, 2001).

Buscando ampliar a forma de considerar o processo de saúde/doença de um indivíduo, antes baseado em um modelo puramente biomédico (Rosebaum, 2004), em 2003, a OMS apresentou a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF – WHO, 2001). A CIF é a classificação mais utilizada atualmente (dos Santos, et al., 2011) e tem como objetivo proporcionar um vocabulário comum e padronizado para a descrição da condição de saúde do indivíduo entre os profissionais que o assistem (Farias e Buchalla 2005).

Baseada em um modelo biopsicossocial, a CIF é composta por domínios que se influenciam de forma dinâmica e são capazes de contemplar aspectos da funcionalidade e incapacidade e de engajamento do indivíduo na sociedade (WHO, 2001; Ibragimova et al., 2009). Assim, a condição de saúde de um indivíduo é produto da relação multidirecional entre os domínios de estruturas e funções corporais, atividades e participação social, considerando fatores contextuais pessoais e ambientais (dos Santos et al., 2011; WHO, 2001).

O domínio de estrutura e função do corpo refere-se as estruturas anatômicas e as funções corporais, considerando o funcionamento dos sistemas fisiológicos e alterações nesse âmbito são descritas como deficiências. O domínio de atividade envolve aspectos de como o indivíduo executa suas atividades diárias e a participação social refere-se ao envolvimento e a inserção ativa do indivíduo na sociedade e em situações da vida real. Alterações neste domínio são descritas como limitações de atividade ou restrições de participação. Os fatores contextuais, por sua vez, englobam dois componentes: fatores pessoais e ambientais. Os fatores pessoais fazem menção as características inatas do indivíduo, tais como sexo, idade, raça, hábitos e estilo de vida, características psicológicas, entre outros aspectos, os quais podem contribuir para as capacidades do indivíduo (WHO, 2001). Os fatores ambientais constituem o ambiente social, atitudinal e físico, no qual as pessoas estão inseridas e podem atuar como barreiras ou facilitadores no desempenho das atividades.

Uma das condições de saúde mais comum na infância é a Paralisia Cerebral (PC), com uma prevalência de 2-3,5 a cada 1000 nascidos vivos (Colver, Fairhurst & Pharoah, 2014). A PC pode

acontecer no momento pré, peri ou pós natal e foi definida por Bax et al. (2005), como um grupo de distúrbios não progressivos que acontece no cérebro em desenvolvimento, afetando a realização dos movimentos. As alterações na estrutura e função do corpo podem ser visualizadas precocemente por avaliações específicas, o que pode ajudar a entender melhor o prognóstico da criança quanto ao comprometimento dos sistemas neuromotor, musculoesquelético (Smith et al., 2011) e somatosensorial (Stackhouse et al., 2005). As manifestações clínicas da lesão do sistema nervoso central compreendem deficiências como a fraqueza muscular (Woollacott et al., 1998), alterações no tônus muscular (Smith et al., 2011), hiperreflexia e pobre controle motor seletivo (Gunel et al., 2014), que reduzem a movimentação ativa (Claiton et al., 2003) e podem alterar as representações corticais resultantes da experiência sensorial alterada durante o crescimento e desenvolvimento dessas crianças (Nevalainen et al., 2012).

Os déficits sensoriais e motores, frequentemente estão relacionados a um dos principais comprometimentos manifestados nessas crianças, que são as alterações do controle postural (Woollacott & Shumway-Cook, 2005; Carlberg & Hadders-Algra, 2005) e que afetam as funções adaptativas da postura frente aos contextos ambientais variados (Girolami et al., 2011). Os prejuízos do controle postural são foco da reabilitação em crianças com PC (Rose et al., 2002), pois o controle adequado da estabilidade corporal é pré-requisito para experiências sensoriais e motoras ao longo da vida, tais como a realização de atividades complexas em contextos dinâmicos e desafiadores (Girolami et al., 2011).

Sabe-se que a manutenção da postura é um processo complexo (Roque et al., 2012) e a capacidade de refinar e se adaptar às diversas demandas do ambiente se dá a partir da integração das informações visuais, vestibulares e somatossensoriais (Cumberworth et al., 2006; Horak & MacPherson, 1996). A partir da integração entre os subsistemas periféricos e o sistema nervoso central surgem as respostas neuromusculares, para garantir adequado controle do tempo de reação aos estímulos externos (Overstall, 1977). Assim, o controle postural refere-se a uma habilidade motora (Horak, 2006) resultante de múltiplas interações de processos fisiológicos dos sistemas cognitivo, neuromotor e somatossensorial (Woollacott & Shumway-Cook, 2002), culminando em estabilidade e orientação corporal (Horak, 2006).

Para que o controle da postura e equilíbrio sejam efetivos frente às desestabilizações proporcionadas pela ampla variedade de atividades estáticas e dinâmicas do dia-a-dia, ajustes posturais específicos são realizados (Bigongiari et al., 2011). São os ajustes posturais antecipatórios (APA) responsáveis por preparar o corpo para a desestabilização e elaborar parâmetros em relação à força e velocidade antes do início do movimento voluntário e os ajustes posturais compensatórios



(APC) que reduzem os efeitos de uma perturbação inesperada, após o início do movimento (Bigongiari et al., 2011).

Existem mudanças contextuais que podem influenciar a manutenção da estabilidade como por exemplo as condições da base de suporte (Horak, 2006), como complacência do terreno (Gosselin & Fagan, 2015) ou da superfície de apoio, incluindo o posicionamento dos pés (Wang et al., 2013). Assim, tais mudanças contextuais podem ser consideradas importantes componentes na manutenção da estabilidade em ortostatismo (Wang et al., 2013; Horak, 2006), podendo ser constantemente modificada dependendo do tipo de terreno (Gosselin & Fagan, 2015) e a complexidade das atividades executadas na rotina diária (Jiang et al., 2017).

O controle postural efetivo parece estar relacionado com o quanto a criança consegue aproveitar as informações sensoriais para modular as contrações musculares, buscando a mais adequada resposta motora (Rinaldi et al., 2009). Assim, condições de manipulação do contexto podem ajudar a compreender a capacidade adaptativa de crianças (Costa et al., 2019), pois essas situações necessitam de respostas específicas para a manutenção da estabilidade (Costa et al., 2019; Wang et al., 2013; Bigongiari et al., 2011). Diante do exposto, deu-se a motivação para o desenvolvimento do Estudo I: **Influência das configurações da base de suporte e superfície de apoio no controle postural de crianças: Revisão sistemática.** Nesta revisão, o principal objetivo foi verificar os efeitos de manipulações da base de suporte e da superfície de apoio no controle postural em crianças. Com isso, descrever seus efeitos nas estratégias posturais para manutenção da estabilidade. Mediante as informações do estudo de revisão sistemática, foi possível identificar as lacunas da literatura e sugerir estudos futuros abordando essa temática. Foi identificado no estudo de revisão, que as condições de base de suporte (posicionamento dos pés) e superfície de apoio (complacência, aderência, inclinação), são fatores que podem aumentar a demanda de adaptação do sistema de controle postural, principalmente em crianças com disfunções neuromotoras como a PC.

De fato, a dificuldade em administrar situações cotidianas que exijam mais do controle postural é um dos objetivos dos programas fisioterapêuticos para crianças com PC (Hickman et al., 2017; Dewar et al., 2015), que podem ter os ganhos potencializados pelo treino orientado à tarefa (Tatla et al., 2013), contextualizado; e que não tenha um foco específico na deficiência (Tatla et al., 2013). Assim, ferramentas terapêuticas com demandas sensoriomotoras como a Realidade Virtual (RV) podem atuar como terapia complementar para essa população (Hickman et al., 2017; Dewar et al., 2015).

A realidade virtual é composta por equipamentos de informática, *hardwares* e *softwares* que proporcionam informação sensorial, com objetivo de reproduzir contextos em que o indivíduo seja

capaz de interagir de forma dinâmica e vivenciar experiências semelhantes ao ambiente físico (Connolly et al., 2012). As experiências sensoriais podem ser classificadas segundo o tipo de equipamento e o nível de imersão que este proporciona, ou seja, alta imersão, semi-imersão ou não imersão (Ravi et al., 2017; Monteiro et al., 2014). Como equipamento de RV não-imersiva, pode-se destacar os videogames ativos como o Xbox 360°-Kinect™, o qual é comercialmente disponível e apresenta jogos interativos que utilizam sensores de movimento, como câmeras infravermelho que permitem ao usuário controlar o ambiente virtual, por meio de seus movimentos corporais (Sit et al., 2010).

Estudos tem apontado resultados relevantes quanto ao aumento de índices motivacionais que são capazes de influenciar o desempenho motor em atividades funcionais (Arnoni et al., 2018; Ravi et al., 2017; Tatla et al., 2013) e ativação de áreas corticais específicas como o córtex motor, com alterações hemodinâmicas focais e persistentes, mesmo após o término de uma atividade no ambiente virtual (Karim et al., 2012), refletindo no aprimoramento da função motora (You et al., 2005). Tais achados sugerem a ocorrência de processos neuroplásticos envolvidos nas atividades terapêuticas utilizando a RV.

Embora existam estudos que tenham avaliado o controle postural em ortostatismo em crianças com PC após reabilitação com RV, esses ainda são escassos, os resultados ainda podem ser considerados controversos (Ravi et al., 2017; Dewar et al., 2015), bem como, nenhum estudo foi encontrado analisando o efeito do treino com RV em condições posturais mais desafiadoras. Quanto à atividades dinâmicas, somente dois estudos analisaram a mobilidade funcional por meio do teste TUG em crianças com PC e dois estudos avaliaram o desempenho na marcha após intervenção com RV não imersiva (Jung et al., 2018; Hsieh, 2018). Esses estudos por sua vez, encontraram melhora na mobilidade funcional de crianças com PC, entretanto, o estudo de Hsieh (2018) foi intensivo durante 12 semanas, cinco dias por semana e o Jung e cols (2018) usaram Xbox, porém incluíram todas as topografias da PC e é uma série de casos, o que dificulta a interpretação dos resultados. Assim, surgiu a motivação para realização dos estudos II e III, que verificaram os efeitos da intervenção com RV não imersiva por meio de um videogame ativo, considerando o controle postural em ortostatismo, a mobilidade funcional, os parâmetros espaço-temporais e os movimentos pélvicos durante a marcha de crianças com PC unilateral.

O Estudo II foi intitulado **Intervenção com realidade virtual não imersiva altera o controle postural de crianças com Paralisia Cerebral unilateral? Estudo randomizado e controlado**. Esse teve por objetivo verificar o efeito do treino com RV não imersiva na oscilação postural em ortostatismo e em diferentes condições da base de suporte e maleabilidade da superfície de apoio em

crianças com PC unilateral. Para isso, as crianças foram avaliadas em condições como adição de espuma e mudanças no posicionamento dos pés para semi-tandem. Essas manipulações podem ajudar a eliciar respostas adaptativas, por serem mais complexas que a posição em ortostatismo em superfície rígida (Gosselin & Fagan, 2015; Wang et al., 2013) e então, simularem condições do contexto ambiental. Esse estudo demonstrou que variáveis do controle postural, como a velocidade da oscilação, podem ser maiores quando o indivíduo está sobre uma superfície de apoio maleável e na condição de somação de manipulação sensorial.

O estudo III foi intitulado **Efeitos da realidade virtual não imersiva na mobilidade funcional e parâmetros da marcha em crianças com paralisia cerebral: Estudo randomizado, controlado**. Buscando entender melhor as possíveis mudanças, variáveis espaço temporais da marcha e ângulos da pelve foram coletados antes e após o período de intervenção com RV não-imersiva em crianças com PC unilateral. Os resultados indicaram mudanças na mobilidade funcional dessas crianças, observado pela redução do tempo no teste clínico Time Up & Go (TUG), nas variáveis espaço temporais da marcha, como diminuição do tempo da passada, aumento da cadência e ganho de estabilização dos movimentos pélvicos com diminuição dos ângulos para retroversão pélvica no grupo intervenção. E ainda, o percentil de mudança que apontou que as variáveis tempo no TUG, tempo da passada e inclinação pélvica posterior (retroversão) diminuíram e a cadência aumentou.

Pode-se destacar portanto, que os estudos de intervenção com RV não imersiva II e III identificaram o efeito positivo do treino orientado à tarefa com demandas sensoriomotoras, ilustrando mudanças no domínio de estrutura e função do corpo, tais como a oscilação postural em ortostatismo e parâmetros espaço temporais e angulares da pelve, durante a marcha. Além disso, mostraram mudanças nesse domínio, com base na manipulação de fatores contextuais, ou seja, alteração da base de suporte e maleabilidade da superfície de apoio, os quais representam modificações do ambiente físico e frequentemente são usadas na prática clínica.

Com intuito de ampliar o conhecimento dos efeitos do treino com RV, com enfoque no modelo biopsicossocial, bem como, sabendo que crianças com PC apresentam limitação na execução de atividades, na interação com o ambiente físico e restrições da participação social (Rosenbaum et al., 2007), podendo impactar sua autoestima e autoconceito (Russo et al., 2008), surgiu o interesse em desenvolver o Estudo IV. Esse intitula-se **Efeito da intervenção com videogame ativo sobre o autoconceito, equilíbrio, desempenho motor e sucesso adaptativo de crianças com paralisia cerebral: estudo preliminar**. Um total de oito crianças com PC unilateral espástica receberam intervenção utilizando-se um videogame ativo e constatou-se melhora significativa para aspectos do autoconceito, desempenho motor geral, equilíbrio e aumento no sucesso adaptativo durante os jogos.

Sabe-se que a motivação é um fator modulador da neuroplasticidade e o ambiente virtual enriquecido pode ser utilizado como ferramenta promissora na intervenção fisioterapêutica (Tatla et al., 2013). Isso é possível, pois não possui foco centrado na deficiência ou limitação do indivíduo, além de proporcionar experiências de acesso a locais e situações que podem ser inacessíveis a pessoas com restrições de movimento e mobilidade reduzida (Snider et al., 2011). Além disso, ressalta-se os potenciais benefícios do treino com RV, o foco específico na tarefa, o fluxo alto de repetições durante a intervenção e ter significado para a criança e a família, como por exemplo, atividades terapêuticas em domicílio ou no ambiente escolar que sejam prazerosas e façam parte do dia-a-dia da criança e do cuidador (Hickman et al., 2017).

Com base nos resultados de três dos quatro estudos realizados, pode-se identificar que o treino realizado com RV não imersiva por meio do uso de um videogame ativo otimizou aspectos relevantes do domínio de estrutura e função do corpo, por meio de mudanças nos parâmetros espaço-temporais da marcha e estabilidade corporal, melhora na execução de atividades e influência nos fatores contextuais, como modificações no autoconceito de crianças com PC.

Nesse sentido, o treino com RV não imersiva, de baixo custo e fácil acesso, tem amplo potencial como ferramenta terapêutica e pode ser considerado uma intervenção complementar para auxiliar na reabilitação de crianças com PC.

A seguir serão apresentados o detalhamento dos estudos que compõem essa tese.

## **Estudo I**

### **Influência das configurações da base de suporte e superfície de apoio no controle postural de crianças: Revisão sistemática**

**Autores:** Joice Luiza Bruno Arnoni; Silvia Letícia Pavão; Ana Carolina de Campos; Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha.

\*Manuscrito submetido ao periódico *Research in Developmental Disabilities (A1)*.

## 1. Introdução

O desempenho bem-sucedido de atividades funcionais depende da integridade do sistema de controle postural (Pavão et al., 2014; Liao & Hwang, 2003), pois as informações sensoriais capturadas do ambiente são necessárias para regular a ativação muscular, alinhamento corporal, estabilidade e movimento (Pavão et al., 2013).

O alinhamento dos segmentos corporais e configuração dos membros inferiores dentro da base de suporte podem afetar o controle postural (Corrêa et al., 2007; Burtner et al., 1998). Por exemplo, crianças com desenvolvimento típico, quando colocadas em posição “*crouched*” (semelhante à utilizada por crianças com paralisia cerebral em pé), apresentam padrões de ativação muscular em músculos distais semelhantes aos observados em crianças com paralisia cerebral (PC), mostrando latências de início mais altas e menores taxas de disparo nos músculos envolvidos (gastrocnêmio, ísquiotibiais e extensores do tronco) (Burtner et al., 1998). Esse achado indica que, mesmo na ausência de dano neural, fatores mecânicos envolvendo a configuração corporal impactam no controle postural, resultando em respostas posturais menos eficientes (Burtner et al., 1998).

As características da superfície de apoio, como a complacência e o grau de inclinação, também parecem influenciar as respostas do controle postural (Burtner et al., 1998; Cherng et al., 1999; Chen & Wollacott, 2007; Megner et al., 2005; Gosselin & Fagan, 2015). Perturbações posturais causadas por inclinações na orientação da superfície, assento, plataforma de força (Cherng et al., 2009; Hadders-Algra et al., 2007) e permanência sobre superfícies de apoio maleáveis (Cherng et al., 1999, Wang et al., 2013) mostraram reduzir a estabilidade postural em crianças, especialmente aqueles com déficits causados por condições de saúde, como a PC (Cherng et al., 2009; Hadders-Algra et al., 2007; Cherng et al., 1999).

Considerando a presença de comprometimentos proprioceptivos nessas crianças (Goble et al., 2009), mudanças no posicionamento dos pés (Wang et al., 2013) podem alterar o esquema corporal, restringindo a estabilidade postural e impactando o desempenho em atividades funcionais (Medeiros et al., 2015).

A literatura aponta que as manipulações da base de suporte ou da superfície de apoio desafiam as estratégias de controle postural (Chaerng et al., 2009; Correa et al., 2007; Hadders-Algra et al., 2007), considerando que tal restrição mecânica (Horak, 2006) influencia o esquema corporal, exigindo respostas posturais precisas (Cignetti et al., 2013). As respostas posturais adaptativas baseiam-se na capacidade de gerar apropriadas respostas motoras antecipatórias, que são produzidas a partir de modelos internos, como o conhecimento preciso da geometria do corpo, de sua dinâmica

e de sua orientação com relação ao meio ambiente (Cignetti et al., 2013). Assim, com o passar do tempo, essa noção de esquema corporal é continuamente atualizada (Rinaldi et al., 2009) e, em crianças, as respostas neuromusculares não são desenvolvidas o suficiente para gerar respostas posturais corretivas em resposta à perturbação (Blanchet et al., 2012).

Portanto, parece ser particularmente importante avaliar o papel das condições da base de suporte e superfície de apoio na estabilidade postural durante a infância. Além disso, considerando que, em situações cotidianas, as crianças são frequentemente expostas a desafios sensoriais que determinam mudanças dinâmicas na base de suporte e superfície de apoio, a compreensão de suas respostas de controle postural pode esclarecer a respeito das estratégias de controle motor durante essas modificações. Por fim, o conhecimento dos padrões motores das crianças durante essas mudanças pode orientar pesquisas futuras que abordem a investigação do controle postural em populações com disfunções neuromotoras e auxiliar os profissionais de reabilitação em suas abordagens clínicas, sinalizando recursos que devem ser utilizados na terapia.

O objetivo do presente estudo foi revisar sistematicamente a literatura, abordando os efeitos das manipulações nas configurações da base de suporte e superfície de apoio no controle postural em crianças, a fim de descrever seus efeitos nas estratégias posturais para manter a estabilidade.

## **2. Métodos**

### **2.1 Estratégia de Busca**

A estratégia de busca utilizada nesta revisão incluiu uma pesquisa inicial nas bases de dados realizada por dois revisores independentes para identificar artigos que investigaram a influência das configurações da base de suporte e características da superfície de apoio no controle postural em crianças. A pesquisa foi concluída nas bases de dados PubMed (via National Library of Medicine), Web of Science (Thomson Scientific/ISI Web Services), SCOPUS (Elsevier) e Science Direct, incluindo publicações em inglês publicadas antes de 13 de outubro de 2018.

A *string* de busca foi composta pelos seguintes termos: (“*base of support*” OR “*stance width*” OR “*support-surface*” OR “*foot placement*” OR “*foot position*”) AND (“*postural control*” OR “*posture regulation*” OR *balance*) AND (*children*). Em complemento, foi realizada a busca manual das listas de referência de artigos que atendiam aos critérios de seleção. Os pesquisadores revisaram o banco de dados Cochrane, que compreende estudos de revisão da literatura, para estudos sobre o mesmo tema que o atual, não encontrando nenhum artigo.

## **2.2 Seleção dos Estudos**

Dois revisores independentes leram os títulos e resumos de todos os trabalhos resultantes da pesquisa e selecionaram aqueles que atendiam aos seguintes critérios de inclusão: (a) participantes eram crianças/adolescentes de até 18 anos de idade, saudáveis ou não; (b) testar os efeitos das manipulações da base de suporte e/ou superfície de apoio no controle postural de crianças como um dos objetivos do estudo. Os estudos foram incluídos se tivessem avaliado o controle postural durante condições estáticas ou dinâmicas, em qualquer postura; c) artigos publicados em inglês. Em caso de dúvida, o artigo foi lido na íntegra antes da decisão final para inclusão ou não. Os artigos selecionados pela leitura do resumo também foram lidos na íntegra. Ensaio clínicos, relatos de casos, estudos abordando os efeitos de intervenções anteriores e estudos de revisão não foram incluídos no presente estudo.

Para este estudo, as manipulações nas configurações da base de suporte foram as alterações no alinhamento e/ou posição dos pés. Manipulações da superfície de apoio foram consideradas as mudanças em suas características, como inclinação, complacência (por meio de espuma, por exemplo). Não incluímos estudos abordando manipulações por meio de deslocamentos de plataforma de força, pois entende-se que envolve mudanças dinâmicas da superfície de apoio e não em características de superfície de apoio ou configurações de base de suporte.

## **2.3. Extração de dados e avaliação de qualidade**

Os dados a seguir foram sistematicamente extraídos dos estudos incluídos na presente revisão para confirmar os critérios de inclusão e resumir os principais achados: (a) Características da amostra: tamanho da amostra, faixa etária, presença de alguma condição de saúde nos participantes do estudo (se aplicável); (b) Características metodológicas: desenho do estudo, postura testada, atividade usada para medir o controle postural, variáveis analisadas e medidas clínicas usadas para avaliar o controle postural; (c) Configurações da base de suporte e características da superfície de apoio; e d) principais resultados. Manipulações adicionais em sistemas sensoriais também foram registradas, mas somente foram discutidas se seus resultados no controle postural estivessem relacionados às características da superfície de apoio e/ou base de suporte.

Foi avaliada a qualidade metodológica dos estudos usando um *checklist* de avaliação adaptado de revisões sistemáticas anteriores (Visicato et al., 2005; Costa, Batistão e Rocha, 2013; Soh, Morris,

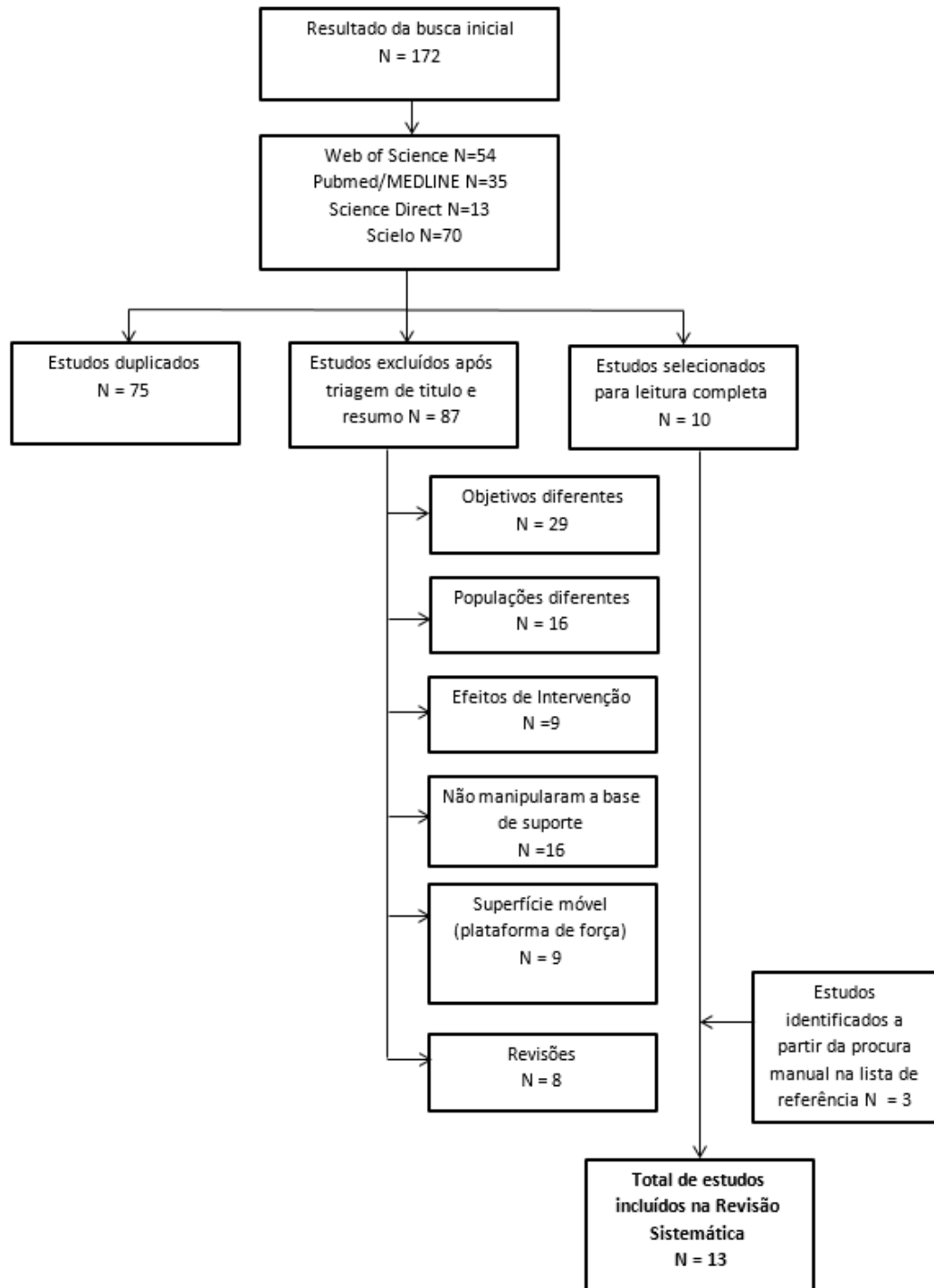


& Mcginley, 2011). As questões foram selecionadas de acordo com as diretrizes do *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE; Von Elm, Altman, Pocock, Gøtzsche & Vandenbroucke, 2007) da literatura sobre o desenvolvimento dos critérios de qualidade descritos no Cochrane Handbook for Systematic Reviews (Higgins & Green, 2006), e do Critical Appraisal Skills Programme (CASP), desenvolvido pela Oxford Regional Health Authority (Milne, Donald, & Chambers, 1995). Esta lista considerou os seguintes aspectos: (1) apresentação dos objetivos do estudo; (2) justificativa para hipóteses de estudo; (3) uso de desenho apropriado para atender os objetivos; (4) seleção dos participantes, (5) critérios de inclusão propostos pelo estudo; (6) descrição da fonte de recrutamento dos participantes; (7) descrição do tipo de amostragem; (8) descrição dos aspectos éticos; (9) descrição da taxa de perda amostral; (10) descrição do cálculo do tamanho da amostra ou medidas do tamanho do efeito; (11) descrição de variáveis; (12) uso de métodos estatísticos apropriados para analisar os resultados; (13) medidas descritivas de dispersão ou variabilidade dos resultados do estudo; (14) aspectos da validade externa do estudo; (15) achados de maneira clara e objetiva e (16) limitações do estudo. A pontuação em cada item refere-se à clareza na descrição dos dados do estudo, sendo atribuído 1 ponto para um estudo que atende ao requisito e 0 para o que não contempla; as pontuações somam no máximo 16 pontos. Um estudo de 12 a 16 pontos tem poucas limitações metodológicas e é considerado de boa qualidade; o estudo que possui 7 a 11 pontos apresenta limitações metodológicas moderadas e é classificado como razoável; e um estudo com menos de 7 pontos demonstra limitações metodológicas significativas e sua qualidade é considerada ruim.

### **3. RESULTADOS**

A busca inicial resultou em 172 estudos (Figura 1), 10 foram selecionados com base nos critérios de inclusão. Três artigos adicionais foram selecionados a partir das listas de referências dos artigos que resultaram da primeira seleção, sendo o total de 13 artigos selecionados para a presente revisão.

**Figura 1** – Fluxograma de seleção de artigos.



### 3.1. Características dos estudos

As características dos estudos incluídos nesta revisão sistemática, como características dos participantes, métodos e variáveis do controle postural são apresentadas na Tabela 1. O tamanho médio da amostra foi de 39,6 ( $\pm 41,6$ ) participantes, com exceção de dois estudos com amostras

grandes (n= 87; Hadders-Algra et al., 2007 e n= 162; Galea et al., 2004), os demais estudos incluíram amostras com menos de 29 indivíduos.

Seis estudos incluíram somente crianças com desenvolvimento típico (Angelakopoulos et al., 2014; Cignetti et al., 2013; Blanchet et al., 2012; Palluel et al., 2010; Nougier et al., 1998; Stoffregen et al., 1997). Os demais abordaram os efeitos das manipulações da superfície de apoio em crianças com algum tipo de condição de saúde (Kovacikova et al., 2016; Medeiros et al., 2015; Cherng et al., 2009; Johnson & Wade, 2009; Correa et al., 2007; Hadders-Algra et al., 2007; Galea et al., 2004). Kovacikova et al. (2016) e Galea et al. (2004) avaliaram crianças com asma intermitente leve e leucemia linfoblástica aguda, respectivamente. Os outros estudos avaliaram crianças com disfunções neuromotoras, como desordens de coordenação do desenvolvimento (Johnson & Wade, 2009) e paralisia cerebral (Medeiros et al., 2015; Cherng et al., 2009; Correa et al., 2007; Hadders-Algra e cols., 2007).

**Tabela 1.** Características dos estudos revisados.

<b>Autores</b>	<b>Design</b>	<b>Idade</b>	<b>Tamanho amostral</b>	<b>Características da Amostra</b>	<b>Postura</b>	<b>Atividade</b>	<b>Variáveis do Controle Postural</b>	<b>Medidas Clínicas</b>
<b>Kovacikova et al. 2016</b>	Tranversal	8-10 anos	20	10 Crianças típicas 10 Crianças com asma intermitente leve	Ortostatismo	Manutenção em ortostatismo	Amplitude antero-posterior, medio-lateral e velocidade média das oscilação do CoP	-
<b>Medeiros et al. 2015</b>	Tranversal		28	14 Crianças típicas 14 Crianças com PC (7 GMFCS I; 5 GMFCS II; 2 GMFCS III)	-	Sentado para em pé	Variáveis cinemáticas: deslocamento linear do ombro e do joelho nos eixos horizontal e vertical Variáveis cinéticas: amplitude ântero-posterior e médio-lateral do deslocamento, área e velocidade de CoP	Pediatric Balance Scale
<b>Angelakopoulos et al. 2014</b>	Tranversal	8-10 anos	Exp 1: 19 crianças Exp 2 : 20 crianças	Crianças típicas	Ortostatismo /Sentada	Apanhar uma bola	Exp 1e Exp 2: oscilação postural (excursão da cabeça nos eixos X, Y e Z)	-
<b>Cignetti et al. 2013</b>	Tranversal	7-10 anos 21-43 anos	11 crianças 12 adultos jovens	Indivíduos saudáveis	-	Sentado para em pé e em pé para sentado	Amplitude da flexão e extensão do tronco durante o movimento sentando pra de pé e de pé para sentado; estabilização da cabeça (índice de ancoragem)	-
<b>Blanchet et al, 2012</b>	Tranversal	7-10 anos 18-28 anos	7 crianças 10 adultos jovens	Indivíduos saudáveis	Ortostatismo	Manutenção em ortostatismo	Percentual de avanço e retorno para as forças verticais e de contração muscular voluntária do gastrocnêmio medial e tibial anterior	-

<b>Palluel et al. 2010</b>	Tranversal	12-17 anos 22-30 anos	50	Indivíduos saudáveis	Ortostatismo	Manutenção em ortostatismo	RMS do deslocamento do CoP AP e ML; area, antero-posterior e mediolateral; velocidade média de oscilação do CoP	-
<b>Cherng et al. 2009</b>	Tranversal	6-10 anos	26	16 Crianças típicas 10 Crianças com PC (espásticas)	Sentada	Alcance	Pico da força de reação ao solo, amplitude antero-posterior e mediolateral do deslocamento do CoP.	-
<b>Johnson &amp; Wade 2009</b>	Tranversal	11-12 anos	24	12 Crianças típicas 12 crianças com risco para transtorno da coordenação	Ortostatismo	Alcance	Limite do alcance horizontal	Movement Assessment Battery for Children
<b>Correa et al. 2007</b>	Tranversal	5-10 anos	20	10 Crianças típicas 10 Crianças com PC	Ortostatismo	Manutenção em ortostatismo	Amplitude de deslocamento do CoP antero-posterior e mediolateral, deslocamento antero-posterior e mediolateral e velocidade de oscilação do CoP	-
<b>Hadders-Algra et al. 2007</b>	Tranversal	2-11 anos	87	29 Crianças típicas 58 Crianças PC 33 GMFS I; 9 GMFCS II; 10 GMFCS III; 6 GMFCS IV e V	Sentada	Segurar objeto pequeno	Taxa de ativação muscular, latência de ativação muscular (Deltoide, bíceps braquial, esternocleidomastoideo, extensor do pescoço, reto abdominal, extensor torácico, extensor lombar, reto femoral, ísquiotibiais).  Análise cinemática por meio da posição angular do tronco no início do movimento e deslocamento angular durante toda a duração do movimento de alcance	-

<b>Galea et al. 2004</b>	Tranversal	5-31 anos	162	79 sobreviventes de leucemia linfoblástica aguda  83 sujeitos saudáveis	Ortostatismo	Manutenção em ortostatismo	Amplitude do deslocamento antero- posterior e mediolateral do CoP; Velocidade da oscilação do CoP	-
<b>Nougier et al. 1998</b>	Tranversal	6-10 anos	29	Crianças típicas	Ortostatismo	Manutenção em ortostatismo	Alcance e velocidade média de oscilação do CoP	-
<b>Stoffregen et al. 1997</b>	Tranversal	14 meses	11	Crianças típicas	Ortostatismo	Manutenção em ortostatismo	Codificação de comportamento: quantidade de tempo acumulado em pé livre; tempo acumulado na posição em pé; tempo total em pé enquanto segurando, recusas totais;  Deslocamento linear dos ombros e quadril por análise cinemática.	-

**Nota.** GMFCS, Gross Motor Function Classification System; CoP, Centre of Pressure; Exp, Experimental; PC, Paralisia Cerebral.

Nove dos 13 estudos testaram o controle postural na postura em pé, dois estudos testaram o controle postural sentado (Cherng et al., 2009; Hadders-Algra et al., 2007), e dois estudos realizaram o teste durante as transições posturais, como passar de sentado para em pé (Medeiros et al., 2015; Cignetti et al., 2013) e em pé para sentado (Cignetti et al., 2013).

Tarefas manuais, como alcançar (Cherng et al., 2009; Johnson & Wade, 2009; Hadders-Algra et al., 2007) ou pegar um objeto (Angelakopoulos et al. 2014) foram estudadas em quatro estudos. Os outros estudos testaram crianças durante a manutenção em postura sem tarefa adicional (Kovacikova et al., 2016; Blanchet et al., 2012; Palluel et al., 2010; Correa et al., 2007; Galea et al., 2004; Nougier et al. al., 1998; Stoffregen et al., 1997).

O controle postural foi avaliado principalmente por meio de variáveis relacionadas à oscilação do centro de pressão (CoP) (Kovacikova et al., 2016; Medeiros et al., 2015; Blanchet et al., 2012; Palluel et al., 2010; Cherng et al, 2009; Correa et al., 2007; Galea et al., 2004; Nougier et al., 1998). Alguns estudos utilizaram métodos mistos (por exemplo, cinética e cinemática) para descrever o controle postural em crianças (Medeiros et al., 2015; Angelakopoulos et al., 2014; Cignetti et al., 2013; Blanchet et al., 2012; Hadders-Algra et al., 2007). Dois estudos testaram os efeitos das características das superfícies de apoio por meio de ferramentas qualitativas para análises de controle postural (Johnson & Wade, 2009; Stoffregen et al., 1997). O estudo de Johnson & Wade (2009) mediu o limite de alcance horizontal em pé e Stoffregen e cols. (1997) analisaram o comportamento do controle postural de crianças por meio do tempo que as crianças conseguiram manter a postura em pé em diferentes superfícies de apoio e deslocamento linear do ombro e do quadril por análise cinemática.

Apenas dois estudos usaram medidas clínicas, ambas avaliando crianças com distúrbios do neurodesenvolvimento. Johnson e cols (2009) utilizaram a *Movement Assessment Battery for Children* (MABC test) em crianças com transtorno de coordenação do desenvolvimento, e Medeiros e cols (2005) utilizaram a *Pediatric Balance Scale* (PBS) para avaliar o equilíbrio funcional em crianças com paralisia cerebral.

### **3.2. Base de suporte e superfície de apoio: Implicações para o controle postural**

A Tabela 2 lista os tipos de manipulação da base de suporte e superfície de apoio e seus principais efeitos no controle postural.

As manipulações incluíram mudanças nas características da superfície de apoio, tais como inclinação do assento no sentido anterior e posterior na postura sentada (Cherng et al., 2009; Hadders-Algra et al. 2007), inclinação de uma plataforma na postura em pé (Blanchet et al., 2012) e alteraram a inclinação do assento médio-lateral e anterior durante a transição de sentado para em pé (Cignetti e cols, 2013). Cinco estudos manipularam a superfície de apoio adicionando uma espuma (Palluel et al., 2010; Johnson & Wade, 2009; Correa et al., 2007; Galea et al., 2004; Nougier et al., 1998) e um estudo usou um colchão macio (Stoffregen et al., 1997) para os participantes que permaneciam em ortostatismo.

Sete estudos manipularam configurações da base de suporte, tais como mudanças no posicionamento dos pés em semi-tandem, tandem, apoio unipodal, pés em posição ajustada e adição de blocos nos pés para reduzir o tamanho da base (Kovacikova et al. 2016; Medeiros et al., 2015; Angelakopoulos et al., 2014; Palluel et al., 2010; Jhoson & Wade, 2009; Galea et al., 2004; Stoffregen et al., 1997). Além disso, cinco estudos manipularam a informação visual, por meio de condições de ausência de visão, uso de visão periférica e visão central (Nougier et al., 1998; Galea et al., 2004; Blanchet et al, 2012; Cignetti et al. 2013; Kovacikova et al. 2016).



**Tabela 2.** Características da manipulação da base de suporte e superfície de apoio e principais resultados.

Autores	Características da base de suporte	Características da superfície de apoio	Manipulação sensorial adicional	Principais achados do controle postural
Kovacikova et al. 2016	(1) Pés em posição preferida; (2) Pés em posição ajustada; (3) Pés em Tandem; (4) Apoio unipodal	-	Condição visual (Olhos abertos e fechados)	Crianças com asma intermitente leve apresentaram maior velocidade de oscilação do CoP durante a condição de apoio unipodal, quando comparadas a seus pares típicos. Não houve diferença nas outras configurações da base de suporte.
Medeiros et al. 2015	(1) Pés em posição preferida; (2) Pés em posição ajustada (pés foram colocados 10 cm atrás de uma linha desenhada verticalmente a partir do centro da articulação do joelho da criança)	Altura do assento (baixo e alto)		Os principais efeitos da posição do pé foram observados apenas no grupo de crianças com paralisia cerebral que necessitavam de assistência para realizar a tarefa de STDP. Na posição preferida do pé, o pé foi posicionado mais anterior no início do STDP, reduzindo a inclinação do tronco anterior durante a tarefa, aumentando a dificuldade de realizá-la. Não foi observado desvio significativo da posição do pé da posição preferida para a ajustada para as outras crianças.  A altura do assento influenciou as variáveis cinemáticas: Deslocamento linear do ombro (vertical e horizontal) e do joelho (vertical) tanto no grupo PC quanto típico, sendo quanto mais baixo o assento maior a demanda biomecânica para realizar a transição.
Angelakopoulos et al. 2014	<b>Exp 1:</b> (1) Pés paralelos (2) Em pé tandem (3) Em pé tocando um suporte (4) Sentado  <b>Exp 2:</b> (1) Em pé tandem (2) Em pé com os pés juntos	-	-	Exp 1: Houve redução significativa na excursão da cabeça quando a base de suporte foi maior, como tocando um suporte. Bases mais amplas de apoio determinaram melhores desempenhos em receptor uma bola para os apanhadores menos experientes.  Exp 2: a condição em pé com os pés próximos determinou um aumento no desempenho de receptor uma bola em apanhadores menos experientes, comparado a postura em tandem, provavelmente devido à possibilidade de explorar melhor a superfície de apoio para manter a estabilidade na condição anterior.

<p><b>Cignetti et al.</b> <b>2013</b></p>	<p>- Superfície de apoio reta</p> <p>- Superfície de apoio inclinada na direção médio-lateral à 10°</p> <p>- Superfície de apoio inclinada na direção ântero-posterior à 10°</p>	<p>Condição visual (Olhos abertos e fechados)</p>	<p>A inclinação anterior da superfície de apoio resultou em diminuição da amplitude de flexão do tronco e extensão do tronco para a população adulta, tanto no movimento STDP e em pé para sentado. Durante o movimento STDP, as crianças apenas mostraram ajustes posturais durante a inclinação anterior e ambos, adultos e crianças, reduziram a extensão do tronco.</p> <p>A condição visual não afetou a orientação do tronco para crianças ou adultos em ambas as inclinações do assento.</p>
<p><b>Blanchet et al.</b> <b>2012</b></p>	<p>Inclinação anterior progressiva da superfície de apoio dos pés (até 14°) intervalos de tempo:</p> <p>T1 (5 s): os sujeitos estavam em postura imóvel com os olhos abertos, na posição horizontal da plataforma de força</p> <p>T3 (10 s): a plataforma inclinou-se lentamente até atingir 14°.</p>	<p>T2 (5 s) Condição visual (Olhos abertos e fechados)</p>	<p>Durante a inclinação para frente, as crianças aplicaram uma força maior nos pés, sugerindo um deslocamento pósterio-anterior maior do seu peso corporal do que os adultos, o que sugere menos ajustes corretivos contínuos durante a inclinação. A inclinação produziu uma ativação progressiva no músculo gastrocnêmio e as crianças mostraram maior ativação do que os adultos.</p> <p>A maior atividade do músculo gastrocnêmio em crianças do que em adultos pode estar relacionada ao maior deslocamento para frente e ser o resultado de mecanismos de controle motor ainda em desenvolvimento.</p>

<p><b>Palluel et al.</b> <b>2010</b></p>	<p>Posição em semi-tandem.</p>	<p>Superfície maleável (espuma)</p>	<p>As oscilações posturais foram maiores na condição com espuma, do que em uma superfície de apoio rígida. Quando localizados em uma base firme de apoio, os indivíduos saudáveis dependem principalmente de <i>inputs</i> somatossensoriais, mas a dependência dessas informações diminui à medida que a superfície de apoio se torna instável, pois passam a utilizar mais o sistema visual para adequada manutenção da estabilidade.</p>
<p><b>Cherng et al.</b> <b>2009</b></p>		<p>Sujeitos foram testados em sete inclinações do assento na postura sentada: inclinação anterior 15°, 10° e 5°, neutro, inclinação posterior 5°, 10° e 15°</p>	<p>Adolescentes de 12 a 15 anos apresentaram maiores valores de oscilação da CoP na condição de dupla tarefa do que adolescentes de 16 a 18 anos e adultos.</p>
<p><b>Johnson &amp; Wade</b> <b>2009</b></p>	<p>Base de suporte reduzida (padrão e adição de blocos diminuindo a base).</p>	<p>Rígido e maleável</p>	<p>A inclinação do assento é capaz de afetar o controle postural na postura sentada em crianças, principalmente crianças com PC. A inclinação anterior é melhor para o desempenho do alcance, pois o peso pode ser redistribuído do assento para os membros inferiores, enquanto a inclinação posterior gera maior oscilação médio lateral, conseqüentemente atuando como um desafio maior para o controle postural.</p>
<p><b>Correa et al.</b> <b>2007</b></p>		<p>Rígido e maleável para o grupo típico. Não houve manipulação da superfície de apoio no grupo PC</p>	<p>O <math>HR_{max}</math> das crianças com distúrbios do desenvolvimento da coordenação foi menor nas condições alteradas (adição de blocos diminuindo a base e superfície de apoio maleável), do que nas condições normais.</p>
			<p>Quando crianças típicas ficaram em pé sobre uma espuma, houve aumento do deslocamento do CoP, tornando as oscilações posturais semelhantes ao grupo PC na condição rígida</p>

<b>Hadders-Algra et al. 2007</b>	Superfície do assento neutro e 15° de inclinação anterior; 15° de inclinação posterior do assento	-	Em crianças com PC espástica unilateral, a inclinação anterior do assento melhorou a eficiência postural e a qualidade do alcance. Nas crianças com PC espástica bilateral, tanto a inclinação para a frente como para trás da superfície do assento, foram associadas a maior instabilidade postural, porém não afetaram a qualidade do alcance.	
<b>Galea et al. 2004</b>	(1) Pés paralelos (controle); (2) Em pé Tandem	Superfície maleável (espuma)	Condição visual (Olhos abertos e fechados)	À medida que a condição de desafio do equilíbrio aumenta (redução do comprimento da superfície de suporte ou adição de espuma), os valores do deslocamento e velocidade de oscilação do CoP aumentam, tanto em pacientes quanto em indivíduos do grupo controle. Para o grupo controle, foi observado um efeito da idade, com redução da oscilação e da velocidade à medida que a idade. As condições mais desafiadoras da superfície de apoio não foi realizada devido à dificuldade por um terço dos pacientes da amostra. O mesmo não foi observado no grupo de pacientes. Os pacientes apresentavam dificuldades em realizar a tarefa quando as alterações da condição impunham maiores desafios posturais.

<p><b>Nougier et al.</b> <b>1998</b></p>	<p>Rígido e maleável</p> <p>Condição visual (visão completa, visão periférica, visão central e ausência de visão)</p>	<p>As crianças aos 6, 8 e 10 anos mostraram estabilidade postural reduzida, semelhante a quando a informação proprioceptiva do tornozelo foi alterada pelo uso da superfície com espuma. A capacidade de reorganizar o controle postural quando a informação somatossensorial do tornozelo é alterada já está presente aos 6 anos de idade.</p> <p>Crianças de 6 e 10 anos utilizam as informações visuais de forma semelhante enquanto as crianças de 8 anos utilizam mais a visão central, que parece produzir maior estabilidade postural. Independente da condição sensorial, a visão central parece ser mais eficiente no controle das oscilações corporais das crianças.</p>
<p><b>Stoffregen et al.</b> <b>1997</b></p> <p>(1) Uma barra de suporte, para apoio das mãos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Superfície de alta fricção rígida (folha de madeira compensada coberta com uma folha fina de plástico de alta fricção);</li> <li>2) Colchão macio (uma folha de espuma de borracha coberta por tecido);</li> <li>3) Superfície rígida de baixo atrito;</li> </ol>	<p>Todas as crianças podiam ficar de pé e andar sem apoio na superfície de alto atrito e, nessa superfície, preferiam não usar o suporte manual. O uso do suporte era comum na condição de colchão e na superfície rígida de baixo atrito. O suporte manual foi utilizado de maneira específica, dependendo das condições da superfície de apoio, sugerindo percepção e resposta adaptativa à restrições impostas por diferentes superfícies. Outros modos de coordenação (envolvendo os quadris e os tornozelos) não foram específicos da superfície.</p>

**Nota.** HR<sub>max</sub> (cm) = Limite do alcance horizontal em pé

### **3.3. Qualidade metodológica**

A qualidade metodológica dos estudos é descrita na Tabela 3. Onze estudos pontuaram entre sete e onze pontos (Stoffregen et al. 1997; Nougier et al., 1998; Hadders-Algra et al., 2007; Correa et al., 2007; Cherng et al., 2009; Palluel et al., 2010; Blanchet et al., 2012; Cignetti et al., 2013; Angelakopoulos et al., 2014; Medeiros et al., 2015; Kovacikova et al., 2016), que representa qualidade considerada regular (Visicato et al., 2015; Costa, Batista, & Rocha, 2013). Dois estudos foram classificados entre doze e dezesseis pontos, o que indica boa qualidade (Galea et al. 2004; Johnson & Wade 2009).

**Tabela 3.** Avaliação da qualidade dos artigos revisados.

<b>Autores/Item</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>Pontuação Total</b>	<b>Qualidade</b>
<b>Kovacikova et al. 2016</b>	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	9	Regular
<b>Medeiros et al. 2015</b>	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	10	Regular
<b>Angelakopoulos et al. 2014</b>	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	9	Regular
<b>Cignetti et al. 2013</b>	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	8	Regular
<b>Blanchet et al. 2012</b>	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	8	Regular
<b>Palluel et al. 2010</b>	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	11	Regular
<b>Cherng et al. 2009</b>	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	10	Regular
<b>Johnson &amp; Wade 2009</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	14	Boa
<b>Correa et al. 2007</b>	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	9	Regular
<b>Hadders-Algra et al. 2007</b>	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	11	Regular
<b>Galea et al. 2004</b>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	13	Boa
<b>Nougier et al. 1998</b>	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	7	Regular
<b>Stoffregen et al. 1997</b>	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	8	Regular

## **4. DISCUSSÃO**

O presente estudo teve como objetivo descrever os efeitos de manipulações nas configurações da base de suporte e superfície de apoio no controle postural em crianças.

### **4.1 Participantes do estudo**

Considerando a análise descritiva dos participantes dos estudos, o tamanho médio das amostras não foi grande. No entanto, considerando a homogeneidade das populações, como por exemplo crianças com PC, atingir um número considerado satisfatório para análises estatísticas robustas pode ser difícil. Embora os tamanhos amostrais reduzidos não inviabilizem a realização de análises estatísticas adequadas, amostras maiores permitem estatísticas mais robustas com testes paramétricos, aumentando o poder estatístico e os tamanhos dos efeitos (Field, 2009).

Os efeitos das manipulações na base de suporte e superfície de apoio foram avaliados em crianças típicas e crianças com alguma condição de saúde. A avaliação do controle postural em crianças típicas fornece uma melhor compreensão dos padrões esperados de controle motor durante a infância e adolescência. Estes podem ilustrar mecanismos neuromotores e sensório-motores subjacentes às respostas posturais, fornecendo bases teóricas para explicar os padrões motores envolvidos observados. Além disso, para crianças com alguma condição adversa de saúde, mais especificamente que comprometam o controle da estabilidade postural, a compreensão do papel desses fatores fornece informações valiosas sobre dificuldades na realização de atividades funcionais, e pode ajudar a orientar intervenções clínicas.

Condições afetando o neurodesenvolvimento (exemplo, paralisia cerebral e transtorno de coordenação do desenvolvimento) foram as condições de saúde mais frequentemente estudadas nos estudos selecionados nesta revisão. Tais condições são altamente prevalentes na infância, determinando déficits neuromusculares (Roncesvales et al., 2002), fraqueza muscular (Verschuren et al., 2011) e deficiências de processamento sensorial (Pavão & Rocha, 2017) que podem prejudicar o sistema de controle postural (Pavão et al., 2015; Nashner et al., 1983).



No entanto, considerando a alta incidência e prevalência das condições que podem afetar o neurodesenvolvimento, esperava-se encontrar mais estudos abordando nossa questão de pesquisa nessas populações específicas. Desta forma, ainda existem muitas lacunas na compreensão dos efeitos da manipulação das características da base de suporte e superfície de apoio durante o desempenho de habilidades funcionais. Além disso, levando em conta a heterogeneidade que caracteriza a função motora nas disfunções neurológicas (Woollacott & Shumway-Cook, 2005), mais estudos devem abordar essa questão em crianças com alterações neuromotoras, como distúrbios de coordenação do desenvolvimento, paralisia cerebral, síndrome de Down, entre outras.

#### **4.2 Base de suporte e superfície de apoio: Implicações para o controle postural**

Embora as manipulações na base de suporte e superfície de apoio tenham diferido entre os estudos, como por exemplo, utilização de espuma, posicionamento dos pés, inclinação da superfície, todas elas encontraram efeitos significativos no controle postural.

De acordo com os estudos, o tamanho da base de suporte está positivamente relacionado aos ajustes posturais durante a manutenção estática (Kovacikova et al., 2016; Galea et al., 2004; Stoffregen et al., 1997) e durante atividades funcionais tais como a transição de sentado para em pé (Medeiros et al., 2015) e tarefas manuais (Angelakopoulos et al. 2014; Johnson & Wade, 2009).

Crianças em risco de transtorno do desenvolvimento da coordenação (TDC) (Johnson & Wade, 2009) e sobreviventes de leucemia linfoblástica aguda (Galea et al., 2004) mostraram capacidade comprometida de alcance funcional sem perder o equilíbrio, em comparação com crianças típicas, quando o tamanho da superfície de apoio foi reduzido. Quando na posição de Romberg (postura calcanhar-dedo do pé), a instabilidade postural foi maior, constatado por maiores valores de deslocamento do CoP e velocidade de oscilação CoP, bem como, eles tiveram mais dificuldade em realizar a tarefa (Galea et al., 2004) em comparação com a condição controle (posição normal dos pés).

A configuração da base de suporte interferiu também no controle postural durante a realização da transição de sentado para em pé em crianças com PC. Segundo Medeiros

e cols. (2015), a posição preferida do pé durante uma tarefa STS em crianças com deficiências motoras moderadas envolve posicionar os pés mais anteriormente do que em crianças típicas. Esta configuração modificada da base de suporte durante o movimento ST-DP resultou em redução da inclinação anterior do tronco e afetou o desempenho da tarefa. Mudanças como a inclinação anterior do banco, aumentou a força vertical de reação do solo em crianças típicas e com PC (Cherng et al., 2009) e aumentou a taxa de ativação muscular em gastrocnêmio, mais em crianças do que adultos (Blanchet et al., 2012). Segundo Blanchet e cols (2012) a maior atividade do musculo gastrocnêmio em crianças do que em adultos, pode estar relacionada ao maior deslocamento do corpo para frente e ser o resultado de mecanismos de controle motor ainda em desenvolvimento.

No estudo de Hadders-Algra e cols (2007), a inclinação anterior do assento, resultou em melhor controle postural e desempenho do alcance em crianças com paralisia cerebral unilateral. Os autores inferiram que a inclinação anterior do assento pode ter corrigido a posição da pelve, de retroversão para anteversão, aumentando assim a extensão do tronco e a estabilidade postural na postura sentada (Hadders-Algra et al., 2007). Ainda, inclinar anteriormente o assento, faz com que as crianças respondam com redução da flexão do tronco durante a transição de sentado para de pé, enquanto adultos realizam flexão e extensão de tronco de forma satisfatória durante a transição, conforme a demanda da superfície de apoio. Portanto, os autores inferem que as crianças podem ser menos adaptáveis às mudanças na orientação da superfície de apoio pois as respostas posturais durante a transição de sentado para em pé, diferiu dos indivíduos adultos (Cignetti et al., 2013). Os autores não especificaram as fases do movimento STS em que ocorreram as mudanças.

A inclinação do assento posteriormente aumentou as oscilações do CoP no sentido mediolateral em crianças com paralisia cerebral em comparação com crianças típicas (Cherng et al., 2009), indicando aumento da instabilidade postural, influenciando o movimento de alcance em crianças com paralisia cerebral bilateral, em comparação com crianças típicas (Hadders-Algra et al., 2007). Além disso, na postura sentada com a inclinação do assento para trás, resultou em um tempo de reação maior para os dois grupos de crianças ao alcançar um objeto. Esses resultados sugerem que a inclinação posterior do assento aumenta a demanda biomecânica para a estabilidade postural para as crianças, principalmente com disfunções neuromotoras como a PC (Cherng et al., 2009). Assim, a

inclinação anterior pode ser usada como um facilitador na realização de atividades funcionais como o alcance na postura sentada.

A maleabilidade da superfície de apoio também interfere no controle postural, tanto em crianças típicas quanto em crianças com deficiências. A permanência na postura em pé sobre uma espuma, aumentou a oscilação postural em crianças e adolescentes típicos (Palluel et al., 2010; Nougier et al., 1998), em sobreviventes de leucemia linfoblástica aguda (Galea et al., 2004) e em crianças com PC (Correa et al., 2007). Johnson et al., (2009), ao avaliarem o alcance funcional em pé sobre uma espuma, encontraram que crianças com transtorno de desenvolvimento da coordenação mostraram uma capacidade reduzida de alcance funcional. Tais resultados são atribuídos a restrição mecânica e mudança somatosensorial proporcionada pela maleabilidade da superfície de apoio. Isso pode gerar instabilidade corporal, devido a necessidade de gerar estratégias adaptativas (Palluel et al., 2010).

Embora alguns dos estudos incluídos nessa revisão tenham testado manipulação sensorial adicional (Medeiros et al., 2015; Galea et al., 2004; Nougier et al., 1998), apenas o estudo de Nougier et al. (1998) investigou os efeitos combinados da manipulação sensorial (visual), superfície de apoio e base de suporte no controle postural. Segundo Nougier et al. (1998), a estabilidade postural na superfície de apoio maleável foi mais afetada na condição sem a visão, do que nas demais condições com visão. Dentre os principais resultados do estudo, crianças mais novas oscilaram mais quando existia somação de condições sensoriais como adição de espuma e ausência de visão.

### **4.3. Qualidade dos estudos**

Apenas dois estudos mostraram boa qualidade metodológica de acordo com o *checklist* utilizado (Visicato et al., 2005; Costa, Batistão, & Rocha, 2013). Os resultados apresentados evidenciam a necessidade de produzir estudos com melhor qualidade, descrevendo em maiores detalhes como foi feito o recrutamento, se houve cálculo amostral, taxas de abandono após seleção ou exclusão dos participantes durante a coleta de dados, implicações clínicas dos resultados, aplicações para outras populações com disfunções neurológicas, relatar os possíveis vieses no desenho do estudo, limitações e sugestões para futuros estudos.

## **5. Estudos futuros**

Os resultados desta revisão mostraram que apenas alguns estudos (seis dos treze estudos) abordaram manipulações nas configurações de base de suporte ou características da superfície de apoio. Assim, considerando a capacidade de superfícies instáveis e mudanças no posicionamento dos pés eliciarem respostas posturais adaptativas, mais estudos utilizando essas manipulações podem ser esclarecedores, principalmente em crianças com disfunções neuromotoras. Além disso, mudanças no posicionamento dos pés e na maleabilidade da superfície de apoio, são condições impostas pelo ambiente físico e comuns nas atividades diárias, bem como são estratégias utilizadas amplamente no ambiente clínico para aumentar a demanda de equilíbrio durante atividades terapêuticas. Portanto, utilizar mudanças na base de suporte e superfície de apoio para avaliar crianças com disfunções neuromotoras, também pode ser uma forma de inferir a respeito da capacidade adaptativa do sistema de controle postural, tanto em condições semi-estáticas, como dinâmicas, por exemplo durante transições posturais.

Apenas dois estudos utilizaram medidas clínicas, que são relevantes para permitir uma compreensão mais ampla da condição de saúde do indivíduo, garantindo uma avaliação do nível de atividade e participação, conforme recomendado pela Classificação Internacional de Funcionalidade (CIF) (OMS, 2001). Assim, novos estudos devem testar os efeitos da manipulação das configurações da base de suporte e características da superfície de apoio durante tarefas funcionais e usar medidas clínicas para garantir uma abordagem funcional sobre o equilíbrio, promovendo uma melhor compreensão do comprometimento do equilíbrio, especialmente em crianças com disfunções neuromotoras.

Por fim, estudos que utilizem as manipulações de tarefas durante a avaliação do controle postural, buscando esclarecimentos sobre a capacidade adaptativa do indivíduo após intervenções também são necessários, para ampliar o entendimento sobre as ferramentas atuais de intervenção, como por exemplo, o uso da realidade virtual.

Abordar as questões levantadas nesta revisão pode melhorar a significância clínica dos resultados de futuros estudos, o que melhor informará os profissionais de reabilitação

durante a leitura e interpretação dos estudos e facilitará a aplicação da análise de controle postural no contexto clínico.

## 6. CONCLUSÃO

A configuração da base de suporte e as características da superfície de apoio, tais como o tamanho, inclinação, maleabilidade e aderência podem impactar no controle postural em crianças, criando desafios posturais que determinam maior oscilação postural. Esses efeitos foram maiores em crianças com condições de alterações no neurodesenvolvimento, como paralisia cerebral e distúrbios de coordenação do desenvolvimento. Portanto, os resultados podem apoiar estratégias de reabilitação física e o desenvolvimento de estudos futuros.

## 7. REFERÊNCIAS

- Angelakopoulos, G. T., Tsorbatzoudis, H., & Grouios, G. (2014). Children's catching performance when the demands on the postural system is altered. *Motor Control*, 18, 244-262
- Barela, J. A., Focks, G. M. J., Hilgeholt, T., Barela, A. M. F., Carvalho, R. P., & Savelsbergh, G. J. P. (2011). Perception-action and adaptation in postural control of children and adolescents with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 32, 2075-2083.
- Bartlett, D., & Birmingham, T. (2003). Validity and reliability of a pediatric reach test (PRT). *Pediatric Physical Therapy*, 15, 84-92.
- Blanchet, M., Marchand, D., & Cadoret, G. (2012). Postural control adjustments during progressive inclination of the support surface in children. *Medical Engineering & Physics*, 34, 1019-1023.
- Burtner, P. A., Qualls, C., & Woollacott, M. H. (1998). Muscle activation characteristics of stance balance control in children with spastic cerebral palsy. *Gait and Posture*, 8, 163-174.

- Chen, J., & Woollacott, M. H. (2007). Lower extremity kinetics for balance control in children with cerebral palsy. *Journal of Motor Behavior*, 39, 306–316.
- Cherng, R. J., Lin, H. C., Ju, Y. H., & Ho, C. S. (2009). Effect of seat surface inclination on postural stability and forward reaching efficiency in children with spastic cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 30, 1420–1427.
- Cignetti, F., Chabeauty, T. Y., Sveistrup, H., Vaugoyeau, M., & Assaiante, C. (2013). Updating process of internal models of action as assessed from motor and postural strategies in children. *Neuroscience*, 233, 127-138.
- Corrêa, J. C. F., Corrêa, F. I., Franco, R. C., & Bigongiari, A. (2007). Corporal oscillation during static biped posture in children with cerebral palsy. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 47, 131–136.
- Cumberworth, V. L., Patel, N. N., Rogers, W., & Kenyon, G. S. (2007). The maturation of balance in children. *Journal of Laryngology and Otology*, 121, 449–454.
- da Costa, C. S. N., Batistão, M. V., Rocha, N. A. C. F. (2013). Quality and structure of variability in children during motor development: A systematic review. *Research in Developmental Disabilities*, 34, 2810-2830.
- Domellöf, E., Rösblad, B., & Rönnqvist, L. (2009). Impairment severity selectively affects the control of proximal and distal components of reaching movements in children with hemiplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(10), 807-816.
- Donker, S. F., Roerdink, M., Greven, A. J., Beek, P. J. (2007). Regularity of center-of-pressure trajectories depends on the amount of attention invested in postural control. *Experimental Brain Research*, 181, 1-11.
- Duarte, M., & Freitas, S. M. S. F. (2010). Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Braz J Phis Ther*, 14, 183-92.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using SPSS*. SAGE. 3<sup>rd</sup> ed.
- Galea, V., Wright, M. J., & Barr, R. D. (2004). Measurement of balance in survivors of acute lymphoblastic leukemia in childhood. *Gait Posture*, 19, 1-10.

- Hadders-Algra, M., van der Heide, J. C., Fock, J. M., Stremmelaar, E., van Eykern, M. A., & Otten, B. (2007). Effect of seat surface inclination on postural control during reaching in preterm children with cerebral palsy. *Physical Therapy*, 87, 861–871.
- Higgins, J. P. T., & Green, S. (2006). *Cochrane handbook for systematic review of interventions*. The Cochrane library issue 4. Chichester, UK: John Wiley Sons Ltd.
- Hof, A. L., Gazendam, M. G. J., & Sinke, W. E. (2005). The condition for dynamic stability. *Journal of Biomechanics*, 38, 1–8.
- Goble, D. J., Hurvitz, E. A., Brown, S. H. (2009). Deficits in the ability to use proprioceptive feedback in children with hemiplegic cerebral palsy. *Int J Rehabil Res*, 32(3)267-9.
- Johnson, D.C., & Wade, M. G. (2009). Children at risk for developmental coordination disorder: judgement of changes in action capabilities. *Developmental Medicine Child Neurology*, 51, 397-403.
- Kovacikova, Z., Neumannova, K., Bizovska, L., Rydlova, J., Siska, M., & Janura, M. (2016). Postural stability in school-age children with mild bronchial asthma disease (a pilot study). *Journal of Asthma*, 53, 11-4.
- Kyvelidou, A., Harbourne, R.T., Shostrom, V.S., & Stergiou, S. (2010). Reliability of center of pressure measures for assessing the development of sitting postural control in infants with or at risk of cerebral palsy. *Archives of physical Medicine and Rehabilitation*, 91(10), 1593-1601.
- Landis, J.R., Koch G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-74.
- Liao, H. F., & Hwang, A. W. (2003). Relations of balance function and gross motor ability for children with cerebral palsy. *Perceptual and Motor Skills*, 96, 1173–1184.
- Lopez, P. M., Villanueva, A., & Llovet, J. M. (2006). Systematic review: Evidence-based management of hepatocellular carcinoma – an updated analysis of randomized controlled trials. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 23, 1535–1547.
- Massion, J. (1998). Postural control systems in developmental perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 22, 465–472.

- Medeiros, D. L., Conceição, J. S., Graciosa, M. D., Koch, D. B., Santos, M. J., & Ries, L. G. (2015). The influence of seat heights and foot placement positions on postural control in children with cerebral palsy during a sit-to-stand task. *Research in Developmental Disabilities*, 43-44, 1-10.
- Milne, R., Donald, A., & Chambers, L. (1995). Piloting short workshops on the critical appraisal of reviews. *Health Trends*, 27, 120–123.
- Nashner, L. M., Shumway-Cook, A., & Marin, O. (1983). Stance posture control in selective groups of children with cerebral palsy: Deficits in sensory organization and muscular coordination. *Experimental Brain Research*, 49, 393–409.
- Nougier, V., Bard, C., Fleury, M., & Teasdale, N. (1998). Contribution of central and peripheral vision to the regulation stance: developmental aspects. *Journal of Experimental Child Psychology*, 68, 202–215.
- Pai, Y. C., & Patton, J. (1997). Center of mass velocity-position predictions for balance control. *Journal of Biomechanics*, 30, 347–354.
- Palluel, E., Nougier, V., & Olivier, I. (2010). Postural control and attentional demand during adolescence. *Brain Research*, 1358, 151-159.
- Pavão, S.L., dos Santos, A.N., Woollacott, M.H., Rocha, N.A. (2013). Assessment of postural control in children with cerebral palsy: A review. *Research in Developmental Disabilities*, 34,1367-75.
- Pavão, S. L., dos Santos, A. N., Oliveira, A. B., Rocha, N. A. C. F. (2014). Functionality level and its relation to postural control during sitting-to-stand movement in children with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 35, 506-511.
- Pavão, S. L., Silva, F. P. S., Savelsbergh, G. J. P., & Rocha, N. A. C. F. (2015). Use of Sensory Information During Postural Control in Children With Cerebral Palsy: Systematic Review. *Journal of Motor Behavior*, 47, 291-301.
- Pavão, S. L., & Rocha, N. A. C. F. (2017). Sensory processing disorders in children with cerebral palsy. *Infant Behavior and Development*, 46,1-6.



- Roerdink, M., Hlavackova, P., Vuillerme, N. (2011). Center-of-pressure regularity as a marker for attentional investment in postural control: A comparison between sitting and standing postures. *Human Movement Science*, 30, 203-212.
- Roncesvalles, M. N., Woollacott, M. H., & Burtner, P. A. (2002). Neural factors underlying reduced postural adaptability in children with cerebral palsy. *Neuroreport*, 13, 2407-2410.
- Sanderson, S., Tatt, I. D., & Higgins, J. P. T. (2007). Tools for assessing quality and susceptibility to bias in observational studies in epidemiology: A systematic review and annotated bibliography. *International Journal of Epidemiology*, 36, 666–676.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2010). *Motor Control – Translating research in clinical practice*. 3 Ed, Manole, Barueri, SP.
- Sobera, M., Siedlecka, B., & Syczewska, M. (2011). Posture control development in children aged 2-7 years old, based on the changes of repeatability of the stability indices. *Neuroscience letters*, 491, 13-17.
- Soh, S., Morris, M. E., & McGinley, J. L. (2011). Determinants of health-related quality of life in Parkinson's disease: A systematic review. *Parkinsonism and Related Disorders*, 17, 1–9.
- Stergiou, N., & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? *Human Movement Science*, 30, 869–888.
- Stoffregen, T. A., Adolph, K., Thelen, E., Gorday, K. M., Sheng, Y. (1997). Toddlers' postural adaptations to different support surfaces. *Motor Control*, 1, 119-137.
- Verschuren, O., Ada, L., Maltais, D. B., Gorter, J. W., Scianni, A., & Ketelaar, M. (2011). Muscle strengthening in children and adolescents with spastic cerebral palsy: Considerations for future resistance training protocols. *Physical Therapy*, 91, 1-10.
- Von Elm, E., Altman, D. G., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., & Vandembrouckef, J. P. (2007). The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: Guidelines for reporting observational studies. *Bulletin of the World Health Organization*, 85(11), 867–871.

Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait and Posture*, 3, 193–214.

Woollacott, M. H., & Shumway-Cook, A. (2005). Postural dysfunction during standing and walking in children with cerebral palsy: What are the underlying problems and what the new therapies might improve balance? *Neural Plasticity*, 12, 211–219.

## **Estudo II**

### **Intervenção com videogame ativo altera a oscilação postural de crianças com Paralisia Cerebral? Ensaio clínico randomizado controlado**

**Autores:** Joice Luiza Bruno Arnoni; Ana Francisca Rozin Kleiner; Ana Carolina de Campos; Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha.

**Instituição:** Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Fisioterapia, Setor de Neuropediatria. Rodovia Washington Luiz, Km 235, SP 310, 13565-905, São Carlos, SP.

\*Manuscrito a ser submetido ao *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o modelo biopsicossocial proposto pela Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) (World Health Organization, 2001), a condição de saúde de um indivíduo é determinada pela relação multidirecional entre os domínios da estrutura e função do corpo, da atividade e participação social, e dos fatores relacionados ao contexto inerentes ao indivíduo e ao ambiente em que vive (Farias e Buchalla 2005); (Kleiner e Milano 2015); ( World Health Organization. 2001).

A Paralisia Cerebral (PC) é uma condição de saúde que é definida como um grupo de distúrbios não progressivos do cérebro imaturo (Bax et al. 2005), que causam alterações nos domínios de estrutura e função do corpo, relacionados com o comprometimento dos sistemas neuromotor, musculoesquelético (Smith et al. 2011) e somatossensorial (Sillvia Pavão e Rocha 2017). Todas essas deficiências levam as alterações nos componentes de movimento e postura e, conseqüentemente às limitações na realização de atividades e restrição na participação social (Rosenbaum et al. 2007).

Crianças com PC apresentam déficits no controle postural, ou seja, na capacidade de manter e gerenciar o centro de massa (CoM) dentro dos limites da base de suporte, considerando o alinhamento e a orientação dos segmentos corporais para execução de atividades funcionais (Ferdjallah et al. 2002). O controle postural deficitário na PC resulta de alterações no processamento das informações sensoriais e na capacidade de gerar resposta motora adaptativa (Pavão et al. 2013). Portanto, os déficits na manutenção da estabilidade corporal em crianças com PC (Ferdjallah et al. 2002) podem ser ampliados em ambientes ou condições desafiadoras (Malone et al. 2015); (Saxena, Rao & Kumaran, 2014), tais como, em diferentes condições de disposição da base de suporte (Wang, Molenaar & Newell, 2013) e da superfície de apoio (Gosselin & Fagan 2015); (Costa et al. 2019).

Mudanças no ângulo de orientação e posicionamento dos pés podem ser consideradas restrições capazes de gerar instabilidade postural, pois a relação entre os segmentos corporais e a descarga de peso nos membros inferiores são modificadas (Wang et al., 2013). Por exemplo, a postura semi-tandem é desafiadora pois o posicionamento estreito e próximo dos pés aumenta a demanda de controle neuromuscular para manter a estabilidade do corpo (Doheny et al. 2012); (Pasma et al. 2014); (Schieppati e Giordano 2002). Além do posicionamento dos pés, diferentes condições das superfícies de apoio podem alterar a estabilidade postural (Gosselin & Fagan, 2015; Melo et al. 2009). A

adição de espuma sob os pés pode alterar os *inputs* sensoriais, modificando a forma com que o sistema nervoso utiliza as informações sensoriais e guia a ação de adaptação subsequente (Mergner et al. 2005). Desta forma, condições mais ou menos estáveis que geram maior ou menor demanda postural podem eliciar reações adaptativas automáticas de controle da postura, e no caso de crianças com PC, essas respostas ao tipo de estímulo podem não ser suficientemente adaptativas (Costa et al. 2019; Donker et al. 2008).

Considerando que crianças com PC apresentam déficits de controle postural, especialmente em condições de contexto mais complexas, intervenções sensório-motoras tem sido oferecidas a fim de gerar demandas posturais, buscando ações adaptativas específicas (Hickman et al. 2017); (Dewar, Love, e Johnston 2014) e provendo treino orientado à tarefa. Além disso, buscam proporcionar alto número de repetições de movimentos e facilitar a transferência de aprendizagem observada no ambiente clínico para as atividades cotidianas da criança (Damiano, 2006). Nesse sentido, novas ferramentas de reabilitação estão sendo desenvolvidas e utilizadas para atingir esses objetivos, entre as principais destaca-se o uso da Realidade Virtual (RV) (Chen et al., 2018); (Ravi, Kumar, e Singhi 2017); (Hickman et al. 2017).

Durante o treino com RV, os movimentos da criança podem ser espelhados pelo ambiente virtual, reproduzindo o ambiente real (Page et al. 2017), e isso faz com que a terapia seja inserida em um contexto específico relevante para a criança (Hickman et al. 2017).

Estudos tem identificado que o treino com RV provoca mudanças no desempenho de atividades funcionais e manutenção do equilíbrio corporal (Arnoni et al. 2018); (Ravi, Kumar, e Singhi 2017); (Tatla et al. 2013). Ainda, é capaz de ampliar as possibilidades de engajamento e motivação à terapia, otimizando habilidades motoras (Page et al. 2017). O treino com RV pode ainda, conduzir à ativação de áreas corticais específicas como o córtex motor, provocando alterações hemodinâmicas persistentes, mesmo após o término da atividade em ambiente virtual (Karim et al. 2012).

Embora estudos tenham identificado efeitos positivos do treino com RV no controle postural e equilíbrio dinâmico quando avaliados por escalas clínicas (Chen et al., 2018), estudos que utilizaram a avaliação da oscilação corporal mensuradas por plataforma de força ainda são escassos e controversos (Ravi, Kumar, e Singhi 2017); (Dewar, Love, e Johnston 2014); (Chen et al., 2018); (Deutsch et al. 2008); (Pavão et al.

2014). Efeitos positivos de redução da oscilação corporal em ortostatismo foram observados após 11 semanas (Deutsch et al., 2008) e após 8 sessões (Pavão et al., 2014) de terapia baseada em RV não imersiva. Em contrapartida, Sajan e cols (2017) demonstraram que embora o equilíbrio dinâmico avaliado pela Escala de Equilíbrio Pediátrica (EEP), em crianças com PC, tenha melhorado após intervenção com o RV não-imersiva, a velocidade de oscilação do Centro de pressão (CoP) não foi diferente entre o grupo controle e intervenção. Entretanto, tratam-se de estudos preliminares que inviabilizam conclusões precisas (Pavão et al., 2014; Deutsch et al., 2008). Além disso, o estudo de Sajan et al. (2017) avaliou uma população heterogênea, incluindo várias topografias de PC (diplegia, triplegia e hemiplegia) e níveis funcionais segundo a *Gross Motor Function Measure* (GMFCS) (Níveis I, II, III e IV), dificultando a comparação dos resultados.

Um estudo preliminar realizado pelo grupo proponente deste estudo, verificou que a intervenção durante oito semanas, em 15 crianças com PC (níveis de *Gross Motor Function Measure* (GMFCS) I e II), não alterou significativamente as variáveis de oscilação do CoP, mas modificou as dimensões D (em pé) e E (andar, correr e pular) do instrumento *Gross Motor Function Measure* (GMFM – Mensuração da Função Motora Grossa) (Arnoni, 2015).

Considerando tais aspectos, surgiu a indagação se o efeito da RV poderia ser mais evidente em atividades mais complexas e desafiadoras da estabilidade corporal, como em diferentes condições de estabilidade da base de suporte. Tal suposição é fundamentada pelo fato de que durante a intervenção com RV é treinado o equilíbrio funcional e dinâmico (Karim et al. 2012), por meio de estímulos multissensoriais, o que provoca o deslocamento do corpo no espaço em diferentes velocidades e direções, desafiando constantemente os limites da base de suporte. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito do treino com realidade virtual não imersiva na oscilação corporal na postura em pé, com mudanças nas condições de base de suporte (pés paralelos e semi-tandem) e maleabilidade da superfície de apoio (rígida e maleável) em crianças com PC unilateral.

A hipótese do presente estudo é de que os estímulos multissensoriais proporcionados pela intervenção baseada em RV não imersiva, conduzirão ao aumento da estabilidade corporal, observado pela redução das oscilações corporais, principalmente em condições de maior instabilidade, tais como adição de espuma e mudança no

posicionamento dos pés em semi-tandem. Assim, essa ferramenta de fácil acesso e baixo custo no ambiente clínico poderá ser indicada para pacientes com PC e ampliar as possibilidades de engajamento e participação na terapia.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

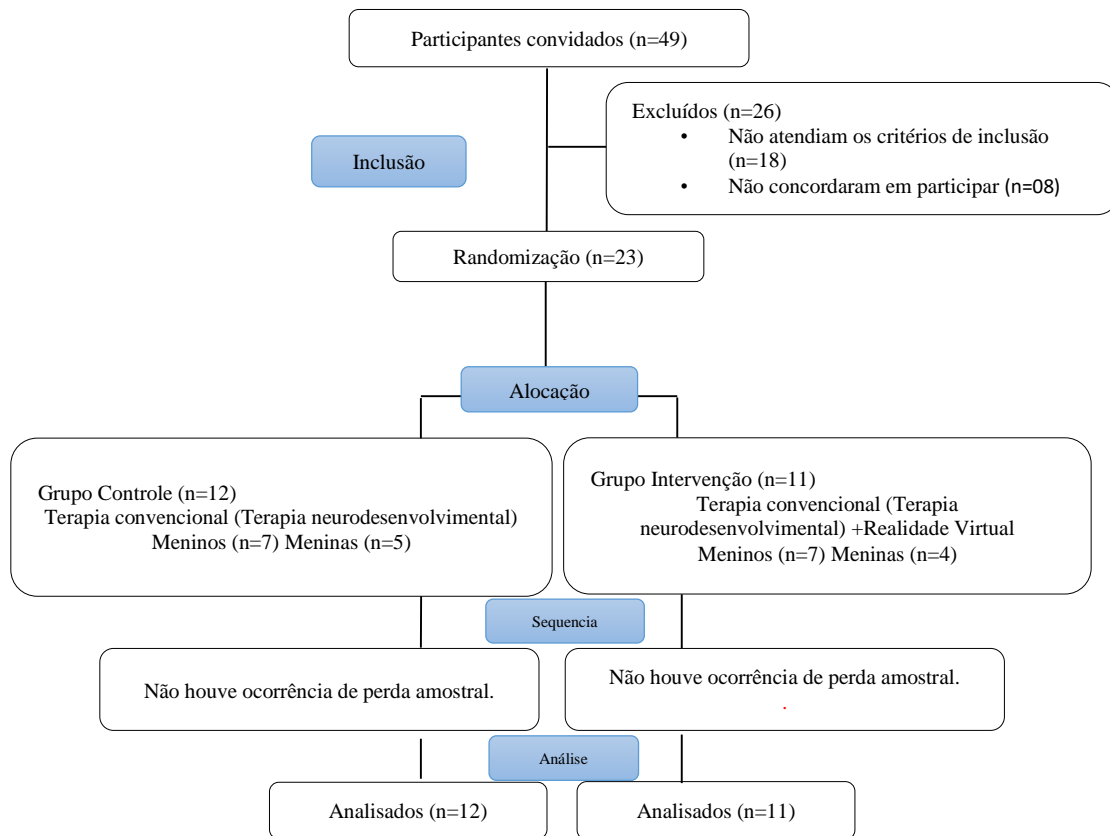
### **2.1 Design do estudo**

O estudo trata-se de um ensaio clínico randomizado controlado, longitudinal, prospectivo de natureza aplicada, com objetivos clínicos. O protocolo do estudo clínico seguiu as normas estabelecidas pelo CONSORT (CONSORT, 2010 - [www.consort-statement.org](http://www.consort-statement.org).) e foi registrado na base Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (RBR-3zty4w).

### **2.2 Participantes**

O cálculo amostral foi realizado no *software* G-Power 3.1.5 (Faul, Erdfelder & Lang, 2009) e foi considerado um tamanho de efeito de 0,8 com poder de 80%, do tipo *à priori*. O cálculo amostral resultou em 24 crianças no total. Aceitaram participar do estudo 23 crianças de ambos os gêneros que foram aleatoriamente distribuídas em GI (intervenção) e GC (controle) com diagnóstico médico de paralisia cerebral unilateral espástica e que fossem classificadas no nível I do GMFCS.

A randomização para alocação dos sujeitos nos grupos foi realizada por meio de sorteio de envelopes pardos. A sequência de alocação seguiu a ordem, grupo controle-grupo intervenção para cada criança que foi incluída. O sorteio foi realizado por um sujeito cego e externo ao estudo. Maiores detalhes podem ser identificados no fluxograma das fases do estudo (Figura 1).



**Figura 1.** Fluxograma das fases do estudos.

As crianças foram selecionadas de acordo com os seguintes critérios de inclusão: (a) idades entre 5 e 12 anos, por ser o período em que ocorrem mudanças de maior magnitude no controle postural (Heide et al. 2005); (Rinaldi, Polastri, e Barela 2009); (b) capacidade de compreender comandos verbais e interagir com os jogos propostos; (c) capacidade de permanecer em ortostatismo em semi-tandem por 30 segundos de forma independente; (c) serem classificados no nível I do GMFCS, que envolve caminhar em espaços internos como domiciliar, e externos como escola e comunidade, subir e descer escadas, porém envolvendo certa dificuldade quanto à velocidade, equilíbrio e coordenação, em comparação com crianças típicas da mesma idade (Palisano 1997).

Os critérios de exclusão foram: (a) encurtamento muscular, dor ou desconforto que impedisse a realização dos protocolos tanto de avaliação quanto intervenção; (b) bloqueios neuroquímicos como aplicação de toxina botulínica nos seis meses anteriores à entrada no estudo, ou; (c) cirurgias ortopédicas com menos de 1 ano de antecedência ao ingresso no estudo; (d) presença de déficits sensoriais (visual e / ou auditivo) que não fossem corrigidos por dispositivos específicos; (e) limitações



cardiorrespiratórias de qualquer grau que fossem relatadas por pais/responsável ou pela criança, como por exemplo, cansaço excessivo em atividades cotidianas; (f) contato regular com consoles como: Play Station 3, Nintendo Wii e X-Box 360° Kinect a fim de eliminar possíveis influências do uso desses equipamentos para a intervenção do presente estudo.

As crianças foram formalmente incluídas após os pais/responsáveis assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), seguindo as normas da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e de acordo com os princípios éticos que regem as pesquisas em seres humanos segundo a Declaração de Helsinki (1964).

Como critério de descontinuação destaca-se os casos em que as crianças faltavam mais de três vezes na intervenção, sem justificativa ou aviso prévio. Quando a criança faltava das intervenções com justificativas eram realizadas reposições dos atendimentos. Entretanto, nenhuma criança necessitou ser descontinuada.

### **2.3 Equipamentos**

Os registros antropométricos de peso e altura das crianças foram obtidos por meio de uma balança eletrônica digital (Wiso®) e um estadiômetro (Wiso®). Fita métrica foi utilizada para as medidas de comprimento real e aparente dos membros inferiores das crianças.

Para aquisição das variáveis de oscilação do centro de pressão (CoP), foi utilizada uma plataforma de força BERTEC-400 portátil – modelo FP4060-05 (Processo FAPESP 2010/15010-3), com frequência de aquisição fixa em 1.000 Hz.

Para avaliação da condição de superfície maleável foi utilizada uma espuma com densidade de 30 kg/m<sup>3</sup>, 40 cm de largura e 60 cm de comprimento (Costa et al., 2019; Melo et al., 2009). Para cronometragem do tempo de intervenção foi utilizado um Cronômetro digital (Mondaine®) e uma TV da marca SEMP de 32 polegadas, sincronizada ao console X-Box 360° - Kinect™ (Microsoft, 2005).

Imagens foram gravadas para que possíveis dúvidas qualitativas fossem sanadas, utilizando uma câmera da marca Sony HDR-XR150 (FAPESP 2011/50922-6), com 30 Hz de frequência de aquisição, acoplada a um tripé (FAPESP 2009/08004-0).

### **2.4 Procedimentos Gerais**

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar (CAAE: 72770817.5.0000.5504 com número de protocolo: 2.353.422). O estudo completo foi realizado entre março de 2015 e dezembro de 2017.

Centros de reabilitação pediátrica do município de São Carlos e de outros municípios da região, foram convidados a participar do estudo. Houve necessidade em convidar centros de cidades da região devido ao número restrito de participantes no município São Carlos e o interesse em recrutar o máximo possível de crianças. O contato telefônico teve por objetivo convidar a instituição e verificar o número de crianças acolhidas, que estivessem dentro do perfil considerado para o estudo. As crianças foram avaliadas inicialmente quanto ao peso, altura, nível de GMFCS, idade e topografia da PC, para o estabelecimento dos critérios de inclusão e não inclusão no estudo. O prontuário médico das crianças nos centros de assistência que aceitaram participar foi analisado e foram consideradas as informações prévias sobre estado de saúde da criança. Demais informações sobre tipos de terapia ou tratamentos que frequentavam, se realizavam atividade física regular, se haviam tido contato com o videogame previamente foram colhidos em entrevista inicial.

As avaliações foram realizadas por um fisioterapeuta com experiência na aplicação dos instrumentos de avaliação.

A bateria de avaliações foi realizada em dois momentos (prévio à intervenção e após oito semanas de intervenção). A ordem de avaliações foi padronizada de maneira que a criança não fosse fadigada.

## **2.5 Procedimentos de avaliação**

Os participantes foram instruídos a permanecerem em pé, descalços sobre a plataforma de força e o local de disposição dos pés foi marcado para cada um dos indivíduos de forma a padronizar o posicionamento.

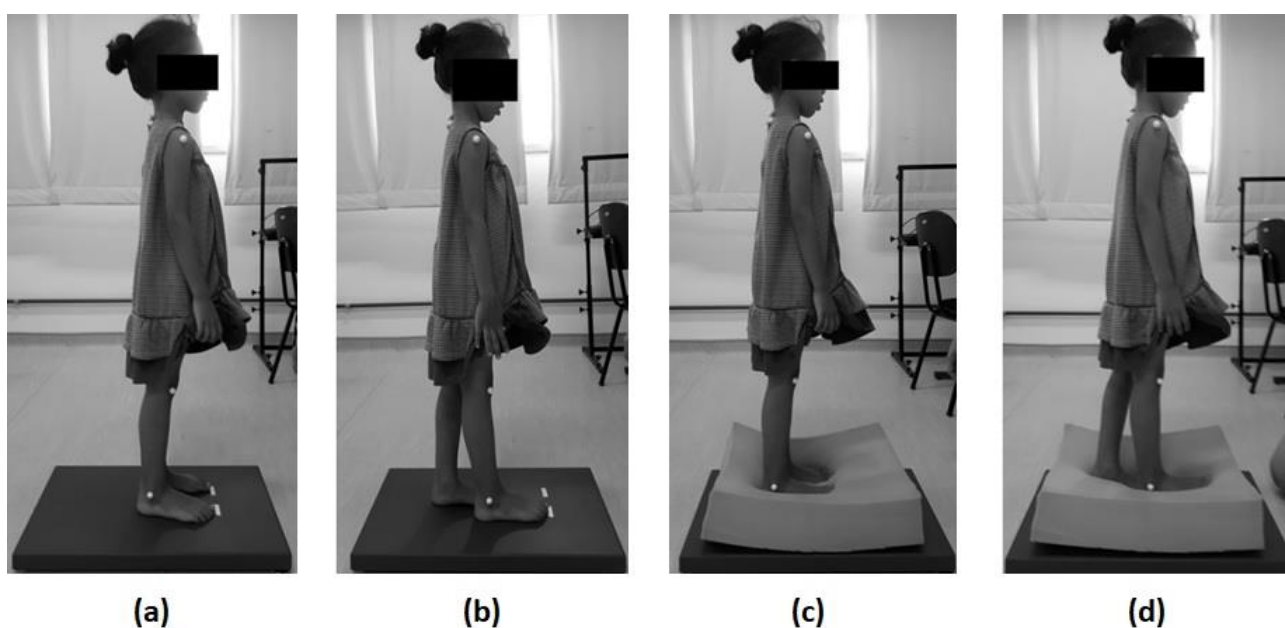
As condições de avaliação das oscilações corporais foram:

- 1) Condição controle (CC): realizada em superfície rígida (a própria plataforma de força) com os pés paralelos, alinhados na direção dos quadris (Figura 1a);
- 2) Pés em semi-tandem (ST): primeira articulação metatarso-falangeana do pé não dominante alinhada ao meio do arco longitudinal medial do pé dominante em superfície rígida (Figura 1b);

3) Superfície maleável (SM): com adição de uma espuma, a criança mantém os pés paralelos e alinhados na direção dos quadris (Figura 1c);

4) Somação das condições, sendo esta em superfície maleável e pés em semi-tandem (SMST) (Figura 1d).

Em todas as condições avaliadas, a criança foi instruída a permanecer a mais estática possível durante 30 segundos (Saxena, Rao & Kumaran, 2014) com o olhar em um ponto fixo na altura de seus olhos e distância de 1 metro (Duarte e Freitas 2010). Foram realizadas cinco tentativas, sendo descartadas a primeira de familiarização e a última devido a possível fadiga durante as avaliações. Foram computadas três tentativas válidas e utilizadas as médias de cada uma delas para a análise. Entre cada tentativa houve o intervalo de descanso de dois minutos (Pavão et al., 2012).



**Figura 2** – Avaliação das oscilações corporais em plataforma de força nas condições controle (a), semi-tandem (b), superfície maleável (c) e superfície maleável com pés em semi-tandem (d).

## 2.6 Análise de dados e variáveis

Os dados da avaliação em plataforma de força foram processados utilizando um filtro digital *Butterworth* passa-baixa de quarta ordem no *software* MatLab (Mathworks Inc., Natick, MA, USA) com frequência de corte de 10Hz, adequado para

diminuição dos ruídos do sinal (Duarte & Freitas, 2010). Os dados adquiridos foram normalizados a partir da altura de cada criança em centímetros (S. L. Pavão, Campos, e Rocha 2018). As variáveis calculadas foram:

- a) Amplitude do deslocamento anteroposterior (Amp Ap) e mediolateral (Amp MI) (cm): distância entre o deslocamento máximo e mínimo do CoP em cada direção (Duarte & Freitas, 2010). Por essa medida é possível inferir déficits posturais, sendo que quanto maior a amplitude do deslocamento, pior é a estabilidade postural do indivíduo (Paillard & Noé 2015).
- b) Raiz quadrada da média anteroposterior (RMS Ap) e Mediolateral (RMS MI) de deslocamento do CoP (cm): mensura a dispersão do deslocamento do CoP da posição média em um intervalo de tempo (Gatica-Rojas et al. 2017). É considerado um índice de variabilidade do CoP (Paillard & Noé 2015). Quando os valores diminuem, significa menor variabilidade no deslocamento do CoP (Paillard & Noé 2015).
- c) Velocidade média total de oscilação do CoP (cm/segundo): É calculada a partir da excursão do CoP pelo tempo de teste, apontando o quão rápidas foram as respostas posturais (Paillard & Noé 2015; Duarte & Freitas, 2010). A partir dela é possível inferir o controle neuromuscular envolvido no equilíbrio corporal, sendo considerada uma das medidas de maior acurácia nos estudo de controle postural (Paillard & Noé 2015). Quanto maior a velocidade da oscilação, maior a dificuldade na manutenção da estabilidade (Duarte & Freitas, 2010)
- d) Área total de oscilação do CoP (cm<sup>2</sup>): calculada a partir dos dados de deslocamento da oscilação total pelo tempo total da tentativa, gerando uma elipse por meio das medidas de dispersão do CoP (Duarte & Freitas, 2010) evidenciando a trajetória total da oscilação corporal. Maiores valores para essa variável indicam dificuldades na manutenção da postura (Duarte & Freitas, 2010).

## **2.7 Procedimentos de Intervenção com Realidade Virtual**

As crianças foram instruídas a comparecer às sessões vestindo shorts ou calça de moletom e camiseta leve para realização dos exercícios. A intervenção foi realizada durante 8 semanas consecutivas (Arnoni et al., 2018; Pavão et al., 2014; Huber, Rabin, e

Docan, 2008), com 2 sessões semanais, individuais e em dias alternados com duração de 45 minutos cada, totalizando 16 sessões e 12 horas de treinamento.

A criança era posicionada em frente ao equipamento de escaneamento corporal para calibração e após, era convidada a iniciar o jogo. Além disso, a criança foi ensinada a operar o videogame de forma a ser independente no ambiente virtual.

Para a familiarização da criança com o ambiente virtual a intervenção foi feita com dois jogos fáceis do Kinect Adventures, jogos que vem junto ao console de videogame no ato da compra, durante as primeiras 2 semanas (4 sessões) com objetivo de se adaptarem ao ambiente virtual mais tranquilamente:

(a) River Rush – Neste jogo, o avatar está dentro de um barco que desce as corredeiras de um rio turbulento com vários obstáculos e possibilidades de adquirir pontuação por meio da aquisição de moedas durante o trajeto. O objetivo é superar os obstáculos pegando tantas moedas quanto possível. As tarefas motoras executadas são: deslocamentos laterais e descarga de peso nos membros inferiores para controlar a direção do barco, saltar os obstáculos para que o barco salte, ao mesmo tempo ultrapassando-os.

(b) Reflex Ridge – Neste jogo, o avatar está em um carrinho sobre trilhos. O objetivo é desviar de obstáculos que aparecem no percurso usando os movimentos do corpo, como saltos, agachamentos, deslocamento lateral do corpo. A Figura 2a ilustra uma criança durante o jogo Reflex Ridge, no qual as tarefas motoras principais treinadas foram: agachamento, flexão e extensão do cotovelo, extensão do punho e dos dedos, abdução e adução dos quadris e abdução e adução horizontal do ombro. A criança também treinou a transferência de peso nos membros inferiores, mudanças contínuas no posicionamento do corpo no três planos de movimento (sagital, frontal e transversal).

Após a familiarização, jogos esportivos dinâmicos foram trabalhados com a realidade virtual por meio de três jogos do Kinect Sports™:

(c) Atletismo: 100 metros de corrida estacionária (Figura 2b).

(d) Salto em distância: após o participante pegar um impulso com a corrida estacionária, ele deveria pular, ou seja, realizar um salto vertical o mais alto possível e aterrissar no mesmo lugar, flexionando os tornozelos, joelhos e quadris para absorver o impacto do corpo e, finalmente, para se levantar retomando a postura ortostática. O console reconhecia a altura do salto da criança, como o mais longe possível em uma caixa de areia (Figura 2c).

(e) Arremesso de dardo: o participante realiza corrida estacionária para pegar impulso em um ambiente virtual e atirar dardos o mais longe possível (Figura 2d). Quando

a criança joga o dardo, ele treina movimentos de rotação de tronco, pelve e quadril, além de exercitar o equilíbrio dinâmico.

Estes jogos foram escolhidos por estimular a coordenação motora da criança e o equilíbrio dinâmico, pois as situações de conflito sensorial pode eliciar respostas posturais adaptativas.

Para os três jogos esportivos, o participante simulava o correr, levantando os joelhos em corrida/marcha estacionária, o que resultava em constante deslocamento do centro de gravidade, envolvendo também simetria corporal e alternância de movimentos de membros inferiores. Além disso, os jogos envolveram o movimento da cabeça como consequência dos movimentos do corpo que estimulam os receptores vestibulares.

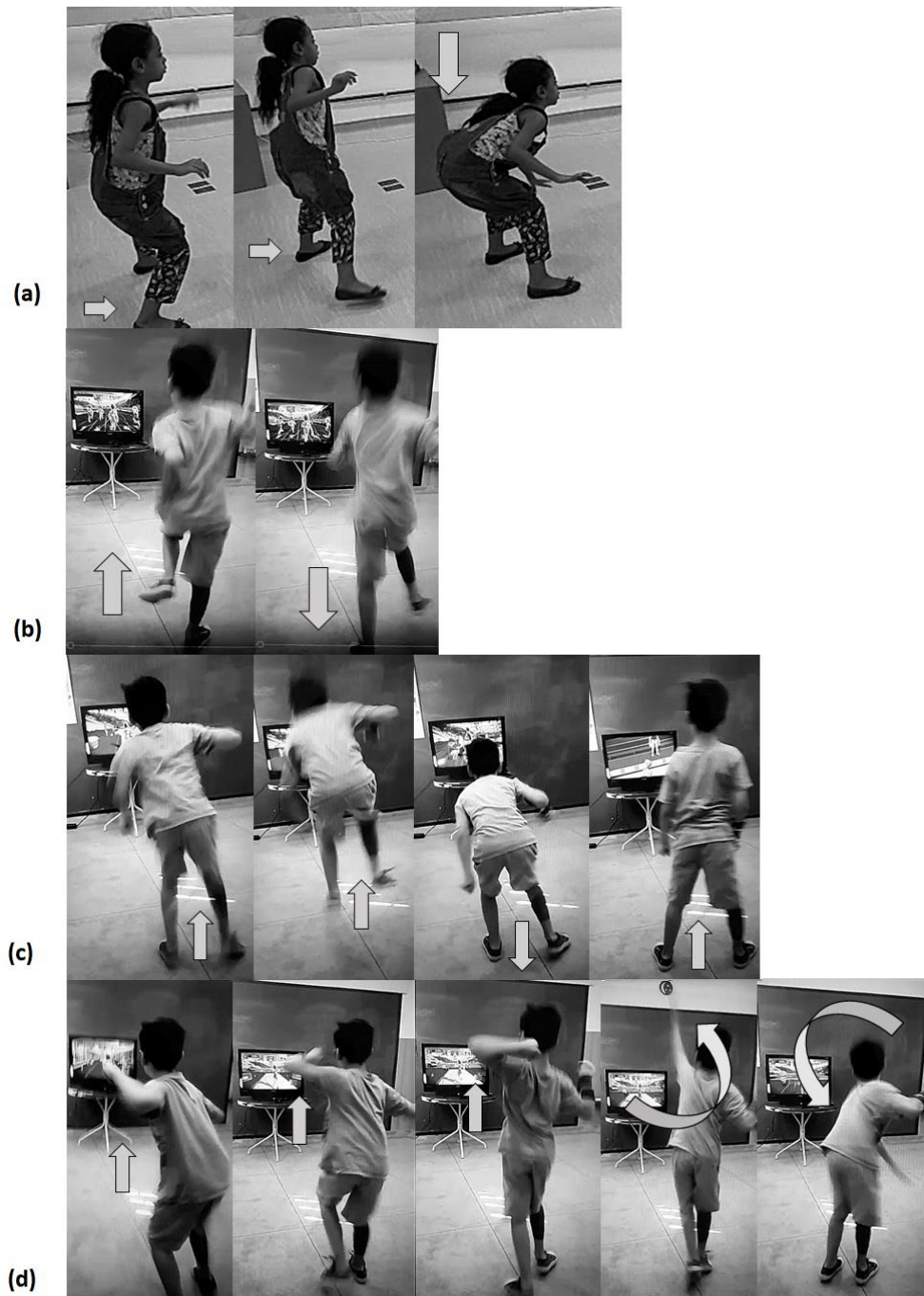


Figura 2. Ilustração da terapia baseada em Realidade Virtual não imersiva e jogos usados durante a familiarização e protocolo de intervenção em ambiente virtual, (a) Reflex Ridge; (b) Atletismo, (c) Salto a distância; (d) Arremesso de dardo.

A ordem de aplicação dos jogos durante a intervenção era randomizada para cada indivíduo, buscando minimizar efeitos de acomodação. Todos os jogos foram aplicados em nível básico e nenhuma das crianças mudou de nível ao longo das semanas de intervenção.

Após a primeira avaliação, os participantes iniciaram a intervenção com RV (Grupo Intervenção - GI), associada às atividades terapêuticas convencionais em que estivessem inseridos previamente.

Em todas as sessões, durante a intervenção, dicas verbais de execução eram proporcionadas na tentativa de correção dos movimentos, para que padrões atípicos não fossem mantidos ou reforçados. Tal estratégia permitia à criança o conhecimento de seu desempenho simultaneamente ao jogo, de modo a facilitar e estimular a aprendizagem motora (Chen et al., 2007).

O grupo controle seguiu apenas o tratamento fisioterapêutico convencional, baseado no conceito de terapia neurodesenvolvimental (Howle 2002), sendo duas vezes por semana, durante 50 minutos cada sessão.

### **3. Análise Estatística**

Valores da análise descritiva foram obtidos por meio da média e desvio padrão. Considerando a normalidade e homocedasticidade dos dados, apontadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, foram aplicados testes paramétricos.

Para comparações e interações entre os fatores grupo (Controle e Intervenção) e tempo (Pré e Pós) para cada condição de base de suporte e maleabilidade da superfície de apoio foi aplicada ANOVA de medidas repetidas. O ajuste de Bonferroni foi realizado para comparações múltiplas.

A variação percentual (% mudança) foi calculada em ambos os grupos para todas as variáveis, a partir da fórmula  $([POST-PRE]/PRE*100)$ . Para identificar possíveis diferenças, foi utilizado o Teste t considerando a distribuição normal dos dados. O teste de Cohen testou a relevância prática dos resultados da variação percentual, em que um valor de 0,2 foi considerado um efeito pequeno, um valor de 0,5 um efeito médio e um valor de 0,8 um efeito grande (Cohen, 1988).

O poder da análise e o valor do eta quadrado parcial ( $\eta^2$  parcial) foi calculado para verificar a relevância prática dos principais efeitos e interações. Como proposto por Richardson (2011), valores parciais de  $\eta^2 > 0,01$  foram categorizados como baixos,  $> 0,06$  médios e  $> 0,14$  altos.



A análise estatística foi realizada no pacote estatístico SPSS (*versão 24.0*). O nível de significância adotado foi de  $p \leq 0,05$  e os pressupostos teóricos para as análises específicas foram contemplados.

#### 4.Resultados

Os grupos controle e intervenção partiram de características clínicas e demográficas semelhantes, como apontam os resultados apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características clínicas e antropométricas da amostra para os grupos intervenção e controle.

Variáveis	Intervenção (n = 11)	Controle (n = 12)	p valor
Gênero, n meninos (%)	36.36%	58.33%	-
Idade (meses)	102.9±28.87	108.66±29.55	.642
Altura (cm)	132.45±13.47	131.50±14.85	.873
Peso (kg)	28.01±9.23	30.82±11.49	.524
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	15.46±2.63	17.07±3.32	.211
TUG (segundos)	9,74±1,80	8,56±2,05	.159

**NOTA.** Valores para média ± desvio padrão, exceto para o sexo das crianças (percentil). Para análise estatística, foi aplicado o Teste t ou Mann-Whitney para dados paramétricos e não paramétricos respectivamente, exceto para sexo. **Abreviações:** IMC, índice de massa corporal; TUG, Timed Up and Go. GMFCS.

Constatou-se efeito do tempo (pré e pós intervenção) para as variáveis e condições SM\_AMP\_ML ( $F_{1,21} = 6,743$ ;  $p = 0,01$ ) e SM\_RMS\_ML ( $F_{1,21} = 7,104$ ;  $p = 0,01$ ) com redução da oscilação postural no período pós intervenção. As demais condições e variáveis não apresentaram efeito principal dentre sujeitos. Não foi encontrado efeito principal de grupos (intervenção e controle) para nenhuma das variáveis.

Constatou-se interação significativa para as condições e variáveis: diminuição da CCamp\_ML ( $F_{1,21} = 5.948$   $p = 0,02$ ) no GI após intervenção e aumento da velocidade média total na condição SMST ( $F_{1,21} = 4,653$   $p = 0,04$ ), no GI após intervenção. Maiores detalhes podem ser encontrado na Tabela 2.

O percentil de mudança foi significativo apenas no grupo intervenção. Constatou-se, do período pré para o pós-intervenção diminuição de 13,01% da Ampl\_ML ( $t_{19} = 2,911$   $p < 0,01$ ) e de 11,65% do RMS médio-lateral ( $t_{20} = 2,20$   $p = 0,03$ ), na condição controle. A Velocidade média total aumentou significativamente 9,92% ( $t_{19} = 2,14$   $p < 0,05$ ), nas condições superfície maleável e semi-tandem. A análise apresentou tamanho de efeito alto para as três variáveis (Tabela 3).

**Tabela 2. Resultados descritivos e estatísticos para efeito de Grupo, efeito de Tempo e interações Grupo e Tempo para as variáveis da oscilação corporal nas condições de base de suporte e maleabilidade da superfície de apoio em crianças com PC.**

CONDIÇÃO CONTROLE	Grupo						Tempo						Interação				% Mudança	d de Cohen
	Controle M [IC 95%]	Intervenção M [IC 95%]	F (1,21)	p	η <sup>2</sup>	PW	Pré M [IC 95%]	Pós M [IC 95%]	F (1,21)	p	η <sup>2</sup>	PW	F (1,21)	p	η <sup>2</sup>	PW		
<b>Amplitude ap (cm)</b>	3,02 [2,68-3,36]	3,34 [2,98-3,69]	1,796	0,19	0,079	0,24	3,18 [2,80-3,57]	3,17 [2,90-3,44]	0,001	0,97	0,001	0,05	0,174	0,68	0,008	0,68	C=14,23±40,52 I=-1,08±22,22	0,47
<b>Amplitude ml (cm)</b>	3,19 [2,56-3,81]	3,46 Δ [2,80-4,10]	0,361	0,55	0,017	0,89	3,41 [2,86-3,96]	3,23 Δ [2,81-3,66]	0,881	0,35	0,040	0,14	5,948	<b>0,02Δ*</b>	0,221	0,64	C=15,60±27,43 I=-13,01±19,30●	1,25
<b>RMS AP (cm)</b>	0,61 [0,53-0,70]	0,68 [0,59-0,76]	0,043	0,29	0,052	0,17	0,65 [0,56-0,74]	0,64 [0,58-0,70]	0,019	0,89	0,001	0,52	0,059	0,81	0,003	0,05	C=14,70±43,96 I= 1,18±27,10	0,37
<b>RMS ML (cm)</b>	0,65 [0,51-0,79]	0,69 [0,55-0,83]	0,185	0,67	0,009	0,07	0,70 [0,57-0,83]	0,65 [0,56-0,73]	0,925	0,34	0,420	0,15	3,019	0,97	0,126	0,38	C=16,31±32,20 I=-11,65±28,33●	0,92
<b>Area (cm<sup>2</sup>)</b>	7,84 [5,45-10,22]	8,43 [5,95-10,92]	0,130	0,72	0,006	0,06	8,55 [6,12-10,98]	7,72 [6,08-9,36]	0,559	0,46	0,026	0,11	1,240	0,27	0,056	0,18	C=36,22±63,02 I=-7,63±42,09	0,82
<b>Velocidade média total (cm/seg)</b>	1,45 [1,24-1,65]	1,51 [1,30-1,73]	0,217	0,64	0,010	0,07	1,48 [1,29-1,67]	1,47 [1,30-1,65]	0,009	0,92	0,001	0,05	0,460	0,50	0,021	0,09	C=16,18±48,21 I=-6,03±27,13	0,57
<b>SUPERFÍCIE MALEÁVEL</b>																		
<b>Amplitude ap (cm)</b>	4,00 [3,61-4,40]	4,13 [3,72-4,53]	0,200	0,66	0,009	0,07	4,04 [3,66-4,41]	4,09 [3,78-4,41]	0,900	0,76	0,004	0,59	0,016	0,90	0,001	0,05	C=3,70±16,29 I=6,66±34,63	0,11
<b>Amplitude ml (cm)</b>	3,96 [3,32-4,61]	3,99 [3,32-4,67]	0,005	0,94	0,001	0,05	4,25 [3,66-4,84]	3,71 [3,28-4,13]	6,743	<b>0,01*</b>	0,243	0,69	1,263	0,27	0,057	0,18	C=-3,07±20,61 I=-14,29±24,37	0,50

<b>RMS AP (cm)</b>	0,76	0,78	0,207	0,65	0,010	0,07	0,77	0,77	0,003	0,95	0,001	0,05	0,235	0,63	0,011	0,07	C=2,12±19,34	0,15
	[0,67-0,84]	[0,69-0,87]					[0,69-0,85]	[0,71-0,83]									I=5,88±29,77	
<b>RMS ML (cm)</b>	0,78	0,77	0,004	0,95	0,001	0,05	0,84	0,71	7,104	<b>0,01*</b>	0,253	0,72	0,830	0,37	0,380	0,14	C=-2,60±26,47	0,52
	[0,65-0,91]	[0,64-0,91]					[0,71-0,97]	[0,64-0,79]									I=-15,35±22,55	
<b>Área (cm²)</b>	11,75	11,11	0,090	0,76	0,004	0,06	12,30	10,55	2,743	0,11	0,116	0,35	0,001	0,97	0,001	0,05	C=4,14±43,93	0,12
	[8,67-14,83]	[7,89-14,33]					[9,30-15,31]	[8,73-12,38]									I=-1,36±46,44	
<b>Velocidade média total (cm/seg)</b>	2,34	2,18	0,528	0,47	0,025	0,10	2,33	2,18	3,638	0,07	0,148	0,44	0,008	0,92	0,010	0,05	C=-6,72±11,81	0,70
	[2,03-2,65]	[1,85-2,50]					[2,09-2,58]	[1,95-2,41]									I=-3,82±17,57	
<b>SEMI-TANDEM</b>																		
<b>Amplitude ap (cm)</b>	4,44	4,59	0,096	0,75	0,005	0,06	4,62	4,42	0,862	0,36	0,039	0,14	0,020	0,89	0,001	0,05	C=-1,42±22,38	0,06
	[3,75-5,12]	[3,87-5,30]					[4,05-5,16]	[3,90-4,94]									I=-2,67±18,33	
<b>Amplitude ml (cm)</b>	4,24	4,31	0,055	0,81	0,003	0,05	4,25	4,30	0,090	0,76	0,004	0,05	0,028	0,86	0,001	0,05	C=4,45±13,51	0,11
	[3,76-4,71]	[3,82-4,81]					[3,82-4,69]	[4,00-4,59]									I=2,49±20,05	
<b>RMS AP (cm)</b>	0,78	0,87	1,252	0,27	0,056	0,18	0,83	0,82	0,029	0,86	0,001	0,05	1,170	0,29	0,053	0,17	C=6,96±23,88	0,34
	[0,67-0,89]	[0,75-0,99]					[0,73-0,93]	[0,73-0,91]									I=-1,92±28,27	
<b>RMS ML (cm)</b>	0,78	0,77	0,004	0,95	0,001	0,05	0,84	0,71	0,223	0,64	0,011	0,07	0,830	0,37	0,038	0,14	C=6,90±15,97	0,36
	[0,65-0,91]	[0,64-0,91]					[0,71-0,97]	[0,64-0,79]									I=1,31±15,48	
<b>Área (cm²)</b>	11,69	13,24	0,557	0,46	0,026	0,11	12,71	12,21	0,250	0,62	0,012	0,07	1,415	0,24	0,063	0,20	C=13,64±33,59	0,43
	[8,71-14,67]	[10,12-16,35]					[9,87-15,56]	[10,38-14,05]									I=-0,75±33,59	
<b>Velocidade média total (cm/seg)</b>	3,03	3,17	0,159	0,69	0,008	0,06	3,07	3,13	0,343	0,56	0,016	0,08	0,865	0,36	0,040	0,14	C=-0,20±12,62	0,37
	[2,53-3,52]	[2,65-3,68]					[2,71-3,42]	[2,73-3,53]									I=6,09±20,50	

SUPERFÍCIE MALEÁVEL E SEMI-TANDEM																		
Amplitude ap (cm)	5,12	4,88	0,286	0,59	0,013	0,08	5,12	4,89	0,955	0,34	0,043	0,15	0,746	0,39	0,034	0,13	C=-7,9±18,35	0,53
	[4,48-5,77]	[4,21-5,56]					[4,59-5,65]	[4,35-5,41]									I=3,64±24,70	
Amplitude ml (cm)	4,58	4,38	0,415	0,52	0,019	0,09	4,42	4,54	0,688	0,41	0,032	0,12	3,470	0,07	0,142	0,42	C=-1,09±14,51	0,64
	[4,13-5,03]	[3,91-4,85]					[4,05-4,80]	[4,20-4,88]									I=10,53±21,27	
RMS AP (cm)	0,96	0,90	0,393	0,53	0,018	0,09	0,96	0,89	2,432	0,13	0,104	0,31	1,939	0,17	0,085	0,26	C=-10,89±19,97	0,63
	[0,82-1,10]	[0,75-1,05]					[0,84-1,08]	[0,78-1,00]									I=2,71±23,25	
RMS ML (cm)	0,88	0,84	0,173	0,68	0,008	0,06	0,83	0,89	3,199	0,08	0,132	0,40	0,910	0,35	0,420	0,14	C=2,94±17,48	0,54
	[0,76-1,00]	[0,72-0,97]					[0,76-0,90]	[0,78-1,00]									I=12,92±19,67	
Área (cm <sup>2</sup> )	15,54	13,67	0,525	0,47	0,024	0,10	15,33	13,87	1,990	0,17	0,087	0,27	2,267	0,47	0,024	0,10	C=-10,84±29,65	0,50
	[11,82-19,26]	[9,78-17,55]					[12,13-18,54]	[11,32-16,43]									I=5,42±34,71	
Velocidade média total (cm/seg)	3,35	3,41 $\Delta$	0,049	0,82	0,002	0,05	3,33	3,42 $\Delta$	0,726	0,40	0,033	0,12	4,653	<b>0,04<math>\Delta</math>*</b>	0,002	0,05	C=-2,57±12,40	0,90
	[2,92-3,76]	[2,98-3,84]					[3,02-3,65]	[3,10-3,74]									I=9,92±15,25●	

**Abreviações:** AP: anteroposterior; ML: mediolateral; CM: centímetro; SEG: segundo; RMS: *Root Mean Square*, PWR: poder. **NOTA:** Nível de significância  $p < 0,05^*$ . Efeito da interação Grupo\*Tempo =  $\Delta$ . Os valores positivos na % de mudança significam que a variável apresentou aumento e os valores negativos significam que os valores da variável diminuíram. Diferença significativa entre os grupos = ●

## 5. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito do treino com realidade virtual não imersiva na oscilação corporal em ortostatismo, em diferentes condições de base de suporte e maleabilidade da superfície de apoio em crianças com PC unilateral, espástica e de nível GMFCS I. As hipóteses foram parcialmente confirmadas, pois ocorreram mudanças na estabilidade corporal no grupo intervenção, na condição de tarefa menos complexa, ou seja, condição pés paralelos e superfície rígida e na condição de maior complexidade, ou seja, superfície maleável e pés em semi-tandem.

Houve efeito positivo dos estímulos multissensoriais proporcionados pela intervenção baseada em RV não imersiva, demonstrado pela diminuição da amplitude de oscilação ML do CoP nas condições controle e superfície maleável, redução na variável RMS ML também na superfície maleável e aumento da velocidade média total na condição SMST. Adicionalmente, as variáveis Amplitude de oscilação ML do CoP na condição controle e velocidade média total na condição SMST, além de terem mostrado mudança estatisticamente significativa, também possuem alta relevância clínica, considerando o tamanho do efeito para o percentil de mudança.

Há indícios de que as deficiências do sistema de controle postural em ortostatismo dos participantes desse estudo foram minimizados pelo treino realizado. A literatura indica que são comuns os déficits de estabilidade corporal em crianças com PC (Pavão et al. 2013), mesmo as consideradas de comprometimento leve, como as do presente estudo (Rose et al. 2002), as quais podem apresentar maior dificuldade em reverter a direção das oscilações posturais tanto no sentido médio-lateral (ML), quanto anteroposterior (AP) em curtos espaços de tempo (Stackhouse et al. 2006); (Rose et al. 2002). Tais dificuldades podem ser resultado dos prejuízos em estruturas e funções corporais, presentes em crianças com PC, tais como aumento do tônus muscular (Quinby & Abraham 2005), pobre controle motor seletivo (Woollacott & Shumway-cook 2005) e força muscular reduzida (Givon, 2009).

Nesse sentido, os resultados de melhora do controle postural após intervenção com interfaces de RV associada ao treino tarefa específico estão de acordo com a literatura pesquisada (Chen et al., 2018). Somente dois estudos randomizados e controlados avaliaram a oscilação corporal em plataforma de força, após período de intervenção com RV não imersiva em crianças com PC (Gatica-Rojas et al. 2017; Sajan et al., 2017). Não foram encontradas mudanças para velocidade do CoP após intervenção (Sajan et al., 2017) e os resultados são relatados de forma genérica, não especificando as variáveis que sofreram mudanças após intervenção (Gatica-Rojas et al., 2017). Esses estudos utilizaram o console Nintendo-Wii para a intervenção (Gatica-Rojas et al., 2017; Sajan et al., 2017), diferindo do equipamento do presente estudo. O Xbox 360 – Kinect™ não necessita de controles ou

plataforma de equilíbrio como interface para o ambiente virtual, isso facilita manuseio por crianças com PC, que frequentemente possuem dificuldades em membros superiores e deslocamento do corpo no espaço. Assim, a criança não precisa se preocupar em manusear instrumentos ou permanecer em um local pequeno como uma plataforma de jogo, o que pode contribuir para melhor exploração do ambiente virtual, considerando a flexibilidade do ambiente físico.

No presente estudo, pode-se inferir também que as mudanças na oscilação postural tanto em superfície rígida como maleável podem ter ocorrido devido ao treino orientado à tarefa, por meio dos jogos de RV responsáveis por desafiar os limites da base de suporte constantemente e proporcionar alto número de repetições das tarefas (Hickman et al., 2017). Os jogos utilizados, como o de River Rush e Reflex Ridge, treinam movimentos como o agachamento, saltos e deslocamento mediolateral do corpo e podem ter provocado o ganho de estabilidade no sentido médio-lateral, evidenciado pelos resultados. Esses jogos exigiam que a criança deslocasse o corpo nos três planos de movimento, frontal, sagital e transversal, com mudanças constantes nas direções das descargas de peso nos pés, gerando estímulos somatosensoriais capazes de acionar receptores táteis e proprioceptivos (Gatica-Rojas et al., 2017). As mudanças rápidas no sentido do movimento, buscando responder às informações visuais e auditivas dos jogos e pelo *feedback* da projeção do corpo no avatar, ascende ao córtex sensório-motor e descende pela medula espinhal realizando os ajustes posturais adaptativos necessários para manutenção da estabilidade dinâmica (Gatica-Rojas et al., 2017).

Outro aspecto que deve ser ressaltado é a condição de manipulação da maleabilidade da superfície de apoio, proporcionada pela adição de uma espuma. Sabe-se que condições de manipulação sensorial podem aumentar as oscilações corporais (Mochizuki et al. 1999), principalmente em crianças com disfunções neurológicas como a PC (Costa et al., 2019; Pavão, Arnoni e Rocha, 2017; Cherng et al., 1999). A espuma proporciona uma alteração dos *inputs* sensoriais nas solas dos pés, fazendo aumentar a necessidade de outras informações sensoriais para controle efetivo da postura, como o sistema visual e vestibular, que tendem a contrabalancear as oscilações corporais e manter o equilíbrio (Mergner et al. 2005). Assim, a redução da oscilação postural após o treino realizado no presente estudo, foi um ganho importante para os participantes. Os jogos com RV utilizados, como atletismo e salto em distância, podem ter ajudado as crianças a controlarem melhor seu corpo frente à desestabilização ocasionada pela espuma, no período pós-intervenção. Ressalta-se que o agachamento utiliza sinergias musculares de membros inferiores e a pelve, destacadas as ações dos músculos glúteo máximo, quadríceps femoral, semitendinoso, gastrocnêmio medial e sóleo (Eken et al. 2016), que também atuam na manutenção da estabilidade da postura em pé (Horak e Nashner, 1986). Além do controle neuromuscular da postura,

aproximadamente 65% da manutenção da estabilidade corporal acontece de maneira passiva, ou seja, por meio da tensão, flexibilidade e ação dos ligamentos, tendões e fáscias (Duarte & Freitas, 2010). O salto por exemplo, utiliza essas estruturas de apoio, bem como a aponeurose plantar, para dissipar as forças no momento da aterrissagem (Viel, 2001). Portanto, é possível que a dinâmica das atividades trabalhadas em ambiente virtual, tenham sido capazes de trabalhar tais estruturas de forma integrada, facilitando o controle motor seletivo, por meio de sinergias musculares, durante as tarefas específicas de agachar, saltar e permanecer em pé.

A diminuição dos valores de RMS mediolateral na condição de superfície maleável aponta que a variabilidade nessa direção diminuiu, indicando ganho de estabilidade nesse sentido. Assim, pode-se considerar que os participantes, após o treino com RV, utilizaram estratégias adaptativas, uma vez que a superfície instável requer maiores ajustes para a manutenção da estabilidade (Costa et al., 2019; Melo et al., 2009). Informações multissensoriais proporcionadas por equipamentos/jogos de RV podem ajudar a modificar os padrões de movimento em crianças com PC (Gelder et al. 2017); (Hsieh 2018); (Jung et al. 2018), causando mudanças dinâmicas no fluxo de informação sensorial (Gatica-Rojas et al. 2017); (Lim, 2014), o que possivelmente favorece o ganho de estabilidade postural. O estudo de Pavão e cols (2017) demonstrou que prejuízos sensoriais contribuem para limitações na realização de atividades físicas, resistência, tônus muscular e posicionamento do corpo no espaço em crianças com PC, o que pode influenciar a função em diferentes ambientes. Portanto, a capacidade de proporcionar mudanças rápidas no contexto ambiental por meio de atividades dinâmicas e variadas da RV, pode potencializar a aprendizagem motora, transferência da habilidade treinada e até mesmo, a capacidade de resolução de problemas do indivíduo (de Mello Monteiro et al. 2014).

A revisão sistemática de Hickman e cols (2017) mostrou que a RV é destacada como capaz de proporcionar uma prática tarefa-específica, com alto volume de repetições e com significado para a criança e para o cuidador/responsável, como por exemplo atividades esportivas do contexto de vida da criança. Nesse sentido, os jogos com RV podem ter favorecido o processamento e a integração das informações multissensoriais, especialmente por direcionar o acompanhamento visual e auditivo nos jogos, seguindo o avatar projetado na tela, em busca de atingir a meta de cada tarefa (Arnoni et al., 2018). Pode-se inferir também, que o treino com descarga de peso, mudanças no posicionamento do tronco, dos membros inferiores e da cabeça no espaço, associado ao ritmo e velocidade do jogo, podem ter favorecido a utilização das informações proprioceptivas e vestibulares com consequente ativação e controle da musculatura antigravitária, melhorando o controle automático da postura.



Para a variável velocidade média total do CoP foi identificado aumento somente no grupo intervenção, na condição de somação de manipulação sensorial, na qual as crianças permaneceram sobre a espuma e com os pés posicionados em semi-tandem. A integração das informações sensoriais atua no controle da estabilidade corporal e quando as fontes de informação sensorial são conflitantes, o sistema de controle postural tende a oscilar mais (Mergner et al. 2005). O aumento da velocidade média total, identificado após o período de intervenção baseada em RV, pode ter ocorrido como estratégia adotada pelas crianças sobre uma condição de grande demanda de tarefa. O treino com os jogos virtuais podem ter provocado liberação dos graus de liberdade, que precedem a emergência de um padrão de controle mais organizado e coordenado. O estado de liberação dos graus de liberdade é compreendido como uma exploração das possibilidades de movimento, buscando atingir o sucesso adaptativo na tarefa proposta (Haehl, Vardaxis, & Ulrich 2000).

As variáveis RMS AP e Área total do CoP diminuíram somente no grupo controle após a intervenção. Esse resultado demonstra que a terapia tradicional também provocou mudanças positivas na estabilidade corporal. Entretanto, não podemos afirmar quais técnicas específicas foram utilizadas, pois não houve acompanhamento direto das intervenções das crianças do grupo controle. Além disso, o Conceito Neuroevolutivo tem sido ampliado, podendo incorporar diferentes instrumentos para a intervenção (Howle 2002).

É importante salientar que os todos os resultados encontrados para o grupo intervenção podem estar relacionados também à combinação dos efeitos entre terapia convencional e RV não imersiva, pois as crianças que participaram da intervenção com RV realizaram mais horas de treino, comparadas às crianças da terapia convencional. Entretanto, assim como esse estudo, a maioria dos estudos realizou a intervenção com RV de forma complementar à terapia convencional (Sajan, et al., 2017; Gatica-Rojas et al., 2017; Sharan et al. 2012) ou terapia neurodesenvolvimental (Acar, Altun, e Yurdalan 2016; Zoccolillo et al., 2015) e isso deve ser considerado na interpretação dos resultados e para direcionar estudos futuros.

### **Limitações do estudo**

Uma das limitações do estudo é a ausência de medidas de *follow-up*, devido à distância dos centros especializados, bem como o acompanhamento das intervenções convencionais realizadas por cada centro de reabilitação. Ainda, apesar da significância estatística e altos valores para tamanho do efeito do presente estudo, futuros estudos controlados e com número maior de crianças podem ajudar a interpretar os achados, quanto aos efeitos da RV na população de crianças com PC.

A ordem da avaliação das condições de estabilidade foi padronizada, sendo da menos complexa para a mais complexa, pois em um estudo piloto foi observado que as crianças tinham maior dificuldade em permanecer na condição semi-tandem antes de permanecer com os pés sobre a espuma. Por esse motivo, as condições não foram randomizadas para todas as crianças, o que pode ser considerada uma limitação do presente estudo.

Por fim, devido ao número reduzido de terapeutas e o deslocamento realizado para as avaliações em cidades da região, não foi possível realizar o cegamento do terapeuta avaliador e que aplicou as intervenções.

## 6. CONCLUSÃO

O treino de atividades específicas com grande volume de repetições, em um contexto ambiental atraente, realizadas com os jogos virtuais não imersivos, pode ajudar a melhorar parâmetros específicos, da estabilidade corporal em crianças com paralisia cerebral unilateral espástica e comprometimento funcional leve. Tais achados ajudam a direcionar a terapia clínica apontando o potencial da RV não imersiva como ferramenta complementar na reabilitação física de crianças com PC.

## 7. REFERÊNCIAS

- [WHO] World Health Organization. 2001. “International Classification of functioning, disability and health: ICF.”
- Acar, Gönül, Gamze Polen Altun, e Saadetufuk Yurdalan. 2016. “Efficacy of neurodevelopmental treatment combined with the Nintendo ® Wii in patients with cerebral palsy”. *The Journal of Physical Therapy Science Original* 28: 774–80.
- Arnoni, Joice Luiza Bruno. 2015. *Efeito de intervenção com realidade virtual sobre a condição de saúde de crianças com paralisia cerebral (Dissertação de Mestrado)*, Universidade Federal de São Carlos.
- Arnoni, Joice Luiza Bruno, Bruna Nayara Verdério, Andressa Miliana Alves Pinto, e Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha. 2018. “Efeito da intervenção com videogame ativo sobre o autoconceito, equilíbrio, desempenho motor e sucesso adaptativo de crianças com paralisia cerebral: estudo preliminar”. *Fisioterapia e Pesquisa* 25(3): 294–302. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1809-29502018000300294&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-29502018000300294&lng=pt&tlng=pt).
- Bax, Martin et al. 2005. “Review Proposed definition and classification of cerebral palsy , April 2005 Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy”. (April): 571–76.

- Chen, Yuping; Fanchiang, HsinChen D.; Howard, Ayanna. 2018. “Effectiveness of Virtual Reality in Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials”. *Pediatric physical therapy* 98: 63–77. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29088476>.
- Costa, Carolina SN et al. 2019. “Human Movement Science Effects of sensory manipulations on the dynamical structure of center-of-pressure trajectories of children with cerebral palsy during sitting”. *Human Movement Science* 63(November 2018): 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.11.003>.
- Damiano, Diane L. 2006. “III STEP Series Activity , Activity , Activity : Rethinking Our Physical Therapy Approach to” . : 1534–40.
- Deutsch, Judith E et al. 2008. “Case Report”. 88(10).
- Dewar, Rosalee, Sarah Love, e Leanne Marie Johnston. 2014. “Exercise interventions improve postural control in children with cerebral palsy : a systematic review”.
- Doheny, Emer P et al. 2012. “Displacement of Centre of Mass During Quiet Standing Assessed Using Accelerometry in Older Fallers and Non-Fallers”. : 3300–3303.
- Donker Stella et al. 2008. “Children with cerebral palsy exhibit greater and more regular postural sway than typically developing children”. *Exp Brain Res* 184: 363–70.
- Duarte, Marcos, e Sandra M S F Freitas. 2010. “Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio Revision of posturography based on force plate for balance evaluation”. 14(3).
- Eken, M M et al. 2016. “Squat test performance and execution in children with and without cerebral palsy”. *Clinical Biomechanics*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.12.006>.
- Farias, Norma, e Cassia Maria Buchalla. 2005. “A Classificação Internacional de Funcionalidade , Incapacidade e Saúde da Organização Mundial da Saúde : Conceitos , Usos e Perspectivas The International Classification of”. 8(2): 187–93.
- Ferdjallah, Mohammed, Gerald F Harris, Peter Smith, e Jacqueline J Wertsch. 2002. “Analysis of postural control synergies during quiet standing in healthy children and children with cerebral palsy”. 17: 203–10.
- Gatica-Rojas, Valeska et al. 2017. “Effectiveness of a Nintendo Wii balance board exercise programme on standing balance of children with cerebral palsy: A randomised clinical trial protocol”. *Contemporary Clinical Trials Communications* 6: 17–21.
- Gelder, Linda Van et al. 2017. “Gait & Posture Real-time feedback to improve gait in children with cerebral palsy”. *Gait & Posture* 52: 76–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.11.021>.
- Gosselin, Guy, e Michael Fagan. 2015. “Foam pads properties and their effects on posturography in participants of different weight”. *Chiropractic & Manual Therapies* 23(2): 1–8.
- Haehl, Victoria, Vassilios Vardaxis, e Beverly Ulrich. 2000. “Learning to cruise : Bernstein ’ s theory applied to skill acquisition during infancy”. *Human movement science* 19.
- Heide, Jolanda C V A N D E R, Johanna M Fock, Bert Otten, e Elisabeth Stremmelaar. 2005. “Kinematic Characteristics of Postural Control during Reaching in Preterm Children with Cerebral Palsy”. 58(3): 586–93.

- Hickman, Robbin et al. 2017. "Use of active video gaming in children with neuromotor dysfunction : a systematic review".
- Horak, Fb, e LM Nashner. 1986. "No TitleCentral programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations". *J Neurophysiol* 55(6): 1369–81.
- Howle, Janet M. 2002. *Neuro-Developmental Treatment Approach: Theoretical Foundations and Principles of Clinical Practice*. NeuroDevelopmental Treatment.
- Hsieh, Hsieh-chun. 2018. "Effects of a Gaming Platform on Balance Training for Children With Cerebral Palsy". : 1–6.
- Huber, Meghan, Bryan Rabin, e Ciprian Docan. 2008. "PlayStation 3-based tele-rehabilitation for children with hemiplegia". *Virtual ...*: 105–12. [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=4625145](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4625145) (24 de novembro de 2014).
- Jung, Sun-hye et al. 2018. "Does virtual reality training using the Xbox Kinect have a positive effect on physical functioning in children with spastic cerebral palsy ? A case series". 11: 95–101.
- Karim, Helmet et al. 2012. "Gait & Posture Functional near-infrared spectroscopy ( fNIRS ) of brain function during active balancing using a video game system". *Gait & Posture* 35(3): 367–72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.10.007>.
- Kleiner, Ana, e Politecnico Milano. 2015. "Context-Dependency of Mobility in Children and Adolescents With Cerebral Palsy : Optimal and Natural Environments Context-Dependency of Mobility in Children and Adolescents With Cerebral Palsy : Optimal and Natural Environments". (March 2016).
- Lim, Hyungwon. 2014. "Effect of the Modulation of Optic Flow Speed on Gait Parameters in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy". *Journal of Physical Therapy Science* 26(1): 145–48. <http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/jpts/26.145?lang=en&from=CrossRef&type=abstract>.
- Malone, Ailish et al. 2015. "Gait & Posture Do children with cerebral palsy change their gait when walking over uneven ground?" *Gait & Posture* 41(2): 716–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.02.001>.
- de Mello Monteiro, Carlos Bandeira et al. 2014. "Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy." *Research in developmental disabilities* 35(10): 2430–37. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24981192> (24 de novembro de 2014).
- Melo, Patrícia S et al. 2009. "Comparação da oscilação postural estática na posição sentada entre jovens e idosos saudáveis Comparing static sitting postural sway of healthy young and older adults". *Revista Brasileira de Fisioterapia* 13(6): 549–54.
- Mergner, T, G Schweigart, C Maurer, e A Blu. 2005. "Human postural responses to motion of real and virtual visual environments under different support base conditions". *Exp Brain Res* 167: 535–56.
- Mochizuki, L. et al. 1999. "EFFECTS OF DIFFERENT BASES OF SUPPORT ON POSTURAL SWAY". *Congresso Mundial de Biomecânica*: 1–2.
- Page, Zoey E., Stephanie Barrington, Jacqueline Edwards, e Lisa M. Barnett. 2017. "Do active video games benefit the motor skill development of non-typically developing children and adolescents: A systematic review". *Journal of Science and Medicine in Sport* 20(12): 1087–1100. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.001>.

- Paillard, Thierry, e Frédéric Noé. 2015. “Techniques and Methods for Testing the Postural Function in Healthy and Pathological Subjects”. *BioMed Research International*.
- Palisano, Robert J; Peter Rosenbaum; Stefani Walker; Dianne Russel; Ellen Wood; Barbara Galuppi. 1997. “Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy”. *Developmental Medicine and Child Neurology* 39(2): 214–23.
- Pasma, Jantsje H, Y Bijlsma, D W Van Der Bij, e J Hans Arendzen. 2014. “Age-Related Differences in Quality of”. *Gerontology* 60: 306–14.
- Pavão, S, AN dos Santos, MH Woollacott, e NACF Rocha. 2013. “Assessment of postural control in children with cerebral palsy: A review”. *Research in Developmental Disabilities* 34(5): 1367–75.
- Pavão, Silvia, e Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha. 2017. “Sensory processing disorders in children with cerebral palsy”. *Infant Behavior and Development* 46(2017): 1–6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.infbeh.2016.10.007>.
- Pavão, Silvia Leticia, Joice Luiza Bruno Arnoni, Alyne Kalyane Câmara de Oliveira, e Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha. 2014. “[Impact of a virtual reality-based intervention on motor performance and balance of a child with cerebral palsy: a case study].” *Revista paulista de pediatria: órgão oficial da Sociedade de Pediatria de São Paulo* 32(4): 389–94. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0103058214000173>.
- Pavão, Silvia Leticia, Ana Carolina de Campos, e Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha. 2018. “Age-related Changes in Postural Sway During Sit- to-stand in Typical Children and Children with Cerebral Palsy”. 2895.
- Quinby, Janice M, e Alwyn Abraham. 2005. “Musculoskeletal problems in cerebral palsy”. *Current Paediatrics (2005)* 15: 9–14.
- Ravi, D. K., N. Kumar, e P. Singhi. 2017. “Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based systematic review”. *Physiotherapy (United Kingdom)* 103(3): 245–58.
- Rinaldi, Natalia Madalena, Paula Fávoro Polastri, e José Angelo Barela. 2009. “Neuroscience Letters Age-related changes in postural control sensory reweighting”. *Neuroscience Letters* 467: 225–29.
- Rose, Jessica et al. 2002. “Postural balance in children with cerebral palsy”. *Developmental Medicine and Child Neurology* 44(01): 58. <http://doi.wiley.com/10.1017/S0012162201001669>.
- Rosenbaum, Peter et al. 2007. “A report: the definition and classification of cerebral palsy”. *Developmental Medicine and Child Neurology* (April): 8–14.
- Sajan, Jane Elizabeth et al. 2017. “Wii-based interactive video games as a supplement to conventional therapy for rehabilitation of children with cerebral palsy: A pilot, randomized controlled trial”. *Developmental Neurorehabilitation* 20(6): 361–67. <http://dx.doi.org/10.1080/17518423.2016.1252970>.
- Saxena, Shikha, Bhamini K Rao, e Senthil Kumaran. 2014. “Analysis of Postural Stability in Children With Cerebral Palsy and Children With Typical Development: An Observational Study”. *Pediatric physical therapy*: 325–30.
- Schieppati, Marco, e Andrea Giordano. 2002. “Variability in a dynamic postural task attests ample

flexibility in balance control mechanisms”. : 200–210.

- Sharan, Deepak et al. 2012. “Virtual reality based therapy for post operative rehabilitation of children with cerebral palsy.” *Work (Reading, Mass.)* 41 Suppl 1: 3612–15. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22317271> (24 de novembro de 2014).
- Smith, Lucas R et al. 2011. “Hamstring contractures in children with spastic cerebral palsy result from a stiffer extracellular matrix and increased in vivo sarcomere length”. 10: 2625–39.
- Stackhouse, Carrie et al. 2006. “A comparison of postural control in typically developing children and children with cerebral palsy”. *Gait & Posture* 24S: 104–6.
- Tatla, Sandy K, Karen Sauve, Naznin Virji-babul Liisa, e Holsti Charlene. 2013. “Evidence for outcomes of motivational rehabilitation interventions for children and adolescents with cerebral palsy : an American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine systematic review”. : 593–601.
- Givon, U. 2009. “Muscle weakness in cerebral palsy.” *Acta Orthop Traumatol Turc* 43(2): 87–93.
- Viel, Erick. 2001. *Marcha humana, corrida e o salto*.
- Wang, Zheng, Peter M C Molenaar, e Karl M Newell. 2013. “The effects of foot position and orientation on inter - and intra - foot coordination in standing postures : a frequency domain PCA analysis”. *Exp Brain Res* 230: 15–27.
- Woollacott, Marjorie Hines, e Anne Shumway-cook. 2005. “Postural Dysfunction During Standing and Walking in Children with Cerebral Palsy : What Are the Underlying Problems and What New Therapies Might Improve Balance ?” *Neural Plasticity* 12(2): 211–19.

## **Estudo III**

### **Efeitos da realidade virtual na mobilidade funcional e parâmetros da marcha em crianças com paralisia cerebral: Ensaio clínico randomizado e controlado**

**Autores:** Joice Luiza Bruno Arnoni; Ana Francisca Rozin Kleiner; Ana Carolina de Campos; Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha.

**Instituição:** Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Fisioterapia, Setor de Neuropediatria. Rodovia Washington Luiz, Km 235, SP 310, 13565-905, São Carlos, SP.

\*Manuscrito a ser submetido ao periódico *NeuroRehabilitation and Neural Repair (A1)*.

## 1. Introdução

A Paralisia Cerebral (PC) é caracterizada por déficits na postura e no controle do movimento que limitam a participação da criança nas atividades da vida diária (Bax et al. 2005). O principal foco terapêutico nessa população é melhorar a mobilidade funcional, que é definida como a capacidade do indivíduo de deslocar-se eficientemente no domicílio, escola e comunidade (Graham et al., 2004). Quanto melhor a mobilidade funcional de uma criança, maior é o nível de sua participação social, engajamento e independência (Graham et al., 2004; Palisano et al., 2011; Kleiner et al., 2015). Assim, apesar do conhecimento de que cerca de 75% das crianças com PC deambulam (Armand e Decoulon, 2016), manter o controle dinâmico durante as atividades funcionais (ex. marcha) pode ser desafiador para essa população (Pavão et al., 2013), considerando os prejuízos neuromotores que apresentam (Brogren et al., 1998, Graaf-Peters et al., 2007).

Em especial, crianças com PC unilateral (Bax et al. 2005) frequentemente deambulam com alterações na realização dos movimentos (Armand & Decoulon, 2016). Os desvios frequentemente relatados incluem aumento da inclinação pélvica posterior (Sullivan et al. 2007; Graham et al., 2004), rotação pélvica interna excessiva no hemicorpo afetado (Sullivan et al. 2007; Kleiner et al., 2018; Park et al., 2006; Aminian et al., 2003) e queda pélvica contralateral (Metaxiotis et al. 2000). Essas alterações podem ocorrer como resultado de uma ou da combinação de variáveis como fraqueza muscular, deformidades esqueléticas, alterações do tônus muscular, padrões inadequados na sequência de ativação muscular, discrepância no comprimento dos membros inferiores e reflexos exacerbados (Armand & Decoulon, 2016). Todos esses fatores podem contribuir para a diminuição do equilíbrio dinâmico e o agravamento dos padrões atípicos nos parâmetros espaço-temporais na marcha (Kleiner et al., 2015).

Ferramentas de intervenção baseadas na Realidade Virtual (RV) são propostas como uma técnica promissora para minimizar os efeitos das deficiências neuromotores e musculoesqueléticas, bem como melhorar a capacidade de realizar atividades em crianças com PC (Chen et al., 2018; Hitchman et al., 2017). Tais ferramentas utilizam equipamentos eletrônicos que atuam como uma interface entre o mundo virtual e o físico, espelhando as atividades realizadas no ambiente físico para o virtual (Zoey et al., 2017), a partir da interação do indivíduo com o sistema (Sit, Lam e McKenzie, 2010). Estudos de revisão sistemática que investigaram a eficácia do uso da RV em crianças com PC mostraram efeitos positivos na capacidade de deambulação, controle postural avaliado por escalas clínicas (Chen et al., 2018), função de membros superiores como preensão palmar e alcance (Chen et al., 2018; Bonnechère et al., 2016) e condicionamento físico (Biddiss & Irwin, 2010).



Estudos recentes avaliaram o desempenho e capacidade de caminhar em crianças com PC após intervenção com RV não imersiva realizados no ambiente escolar (Luna-Oliva et al. 2013) e no ambiente terapêutico (Jung et al. 2018). Evidenciaram ganhos em equilíbrio dinâmico, como ao realizar atividades de saltar obstáculos, caminhar em linha reta utilizando-se o Gross Motor Function Measure (GMFM) (Arnoni et al, 2018, Luna-Oliva et al. 2013), bem como, aumento na mobilidade funcional, por meio do Timed Up & Go Test (TUG) (Jung e cols, 2018; Hsieh, 2018). No entanto, apesar de existir o interesse em avaliar a mobilidade funcional como medida de desfecho ao utilizar a RV não imersiva considerando resultados clínicos, ainda existem indagações, uma vez que um dos estudos apresentou uma amostra reduzida (série de estudo de casos) e não utilizou grupo controle para possíveis comparações (Jung et al., 2018). Além disso, o estudo que realizou uma intervenção intensiva em ambiente escolar não estratificou os níveis funcionais ou topográficos da PC (Hsieh, 2018), o que pode ser uma limitação importante na interpretação dos achados. Apenas dois estudos utilizaram o Xbox 360° Kinect durante as intervenções, avaliando a mobilidade funcional das crianças como desfecho clínico (Jung et al., 2018; Hsieh, 2018).

Portanto, ainda poucos estudos utilizaram o Xbox 360° Kinect™ durante intervenção em crianças com PC (Jung et al., 2018; Arnoni et al., 2018; Zoccolillo et al., 2015; Luna-Oliva et al. 2013). Ressalta-se a relevância desse equipamento de RV não-imersiva, uma vez que é um sistema de baixo custo, incentiva alto número de repetições de movimentos e pode ser adaptado segundo as necessidades do indivíduo (Zoccolillo et al., 2015). É controlado por movimentos corporais em um espaço tridimensional e não necessita de controles, realizando a interação por meio de um dispositivo de escaneamento corporal (Kinect) capaz de ler, capturar e reproduzir em tempo real os movimentos executados (Chang *et al.*, 2011), portanto, pode ser mais viável para o uso de crianças com PC, devido as frequentes limitações de membros superiores.

Além disso, não foi encontrado na literatura pesquisada estudos que tenham avaliado parâmetros espaço-temporais da marcha e movimentos pélvicos após um período de intervenção com o Xbox 360 Kinect™, considerando um treino específico em crianças com PC leve.

Em vista do exposto, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos de uma intervenção complementar sistematizada com RV não imersiva, na mobilidade funcional, e nos parâmetros espaço-temporais e angulares da pelve durante a marcha de crianças com PC unilateral. Além disso, verificar se variáveis espaço-temporais e angulares da pelve durante a marcha poderiam influenciar mudanças na mobilidade funcional após a intervenção proposta.

A hipótese do presente estudo é de que a terapia baseada em RV não imersiva seja capaz de melhorar a mobilidade funcional de crianças com PC, refletindo no controle e estabilização dos movimentos pélvicos e no controle dos parâmetros espaço-temporais da marcha.

As mudanças esperadas para a mobilidade funcional e parâmetros de marcha com este estudo apresentam relevância clínica, uma vez que a marcha é extensivamente realizada no dia-a-dia e foco da terapia clínica. Ganhos em mobilidade funcional podem favorecer a funcionalidade e participação social de crianças com PC (Graham et al., 2004; Palisano et al., 2011; Kleiner et al., 2015). Ainda, será possível fornecer subsídios quanto aos possíveis efeitos da RV utilizando uma ferramenta não imersiva e assim, embasar a indicação da mesma, como terapia complementar nos programas convencionais de reabilitação de crianças com PC.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

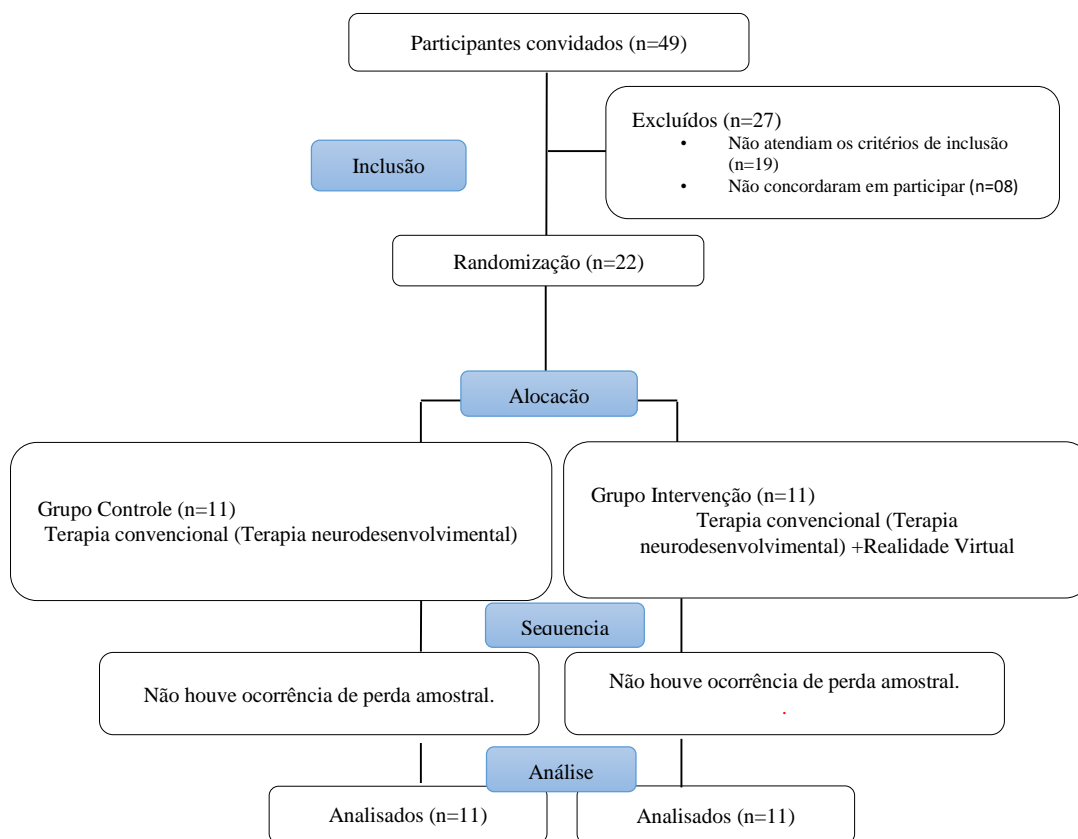
### **2.1 Design do estudo**

Refere-se a um estudo clínico prospectivo, randomizado e controlado, com objetivos clínicos. O protocolo do estudo seguiu os direcionamentos e normas estabelecidas pelo CONSORT (CONSORT, 2010 - [www.consort-statement.org](http://www.consort-statement.org).) e está registrado no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (RBR-3zty4w).

### **2.2 Participantes**

O cálculo amostral foi realizado considerando dois fatores independentes: entre os grupos (fator Grupo) e Intra-grupo (fator Tempo). O tamanho do efeito assumido foi de 0,8 com poder de 80%, que resultou na amostra de 24 crianças. Vinte e duas crianças com diagnóstico médico de Paralisia Cerebral unilateral, espástica de nível I do GMFCS aceitaram participar deste estudo, sendo 11 do sexo masculino e 11 do sexo feminino (grupo controle = 7 homens e 4 mulheres; grupo intervenção = 4 homens e 7 mulheres), com idades entre cinco e 12 anos.

Os participantes foram alocados aleatoriamente em dois grupos (controle e intervenção) usando um método de randomização simples. Para cada participante, a sequência de alocação foi gerada usando envelopes opacos. A sequência de alocação seguiu a ordem, grupo controle-grupo intervenção. Esse processo foi realizado por uma pessoa que não esteve envolvido no processo de recrutamento ou desenvolvimento do estudo, para garantir o cegamento da randomização. A Figura 1 mostra o diagrama de fluxo do recrutamento dos participantes.



**Figura 1.** Fluxograma do recrutamento e das fases do estudo.

Para esta pesquisa, as crianças com PC espástica unilateral foram selecionadas de acordo com os seguintes critérios de inclusão: (a) idades entre 5 e 12 anos; (b) capacidade de compreender comandos verbais simples e interagir com os jogos propostos; (c) capacidade de andar de forma independente em ambientes de rotina; (c) função motora classificada como nível I no Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS): que envolve caminhar sem limitações, mas com alguma dificuldade em velocidade, equilíbrio e coordenação em comparação com crianças típicas da mesma idade (Palisano et al., 1997). Os critérios de exclusão foram: (a) encurtamento muscular, dor ou desconforto que impediu a realização dos protocolos; (b) aplicação de bloqueios neuroquímicos, como a toxina botulínica, nos seis meses anteriores à entrada no estudo, ou; (c) cirurgias ortopédicas com menos de 1 ano de antecedência ao ingresso no estudo; (d) presença de déficits sensoriais (visual e / ou auditivo) que não fossem corrigidos por dispositivos específicos; (e) limitações cardiorrespiratórias de qualquer grau; (f) contato regular com consoles ativos como: Play Station 3, Nintendo Wii e X-Box 360 ° Kinect, a fim de eliminar qualquer influência do uso desses equipamentos na intervenção do presente estudo.

Os grupos controle e intervenção apresentaram características demográficas e clínicas semelhantes na linha de base (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características da amostra, demográficas e clínicas dos grupos intervenção e controle.

Variáveis	Intervenção (n = 11)	Controle (n = 11)	p valor
Sexo, meninos (%)	36.3%	46.6%	-
Idade (meses)	102.9±28.87	99±25.26	.739
Altura (cm)	132.45±13.47	129.18±14.78	.593
Peso (kg)	28.01±9.23	27.01±8.71	.797
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	15.46±2.63	15.65±2.04	.848

NOTA. Valores para média e desvio padrão ( $\pm$ ), exceto para sexo (porcentagem). O teste estatístico aplicado considerou a distribuição dos dados, sendo o Teste t ou Mann-Whitney, exceto para sexo. Abreviações: IMC, índice de massa corporal; Kg, quilogramas; Cm, centímetros.

O estudo recebeu aprovação do comitê de ética em pesquisa em humanos da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil (CAAE: 72770817.5.0000.5504 e número de protocolo: 2.353.422). As crianças foram formalmente incluídas após os pais/responsáveis assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e após o assentimento verbal adquirido por cada criança, antes de sua inclusão no estudo. Esse procedimento seguiu as normas da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e em conformidade com a Declaração de Helsinque e as Diretrizes de Boas Práticas Clínicas (1964).

Como critério de descontinuidade, foram considerados os casos de crianças que faltassem mais de três vezes durante o período de intervenção intervenção sem justificativa ou aviso prévio. Crianças que faltaram uma ou duas vezes, realizaram reposição do atendimento. Nenhuma criança necessitou ser descontinuada.

### 2.3 Equipamentos

Os registros antropométricos de peso e altura das crianças foram obtidos por meio de uma balança eletrônica digital (Wiso®) e um estadiômetro (Wiso®). Fita métrica foi utilizada para as medidas de comprimento real e aparente dos membros inferiores das crianças.

Um dispositivo de medida inercial foi utilizado para medir os parâmetros espaço-temporais e estimar a cinemática da pelve durante a caminhada dos participantes em terreno plano. Este dispositivo é composto por um acelerômetro triaxial de 16 bits/eixo com sensibilidade múltipla ( $\pm 2$ ,  $\pm 4$ ,  $\pm 8$  e  $\pm 16g$ ), magnetômetro triaxial de 13 bits ( $\pm 1200$  uT) e giroscópio triaxial de 16 bits/eixo com múltipla sensibilidade ( $\pm 250$ ,  $\pm 500$ ,  $\pm 1000$  e  $\pm 2000^\circ/s$ ). O sensor inercial foi validado por Baganè e cols (2014). O DPI (BTS G-WALK) possui hardware (BTS G-SENSOR) e software (BTS G-STUDIO) específicos para coleta e análise dos dados.

Para cronometragem do tempo de intervenção foi utilizado um Cronômetro digital (Mondaine®. Uma TV da marca SEMP de 32 polegadas, sincronizada ao console X-Box 360° - Kinect™ (Microsoft, 2005), foram usados para a intervenção.

Imagens foram gravadas para que possíveis dúvidas qualitativas fossem sanadas, utilizando uma câmera da marca Sony HDR-XR150 (FAPESP 2011/50922-6) com 30 Hz de frequência de aquisição, acoplada a um tripé (FAPESP 2009/08004-0).

## **2.4 Procedimentos gerais**

O estudo foi realizado entre março 2015 e dezembro de 2017 e os participantes do estudo foram recrutados e avaliados na comunidade e em centros de reabilitação pediátrica da cidade de São Carlos e micro região no interior de São Paulo. As avaliações foram realizadas em duas ocasiões: pré-intervenção e após 16 sessões de treinamento (pós-intervenção).

## **2.5 Procedimentos de teste**

### **2.5.1 Teste Timed Up and Go (TUG):**

Para realizar o TUG, os participantes começaram sentados em uma cadeira com apoio nas costas. A partir desta posição, todos foram instruídos a se levantar ao ouvir a mensagem “Vai”, andar a uma distância de 3 metros à frente da cadeira, onde um cone foi usado como ponto de referência, virar, caminhar de volta para a cadeira e sentar-se o mais rápido possível, com segurança e sem correr. Quando houve falha, como correr por exemplo, o teste foi imediatamente interrompido e repetido após 5 minutos de intervalo. O tempo em segundos para realizar o teste foi quantificado por um cronômetro (Iatridou & Dionyssiotis, 2013). Esta duração é referida no restante do manuscrito como a variável TUG.

### 2.5.2 Parâmetros espaço-temporais da marcha e movimentos pélvicos:

Para a coleta de dados da marcha, as crianças foram instruídas a caminhar ao longo de 7 metros em seu ritmo normal (velocidade auto-selecionada). O dispositivo BTS G-SENSOR foi preso à cintura do participante com uma cinta semi-elástica na altura das vértebras L4-L5, sempre por um mesmo profissional fisioterapeuta, treinado para isso. O movimento foi capturado em uma frequência de amostragem de 100 Hz. Os dados do acelerômetro e do giroscópio foram transmitidos via Bluetooth para um computador e processados usando o programa de *software* específico (BTS G-STUDIO, versão: 2.6.12.0).

A partir dos sinais de aceleração coletados foram obtidos os seguintes parâmetros espaço-temporais da marcha: cadência [passos por minuto], velocidade [metros/segundo], comprimento da passada [metro], tempo da passada [segundos], fase de apoio [% do ciclo] e fase de balanço [% do ciclo] (Buganè et al., 2012).

A partir dos sinais do giroscópio coletados foram estimados os ângulos pélvicos nos três planos anatômicos, que são inclinação (plano sagital), obliquidade (plano frontal) e rotação (plano transversal) (Buganè et al., 2014). Assim, foram computadas as seguintes variáveis:

- a) Amplitude de movimento (ADM) da inclinação pélvica [°];
- b) Inclinação pélvica anterior/ anteversão [°], determinado por valores positivos;
- c) Inclinação pélvica posterior/retroversão [°], determinado por valores negativos;
- d) ADM da obliquidade pélvica [°];
- e) Obliquidade pélvica superior [°], determinada por valores positivos;
- f) Obliquidade pélvica inferior [°], determinada por valores negativos;
- g) ADM da rotação pélvica [°];
- h) Rotação pélvica interna [°], determinado por valores positivos;
- i) Rotação pélvica externa [°] por valores negativos.

## 2.6 Procedimentos de Intervenção

Todos os detalhes da intervenção podem ser encontrados nos itens 2.7 no manuscrito II dessa tese.

### 3. Análise estatística

O teste de Shapiro-Wilk, o teste de Mauchly e a estatística de Levene foram usados para testar a normalidade dos dados, a esfericidade e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. A estatística paramétrica foi aplicada por meio do teste ANOVA two-way para medidas repetidas, visando comparar os efeitos principais dentre sujeitos (tempo de intervenção- PRE e PÓS) e entre sujeitos (Grupo Controle e Intervenção) e possíveis interações para todas as variáveis dependentes (TUG, variáveis espaço-temporais da marcha e ângulos do movimento pélvico). Os ajustes de Bonferroni foram aplicados para corrigir para múltiplos resultados. O poder da análise e o valor do eta quadrado parcial ( $\eta^2$  parcial) foi calculado para verificar a relevância prática dos principais efeitos e interações. Como proposto por Richardson (2011), valores parciais de  $\eta^2 > 0,01$  foram categorizados como baixos,  $> 0,06$  médios e  $> 0,14$  altos.

Foi analisada também a variação percentual (% de mudança) ( $[(PÓS-PRÉ)/PRÉ*100]$ ) para todas as variáveis (TUG, espaço-temporal e ângulos do movimento pélvico) pelo teste t independente para dados paramétricos.

Os resultados foram apresentados como médias e intervalos de confiança (limite inferior, limite superior). O teste de Cohen testou a relevância prática dos resultados da variação percentual, em que um valor de 0,2 foi considerado um efeito pequeno, um valor de 0,5 um efeito médio e um valor de 0,8 um efeito grande (Cohen, 1988).

A regressão múltipla do tipo *stepwise* foi utilizada para predizer a influência da variação percentual dos parâmetros espaço-temporais e ângulos pélvicos (variáveis preditivas) na variação percentual do TUG (variável resposta). O modelo atuou considerando encontrar quais variáveis poderiam influenciar na mudança do TUG após a intervenção com RV na marcha das crianças participantes do estudo.

O IBM SPSS *Statistics* (versão 24) foi utilizado para as análises e os dados foram considerados estatisticamente significativos quando  $\alpha < 0,05$  para um teste bicaudal.

## 4 RESULTADOS

Quanto às variáveis espaço-temporais, constatou-se efeito principal dentre sujeitos (pré e pós intervenção) para as variáveis TUG ( $F_{1,20}=12.778$ ;  $p=0.002$ ), velocidade ( $F_{1,20}= 14.277$ ;  $p= 0.001$ ) e

comprimento da passada ( $F_{1,20}=11.862$ ;  $p=0.003$ ). Constatou-se redução do tempo do TUG, aumento da velocidade e do comprimento da passada no período pós-intervenção. Constatou-se ausência de efeitos entre sujeitos (grupo intervenção e controle) para todas as variáveis dependentes analisadas.

Os efeitos de interação entre o fator grupo (controle e intervenção) e fator tempo (pré e pós intervenção) foram significativos para o TUG ( $F_{1,20}=13.987$ ;  $p=0.001$ ), tempo da passada ( $F_{1,20}=6.048$ ;  $p=0.02$ ) e cadência ( $F_{1,20}=4.668$ ;  $p=0.04$ ). O tempo do TUG e o tempo de passada diminuíram no GI quando comparados com o GC após intervenção. Houve aumento da cadência para o GI no período pós-intervenção. Para o TUG, o tempo da passada e a cadência, o valor do eta parcial ( $\eta^2$ ) mostra alta relevância (Tabela 2).

Quanto ao percentual de mudanças entre os períodos pré e pós-intervenção, o grupo intervenção diminuiu o tempo do TUG em 22,11% ( $t_{20}=3.825$ ;  $p=0.001$ ) e o tempo da passada em 17,84% ( $t_{20}=2.567$ ;  $p=.018$ ) e houve aumento na cadência em 9,89% ( $t_{20}=-2.187$ ;  $p=.041$ ). De acordo com o teste d de Cohen, esses resultados apontam confiança na magnitude das diferenças encontradas (ver Tabela 2).

Para os ângulos pélvicos, constatou-se ausência de efeitos principais dentre sujeitos (pré e pós intervenção) para todas as variáveis dependentes: inclinação anterior da pelve ( $F_{1,42}=1.826$ ;  $p=0.18$ ); inclinação posterior da pelve ( $F_{1,42}=2.426$ ;  $p=0.12$ ); ADM da inclinação pélvica ( $F_{1,42}=1.168$ ;  $p=0.68$ ); obliquidade superior ( $F_{1,42}=0.589$ ;  $p=0.44$ ); obliquidade inferior ( $F_{1,42}=0.291$ ;  $p=0.59$ ); ADM da obliquidade ( $F_{1,42}=0.212$ ;  $p=0.11$ ), rotação pélvica interna ( $F_{1,42}=0.212$ ;  $p=0.64$ ), rotação pélvica externa ( $F_{1,42}=1.027$ ;  $p=0.31$ ) e ADM da rotação pélvica ( $F_{1,42}=1.071$ ;  $p=0.30$ ).

Constatou-se efeitos principais entre sujeitos (grupo controle e intervenção) para a variável rotação pélvica interna ( $F_{1,42}=5.740$ ;  $p=0.02$ ), rotação pélvica externa ( $F_{1,42}=6.975$ ;  $p=0.01$ ) e ADM da rotação pélvica ( $F_{1,42}=11.174$ ;  $p=0.002$ ), em que o grupo intervenção apresentou menor rotação pélvica interna, externa e ADM de rotação (menor variação) do que o grupo controle.

Os efeitos de interação dentre sujeitos (pré e pós intervenção) e entre sujeitos (controle e intervenção) foi significativo somente para a inclinação pélvica posterior/retroversão ( $F_{1,44}=6.013$ ;  $p=0.01$ ). Houve diminuição da retroversão pélvica após a intervenção apenas no grupo intervenção, a Tabela 3 ilustra esses resultados. A Figura 2 retrata a média e desvio padrão dos indivíduos dos grupos controle e intervenção separadamente, para as variáveis da angulação pélvica com objetivo de ilustrar as mudanças encontradas.



Não foram observadas alterações para os demais ângulos pélvicos no grupo controle após a intervenção (Figuras 2). O valor parcial de  $\eta^2$  mostra alta relevância deste efeito para a retroversão, inclinação pélvica e ADM da rotação pélvica no grupo intervenção. Finalmente, ao avaliar o percentual de mudanças da linha de base para o pós-intervenção de ambos os grupos, o grupo intervenção teve um percentual de mudança maior (21,18%) do que o controle (17,25%) para a diminuição da inclinação pélvica posterior/retroversão ( $t_{20} = -2,278$ ;  $p = 0,028$ ). De acordo com o d de Cohen, o resultado do percentil de mudança indica baixa confiança na magnitude das diferenças encontradas (ver Tabela 3).

O modelo de regressão linear múltipla apontou duas equações significativas. A primeira evidenciou que a diminuição da ADM da rotação pélvica explica 51% da redução do tempo do TUG ( $F_{1,8} = 9.328$ ;  $p=.018$ /  $R^2 = .51$ ). A segunda equação indicou que a diminuição da ADM de rotação pélvica e diminuição do tempo da passada explicam 72,1% da diminuição do tempo do TUG. ( $F_{2,6} = 11.320$ ;  $p=.009$ /  $R^2 = .721$ ).

**Tabela 2.** Resultados descritivos e estatísticos para efeito de Grupo, efeito de Tempo e interações Grupo e Tempo para as variáveis espaço temporais da marcha e mobilidade funcional nos grupos controle e intervenção.

VARIÁVEIS	Grupo						Tempo				Interação				% Mudança M IC95%	d de Cohen		
	Controle M [IC 95%]	Intervenção M [IC 95%]	F (1,20)	p	η <sup>2</sup>	PW	Pré M [IC 95%]	Pós M [IC 95%]	F (1,21)	p	η <sup>2</sup>	PW	F (1,20)	p			η <sup>2</sup>	PW
TUG [S]	9,37 [7,67- 9,08]	8,55 [7,85- 9,25]	0,137	0,71	0,007	0,06	9,04 [8,29- 9,79]	7,88 [7,47- 8,29]	12,778	0,002*	0,390	0,92	13,987	0,001*Δ	0,41	0,94	C=2.51[8.02/13.04] I=-22.31[-32.22/- 12.40]●	1,63
CADENCIA [PASSOS/MIN]	131,25 [125,09- 137,41]	128,32 [122,16- 134,49]	0,267	0,61	0,013	0,07	128,68 [122,10- 135,26]	130,89 [125,01- 136,78]	0,267	0,61	0,013	0,07	4,668	0,04*Δ	0,189	0,53	C=-3.62 14.60/7.34 I=9.89 [1.56/18.22] ●	[- 0,94
VELOCIDADE [M/S]	0,79 [0,68- 0,90]	0,80 [0,69- 0,90]	0,005	0,94	0,001	0,05	0,71 [0,62- 0,80]	0,88 [0,79- 0,97]	14,277	0,001*	0,410	0,94	0,559	0,46	0,027	0,11	C=27.56 [2.41/52.70] I=34.37 [14.26/54.48]	0,17
COMPRIMENTO DA PASSADA [M]	0,75 [0,67- 0,83]	0,73 [0,65- 0,81]	0,193	0,66	0,010	0,07	0,67 [0,59- 0,75]	0,81 [0,75- 0,86]	11,862	0,003*	0,372	0,90	1,300	0,26	0,061	0,19	C=7.02 4.13/18.18 I=-7.83 [-14.31/- 1.36]	[- 0,54
TEMPO DA PASSADA [S]	0,95 [0,91- 0,99]	0,96 [0,91- 1,00]	0,090	0,76	0,004	0,05	0,96 [0,92- 1,01]	0,95 [0,91- 0,99]	0,301	0,59	0,015	0,08	6,048	0,02*Δ	0,232	0,64	C=36.47 [8.73/64.21] I=17.84 [.26/35.96]●	1,13 [-
APOIO [%]	68,24 [66,30- 70,18]	67,64 [65,70- 69,58]	2,904	0,10	0,127	0,36	67,93 [66,37- 69,48]	67,95 [66,42- 69,49]	0,001	0,97	0,001	0,05	2,904	0,10	0,127	0,36	C=1.84 [-.97/4.66] I=-1.56 [-5.06/1.94]	0,72

BALANÇO [%]	32,37	32,36	0,001	0,99	0,001	0,05	32,07	32,65	0,366	0,55	0,018	0,08	0,311	0,58	0,015	0,08	C=1.19 10.92/13.32]	[- 0,08
	[30,52- 34,25]	[30,51- 34,22]					[30,52- 33,63]	[30,93- 34,38]									I=4.10 3.83/12.04]	[-

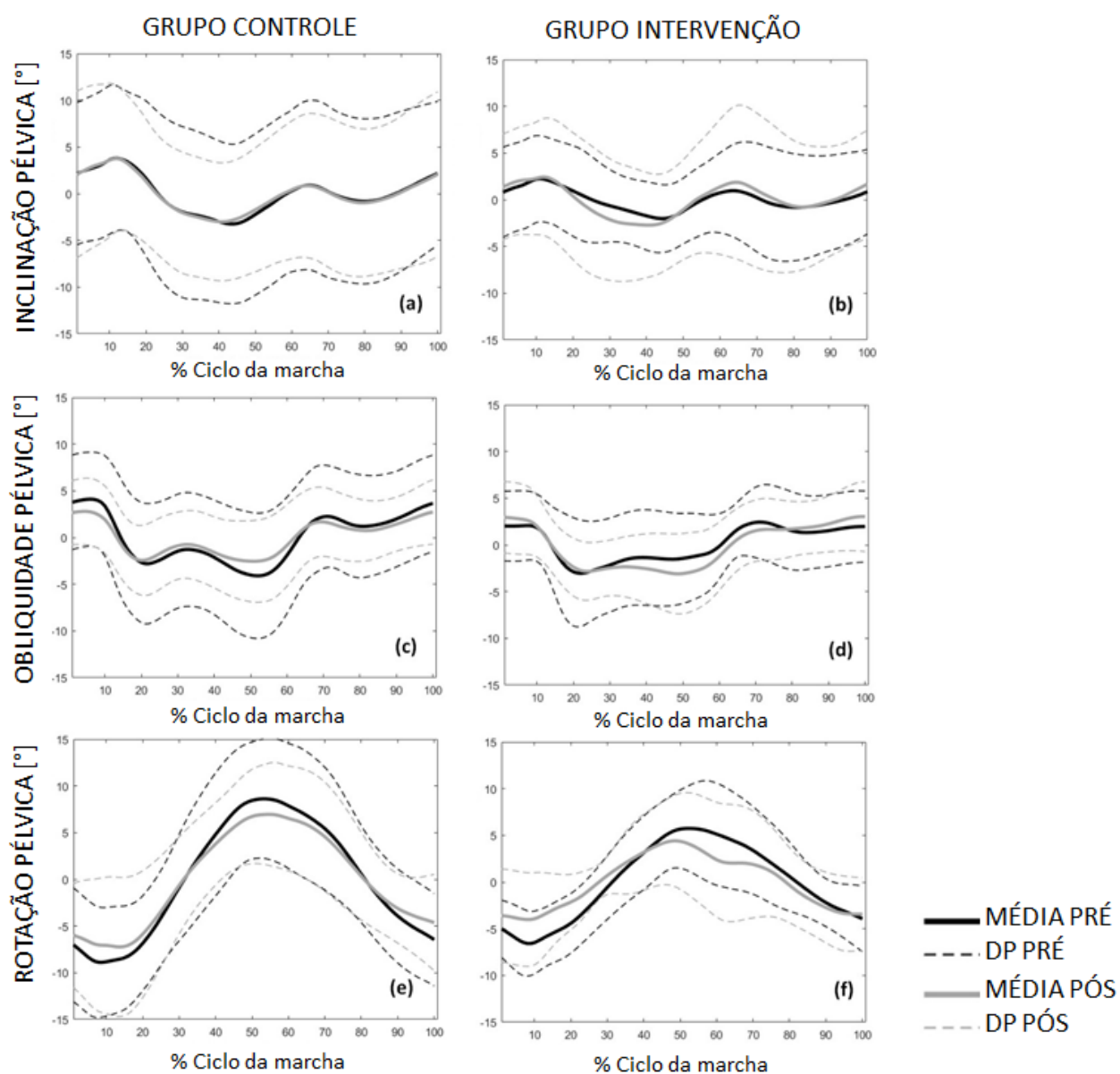
**NOTA:** Média e IC, Intervalos de confiança. **Abreviações:** TUG, Teste Timed Up and Go; Apoio, Fase de apoio; Balanço, fase de balanço, PWR, poder; I, intervenção; C, controle. Nível de significância  $p < 0,05$  \*. Efeito da interação Grupo\*Tempo =  $\Delta$ . Diferença entre os grupos ●

**Tabela 3.** Resultados descritivos e estatísticos para efeito de Grupo, efeito de Tempo e interações Grupo e Tempo para as variáveis angulares da pelve nos grupos controle e intervenção.

VARIÁVEIS	Grupo						Tempo						Interação				% Mudança	d de Cohen	
	Controle M [IC 95%]	Intervenção M [IC 95%]	F (1,42)	p	$\eta^2$	PW	Pré M [IC 95%]	Pós M [IC 95%]	F (1,42)	p	$\eta^2$	PW	F (1,42)	p	$\eta^2$	PW			
INCLINAÇÃO ANTERIOR/ANTEVERSÃO [°]	28,18 [26,08-30,27]	26,23 [23,60-28,86]	1,364	0,24	0,031	0,20	26,29 [24,03-28,55]	28,11 [26,05-30,17]	1,826	0,18	0,042	0,26	0,359	0,06	0,079	0,45	C=10,06 [-8,05/28,18] I=13,43[-5,96/32,84]	-	-0,03
INCLINAÇÃO POSTERIOR/RETROVERSÃO [°]	19,44 [17,57-21,30]	18,41 [16,07-20,75]	0,482	0,49	0,001	0,10	17,90 [15,89-19,91]	19,95 [17,96-21,93]	2,426	0,12	0,050	0,33	6,013	0,01* $\Delta$	0,128	0,66	C=17,25 [-3,80/38,32] I=21,18 [-7,72/50,09]•	-	-0,04
ADM DA INCLINAÇÃO PÉLVICA [°]	8,37[7,90-9,57]	7,82 [6,77-8,86]	1,193	0,17	0,004	0,27	8,39 [7,56-9,21]	8,16 [7,26-9,07]	0,168	0,68	0,040	0,06	1,487	0,23	0,034	0,22	C=,55 [-22,07/23,17] I=3,09 [-29,52/35,71]	-	-0,04
OBLIQUIDADE SUPERIOR [°]	4,48 [3,26-5,70]	4,08 [2,55-5,61]	0,171	0,68	0,004	0,06	4,62 [3,13-6,10]	3,93 [2,78-5,09]	0,589	0,44	0,010	0,11	0,046	0,83	0,001	0,04	C=-15,07 [-49,79/19,65] I=-20,03 [-53,43/13,36]	-	0,12
OBLIQUIDADE INFERIOR [°]	-4,48 [-5,75/-3,21]	-4,01 [-5,60/-2,42]	0,217	0,64	0,005	0,07	-4,47 [-5,94/-2,99]	-4,03 [-5,15/-2,90]	0,291	0,59	0,007	0,08	0,011	0,91	0,001	0,05	C=-29,51 [-55,96/-3,07] I=-11,54 [-45,27/22,18]	-	0,52
ADM DA OBLIQUIDADE [°]	8,96 [8,12-9,80]	8,09 [7,04-9,14]	1,701	0,19	0,039	0,24	9,09 [8,06-10,11]	7,06 [7,04-8,89]	2,588	0,11	0,058	0,34	0,023	0,88	0,001	0,05	C=-16,88 [-33,05/-,70]	-	0,07

																		I=-18,71 [-44,20/6,77]	
ROTAÇÃO PÉLVICA INTERNA [°]	9,74 [8,43-11,06]	7,23 [5,58-8,89]	5,742	0,02*	0,120	0,64	8,71 [7,10-10,33]	8,27 [7,02-9,51]	0,212	0,64	0,005	0,07	0,168	0,68	0,004	0,06		C=-17,99 [-37,22/1,23]	-0,11
																		I=-13,78 [-62,45/34,89]	
ROTAÇÃO PÉLVICA EXTERNA [°]	-9,41 [-10,73/-8,09]	-6,64 [-8,29/-4,98]	6,975	0,01*	0,142	0,73	-8,53 [-10,14/-6,92]	-7,51 [-8,81/-6,21]	1,027	0,31	0,002	0,16	0,512	0,47	0,012	0,10		C=10,90 [-24,41/46,21]	0,70
																		I=-17,11 [-71,15/36,91]	
ADM DA ROTAÇÃO [°]	19,16 [17,17-21,14]	13,88 [11,38-16,37]	11,174	0,002*	0,210	0,90	17,25 [15,05-19,44]	15,78 [13,07-17,87]	1,071	0,30	0,025	0,17	0,062	0,43	0,015	0,12		C=-9,6 [-25,18/5,84]	0,19
																		I=-16,48 [-66,06/33,09]	

**NOTA:** Média e IC, Intervalos de confiança. **Abreviações:** TUG, Teste Timed Up and Go; Apoio, Fase de apoio; Balanço, fase de balanço, PWR, poder; I, intervenção; C, controle. Nível de significância  $p < 0,05$  \*. Efeito da interação Grupo\*Tempo =  $\Delta$ . Diferença entre os grupos ●



**Figura 2.** Ângulos médios da pelve adquiridos pelo sinal do giroscópio nos três planos de movimento: Inclinação (plano sagital – 2a – Grupo Controle; 2b – Grupo Intervenção), Oblivuidade (plano frontal – 2c – Grupo Controle; 2d – Grupo Intervenção) e rotação (plano transversal – 2e – Grupo Controle; 2f – Grupo Intervenção)

## 5. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da RV não imersiva na mobilidade funcional e marcha de crianças com PC unilateral de comprometimento motor leve. Os resultados encontrados estão de acordo com a hipótese gerada, de que após 16 sessões de RV não imersiva haveria mudanças na mobilidade funcional, refletida por redução no tempo de execução do TUG e mudanças nas variáveis espaço temporais e angulares da pelve durante a marcha.

A redução no tempo para realizar o TUG no grupo intervenção corrobora com estudos anteriores, uma vez que maior rapidez para realizar o teste foi encontrada após múltiplas sessões de RV não imersiva em crianças com PC espástica de diversas topografias (Jung et al., 2018; Hsieh et al., 2018). Possivelmente, as melhorias encontradas no grupo intervenção surgiram da combinação de treinamento orientado à tarefa, de movimentos rápidos realizados com grande fluxo de repetições, ambiente enriquecido (Hickman et al., 2017) e devido a somação de efeitos da terapia convencional complementada pela RV não imersiva (Bonnechere et al., 2016).

O grupo que realizou intervenção com RV também apresentou melhora clínica significativa, evidenciada pelo percentil de mudança, apontando a redução em cerca de 22,21% no tempo para completar o teste TUG. A melhora estatística e clínica identificadas no desempenho do TUG, pode estar relacionada a melhores resultados funcionais e capacidade aeróbia das crianças (Howcroft, Klejman & Fehlings, 2012). Mesmo considerando que a aptidão física das crianças não foi o foco principal desse estudo, a mesma foi trabalhada durante a intervenção, uma vez que as crianças tiveram que realizar os movimentos o mais rápido possível para obter o melhor resultado nos jogos que envolviam corrida estacionária.

Todos os jogos com RV treinavam corrida estacionária, seguida ou não de salto e arremesso de dardo, com uma média de 30 a 40 passos em cada tentativa do jogo e cada jogo foi repetido aproximadamente 10 vezes a cada sessão. Quando o indivíduo corre, o controle locomotor passa a ser executado em grande parte pelos geradores de padrões centrais (GPC), que geram maior ativação neuronal na medula espinhal em região lombossacral (Perry, 2005). No caso de crianças com PC, o controle medular rítmico e fluente para os movimentos durante a corrida pode ajudar no desempenho e na execução dessa atividade, pois estruturas cerebrais prejudicadas pela lesão central passam a ser

menos dominantes (Kratshmer et al., 2019). Assim, pode-se inferir que o treino de corrida estacionária mediado por RV realizado no presente estudo, pode ter favorecido a ativação de GPC e então, melhorado os componentes temporais da marcha. Ressalta-se outras mudanças importantes nos parâmetros espaço-temporais da marcha após a intervenção, tais como, aumento na velocidade e no comprimento da passada. Além disso, houve redução do tempo da passada e aumento da cadência para o grupo intervenção, no período pós-intervenção. Os resultados de mudança percentual ainda revelam redução no tempo da passada de 17,84% e aumento da cadência em 9,89%, indicando melhora no desempenho da marcha nas crianças que realizaram intervenção com RV não imersiva.

Sabe-se que crianças com PC unilateral espástica realizam a marcha em menor velocidade e com menor número de passos (cadência), em relação ao seus pares típicos (Jerônimo et al., 2007). Assim, o treino realizado no presente estudo favoreceu mudanças relevantes nos componentes espaço-temporais da marcha, fazendo com que as crianças fossem mais rápidas, realizando maior número de passos e esses sendo mais longos. Esses achados pós-intervenção com RV são consistentes com a literatura, sendo destacado que a melhora na cadência, reflete na melhora da velocidade da marcha (Boone et al., 2016), e que essas crianças podem usar a estratégia de aumento no número de passos (cadência) para caminhar em maior velocidade (Abel & Damiano, 1996).

O grupo intervenção apresentou mudanças nos parâmetros angulares da pelve, tais como diminuição na rotação pélvica externa, interna e na variação da rotação pélvica. Rotações pélvicas excessivas, em qualquer direção, afetam a biomecânica, a absorção e geração de força dos membros inferiores (Rethlefsen & Kay, 2013; Perry, 2005) e a estabilidade do tronco durante a marcha (Nunes et al., 2016). A rotação da pelve é uma estratégia usada frequentemente para reduzir a discrepância na assimetria corporal presente em crianças com PC unilateral durante a marcha (Kratshmer et al., 2019). Além disso, a rotação pélvica excessiva pode ser considerada uma estratégia realizada em crianças hemiplégicas para possibilitar um maior ângulo de progressão do passo, para compensar a rigidez comumente encontrada nos músculos da panturrilha, mais especificamente os músculos gastrocnêmio e sóleo (O'Sullivan et al., 2007). Assim, as mudanças observadas com o treino em RV não imersiva podem ter proporcionado um melhor alinhamento e estabilidade pélvica nessas crianças. Ressalta-se que o *feedback* visual e auditivo fornecido durante os jogos com RV não-imersivo incentiva a criança a repetir tarefas. Ainda, a projeção do corpo da criança na tela da TV por meio do avatar



pode favorecer a percepção de desvios em sua postura e eliciar correções no alinhamento corporal, reduzindo a rotação pélvica, na tentativa de melhorar seu desempenho no jogo. Desse forma, os resultados sustentam a afirmativa de que o treinamento com Xbox Kinect é capaz de fornecer estímulos relevantes, ajudando a criança com PC unilateral a reorganizar a ação motora a partir dos estímulos multissensoriais envolvidos na atividade me ambiente virtual.

Ainda, a redução da amplitude de movimento pélvico pode ter sido uma estratégia de congelamento dos graus de liberdade, levando os indivíduo a uma ação motora mais coordenada a menos variável (Haehl, Vardaxis & Ulrich, 2000). Assim, os resultados encontrados apontam que o treino com RV levou a um posicionamento mais neutro da pelve, facilitando a mecânica entre a coluna lombar e pelve, movimentos que comumente encontram-se comprometidos de alguma forma nessa população (Kiernan et al., 2016; Cunha et al., 2009).

Constatou-se também que a inclinação pélvica posterior (retroversão) foi reduzida no período pós-intervenção. Esse foi um resultado positivo, considerando que cerca de 30% dos casos de PC apresentam retroversão pélvica excessiva (Sullivan et al., 2007). A criança com PC tende a aumentar a retroversão pélvica durante a marcha, o que pode ser considerado uma estratégia para o avanço do membro inferior na fase de balanço, acontecendo frequentemente quando os flexores do quadril são fracos (Perry, 2005). Ressalta-se ainda que, o padrão atípico de marcha de crianças com PC é preponderante para intervenções cirúrgicas, exigindo considerável tempo de recuperação e gastos com saúde (O'Sullivan et al., 2007; Bell et al., 2002). Assim, resultados que indicam melhora no padrão da marcha em PC são de grande relevância para minimizar efeitos que possam futuramente levar a uma intervenção cirúrgica.

Ressalta-se ainda que, o padrão atípico de marcha de crianças com PC é um dos determinantes para a indicação de intervenções cirúrgicas, exigindo considerável tempo de recuperação e gastos com saúde (O'Sullivan et al., 2007; Bell et al., 2002). Assim, resultados que indicam melhora no padrão da marcha em PC são de grande relevância para minimizar efeitos que possam futuramente levar a uma intervenção cirúrgica.

A análise de regressão linear múltipla indicou que a diminuição do percentil de mudança na ADM da rotação pélvica e diminuição do tempo da passada explicam o melhor desempenho no teste TUG. As implicações clínicas deste resultado devem ser

destacadas, uma vez que mostra a influência de uma mudança no domínio de estrutura e função do corpo (posicionamento pélvico) e no domínio de atividade, como o desempenho da marcha. Assim, considerando que o movimento da pelve é complexo e intermedia a coordenação entre os membros inferiores e o tronco (Allardi, Leardini & Berti, 2013; Perry, 2005), mudanças em seus componentes influenciam a dinâmica da marcha. Assim, enquanto as crianças caminhavam ou corriam em ambiente virtual, realizavam movimentos médio-laterais e ântero-posteriores do corpo, guiados pela informação sensorial visual e auditiva do ambiente virtual. Essas atividades estimulam a descarga de peso adequada, movimentos alternados e dissociados dos membros inferiores enquanto trocam passos, saltam e agacham. Durante cada passada, a pelve se move assimetricamente conforme as fases de apoio e balanço, em todos os três planos de movimento (Perry, 2005). Portanto, a prática de atividades específicas no ambiente virtual não-imersivo pode ter organizado a relação entre o desempenho do TUG e a estabilização da amplitude de movimento pélvico.

### **LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Este estudo apresenta algumas limitações a saber: (a) não cegamento do avaliador; (b) ausência de avaliação de *follow-up* após a segunda avaliação, ou seja, depois de encerradas as intervenções; (c) ausências de dados cinemáticos em maior escala, como angulações do tronco e membros inferiores, para maiores esclarecimentos sobre as estratégias de movimentos adotadas.

### **6. CONCLUSÃO**

A reabilitação complementar à terapia convencional, baseada em RV não imersiva com Xbox 360° Kinect pode melhorar os parâmetros espaço temporais e angulares da pelve durante a marcha e favorecer a mobilidade funcional em crianças com PC unilateral de comprometimento leve.

## 7. REFERÊNCIAS

- Allard, P., Leardini, A., & Berti, L. (2013). Effect of Trunk Sagittal Attitude on Shoulder , Thorax and Pelvis Three-Dimensional Kinematics in Able-Bodied Subjects during Gait, *8*(10), 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077168>
- Aminian, A., Vankoski, S. J., Dias, L., & Novak, R. A. (2003). Spastic Hemiplegic Cerebral Palsy and the Femoral Derotation Osteotomy : Effect at the Pelvis and Hip in the Transverse Plane During Gait, *(9)*, 314–320.
- Armand, S., & Decoulon, G. (2016). Gait analysis in children with cerebral palsy, *1*(December). <https://doi.org/10.1302/2058-5241.1.000052>
- Arnoni, J. L. B., Verdério, B. N., Pinto, A. M. A., & Rocha, N. A. C. F. (2018). Efeito da intervenção com videogame ativo sobre o autoconceito, equilíbrio, desempenho motor e sucesso adaptativo de crianças com paralisia cerebral: estudo preliminar. *Fisioterapia e Pesquisa*, *25*(3), 294–302. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/17021825032018>
- Bax, M., Frép, D. M., Rosenbaum, P., Dan, B., Universitaire, H., Fabiola, R., ... Rosenbaum, P. (2005). Review Proposed definition and classification of cerebral palsy , April 2005 Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy, (April), 571–576.
- Biddis E, Irwin, J. (2010). Active Video Games to Promote Physical Activity in Children and Youth. *Arch Pediatr Adolesc Med*, *164*(7), 664–672.
- Bonnechère, B., Jansen, B., Omelina, L., & Van Sint Jan, S. (2016). The use of commercial video games in rehabilitation: A systematic review. *International Journal of Rehabilitation Research*, *39*(4), 277–290. <https://doi.org/10.1097/MRR.000000000000190>
- Boone, A. E., Foreman, M. H., & Engsberg, J. R. (2016). Development of a Novel Virtual Reality Gait Intervention. *Gait & Posture*. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.11.025>
- Bugané, F., Benedetti, M. G., Casadio, G., Attala, S., Biagi, F., Manca, M., & Leardini, A. (2012). Estimation of spatial-temporal gait parameters in level walking based on

- a single accelerometer: Validation on. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 108(1), 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2012.02.003>
- Chen, Yuping; Fanchiang, HsinChen D.; Howard, A. (2018). Effectiveness of Virtual Reality in Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Pediatric physical therapy*, 98, 63–77. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.1941.tb05452.x>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (N. L. E. A. Hillsdale, Org.) (2<sup>o</sup> ed).
- Cunha, A. B., Polido, G. J., Bella, G. P., Garbellini, D., Fornasari, C. A., & Carlos, S. (2009). Relação entre alinhamento postural e desempenho motor em crianças com paralisia cerebral Relationship between postural alignment and motor performance in children with cerebral palsy, 15(4), 22–27.
- Damiano D; Abel A. (1996). Relation of gait analysis to gross motor function in cerebral palsy. *Critical Reviews of Current Research*.
- Brogren, E. & Lindgren, A. (2001). Influence of two different sitting positions on postural adjustments in children with spastic diplegia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 534–546.
- Graaf-peters, V. B. De, Blauw-hospers, C. H., Dirks, T., Bakker, H., Bos, A. F., & Ã, M. H. (2007). Development of postural control in typically developing children and children with cerebral palsy: Possibilities for intervention?, 31, 1191–1200. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2007.04.008>
- Graham, H. K., Harvey, A., Rodda, J., Natrass, G. R., Pirpiris, M. (2004). The Functional Mobility Scale (FMS). *Journal of Paediatric Orthopedics*, 25, 514–520.
- Haehl, V., Vardaxis, V., & Ulrich, B. (2000). Learning to cruise: Bernstein ' s theory applied to skill acquisition during infancy. *Human movement Science*, 19, 685-715.
- Hickman, R., Dufek, J. S., Popescu, L., Manzanares, R., & Morris, B. (2017). Use of active video gaming in children with neuromotor dysfunction : a systematic review. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13464>
- Howcroft, J., Klejman, S., Fehlings, D., Wright, V., Zabjek, K., Andrysek, J., & Biddiss,

- E. (2012). Active video game play in children with cerebral palsy: Potential for physical activity promotion and rehabilitation therapies. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(8), 1448–1456. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.02.033>
- Hsieh, H. (2018). Effects of a Gaming Platform on Balance Training for Children With Cerebral Palsy, 1–6. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000521>
- Iatridou, G., & Dionyssiotis, Y. (2013). Reliability of balance evaluation in children with cerebral palsy. *Hippokratia*, 17(4), 303–306.
- Jeronimo, Silveira, Borges, Dini, D. (2007). Variáveis espaço-temporais da marcha de crianças com paralisia cerebral submetidas a eletroestimulação no músculo tibial anterior. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 11(4), 261–266.
- John T.E. Richardson. (2011). Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review*, 6, 135–147. Recuperado de [doi:10.1016/j.edurev.2010.12.001](https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.12.001)
- Jung, S., Song, S., Kim, S., Lee, K., & Lee, G. (2018). Does virtual reality training using the Xbox Kinect have a positive effect on physical functioning in children with spastic cerebral palsy? A case series, 11, 95–101. <https://doi.org/10.3233/PRM-160415>
- Katharine, B., Deluca, P. A., Bell, K. J., Sylvia, O., & Romness, M. J. (2002). Natural Progression of Gait in Children With Cerebral Palsy, 677–682. <https://doi.org/10.1097/01.BPO.0000023143.69745.A9>
- Kiernan, D., Malone, A., Brien, T. O., & Simms, C. K. (2016). Gait & Posture “ Children with cerebral palsy experience greater levels of loading at the low back during gait compared to healthy controls ”. *Gait & Posture*, 48, 249–255. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.06.004>
- Kleiner, A., & Milano, P. (2015). Context-Dependency of Mobility in Children and Adolescents With Cerebral Palsy : Optimal and Natural Environments Context-Dependency of Mobility in Children and Adolescents With Cerebral Palsy : Optimal and Natural Environments, (March 2016). <https://doi.org/10.1111/jppi.12139>

- Kleiner, A.F., R., Pagnussat, S., Pinto, C., Marchese, R. R., Salazar, P., & Galli, M. (2018). Automated Mechanical Peripheral Stimulation Effects on Gait Variability in Individuals With Parkinson Disease and Freezing of Gait: A Double-Blind, Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.05.009>
- Krätschmer, R., Böhm, H., & Döderlein, L. (2019). Gait & Posture Kinematic adaptation and changes in gait classification in running compared to walking in children with unilateral spastic cerebral palsy. *Gait & Posture*, *67*(September 2017), 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.09.031>
- Luna-Oliva, L., Ortiz-Gutiérrez, R. M., Cano-de la Cuerda, R., Piédrola, R. M., Alguacil-Diego, I. M., Sánchez-Camarero, C., & Martínez Culebras, M. D. C. (2013). Kinect Xbox 360 as a therapeutic modality for children with cerebral palsy in a school environment: a preliminary study. *NeuroRehabilitation*, *33*(4), 513–521. <https://doi.org/10.3233/NRE-131001>
- Metaxiotis, D., Accles, W., Siebel, A., & Doederlein, L. (2000). Hip deformities in walking patients with cerebral palsy, *11*, 86–91.
- Nunes, F., Severo, A., Rozin, A. F., Paula, A., Duarte, G., Oliveira, A. A. De, ... Souza, A. (2016). Research in Developmental Disabilities Different horse 's paces during hippotherapy on spatio-temporal parameters of gait in children with bilateral spastic cerebral palsy: A feasibility study. *Research in Developmental Disabilities*, *59*, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.07.015>
- Page, Z. E., Barrington, S., Edwards, J., & Barnett, L. M. (2017). Do active video games benefit the motor skill development of non-typically developing children and adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(12), 1087–1100. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.001>
- Palisano, R. J., Chiarello, L. A., Orlin, M., & Oeffinger, D. (2010). Determinants of intensity of participation in leisure and recreational activities by children with cerebral palsy. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2010.03819.x>
- Palisano, R. J. P. R. S. W. D. R. E. W. B. G. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy.

*Developmental Medicine and Child Neurology*, 39(2), 214–223.

Park, C. Il, Park, E. S., Kim, H. W., & Rha, D. (2006). Soft Tissue Surgery for Equinus Deformity in Spastic Hemiplegic Cerebral Palsy : Effects on Kinematic and Kinetic Parameters, *47*(5), 657–666.

Pavão, S. L., dos Santos, A. N., Woollacott, M. H., & Rocha, N. A. C. F. (2013). Assessment of postural control in children with cerebral palsy: A review. *Research in Developmental Disabilities*, *34*(5), 1367–1375. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.01.034>

Perry, J., & Burnfield, J. M. (2015). Gait analysis : Normal and Pathological Function, *304*(8), 2015.

Rethlefsen, S. A., & Kay, R. M. (2013). Transverse Plane Gait Problems in Children With Cerebral Palsy, *33*(4), 422–430.

Sit, C., Lam, J., & McKenzie, T. (2010). Direct observation of children’s preferences and activity levels during interactive and on-line electronic games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*, e135. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.10.280>

Sullivan, R. O., Walsh, M., Jenkinson, A., & Brien, T. O. (2007). Factors associated with pelvic retraction during gait in cerebral palsy, *25*, 425–431. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.05.004>

Zoccolillo L, Morelli D, Cincotti F, Muzzioli L, Gobbetti T, Paolucci S, I. M. (2015). Video-game based therapy performed by children with cerebral palsy: a cross-over randomized controlled trial and a cross-sectional quantitative measure of physical activity. *Eur J Phys Rehabil Med*, *51*(6), 669–676.

## **Estudo IV**

**Efeito da intervenção com videogame ativo sobre o autoconceito, equilíbrio, desempenho motor e sucesso adaptativo de crianças com paralisia cerebral: estudo preliminar**

**Autores:** Joice Luiza Bruno Arnoni; Bruna Nayara Verdério; Andressa Miliana Alves Pinto; Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha.

**Instituição:** Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Fisioterapia, Setor de Neuropediatria. Rodovia Washington Luiz, Km 235, SP 310, 13565-905, São Carlos, SP.

*\*Manuscrito publicado na Revista Fisioterapia & Pesquisa (B1).*



## 1. INTRODUÇÃO

Crianças com Paralisia Cerebral (PC) possuem alterações do movimento e postura (Colver et al., 2014) recorrentes da espasticidade e fraqueza muscular (Rosenbaum et al., 2007) que levam a manifestações clínicas secundárias como contraturas e encurtamentos musculares (Roque et al., 2012). Tais déficits são responsáveis por um dos sinais clínicos mais relevantes da PC, os déficits do equilíbrio (Smith et al., 2011). O equilíbrio deficitário gera desempenho inferior em habilidades como a marcha e atividades funcionais cotidianas, que podem resultar em restrições de participação social (Pavão et al., 2014).

As dificuldades enfrentadas por essas crianças para interagir com o ambiente físico podem impactar sua autoestima e autoconceito (Dewar et al., 2015). O autoconceito é definido como a percepção que a criança tem de si mesma em diferentes domínios (Russo et al., 2008) e a motivação trata-se de uma força psicológica que incentiva o indivíduo a atingir uma meta que seja desafiadora (Shields et al., 2006), ou seja, o motivo que leva o indivíduo à ação. A motivação é um modulador crítico da plasticidade neural funcional (Majnemer et al., 2010) e considerada um fator intrínseco determinante no aperfeiçoamento de habilidades motoras de crianças com PC (Tatla et al., 2013). Ziebell e cols (2009) verificaram que maior nível de comprometimento motor pode influenciar negativamente no autoconceito e auto estima em crianças com diplegia espástica, níveis de GMFCS I a III. Dessa forma, manter a criança motivada durante a reabilitação é um fator preponderante para resultados positivos, pois estas crianças possuem uma condição crônica que as levam a continuar por muito tempo no serviço de saúde (Majnemer et al., 2010).

Ferramentas tecnológicas de entretenimento, comercialmente disponíveis como os videogames ativos são capazes de treinar aspectos motores importantes dentro de um contexto motivador (Majnemer et al., 2010), pois esse tipo de reabilitação quando aplicada com continuidade e repetição, pode aperfeiçoar as habilidades motoras (Ziebell et al., 2009). Videogames ativos e jogos interativos são mídias eletrônicas que utilizam sensores de reconhecimento de gest, permitindo ao usuário controlar ativamente o ambiente virtual por meio de seus gestos e ações (Ziebell et al., 2009). Brincando sem se preocupar com os insucessos, a criança é capaz de treinar movimentos sistematicamente em um ambiente enriquecido e motivador (Sit et al., 2010), o que permite a sensação de autocontrole no ambiente virtual (Harris & Reid, 2005) além de vivenciar situações que

lhes poderiam ser restritas no ambiente físico (Reid, 2004). A melhora motora gerada pela utilização de um videogame ativo é embasada pela contextualização da tarefa proposta (Yalon-Chamovitz & Weiss, 2008), facilitando a transferência das atividades do contexto do ambiente virtual para as atividades funcionais no ambiente físico real (Monteiro et al., 2014). Estudos recentes têm evidenciado efeitos positivos da Realidade Virtual (RV) na função motora de crianças com PC após reabilitação com videogames ativos, como indicado pela revisão sistemática de Bonnechère e cols (2016).

Referentes aos domínios de motivação, interesse e oportunidade de participação em atividades, apenas um estudo piloto foi identificado na literatura pesquisada, realizado em crianças com PC e foi identificado que esses domínios tornam-se melhores após quatro semanas de intervenção com um sistema de RV ativo (Reid, 2002). Entretanto, Harris & Reid (2005) sugerem mais investigações a respeito do quão motivacional pode ser o contato de crianças com disfunções neuromotoras durante a reabilitação, com sistemas de RV.

Assim, nota-se que há poucos relatos na literatura que destacam os efeitos da utilização da RV sobre os domínios específicos do autoconceito em crianças com PC. Tais informações são relevantes, pois buscam entender a capacidade de adaptação dessa população à mudanças de contexto e como a motivação pode ser um modulador de desempenho motor otimizando resultados terapêuticos.

Em vista do exposto, o objetivo do presente estudo é verificar o efeito de um programa de intervenção terapêutica sistematizada, baseado em RV utilizando um videogame ativo não imersiva e jogos comercialmente disponíveis sobre o autoconceito, equilíbrio, desempenho motor e sucesso adaptativo de crianças com PC unilateral espásticas.

## **2. MÉTODOS**

O presente estudo foi de caráter longitudinal, de natureza aplicada, com objetivos clínicos. Participaram do estudo oito crianças de ambos os gêneros (7 meninos e 1 menina), faixa etária entre cinco e 14 anos ( $M=10,37\pm 3,29$ ), com diagnóstico médico de Paralisia Cerebral unilateral espástica e classificados entre os níveis I e II no *Gross Motor*

*Function Classification System* (GMFCS). Os participantes do estudo foram selecionados em locais específicos de assistência à criança especial em uma cidade do interior de São Paulo.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos local (CAAE: 15735313.5.0000.5504, parecer: 326.611).

Foram incluídas crianças com PC, capazes de compreender comandos verbais simples e interagir com os jogos. As crianças estavam nas faixas de peso e altura adequados para as idades (Riddifor-Harland et al., 2006). Os pais ou responsáveis foram informados sobre os objetivos do estudo e convidados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para participação no estudo, as crianças consentiram verbalmente a participação no estudo. A caracterização da amostra encontra-se na Tabela 1, a seguir.

**Tabela 1:** Caracterização dos participantes.

Indivíduos	Gênero	Massa(Kg)	Estatura (cm)	Idade	Topografia	GMFCS	Frequência à Terapia (%)
1	M	26,4	121,0	5	HD	I	80%
2	F	22,6	152,0	8	HD	I	90%
3	M	21,4	125,5	8	HE	I	80%
4	M	35,9	134,5	9	HD	I	100%
5	M	31,7	153,5	13	HD	I	84%
6	M	54,9	165,5	13	HD	I	73%
7	M	50,1	159,5	13	HD	II	89%
8	M	52,5	156,0	13	HD	II	90%
		36,94	145,93	10,37			85,7%
		(±13,75)	(±16,61)	(± 3,29)			(±8,7)

**Legenda:** Quilogramas (Kg), Centímetros (cm), Hemiparesia à direita (HD), Hemiparesia à esquerda (HE). GMFCS (*Gross Motor Function Classification System*) I: Crianças que podem deambular em ambientes domésticos e externos, subir e descer escadas sem usar apoio das mãos. Pode executar atividades usuais, como correr e pular. Tem a velocidade, equilíbrio e coordenação diminuídos. GMFCS II: A criança tem a capacidade de andar em ambientes fechados e ao ar livre, e subir escadas usando corrimão. Tem dificuldade com superfícies irregulares, inclinações ou em multidões. Tem apenas a capacidade mínima de correr ou pular. Frequência percentual à terapia durante período de intervenção com Realidade Virtual, calculada a partir do total de dias de terapia disponibilizados.

Não foram incluídas crianças que apresentassem (a) deformidades ósseas e/ou (b) encurtamentos musculares limitantes para as avaliações ou intervenção, (c) submetidas a cirurgias no último ano ou aplicação de bloqueio neuroquímico nos últimos seis meses, d) possuísssem déficits sensoriais (visual e/ou auditiva) não corrigidos por aparelho auditivo ou lentes, e) limitações cardiorrespiratórias de qualquer intensidade informadas pelos pais /responsáveis, f) crianças que utilizassem com frequência os consoles de vídeo game ativos, tais como: Play Station 3, Nintendo Wii e X-Box 360° Kinect, garantindo assim, a eliminação de influências de utilização desses equipamentos externamente ao estudo. Todos os critérios foram verificados previamente segundo informações colhidas dos pais/responsáveis.

## **2.1 Equipamentos e instrumentos de avaliação**

Para avaliação do autoconceito foi utilizada a Escala Infantil de Autoconceito Piers-Harris (*Piers- Harris Children's Self-Concept Scale*) (Veiga, 2006) que avalia os domínios: aspecto comportamental (AC), estado intelectual e escolar (EI), aparência física (AF), ansiedade (AN), popularidade (PO), satisfação e felicidade (SF). A pontuação pode ser 1 ou 0 a cada resposta, avaliando como a criança se sente a respeito de si mesma. Foi pontuado 1 caso a resposta fosse uma atitude positiva e 0 caso fosse uma atitude negativa. O escore final foi gerado pela soma em cada um dos domínios (Veiga, 2006), sendo considerado maior autoconceito quanto maior fosse a pontuação. A escala foi validada em português (Veiga, 2006) e apresentou elevada consistência interna (Alpha de Cronbach = 0,71) indicando alta confiabilidade quando aplicada em crianças saudáveis (Assumpção et al., 2000).

Foi utilizada a Escala de desenvolvimento motor (EDM) de Francisco Rosa Neto (Rosa Neto, 2002), para avaliação do equilíbrio foi utilizado o domínio Quociente Motor 3 (QM3) e para avaliação do desempenho motor, o quociente motor geral (QMG). A escala avalia o desenvolvimento motor nos domínios: motricidade fina, motricidade global, equilíbrio, esquema corporal, organização espacial, organização temporal e lateralidade. A EDM propõe tarefas motoras que variam em grau de dificuldade, do menos complexo para o mais complexo e foi utilizada pois é capaz de identificar os principais desvios no desenvolvimento, frequentemente afetado em crianças com PC e

sensível para identificar os possíveis efeitos da intervenção proposta. Cada tarefa realizada corretamente recebe 1 ponto e ao final é gerado o quociente motor geral (QMG) baseado na soma de todos os pontos das tarefas realizadas (Rosa Neto, 2002).

Os valores do QMG são interpretados da seguinte forma: muito superior (130 pontos ou mais), superior (120 à 129), alto normal (110 à 119), médio normal (90 à 109), baixo normal (80 à 89), inferior (70 à 79), muito inferior (79 ou menos). A escala possui boa consistência interna de 0,889 (Rosa Neto et al., 2010), e é utilizada para identificar desvios do desenvolvimento motor, como déficits do equilíbrio corporal e desempenho motor geral, prejuízos comumente enfrentados por crianças com paralisia cerebral em suas atividades.

O sucesso adaptativo trata-se de uma medida confiável de desempenho em ambiente virtual (Arnoni, 2015), possibilitando inferências sobre o sucesso em cada jogo. Assim, as pontuações dos jogos foram calculadas pelo próprio jogo do videogame, a partir do número de acertos e erros da criança e o tempo estimado para a realização da atividade. Os pontos obtidos em cada jogo foram anotados em cada sessão de treino da RV e o valor final foi obtido pela média das pontuações de cada jogo em dois momentos: na segunda semana de intervenção, quando as crianças estavam totalmente familiarizadas com os jogos e na última semana de intervenção, quando tornaram-se habilidosas nas atividades propostas em ambiente virtual. Foi considerado maior sucesso adaptativo quanto maior a pontuação adquirida.

## **2.2 Intervenção**

A intervenção foi realizada utilizando um televisor de 32 polegadas sincronizado ao console e sensor de escaneamento corporal (Xbox 360° Kinect®), adequadamente calibrados. O console foi escolhido por não utilizar controles, pois poderia dificultar a utilização por crianças com PC, que possuem frequentemente comprometimento dos membros superiores (Boyd et al., 2001). Durante oito semanas consecutivas as crianças realizaram treino em ambiente virtual, sendo duas sessões semanais, individuais e em dias alternados, com duração de 45 minutos.

A cada sessão dois jogos foram utilizados por um período de 20 minutos cada (cinco repetições) com um intervalo de 5 minutos de descanso. Quatro jogos comercialmente disponíveis foram utilizados para a intervenção e a ordem de aplicação dos jogos foi randomizada. Todas crianças utilizaram os jogos em seu nível básico e maiores detalhes sobre os jogos utilizados seguem na Figura 1.

**Figura 1:** Características dos jogos utilizados na intervenção.

<i>Jogo 1</i>	A criança vê seu avatar dentro de uma caixa de vidro no fundo do mar, quando os peixes se aproximam fazendo furos. O objetivo é tapar os furos o mais rápido possível. São treinados agachamento, movimento de extensão do cotovelo, punho e dedos, abdução e adução de quadris e ombros. O jogo calcula uma pontuação baseado no tempo que a criança leva para tapar cada furo, assim, quanto mais rápido, maior a pontuação.
<i>Jogo 2</i>	A criança vê seu avatar em um carrinho que anda sobre trilhos, quando obstáculos aparecem, a criança precisa desviar até a linha de chegada. A cada desvio bem feito, é atribuída a pontuação de desempenho. A tarefa envolve deslocamento latero-lateral do corpo, agachamentos e saltos.
<i>Jogo 3</i>	A criança vê seu avatar que encontra-se no interior de um bote que desce as corredeiras de um rio, o objetivo é controlar o bote e desviar dos obstáculos, pegando o maior número possível de moedas e passando entre as bandeiras dispostas no percurso. Para a pontuação, cada moeda vale um ponto no jogo. A tarefa envolve deslocamento latero-lateral do corpo e saltos aleatórios.
<i>Jogo 4</i>	A criança vê seu avatar em uma sala que simula gravidade reduzida, onde bolhas aparecem aleatoriamente. O objetivo do jogo é que criança com a movimentação dos membros superiores (adução e abdução), deslocamento latero-lateral e antero-posterior estoure as bolhas, quanto mais bolhas estourar, maior será sua pontuação.

Durante a realização das tarefas foram proporcionadas dicas verbais para corrigir o alinhamento biomecânico durante os movimentos, na tentativa de correção dos movimentos para que padrões atípicos não fossem reforçados, sempre pelo mesmo fisioterapeuta. Caso a criança utilizasse órteses, estas foram avaliadas em relação ao seu posicionamento e foram adequadas para serem mantidas durante a intervenção. Todas as crianças/pai/responsáveis foram instruídas a continuar suas atividades de reabilitação na fisioterapia convencional neurodesenvolvimental normalmente durante esse período. Foi controlado o número de faltas durante as 16 sessões, período de intervenção com realidade virtual. Dessa forma, caso a criança faltasse mais do que 2 sessões e não fosse

possível repor essas sessões, a crianças automaticamente era excluída do estudo. Todas as crianças completaram 100% das sessões e foi realizado controle de frequência durante a terapia, buscando visualizar melhor esse aspecto. Entretanto, não houve nenhum caso que se enquadrasse no critério para exclusão de participantes.

### 3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram aplicados testes não paramétricos devido ao tamanho da amostra (Torman et al., 2012). O teste de Wilcoxon foi utilizado para verificar as possíveis diferenças nos momentos pré e pós intervenção nas variáveis referentes ao “Autoconceito”, “Sucesso Adaptativo”, “Equilíbrio” e “Quociente Motor Geral” (desempenho motor). Para todas as análises foi adotado o nível de significância 5% com intervalo de confiança de 95%, usando o pacote estatístico *software SPSS (version 17.0)*.

### 4. RESULTADOS

Foi encontrada diferença significativa entre os momentos pré e pós-intervenção com RV para os domínios de Ansiedade, Aspecto Intelectual, Popularidade, Aparência Física, Satisfação e Felicidade. Entretanto, no domínio de Aspecto Comportamental não foi constatada diferença significativa. Houve diferença significativa também para o QM3, e QMG, após a intervenção com videogame ativo. Constatou-se diferença significativa para o Sucesso Adaptativo para todos os jogos 1, 2, 3 e 4. Resultados encontram-se detalhados na Tabela 2.

**Tabela 2-** Autoconceito, equilíbrio, desempenho motor geral e sucesso adaptativo antes e após a intervenção com Realidade Virtual.

	Pré Intervenção	Pós Intervenção	p	Z	f <sup>2</sup>
<b>AUTOCONCEITO</b>					
<b>Aspecto Comportamental</b>	11,1(±1,3)	11,7(±1,0)	0,059	-1,890	0,670

<b>Ansiedade</b>	3,2(±0,4)	4,7(±1,2)	0,016*	-2,414	0,853
<b>Domínio Intelectual e Escolar</b>	6,3(±0,7)	8,8(±1,2)	0,011*	-2,539	0,897
<b>Popularidade</b>	3,8(±1,8)	5,8(±1,9)	0,017*	-2,379	0,841
<b>Aparência Física</b>	3,6(±1,0)	4,5(±0,9)	0,020*	-2,333	0,824
<b>Satisfação e Felicidade</b>	5,8(±1,1)	6,5(±0,9)	0,025*	-2,236	0,790
<b>EDM</b>					
<b>Equilíbrio (QM3)</b>	37,1(±20,4)	43,8(±20,7)	0,036*	-2,100	0,742
<b>Motor Geral (QMG)</b>	43,5(±14,2)	50,3(±19,6)	0,050*	-1,960	0,693
<b>SUCESSO ADAPTATIVO</b>					
<b>Jogo 1</b>	95,7(±18,9)	121,5(±12,5)	0,012*	-2,521	0,891
<b>Jogo 2</b>	76,1(±20,3)	104,8(±18,3)	0,012*	-2,521	0,891
<b>Jogo 3</b>	103,4(±27,0)	133,1(±16,4)	0,017*	-2,380	0,841
<b>Jogo 4</b>	187,0(±31,9)	219,5(±9,2)	0,017*	-2,380	0,841

Nota: Valores estatisticamente significativos  $p \geq 0,05$  (\*). Valores para o Tamanho do efeito (f de Cohen -  $f^2$ ). Valores apontados por meio de Média e desvio padrão; EDM (Escala de Desenvolvimento Motor).

## 5. DISCUSÃO

O treinamento com videogame ativo foi capaz de modificar os domínios de autoconceito, equilíbrio, desempenho motor global e sucesso adaptativo.

Foram identificados aumento no número de respostas positivas quanto aos domínios de Ansiedade, Aspecto Intelectual, Popularidade, Aparência Física, Satisfação e



Felicidade. Estudos têm verificado que crianças com PC têm maiores níveis de ansiedade, geralmente relacionados com as dificuldades enfrentadas para executar com destreza as habilidades motoras (Pratt & Hill, 2011). Devido às características motivacionais do uso da RV em terapia, é possível que as crianças tenham se preocupado menos com seus insucessos ao interagir com o ambiente virtual, pois tem mais liberdade para errar e acertar em um ambiente descontraído (Reid, 2004).

O aspecto intelectual melhorou com o treino de RV, observado pelo aumento em capacidades como responder perguntas feitas pelo professor, maior velocidade para terminar as atividades, iniciativa e atividade pró ativa no ambiente escolar, redução da preocupação da criança em realizar testes escolares, redução da distração em sala de aula. Comumente, crianças com debilidades neuromotoras como a PC, podem apresentar o domínio intelectual reduzido em relação à crianças típicas, o que pode ser ocasionado por déficits no processamento e modulação das informações sensoriais visuais e auditivas (Shields et al., 2006). Déficits nas vias talamocorticais podem prejudicar o processamento sensorial nessa população (Pavão & Rocha, 2017) além de interferir no sistema límbico responsável por processos emocionais e motivacionais (RajMohan & Mohandas, 2007) o que pode influenciar o aproveitamento dos estímulos recebidos pela criança. Considerando esses aspectos, a RV possivelmente favoreceu a integração das informações sensoriais, por estímulos específicos que direcionavam o acompanhamento visual e auditivo nos jogos, influenciando indiretamente os aspectos intelectuais das crianças no presente estudo. Além disso, o contexto motivador, dinâmico e com objetivos direcionados, pode incentivar a dedicação para o sucesso nas tarefas, promover maior atenção e melhorar as capacidades intelectuais. Assim, a RV pode ser utilizada como uma forma de auxílio às técnicas de aprendizagem tradicional (Bonnechère et al., 2016).

Outro resultado relevante foi a melhora no domínio de “Popularidade” após intervenção. Stevens e cols (1996) relatam que crianças com PC possuem pequenos grupos de amizade, geralmente formados por apenas um amigo e frequentemente no ambiente escolar e na sua maioria não se mantém fora desse ambiente. Rodkin e cols (2000) ressaltam como fator de atenção, a baixa popularidade de crianças, pois comumente está associada com comportamentos inflexíveis, antissociais e até mesmo, agressivos. Acredita-se que a melhora no domínio de popularidade possa ter sido influenciada pelo ganho de performance dentro do ambiente virtual e conseqüentemente a confiança em relação a suas habilidades motoras, levando a criança com PC a interagir

melhor no ambiente real e até mesmo com as outras crianças. Além disso, sabe-se que a capacidade de explorar ambientes com mais segurança pode influenciar os níveis de atividade e participação social da população com PC (dos Santos et al., 2011).

O domínio de “Aparência Física” também melhorou nas crianças com PC, observado em questões de autoimagem física considerando as deficiências e potencialidades. Segundo Soyupek e cols (2010), a maneira como as crianças se enxergam tem grande impacto no bem estar psicossocial. Taleporos & McCabe (2002) relatam ainda o quanto é incomum que crianças com deficiência apresentem uma imagem corporal totalmente positiva, no entanto, os conflitos de aparência física dessas crianças podem estar relacionados a fatores sociais e ambientes as quais estão inseridas. Assim, enxergar-se por meio de um avatar durante um jogo de realidade virtual pode ajudar indiretamente na percepção que a criança tem de si quanto à sua deficiência, tendo em vista que o jogo comercial não potencializa qualquer desvantagem enfrentada pela criança.

Considerando as mudanças de contexto, ambientes motivadores e enriquecidos são capazes de retirar o foco da terapia e do déficit motor apresentado, fazendo com que a criança enxergue-se de maneira mais ativa e positiva (Tatla et al., 2014). Nesse sentido, a intervenção com RV por meio de um videogame ativo pode promover melhora na autoimagem da criança, pois, ao visualizar o avatar e enxergar-se sem a deficiência pode trabalhar a autoestima e confiança paralelamente aos aspectos motores.

Tais aspectos também podem ter influenciado a melhora observada no domínio de “Satisfação e Felicidade”, pois este domínio pode inferir na qualidade de vida (QV) dessas crianças (Chen, 2014). Estudos tem identificado que crianças com PC tem uma redução nas dimensões de QV e autoconceito (Soyupek, 2010) dentre elas, a satisfação e bem estar físico (Chong et al., 2012). Crianças com PC podem ter uma autoavaliação diferenciada devido às suas limitações (Oliveira, Matsukura & Fontaine, 2017) e estar satisfeito e feliz gera bem estar (Chong et al., 2012), que por sua vez, é moderador da capacidade funcional, nível de participação e qualidade de vida (Oliveira, Matsukura & Fontaine, 2017).

Ressalta-se que apenas o domínio “Aspecto Comportamental” não foi modificado. Nesse domínio são avaliados o comportamento da criança em ambiente escolar e familiar, tais como falta de atenção dos pais, envolvimento em brigas e a forma como a criança

enfrenta situações que envolvem pessoas de seu convívio. Segundo Majnemer e cols (2010), apesar de crianças com déficits motores apresentarem certa dificuldade para se integrar e se adaptar ao cotidiano, o que pode resultar em alterações em seu comportamento, mudanças nesse domínio podem levar um tempo maior para acontecer. Assim, sugere-se que pesquisas futuras abordem tal domínio durante um tempo maior de intervenção.

Quanto ao desenvolvimento motor foi encontrada um aumento de desempenho para os domínios, equilíbrio e quociente motor geral. Tais resultados estão de acordo com o estudo de Pavão e cols (2014), no qual identificaram melhora tanto no equilíbrio, quanto no quociente motor geral de uma criança com PC, GMFCS nível I, após 12 sessões de intervenção com RV. Os autores atribuíram os resultados positivos da RV ao feedback *online* recebido pela criança por meio da projeção de seu avatar na tela e pela influência da pontuação do jogo (Pavão et al., 2014). Pontuação esta, que pode ser utilizada para conhecimento do desempenho da criança dentro do ambiente virtual (Arnoni, 2015). Além disso, os possíveis déficits sensoriais dessa população (Pavão et al., 2014) podem ser trabalhados de forma ativa considerando os estímulos multissensoriais proporcionados pela RV (Michalski et al., 2014). A movimentação ativa constante da cabeça durante os jogos pode ser responsável por estimular o sistema vestibular e consequentemente a musculatura antigravitária, crucial para a adequada manutenção da postura ortostática e controle postural. Ainda, pode-se inferir potenciais repercussões na propriocepção, devido ao aumento da coaptação articular proporcionada por mudanças de descargas de peso constantes e alinhamento dos segmentos corporais durante a execução das tarefas direcionadas pelos jogos.

Após o período de intervenção foi encontrado melhora no sucesso adaptativo dessas crianças durante a realização das tarefas em ambiente virtual e refletidas na pontuação dos jogos. O ambiente virtual é motivador e conta com práticas aleatórias que potencializam o processo de aprendizagem motora (Monteiro, 2011). Assim, acredita-se que com a prática sistemática de habilidades pode-se chegar ao melhor padrão de movimento<sup>42</sup>, mais organizado, coordenado e com menor gasto energético (Monteiro et al., 2010) o que pode justificar a melhora na pontuação dos jogos. Sugere-se portanto, que estudo futuros possam abordar os padrões de movimento com análises mais acuradas, como a cinemática, durante períodos considerados chave na intervenção, como o início (movimento menos habilidoso) e o final, (movimento mais habilidoso) buscando

responder perguntas a respeito das estratégias de movimento utilizadas e suas relações com fatores motivacionais como o autoconceito.

Um fator que pode ter contribuído para os achados do presente estudo foi a somação dos efeitos da RV, aos efeitos da terapia convencional neurodesenvolvimental, uma vez que, as crianças do grupo intervenção continuaram na terapia convencional. A terapia neurodesenvolvimental é centrada em manuseios que trabalham componentes musculoesqueléticos e neuromotores, visando aumentar mobilidade articular, alongamentos, fortalecimentos e controle muscular (Howle, 2002), considerados essenciais para o preparo para atividades funcionais. A RV, por sua vez, é capaz de trabalhar componentes musculoesqueléticos, neuromotores, sensoriais e motivacionais, de maneira dinâmica, ativa e contextualizada, o que fortalece o envolvimento da criança com o ambiente e pode influenciar positivamente no autoconceito. Assim, pode-se inferir que ambas complementam-se durante o período de reabilitação. Nesse sentido, tais resultados sugerem que a associação da realidade virtual, pode beneficiar a criança em processo de reabilitação. No entanto, mais estudos precisam ser realizados para verificar o efeito de diferentes associações terapêuticas, o que foi uma limitação do presente estudo.

Os resultados encontrados suportam a hipótese de que tarefas complexas realizadas em um contexto dinâmico e motivador podem auxiliar na melhora da função psicossocial da população estudada. Entretanto, mais estudos devem ser realizados com uma amostra maior e utilizando-se um delineamento de ensaio clínico.

## **6. CONCLUSÃO**

A RV por meio de um videogame ativo proporciona melhora no desempenho de atividades de equilíbrio, desempenho motor geral, sucesso adaptativo e no autoconceito, de crianças com PC unilateral espástica, níveis I e II de GMFCS, atuando como terapia coadjuvante às técnicas de fisioterapia convencional.

Os resultados dos estudos realizados sugerem que:

- A configuração da base de suporte e as características da superfície de apoio, tais como o tamanho, inclinação, maleabilidade e aderência podem gerar impacto no controle postural em crianças, criando desafios posturais que resultam em maior oscilação postural, os quais são ainda mais críticos em crianças com disfunções neuromotoras, como a PC.
- O treino de atividades específicas com grande número de repetições, em um contexto ambiental atraente, como os jogos virtuais, pode ajudar a melhorar variáveis específicas da estabilidade corporal, parâmetros espaço temporais e angulares da pelve durante a marcha e favorecer a mobilidade funcional em crianças com PC unilateral espástica de comprometimento funcional leve.
- O treino com RV não imersiva por meio do uso de um videogame ativo pode proporcionar melhora no desempenho de atividades de equilíbrio, desempenho motor geral, sucesso adaptativo e no autoconceito em crianças com PC unilateral espástica de comprometimento funcional leve. Porém, estudos com delineamento de ensaio clínico são necessários para conclusões mais precisas.

Assim, o uso de um videogame ativo otimizou aspectos relevantes do domínio de estrutura e função do corpo, por meio de mudanças nos parâmetros espaço-temporais da marcha e estabilidade corporal, melhora na execução de atividades e influência nos fatores contextuais, como modificações no autoconceito de crianças com PC.

Portanto, o treino com RV não imersiva, de baixo custo e fácil acesso, tem amplo potencial como ferramenta terapêutica e pode ser considerado uma intervenção complementar para auxiliar na reabilitação de crianças com PC.

## 8. REFERÊNCIAS

1. Colver A, Fairhurst C, Pharoah PO. Cerebral palsy. *Lancet* 2014; 383:1240-1249.
2. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy, 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl.* 2007;109:8-14. Erratum in: *Dev Med Child Neurol.* 2007;49(6):480. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2007.tb12610.x
3. Roque AH, Kanashiro MG, Kazon S, Grecco LAC, Salgado ASI, de Oliveira CS. Analysis of static balance in children with cerebral palsy spastic diparetic type with and without the use of orthoses. *Fisioter Mov.* 2012;25(2):311-6. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-51502012000200008>
4. Smith LR, Lee KS, Ward SR, Chambers HG, and Lieber RR. Hamstring contractures in children with spastic cerebral palsy result from a stiffer extracellular matrix and increased in vivo sarcomere length. *J Physiol.* 2011;15: 589(10):2625-2639. DOI: 10.1113/jphysiol.2010.203364
5. Pavão SL, Arnoni JLB, Oliveira AKC, Rocha NACF. Impacto de intervenção baseada em realidade virtual sobre o desempenho motor e equilíbrio de uma criança com paralisia cerebral: estudo de caso. *Rev. Paul. Pediatr.* 2014; 32(4):389–394. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-05822014000400016>
6. Dewar R, Love S, Johnston LM. Exercise interventions improve postural control in children with cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol.* 2015; 57(6):504-2. DOI: 10.1111/dmcn.12660
7. Russo RN, Goodwin EJ, Miller MD, Haan EA., Connell TM, Crotty M. Self-Esteem, Self-Concept, and Quality of Life in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy. *J Pediatr.* 2008; 153(4):473-7. DOI: 10.1016/j.jpeds.2008.05.040
8. Shields N, Murdoch A, Loy Y, Dodd KJ, Taylor NF. A systematic review of the self-concept of children with cerebral palsy compared with children without disability. *Dev. Med. Child Neurol.* 2006; 48(2):151–157. DOI: 10.1017/S0012162206000326
9. Majnemer A, Shevell M, Law M, Poulin C, Rosenbaum P. Level of motivation in mastering challenging tasks in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2010; 52(12):1120-6. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2010.03732.x
10. Tatla SK, Sauve K, Virji-Babul N, Holsti L, Butler C, Van Der Loss HFM. Evidence for outcomes of motivational rehabilitation interventions for children and adolescents with cerebral palsy: an American academy for cerebral palsy and developmental medicine: systematic review. *Dev Med Child Neurol.* 2013; 55(7):593-601. DOI: 10.1111/dmcn.12147
11. Ziebell M, Imms C, Froude EH, McCoy A, Galea M. The relationship between physical performance and self-perception in children with and without cerebral

- palsy. *Aust Occup Ther J.* 2009;56(1):24-32. Erratum in: *Aust Occup Ther J.* 2009; 56(3):218. DOI: 10.1111/j.1440-1630.2008.00775.x
12. Sit CH, Lam JW, McKenzie TL. Direct observation of children's preferences and activity levels during interactive and online electronic games. *J Phys Act Health.* 2010; 7:484–9. <https://doi.org/10.1123/jpah.7.4.484>
  13. Harris K, Reid D. The influence of virtual reality play on children's motivation. *Can J Occup Ther.* 2005; 72(1):21-9. <https://doi.org/10.1177/000841740507200107>
  14. Reid D. The influence of virtual reality on playfulness in children with cerebral palsy: a pilot study. *Occup Ther Int.* 2004; 11(3):131-44. <https://doi.org/10.1002/oti.202>
  15. Yalon-Chamovitz S, Weiss PL. Virtual reality as a leisure activity for young adults with physical and intellectual disabilities. *Res Dev Disabil.* 2008;29(3):273-87. DOI: 10.1016/j.ridd.2007.05.004
  16. [Monteiro CBM](#), Masetti T, da Silva TD, van der Kamp J, de Abreu LC, [Leone C](#), et al. Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2014;35(10):2430-7. DOI: 10.1016/j.ridd.2014.06.006
  17. Bonnechère B, Jansen B, Omelina L, Van Sint Jan S. The use of commercial video games in rehabilitation: a systematic review. *Int J Rehabil Res.* 2016; 39(4):277-290. DOI: 10.1097/MRR.000000000000190
  18. Reid DT. Benefits of a virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self-efficacy: a pilot study. *Pediatr Rehabil.* 2002; 5(3):141-8. DOI: 10.1080/1363849021000039344
  19. Riddifor-Harland DL, Steele JR, Baur LA. Upper and lower limb functionality: Are these compromise in obese children? *Int J Pediatr Obes.* 2006;1(1):42-9. DOI: 10.1080/17477160600586606
  20. Veiga FH. Novos elementos acerca da escala de autoconceito “Piers-Harris Children's Self-Concept Scale”. *Actas do VIII Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação (SPCE), Castelo Branco, Instituto Politécnico.* 2006. Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4801/1/Novos%20elementos%20acerca%20da%20escala%20de%20autoconceito.pdf>
  21. Assumpção Jr FB, Kuczynski E, Sprovieri MH, Aranha EMG. Escala de avaliação de qualidade de vida. (Auqeí – Autoquestionnaire qualité de vie enfant imagé). Validade e confiabilidade de uma escala para qualidade de vida em crianças de 4 a 12 anos. *Arq Neuropsiquiatr.* 2000; 58(1): 119-127. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X2000000100018>

22. Rosa Neto F. Manual de avaliação motora. 1ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2002.
23. Rosa Neto F, Dos Santos APM, Xavier RFC, Amaro KN. Importance of motor assessment in school children: analysis of the reliability of the Motor Development Scale. *Rev Bras Cineantropom. Desempenho Hum.* 2010;12(6):422-427. DOI: 10.5007/1980-0037.2010v12n6p422
24. Arnoni JLB. Efeito de intervenção com realidade virtual sobre a condição de saúde de crianças com Paralisia cerebral [Dissertação]. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos; 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/5351/6806.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
25. Boyd RN, Morris ME, Graham HK. Management of upper limb dysfunction in children with cerebral palsy: a systematic review. 2001; 8(5):150-66. <https://doi.org/10.1046/j.1468-1331.2001.00048.x>
26. Torman VBL, Coster R, Riboldi J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. *Revista HCPA.* 2012;32(2):227-234. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/hcpa/article/viewFile/29874/19186>
27. Pratt ML, Hill EL. Anxiety profiles in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil.* 2011;32(4):1253-9. DOI: 10.1016/j.ridd.2011.02.006
28. Pavão SL, Rocha NA. Sensory processing disorders in children with cerebral palsy. *Infant Behavior & Development.* 2017; 46:1-6. DOI: 10.1016/j.infbeh.2016.10.007
29. RajMohan V, Mohandas E. The limbic system. *Indian J Psychiatry.* 2007; 49:132-9. DOI: 10.4103/0019-5545.33264
30. Stevens SE, Steele CA, Jutai J, Biggar D. Adolescents with physical disabilities: Some psychosocial aspects of health. *J Adolesc Health.* 1996; 19(2):157-64. DOI: 10.1016/1054-139X(96)00027-4
31. Rodkin PC, Farmer TW, Pearl R, Van Acker R. Heterogeneity of popular boys: antisocial and prosocial configurations. *Dev Psychol.* 2000;36(1):14-24. DOI: 10.1037//OOI2-1649.36.1.14
32. dos Santos AN, Pavão SL, de Campos AC, Rocha NACF. International classification of functioning, disability and health in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil.* 2011; 34(12): 1053-6. DOI: 10.3109/09638288.2011.631678
33. Soyupek F, Aktepe E, Savas S, Askin A. Do the self-concept and quality of life decrease in CP patients? Focussing on te predictors of sef-concept and quality of



- life. *Disabil Rehabil.* 2010; 32(13): 1109-1115. DOI: 10.3109/09638280903391120
34. Taleporos G, McCabe MP. Body image and physical disability-personal perspectives. *Soc Sci Med.* 2002; 54(6):971-980. DOI: 10.1016/S0277-9536(01)00069-7
35. Tatla SK, Sauve K, Jarus T, Virji-Babul N, Holsti L. The effects of motivating interventions on rehabilitation outcomes in children and youth with acquired brain injuries: a systematic review. *Brain Inj.* 2014; 28(8):1022-35. DOI: 10.3109/02699052.2014.890747
36. Chen W. Psychological needs satisfaction, motivational regulations and physical activity intention among elementary school students. *Educational Psychology.* 2014; 34(4):495-511. <https://doi.org/10.1080/01443410.2013.822959>
37. Chong J, Mackey AH, Broadbent E, Stott NS. Children's perceptions of their cerebral palsy and their impact on life satisfaction. *Disabil Rehabil.* 2012;34(24):2053-60. doi: 10.3109/09638288.2012.669021
38. de Oliveira AKC, Matsukura TS, Fontaine AMGV. Autoconceito e Autoeficácia em Crianças com Deficiência Física: Revisão Sistemática da Literatura1 / Self-Concept and Self-Efficacy in Children with Physical Disabilities: Systematic Review of Literature. *Rev. bras. educ. espec.* 2017;23(1):145-160. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-65382317000100011>
39. Majnemer A, Shevell M, Rosenbaum P, Law M, Poulin C. Determinants of life quality in school-age children with cerebral palsy. *J Pediatr.* 2007;151(5):470-5, 475.e1-3. DOI: 10.1016/j.jpeds.2007.04.014
40. Pavão SL, Silva FP, Savelsbergh GJ, Rocha NA. Use of sensory information during postural control in children with cerebral palsy: systematic review. *J Mot Behav.* 2015;47(4):291-301. DOI: 10.1080/00222895.2014.981498
41. Michalski A, Glazebrook CM, Martin AJ, Wonga WWN, Kim AJW, Moody, KD, *et al.* Assessment of the postural control strategies used to play two Wii Fit™ videogames. *Gait Posture.* 2012;36:449-453. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2012.04.005
42. Monteiro, CBM. Realidade virtual na paralisia cerebral. São Paulo: Plêiade; 2011. p. 27-40. Disponível em: <http://www5.each.usp.br/wp-content/uploads/2017/11/carlos-monteiro-ebook.pdf>
43. Monteiro CBM, Jakabi CM, Palma GCS, Torriani-Pasin C, Meira CMJ. Motor learning in children with cerebral palsy. *Rev. Bras. Crescimento Desenvolv. Hum.*

2010;20(3): 11-23. Disponível em:  
<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rbcdh/v20n2/08.pdf>

44. Tani G, Meira Jr CM, Gomes FRF. Frequência, precisão e localização temporal de conhecimento de resultados e o processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora de controle da força manual. *Rev. Port. Cien. Desp.* 2005;5:1. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/rpcd/v5n1/v5n1a07.pdf>
45. Howle, JM. *Neuro-Developmental Treatment Approach- Theoretical foundations and principles of clinical practice*. Laguna Beach: NDTA, Inc.; 2002.

## ANEXO I



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Efeito da intervenção com Realidade Virtual sobre a oscilação corporal em diferentes condições de estabilidade da base de suporte e marcha em crianças com Paralisia Cerebral

**Pesquisador:** Joice Luiza Bruno Aroni

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 72770817.5.0000.5504

**Instituição Proponente:** Departamento de Fisioterapia

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.353.422

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de um ensaio clínico randomizado controlado, avaliador cego, de caráter longitudinal e com objetivos clínicos a ser realizado. Participarão do estudo crianças entre 5 e 12 anos com diagnóstico de Paralisia Cerebral hemiparético e espástico, níveis de GMFCS I e II. As crianças passarão por anamnese inicial e após, serão avaliadas a oscilação corporal em ortostatismo nas diferentes condições de estabilidade (pés paralelos, tandem, semi-tandem, superfície rígida e maleável) e os parâmetros espaço-temporais da marcha.

#### Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do presente estudo é verificar o efeito de um programa de intervenção terapêutica baseado em RV, sobre a oscilação corporal em diferentes condições de estabilidade da base de suporte e marcha em crianças com Paralisia Cerebral.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O pesquisador descreve que o " O presente estudo representa risco mínimo à saúde do voluntario, sendo este o risco de fadiga durante as avaliações e intervenções, os quais serão minimizados pelo monitoramento constante dos sinais vitais do voluntário pelo pesquisador responsável." Quanto aos benefícios previstos pelo estudo são "ajudar na investigação de novos procedimentos que poderão auxiliar a intervenção fisioterapêutica em crianças, e isto trará benefícios para a compreensão acerca do uso dessa nova ferramenta de reabilitação."

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9683

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 2.353.422

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Projeto de pesquisa apresenta relevância para a área em questão. A pesquisadora descreve nesta nova versão como os participantes da pesquisa serão recrutados.

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

Folha de rosto datada e assinada adequadamente. O TCLE foi apresentado pelo pesquisador responsável nesta nova versão atendendo as recomendações da Resolução 466/2012 em vigência.

**Recomendações:**

Nada a declarar.

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

Projeto adequado

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) em Seres Humanos recomenda que os pesquisadores responsáveis consultem as normas do CEP e a resolução nº 466 de 2012, disponíveis na página da Plataforma Brasil em caso de dúvidas.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_874478.pdf	18/09/2017 11:03:11		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_arrumado.docx	18/09/2017 11:01:45	Joice Luiza Bruno Armoni	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_rv_arrumado.docx	18/09/2017 10:58:47	Joice Luiza Bruno Armoni	Aceito
Folha de Rosto	folha_rosto_assinada.pdf	13/07/2017 15:49:37	Joice Luiza Bruno Armoni	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9883

E-mail: cephumanos@ufscar.br

## APÊNDICE A



LABORATÓRIO DE ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO INFANTIL (LADI).  
Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos.

Convite de participação no estudo intitulado:

### **Efeito da intervenção com Realidade Virtual sobre a oscilação corporal em diferentes condições de estabilidade da base de suporte e parâmetros espaço-temporais da marcha em crianças com Paralisia Cerebral.**

Responsável: Joice Luiza Bruno Arnoni

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha

Eu,....., portador (a) do RG n° ..... residente à ..... n°..... bairro:....., na cidade de....., telefone:....., responsável pelo (a) menor ....., fui convidado pelos pesquisadores responsáveis e autorizo a participação de meu (minha) filho (a) na pesquisa **“Efeito da intervenção com Realidade Virtual sobre a oscilação corporal em diferentes condições de estabilidade da base de suporte e parâmetros espaço-temporais da marcha em crianças com Paralisia Cerebral”**.

#### **Objetivo do estudo:**

Verificar o efeito de um programa de intervenção terapêutica baseado na RV, no andar e oscilação corporal em crianças com PC em diferentes condições de estabilidade.

#### **Explicação dos procedimentos de avaliação e intervenção:**

Estou ciente e concordo que a criança passe por uma avaliação física detalhada e entrevista a cerca de suas condições atuais de saúde. Está claro para mim, que meu (minha) filho (a) permanecerá com roupas leves para ser pesado, medido e avaliado em plataforma de força. Em seguida, ele será instruído a se posicionar à frente do console X-Box 360° Kinect® para que possa realizar as atividades que farão parte da intervenção. Será realizado sorteio para a escolha das crianças que passarão por intervenção inicialmente. Porém as crianças que foram sorteadas para o grupo controle, também realizarão intervenção após o período de participação no estudo, se assim estiverem de acordo os pais/responsáveis.

#### **Benefícios previstos:**

Participando deste estudo, estarei ajudando na investigação de novos procedimentos que poderão auxiliar a intervenção fisioterapêutica em crianças, e isto trará benefícios para a compreensão acerca do uso dessa nova ferramenta de reabilitação.

#### **Potenciais riscos e incômodos:**

Fui informado de que o experimento oferece risco mínimo de fadiga para o meu (minha) filho (a) durante as atividades. Para minimizar tais riscos o pesquisador responsável fará intervalos intercalados às atividades propostas. A identidade dele (a) ou minha não serão reveladas.

#### **Seguro saúde ou de vida:**

Eu entendo que não existe nenhum tipo de seguro de saúde ou de vida que possa vir a me beneficiar em função de minha participação neste estudo. Assegura-se, entretanto, o direito a

ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente que o voluntário terá quando produzidos pela pesquisa (Resolução nº466/2012).

**Liberdade de participação:**

A minha participação neste estudo é voluntária. É meu direito interromper a participação de meu (minha) filho (a) a qualquer momento sem que isto incorra em qualquer penalidade ou prejuízo. Também entendo que a pesquisadora tem o direito de excluir do estudo o (a) meu (minha) filho (a) a qualquer momento. Entendo e concordo que possíveis despesas para o deslocamento meu e de meu filho até o local de intervenção é de minha inteira responsabilidade e caso aconteçam atrasos ou faltas, comprometo-me a avisar o pesquisador responsável para que possa viabilizar o atendimento de outras crianças que estejam participando do estudo.

**Sigilo de identidade:**

As informações obtidas nas filmagens deste estudo serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas sem a minha autorização oficial. Estas informações só poderão ser utilizadas para fins estatísticos, científicos ou didáticos, desde que fique resguardada a minha privacidade.

A responsável por este estudo me explicou das necessidades da pesquisa e se prontificou a responder todas as questões sobre o experimento. Eu estou de acordo com a participação de meu (minha) filho (a) no estudo de livre e espontânea vontade e entendo a relevância dele. Julgo que é meu direito manter uma cópia deste consentimento.

Para questões relacionadas a este estudo, contate:

Ft. Joice Luiza Bruno Arnoni  
Crefito 3: 193852-F  
(16) 3351 - 8647 (LADI)  
(16) 9302-2567 (Celular pessoal)  
[joicearnonifisio@gmail.com](mailto:joicearnonifisio@gmail.com)

\_\_\_\_\_  
Assinatura da mãe ou responsável legal\*

\_\_\_\_\_  
Nome por extenso

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

\_\_\_\_\_  
Nome por extenso

\_\_\_\_\_  
Assinatura de uma testemunha

\_\_\_\_\_  
Nome por extenso

São Carlos, ..... de ..... de .....

(\*)Responsável Legal: .....

Idade: .....

Grau de parentesco: .....

Endereço: .....

Cidade/Estado: ..... CEP: .....

Telefones: .....

RG: ..... CPF: .....

## APÊNCIDE B

### Avaliação Física (Crianças com PC)

Terapeuta: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_  
Local: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_ Avaliação: \_\_\_\_\_

#### DADOS PESSOAIS

Nome: \_\_\_\_\_  
Data de nascimento: \_\_\_\_\_  
Nome do Responsável: \_\_\_\_\_  
Endereço: \_\_\_\_\_  
Cidade: \_\_\_\_\_  
Telefones: \_\_\_\_\_ Celular: \_\_\_\_\_  
Frequenta escola? \_\_\_\_\_  
Qual? \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_ IMC (peso – Kg ÷ altura<sup>2</sup> - m): \_\_\_\_\_  
Comprimento real membro D: \_\_\_\_\_ Comprimento real membro E: \_\_\_\_\_  
Comprimento aparente membro D: \_\_\_\_\_ Comprimento aparente membro E: \_\_\_\_\_  
Comprimento Coxa D: \_\_\_\_\_ Comprimento Coxa E: \_\_\_\_\_  
Comprimento Perna D: \_\_\_\_\_ Comprimento Perna E: \_\_\_\_\_  
Comprimento Pé D: \_\_\_\_\_ Comprimento Pé E: \_\_\_\_\_  
Teste de Galeazzi: \_\_\_\_\_

#### DADOS DE EXPERIENCIA NA ATIVIDADE

Possui vídeo game em casa? Sim ( ) Não ( )  
Qual? \_\_\_\_\_  
Já jogou algum vídeo game com projeção gráfica (Nintendo Wii, Play Station 3 ou X-Box 360° Kinect)? Sim ( ) Não ( )  
Já participou de algum programa de intervenção que incluísse algum videogame?  
Pratica esporte? Sim ( ) Não ( )  
Qual? \_\_\_\_\_ Há quanto tempo? \_\_\_\_\_  
Observações: \_\_\_\_\_

#### HISTÓRICO DE SAÚDE DA CRIANÇA

Médico(s): \_\_\_\_\_  
Número de internações no último ano: \_\_\_\_\_  
Cirurgias: \_\_\_\_\_ Quando? \_\_\_\_\_  
Toxina Botulinica? \_\_\_\_\_ Quando? \_\_\_\_\_  
Terapias que frequenta: \_\_\_\_\_  
Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

#### OBSERVAÇÃO GERAL

GMFCS: \_\_\_\_\_

#### ESTRUTURA E FUNÇÃO CORPORAL:

Visão: \_\_\_\_\_  
Uso de lentes corretivas? \_\_\_\_\_  
Audição: \_\_\_\_\_  
Uso de aparelho amplificador? \_\_\_\_\_  
Comunicação: \_\_\_\_\_  
Tipo? \_\_\_\_\_

Comportamento: \_\_\_\_\_

OBS.: \_\_\_\_\_

**Avaliação Cinética – Nome do Arquivo:** \_\_\_\_\_

Superfície rígida e pés paralelos (CC)					
Superfície rígida e pés em semi-tandem (SRSTan)					
Superfície maleável e pés paralelos (SM)					
Superfície maleável e pés em semi-tandem (SMSTan)					
Marcha (G-Walk)					

**Observações>** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ATIVIDADES:**

**Time Up And Go (TUG) (Atividade)**

**TEMPO:** \_\_\_\_\_

**OBSERVAÇÕES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**TESTE DE SENTAR E LEVANTAR DE 5 REPETIÇÕES (T5R) - (Atividade)**

**TEMPO:** \_\_\_\_\_

**OBSERVAÇÕES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Avaliação do Tônus Muscular**

FLEXORES DO TRONCO		
EXTENSORES DO TRONCO		
FLEXORES DO QUADRIL		
EXTENSORES DO QUADRIL		
ADBUTORES DO QUADRIL		
ADUTORES DO QUADRIL		



FLEXORES DE JOELHO		
EXTENSORES DE JOELHO		
DORSIFLEXORES		
FLEXORES PLANTARES		
INVERSORES		
EVERSORES		

0 – Nenhum aumento do tônus muscular  
T - Traço de contração muscular  
1 – Leve aumento do tônus muscular, manifestado por uma tensão momentânea ou por resistência mínima, no final da amplitude de movimento articular, (ADM) quando a região é movida em flexão e extensão.  
1+ – Leve aumento do tônus muscular, manifestado por uma tensão abrupta seguida de resistência mínima em menos da metade da ADM restante.  
2 – Aumento mais marcante do tônus muscular, durante a maior parte da ADM, mas a região é movida facilmente. 3 – Considerável aumento de tônus movimento passível é difícil.  
4 – Parte afetada rígida em flexão e extensão.

**DEFORMIDADES ORTOPÉDICAS**    SIM     NÃO

Uso de órteses em membros inferiores?

**Observações Gerais** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_