



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS – UNIFAL-MG
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700. Alfenas MG. CEP 37130-000
Fone (0xx35) 3299-1392



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

ANA ELISA SANTOS

**EFEITO DA TDCS ASSOCIADA AO TREINO DE MARCHA NA FUNÇÃO MOTORA
GROSSA, MOBILIDADE E EQUILÍBRIO DE CRIANÇAS COM PARALISIA
CEREBRAL - ENSAIO CLÍNICO PILOTO RANDOMIZADO CONTROLADO**

ALFENAS/MG

2026

ANA ELISA SANTOS

EFEITO DA TDCS ASSOCIADA AO TREINO DE MARCHA NA FUNÇÃO MOTORA GROSSA, MOBILIDADE E EQUILÍBRIO DE CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL - ENSAIO CLÍNICO PILOTO RANDOMIZADO CONTROLADO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a o título de Mestre em Ciências da Reabilitação pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Alfenas.

Área de concentração: Ciências da Reabilitação.

Linha de pesquisa: Processo de avaliação, prevenção e reabilitação das disfunções neurológicas, cardiorrespiratórias e metabólicas.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Maria dos Reis

Co-orientadora: Profa. Dra. Adriana Teresa Silva Santos

ALFENAS/MG

2026

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Unidade Educacional Santa Clara

Santos , Ana Elisa.

Efeito da tdcS associada ao treino de marcha na função motora grossa, mobilidade e equilíbrio de crianças com paralisia cerebral: : ensaio clínico piloto randomizado controlado / Ana Elisa Santos . - Alfenas, MG, 2025.

85 f. : il. -

Orientador(a): Luciana Maria dos Reis.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2025.

Bibliografia.

1. Paralisia cerebral. 2. Estimulação transcraniana por corrente contínua. 3. Marcha . 4. Reabilitação neurológica. I. dos Reis, Luciana Maria , orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

ANA ELISA SANTOS

**EFEITO DA TDCS ASSOCIADA AO TREINO DE MARCHA NA FUNÇÃO MOTORA GROSSA,
MOBILIDADE E EQUILÍBRIO DE CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL – ENSAIO CLÍNICO
PILOTO RANDOMIZADO CONTROLADO**

A Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação da Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Avaliação e Intervenção em Ciências da Reabilitação.

Aprovada em: 17 de dezembro de 2025.

Profa. Dra. Luciana Maria dos Reis
Presidente da Banca Examinadora
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL/MG

Profa. Dra. Andreia Maria Silva Terra
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL/MG

Prof. Dr. Marcos Braz
Instituição: Universidade Federal de São Carlos - UFSCar/SP



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Maria dos Reis, Professor do Magistério Superior**, em 17/12/2025, às 16:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1683358** e o código CRC **EF5B38FA**.

Dedico este trabalho a Deus e à espiritualidade que me guia, me fortalece e ilumina os meus caminhos, me lembrando que os sonhos plantados em meu coração têm propósito.

AGRADECIMENTOS

Dedico essa caminhada, com todo o meu coração, à espiritualidade que me guia e fortalece. Chegar até aqui me mostra que sonhos só são possíveis se acreditarmos neles, e porque um dia, alguém também acreditou em nós.

Agradeço ao meu filho João Victor, minha maior motivação e o sentido de tudo, cada passo nesta trajetória foi guiado pelo desejo de ser exemplo, de construir um futuro melhor e de mostrar que é possível sonhar e realizar, mesmo com muitos desafios.

Aos meus pais: Maria Aparecida e Leonardo, a presença de vocês transforma minha vida. Mãe, você me oferece força e apoio inabaláveis, enquanto a sua presença de alma meu pai, me inspira a seguir adiante com coragem e amor.

Aos meus familiares, em especial meu esposo Luís Ricardo, companheiro incansável que me apoiou em cada passo dessa pesquisa e na vida; às minhas irmãs, minhas grandes parceiras e fontes de apoio; e aos meus amados pets Chuisco e Floquinho, que também são parte da minha família e me deram calma, conforto e alegria nos momentos mais intensos desta caminhada.

Às minhas orientadoras: Luciana Maria dos Reis e Adriana Teresa Silva Santos, pela paciência, direcionamento e por acreditarem em mim, quando eu já não era mais capaz de fazer sozinha. Foi e sempre será uma honra aprender com vocês!

Aos meus amigos do trabalho, que incansavelmente me auxiliaram na fase de coletas e estiveram lado a lado comigo.

À Associação dos Deficientes Físicos de Poços de Caldas (ADEFIP), minha eterna gratidão por confiarem e me oferecerem suporte para que esta pesquisa fosse possível.

Aos participantes da pesquisa: familiares e minhas crianças tão amadas, é com o amor que tenho por vocês e pelo que faço, que eu sigo acreditando no quanto vocês merecem todas as coisas mais lindas do mundo.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, da Universidade Federal de Alfenas, cada um de vocês plantou em mim a semente do saber.

À Universidade Federal de Alfenas e ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, pela oportunidade rica de aprendizado e desenvolvimento profissional e pessoal.

A todos (as) que se doaram para que esse sonho fosse possível, meu eterno

agradecimento!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

Introdução: A paralisia cerebral (PC) decorre de uma lesão cerebral não progressiva ocorrida nas fases iniciais do desenvolvimento e resulta em alterações motoras permanentes, com impacto no controle postural e no padrão de marcha. A estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) é uma técnica não invasiva que pode modular a excitabilidade cortical e favorecer mecanismos de neuroplasticidade, podendo potencializar os efeitos do treino de marcha em crianças com PC. **Objetivo:** Investigar os efeitos preliminares da tDCS associada ao treino de marcha em esteira sobre a função motora grossa, a mobilidade e o equilíbrio de crianças com paralisia cerebral, bem como avaliar a viabilidade e a segurança da intervenção. **Métodos:** A dissertação foi composta por dois estudos: um ensaio clínico piloto randomizado controlado, com crianças de 4 a 12 anos com PC, alocadas em grupo experimental (tDCS associada ao treino de marcha em esteira) e grupo controle ativo (tDCS isolada), e um estudo de caso conduzido com uma criança com PC submetida ao mesmo protocolo. A intervenção consistiu em 10 sessões de tDCS anódica aplicada sobre o córtex motor primário (Cz), com intensidade de 1 mA por 20 minutos, duas vezes por semana durante cinco semanas. As avaliações foram realizadas no baseline e após a intervenção por meio da Medida da Função Motora Grossa (GMFM), Timed Up and Go (TUG), Pediatric Balance Scale (PBS) e Functional Mobility Scale (FMS). **Resultados:** No estudo piloto, observou-se aumento das médias dos desfechos avaliados, sem diferenças significativas entre os grupos, além de elevadas taxas de recrutamento e retenção e ocorrência apenas de eventos adversos leves e transitórios. O estudo de caso evidenciou melhora funcional clinicamente relevante, com avanços na sustentação da postura ortostática, mobilidade e participação. **Conclusão:** A associação entre tDCS e treino de marcha em esteira mostrou-se viável e segura em crianças com paralisia cerebral. Embora o ensaio clínico piloto não tenha demonstrado superioridade da intervenção combinada em relação à tDCS isolada, os achados clínicos e os dados preliminares subsidiam ajustes metodológicos e o delineamento de futuros ensaios clínicos, com estimativa de aproximadamente 44 participantes por grupo.

Palavras-Chave: paralisia cerebral, estimulação transcraniana por corrente contínua, marcha, reabilitação neurológica.

ABSTRACT

Introduction: Cerebral palsy (CP) results from non-progressive brain damage occurring in the early stages of development and leads to permanent motor impairments, impacting postural control and gait pattern. Transcranial direct current stimulation (tDCS) is a non-invasive technique that can modulate cortical excitability and promote neuroplasticity mechanisms, potentially enhancing the effects of gait training in children with CP.

Objective: To investigate the preliminary effects of tDCS combined with treadmill gait training on gross motor function, mobility, and balance in children with cerebral palsy, as well as to evaluate the feasibility and safety of the intervention.

Methods: This dissertation comprised two studies: a randomized controlled pilot clinical trial with children aged 4 to 12 years with CP, allocated to an experimental group (tDCS combined with treadmill gait training) and an active control group (tDCS alone), and a case study conducted with a child with CP undergoing the same protocol. The intervention consisted of 10 sessions of anodal tDCS applied to the primary motor cortex (Cz), with an intensity of 1 mA for 20 minutes, twice a week for five weeks. Assessments were performed at baseline and after the intervention using the Gross Motor Function Measure (GMFM), Timed Up and Go (TUG), Pediatric Balance Scale (PBS), and Functional Mobility Scale (FMS). **Results:** In the pilot study, an increase in the mean scores of the assessed outcomes was observed, with no significant differences between the groups, in addition to high recruitment and retention rates and the occurrence of only mild and transient adverse events. The case study showed clinically relevant functional improvement, with advances in orthostatic posture support, mobility, and participation. **Conclusion:** The association between tDCS and treadmill gait training proved to be viable and safe in children with cerebral palsy. Although the pilot clinical trial did not demonstrate superiority of the combined intervention compared to tDCS alone, the clinical findings and preliminary data support methodological adjustments and the design of future clinical trials, with an estimated 44 participants per group.

Keywords: cerebral palsy; transcranial direct current stimulation; gait; neurological rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 01

Figura 01– Linha do tempo dos procedimentos e etapas da pesquisa.....	34
Figura 02 – Montagem da tDCS.....	37
Figura 03 – Aplicação do protocolo de tDCS associada ao treino de marcha na esteira	38
Figura 04 – Aplicação do protocolo de tDCS isolada.....	39

ARTIGO 02

Figura 01 – Linha do tempo dos procedimentos e etapas da pesquisa.....	62
Figura 02 – Aplicação do protocolo de tDCS associada ao treino de marcha na primeira sessão e sétima sessão.....	64

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 01

Tabela 01 - Perfil sociodemográfico e clínico.....	42
Tabela 02 - Comparações Intra e Intergrupos dos Escores Normativos do GMFM - 88 por Dimensões.....	44
Tabela 03 - Comparações Intra e Intergrupos dos Escores Normativos do TUG, GMFM-66, PBS e FMS.....	45

ARTIGO 02

Tabela 01 - Pontuação da Functional Mobility Scale (FMS).....	65
Tabela 02 - Pontuação da Gross Motor Function Measure (GMFM-88).....	66
Tabela 03 - Resultados da Pediatric Balance Scale (PBS) e do Timed Up and Go (TUG) no baseline e após a intervenção com tDCS associada ao treino de marcha.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFO	Órtese tornozelo-pé
AVE	Acidente Vascular Encefálico
AMS	Àrea Motora Suplementar
AMPA	Alfa-amino-3-hidroximetil-5-4-isoxazolpropiónico
BDNF	Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CONSORT	Consolidated Standards of Reporting Trials
CSA	Comunicação Suplementar e Alternativa
FMS	Escala de Mobilidade Funcional
GABA	Ácido Gama-Aminobutírico
GE	Grupo Experimental
GC	Grupo Controle
GMFM	<i>Gross Motor Function Measure</i>
GMFM-88	<i>Gross Motor Function Measure</i> (versão completa com 88 itens)
GMFM-66	<i>Gross Motor Function Measure</i> (versão reduzida com 66 itens)
GMFCS	Sistema de Classificação da Função Motora Grossa
HIV	Vírus da Imunodeficiência Humana
LTP	Potenciação de Longa Duração
LTD	Depressão de Longa Duração
MCID	Mudança Clinicamente Importante Mínima
MDC90	Mudança Mínima Detectável com 90% de confiança
MAS	Escala de Ashworth Modificada
NMDA	N-metil-D-aspartato
PC	Paralisia Cerebral
PBS	Pediatric Balance Scale
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>

SNC	Sistema Nervoso Central
TAE	Termo de Assentimento Esclarecido
TUG	<i>Timed Up and Go Test</i>
TCE	Traumatismo Cranioencefálico
tDCS	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UNIFAL	Universidade Federal de Alfenas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1	PARALISIA CEREBRAL E ALTERAÇÕES MOTORAS.....	19
2.2	PLASTICIDADE NEURAL E APRENDIZAGEM MOTORA.....	21
2.3	FUNDAMENTOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA (TDCS).....	22
2.4	TREINO DE MARCHA EM ESTEIRA COMO RECURSO DE REABILITAÇÃO MOTORA.....	25
2.5	ASSOCIAÇÃO ENTRE TDCS E TREINO DE ESTEIRA.....	26
3	OBJETIVOS.....	28
4	ARTIGO 01: EFEITO DA TDCS ASSOCIADA AO TREINO DE MARCHA EM CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL.....	29
5	ARTIGO 02: TREINO DE MARCHA EM ESTEIRA ASSOCIADO À ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA EM UMA CRIANÇA COM PARALISIA CEREBRAL: RELATO DE CASO.....	55
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
	REFERÊNCIAS.....	72
	ANEXOS.....	81

1- INTRODUÇÃO

O termo Paralisia Cerebral (PC) designa um grupo de distúrbios do desenvolvimento motor, que surge em decorrência de uma lesão cerebral primária, não progressiva, proveniente de alterações ocorridas no encéfalo em desenvolvimento, resultando em déficits na motricidade, tônus muscular e postura. Estas lesões podem ocorrer nos diversos estágios de maturação cerebral até os dois anos de idade, sendo multifatorial, com causas pré-natais, peri natais e pós-natais (ROSENBAUM *et al.*, 2007; FURTADO *et al.*, 2022).

A PC compreende a condição de saúde com maior impacto na incapacidade física em crianças, apresentando prevalência global estimada entre 1,4 a 3,4 casos a cada 1.000 nascidos vivos, sendo que uma possível variação depende de fatores como região geográfica, acesso a serviços de saúde e critérios de diagnóstico (ROSEBAUM *et al.*, 2023; NOVAK *et al.*, 2020). Em crianças nascidas prematuras (<37 semanas de idade gestacional) e com baixo peso (<2.500g) a prevalência de PC se torna de 20 a 30 vezes maior do que crianças a termo e com peso adequado (BINHA *et al.*, 2018).

As causas pré-natais relacionadas com os aspectos maternos e gestacionais incluem predisposição genética, maior prevalência entre gêmeos monozigóticos; malformações cerebrais, como esquizoencefalia e dilatação ventricular; infecções congênitas, como toxoplasmose, citomegalovírus, herpes simples, sífilis, vírus da imunodeficiência humana - (HIV) e zika-vírus; exposição a agentes tóxicos, como tabaco, álcool, medicamentos, radiação e drogas ilícitas em especial no primeiro trimestre de gestação; alterações nutricionais; hipóxia intra-uterina e lesões vasculares (encefalopatia hipóxico-isquêmica). As causas peri-natais incluem prematuridade com danos no sistema nervoso central (SNC); aspiração de mecônio; hipóxia/anóxia e a etiologia pós-natal inclui encefalopatia bilirrubínica, traumatismo cranioencefálico - TCE, acidente vascular encefálico - AVE, causas vasculares, síndromes convulsivas, hipóxia/ anóxia, causas metabólicas, infecções, tumores, dentre outras (BINHA *et al.*, 2018).

Os mecanismos patológicos envolvem alterações anatômicas e

neurofisiológicas no SNC, envolvendo redução das células gliais, perda axonal e neuronal nas substâncias brancas e cinzentas, danos na germinação axonal e apoptose (KUO *et al.*, 2008; KURZ *et al.*, 2011; SHIN *et al.*, 2012). Em análises neurofisiológicas é possível verificar que as modificações na excitabilidade cortical são globais na PC, independente se a lesão é unilateral, envolvendo a diminuição da ativação dos circuitos corticoespinhais e somatossensoriais (GRECO *et al.*, 2014; MACHADO *et al.*, 2020).

Há um prejuízo nos padrões de respostas motoras (informações descendentes), em decorrência da redução da ativação das vias encefálicas, bem como prejuízos na transmissão ao longo das vias talâmicas, indispensáveis na comunicação das informações sensoriais que chegam até o córtex (informações ascendentes). Desta forma, a diminuição da ativação do córtex somatossensorial pode fornecer uma base neurológica para a má consciência tátil, proprioceptiva e cinestésica em crianças com PC, resultando nos padrões motores de crianças com esta condição (SHIN *et al.*, 2012; KURZ *et al.*, 2011).

O programa terapêutico do paciente com alterações neuromotoras envolve além de especialidades médicas, apoio da equipe multidisciplinar, com as áreas de fisioterapia, fonoaudiologia, terapia ocupacional, psicologia, tratamentos medicamentosos, cirúrgicos, órteses, próteses e quaisquer outros planos de tratamento que tenham como objetivo a recuperação funcional (CAMARGOS *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2020).

Dentro das possibilidades de tratamento, a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS), uma técnica de estimulação cerebral não invasiva, tem ganhado destaque no meio científico e clínico, por se tratar de uma forma segura e econômica de estimulação cerebral, podendo desencadear mudanças neuroplásticas e induzir alterações duradouras de excitabilidade cortical, favorecendo assim o treino motor (RIVERA *et al.*, 2017).

A tDCS envolve a aplicação de uma corrente elétrica monofásica de baixa intensidade no couro cabeludo por meio de eletrodos superficiais do tipo silicone-esponja umedecidos em soro fisiológico e seus efeitos nos tecidos biológicos são obtidos por meio da movimentação de elétrons, em função das cargas elétricas existentes entre eles, do cátodo, polo negativo que provoca efeito inibitório, por

hiperpolarização da membrana neuronal e depressão da força sináptica; para o ânodo, polo positivo, que aumenta a excitabilidade cortical através da despolarização da membrana neuronal pós sináptica e da conseqüente elevação dos níveis intracelulares de cálcio (GRECO *et al.*, 2014; MACHADO *et al.*, 2020).

Uma revisão sistemática demonstrou evidências robustas na aplicação de tDCS anódica em crianças com paralisia cerebral (PC). Os protocolos costumam ser padronizados com a intensidade da corrente variando entre 0,7 mA e 1,5 mA, com predominância do uso de 1 mA; o tempo de estimulação geralmente não ultrapassa 20 minutos, aplicado uma vez ao dia, em protocolos que variam de uma a dez sessões. Entretanto, a literatura para população pediátrica ainda é heterogênea quanto aos protocolos empregados, no que diz respeito ao período e frequência das intervenções, variando entre quatro e doze semanas de intervenção, com frequências de duas a cinco vezes por semana, o que dificulta a padronização de um protocolo ideal (KIM *et al.*, 2025).

As intervenções utilizam, majoritariamente, eletrodos esponja de 35 cm² umedecidos em solução salina e são frequentemente combinadas a algum tipo de treino motor. A escolha da área-alvo costuma ser definida previamente com base na avaliação clínica, conforme o objetivo terapêutico e sua correspondente representação cortical motora (KIM *et al.*, 2025).

Um dos grandes benefícios da tDCS é a possibilidade de sua combinação com outros recursos, o que na população pediátrica pode ser um diferencial, visto que a criança pode ser capaz de tolerar mais a estimulação ao focar na atividade comportamental e funcional proposta, como por exemplo o treino de marcha na esteira (GRECO *et al.*, 2014).

Sabe-se que a marcha eficiente está diretamente relacionada ao convívio social e participação nas atividades, sendo assim, intervenções que buscam trabalhar este aspecto podem somar efetivamente para a funcionalidade de crianças e adolescentes com PC (MAGLIONI *et al.* 2023). De forma particular, o treino de marcha em esteira potencializa a neuroplasticidade, aprendizado motor, memória e ativação neuromota, fatores importantes no processo da marcha, uma vez que promove estímulos sensoriais com qualidade e intensidade que dificilmente é possível receber em condições normais para este público (TORRE *et al.*, 2012; MAGLIONI *et al.* 2023).

A esteira contribui para o treinamento de tarefa específica com múltiplas repetições das fases do ciclo da marcha, promovendo estímulos sensoriais ricos (proprioceptivos e visuais) com limiar modificado de excitabilidade do córtex motor primário (maior eficácia sináptica local), o que pode potencializar a aprendizagem motora (TORRE *et al.*, 2012; GRECO *et al.* 2014).

Em conjunto com o treino de marcha na esteira, a tDCS pode ser capaz de potencializar e ampliar os ganhos funcionais alcançados com a fisioterapia, uma vez que a reabilitação neurológica busca promover a aprendizagem motora por meio de múltiplos estímulos, na tentativa de alcançar melhorias funcionais sem efeitos adversos significativos (BOGGIO *et al.* 2023).

O presente estudo piloto se diferencia ao incluir crianças com PC de níveis I a IV do GMFCS e ao aplicar a intervenção em duas sessões semanais por 5 semanas, distribuídas de forma prática nos mesmos dias das terapias interdisciplinares já realizadas pelas crianças que não interromperam sua rotina de terapias ao iniciarem a intervenção, demonstrando um modelo realista e reproduzível que famílias e centros de reabilitação possam implementar.

Desta forma, partindo da hipótese de que o uso da tDCS associada ao treino de marcha pode resultar em melhora de aspectos clínicos como função motora grossa, mobilidade e equilíbrio em crianças com PC, mais estudos permitirão aprofundar a compreensão acerca de aspectos como efetividade e segurança da intervenção, número ideal de sessões, tamanho de efeito esperado e perfil clínico mais responsivo ao tratamento.

2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Paralisia cerebral e alterações motoras

A PC é um distúrbio do movimento e da postura, resultante de lesão ou desenvolvimento anormal do cérebro imaturo, caracterizando-se por limitações motoras permanentes e não progressivas (NOVAK *et al.*, 2020). Trata-se de uma das condições de saúde mais prevalentes ao redor do mundo, com carácter crônico e mutável, e que acarreta alterações motoras secundárias, (NOVAK *et al.*, 2020; ROSENBAUM *et al.*, 2007).

As manifestações clínicas mudam de acordo com a idade e, no geral, são caracterizadas por movimento voluntário descoordenado, estereotipado e limitado, podendo haver ou não distúrbios sensoriais, perceptivos, cognitivos, da comunicação e do comportamento (PALISANO *et al.*, 1997; ROSENBAUM *et al.*, 2007).

Os distúrbios motores estão diretamente relacionados à localização e extensão da lesão e podem ser classificados quanto a topografia, quadro clínico e função motora grossa. Na classificação quanto a topografia, a PC é subdividida de acordo com a parte do corpo comprometida, podendo ocorrer quadriplegia/quadriparesia (forma bilateral), caracterizada pelo comprometimento dos quatro membros, diplegia/diparesia (forma bilateral), caracterizada pelo comprometimento de dois membros, ou hemiplegia/hemiparesia (forma unilateral), caracterizada pelo comprometimento de um hemicorpo. No que diz respeito ao quadro clínico, a PC pode ser classificada em espástica, atáxica, discinética e mista, a depender da localização da área de lesão: piramidal, extrapiramidal e/ou cerebelar (PALISANO *et al.*, 2021).

Crianças com PC também podem ser classificadas segundo o grau de comprometimento funcional, sendo frequentemente categorizadas pelo Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS), categorizada atualmente em cinco níveis. Os três primeiros níveis descrevem funções motoras compatíveis com melhor capacidade funcional da marcha, podendo ter maiores chances de deambular por certas distâncias com mais independência; já os níveis IV e V se referem a comprometimentos motores graves, com prognóstico de marcha mais reservado

(PALISANO *et al.*, 2021).

Na PC ocorrem padrões variáveis e não funcionais de locomoção. Em crianças espásticas é possível verificar alguns padrões como: 1) Marcha em equino verdadeiro (criança anda com flexão plantar e quadril estendido durante toda fase de apoio); 2) Marcha em salto com ou sem joelho rígido (o tornozelo encontra-se em equino, o quadril e joelho em flexão, anteversão da pelve e aumento da lordose lombar); 3) Marcha em equino aparente com ou sem joelho rígido (o equino tende a desaparecer assim que a flexão do quadril e joelho aumentam e permanecem em flexão excessiva durante toda fase de apoio); 4) Marcha em agachamento com ou sem joelho rígido (apresentam excessiva flexão de quadril e joelhos e dorsiflexão de tornozelo), associada a deformidade do pé (TORRE *et al.*, 2012).

Crianças com discinesia apresentam instabilidade na marcha, combinada com irregularidade e incoordenação devido a flutuação do tônus muscular, movimentos involuntários e falta de sinergia muscular entre agonistas e antagonistas para um movimento harmonioso e estabilização articular. Já as crianças com ataxia apresentam déficits nos impulsos somatossensoriais, o que faz com que não perceba corretamente a posição do corpo no espaço, ocasionando em irregularidade na marcha e falta de coordenação e fluência dos movimentos (TORRE *et al.*, 2012).

Embora a PC possa ser compreendida como uma condição de saúde complexa, com graus de comprometimento motor distintos capazes de repercutir na funcionalidade e na independência, a função motora pode ser influenciada por intervenções terapêuticas que são empregadas no processo de reabilitação, especialmente durante a infância, período de maior plasticidade neural, evitando processos neuroplásticos mal adaptativos que podem gerar prejuízo no desenvolvimento global (COLLANGE *et al.*, 2024).

A compreensão da relação estabelecida entre a neuropatologia e alterações clínicas na PC torna possível a estruturação de uma intervenção efetiva e individualizada, com base no substrato neurológico disponível para a recuperação, aumentando a eficácia do processo de reabilitação (SHIN *et al.*, 2012; KURZ *et al.*, 2011; KUO *et al.*, 2008). De forma semelhante, o conhecimento sobre as particularidades clínicas da PC faz com que as abordagens terapêuticas sejam realizadas levando em conta suas características, tornando uma abordagem aprofundada e detalhada para

que o tratamento seja mais assertivo (FREGNI *et al.*, 2012).

2.1.2 Plasticidade Neural e Aprendizagem Motora

A plasticidade neural refere-se à capacidade do sistema nervoso central (SNC) de reorganizar suas conexões em resposta a estímulos externos, aprendizagem ou lesões (STINEAR *et al.*, 2022). A neuroplasticidade cerebral apresenta três estágios diferentes, sendo estes: (1) desenvolvimento, (2) aprendizagem e (3) pós-lesão. (ISMÂIL; FATEMI; JOHNSTON, 2017; KANDEL *et al.*, 2021)

No estágio 1, caracterizado pelo desenvolvimento neurológico infantil, existe uma forte influência de fatores genéticos que depende de um sequenciamento maturacional guiado pelo tempo, resultante da soma de mecanismos homeostáticos intrínsecos e experiências ambientais extrínsecas. As mudanças durante o desenvolvimento neural podem manifestar-se a nível molecular, como nos receptores do ácido gama-aminobutírico (GABA), receptor N-metil-D-aspartato (NMDA), receptor alfa-amino-3-hidroximetil-5-4-isoxazolpropiónico (AMPA) relacionados com fenômenos de potenciação de longa duração (LTP) e a depressão de longa duração (LTD), desempenhando um papel fundamental na regulação dos períodos mais sensíveis do desenvolvimento neurológico (ISMÂIL; FATEMI; JOHNSTON, 2017; KANDEL *et al.*, 2021).

No estágio 2, que ocorre ao longo da vida, ocorrem mudanças que envolvem a neuroplasticidade adaptativa, onde há modificação de estruturas e funções no cérebro que resultam em vantagens no desempenho de habilidades ou funções bem específicas. A aprendizagem é um processo no qual informações novas são conquistadas, e a partir disso, modifica - se um comportamento, podendo reter essas informações absorvidas ao longo da vida, o que chamamos de memória. Dentro do contexto da aprendizagem, alguns fatores desempenham papel indispensável e devem ser sempre integrados e considerados na prática clínica, como: idade, motivação, ambiente, características da tarefa, experiência prévia, organização e tipo de prática (ISMÂIL; FATEMI; JOHNSTON, 2017; KANDEL *et al.*, 2021).

Por fim, o estágio 3 compreende a neuroplasticidade reativa, onde ocorrem mudanças estruturais e funcionais após uma lesão no SNC. Nesse caso, o mecanismo

de reparo envolvido varia dependendo do estágio que o indivíduo está no momento da lesão e essa variabilidade nos processos de reparação mostram a adaptabilidade do SNC a diferentes desafios e condições impostas pela lesão (ISMÂIL; FATEMI; JOHNSTON, 2017; KANDEL *et al.*, 2021).

Após a lesão encefálica na PC, uma cascata de mudanças neurofisiopatológicas é desencadeada, resultando em redução das células gliais, apoptose, perda axonal e perdas em estruturas subcorticais, tornando a plasticidade crucial, uma vez que permite que regiões intactas do cérebro assumam funções de áreas lesionadas, resultando em substituição de funções. Áreas corticais, impossibilitadas de seu *input* real, são reconectadas por meio de um processo denominado neurogênese, em que o aumento e crescimento de ramificações dendríticas contribuem para a adaptabilidade e a resiliência do SNC frente à lesão (NARDONE *et al.*, 2021).

Cerca de 50% do crescimento cerebral se dá até os dois primeiros anos de vida, 80% até os três anos e quase 90% se estabelece até os seis anos de vida. A plasticidade neural é bastante ativa na infância, ampliando potenciais de modificação do cérebro infantil para além dos limites fechados nas fases geneticamente programadas e limitadas a um determinado crescimento e maturação (COLLANGE *et al.*, 2024).

O artigo de Novak *et al.* (2020) evidencia que intervenções precoces, baseadas em aprendizagem motora e treinamento específico de tarefas, são altamente eficazes no desenvolvimento funcional de crianças com PC. Essas intervenções receberam classificação de "luz verde" no sistema de semáforo utilizado pelos autores, indicando forte evidência científica de eficácia, reforçando a importância de programas individualizados, intensivos e centrados na tarefa desde os primeiros anos de vida para otimizar o potencial de plasticidade cerebral.

2.1.3 Fundamentos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (tDCS)

Pode-se entender como neuromodulação o conjunto de intervenções fisiológicas que modificam a ativação de redes e circuitos neurais, com objetivo de ampliar os recursos adaptativos, compensar caminhos neurofuncionais anômalos ou

complementar outras intervenções medicamentosas, psicoeducativas, comportamentais e/ou cognitivas (COLLANGE *et al.*, 2024)

A abordagem das condições neurológicas e neuropsiquiátricas em crianças e adolescentes tem tido benefícios com os avanços das técnicas de neuromodulação do SNC. Dentre as técnicas disponíveis de estimulação do SNC, pode - se destacar a tDCS, por ser a técnica de neuromodulação que mais apresenta evidências científicas em todas as faixas etárias (FREGNI *et al.*, 2012).

A tDCS é capaz de alterar a excitabilidade da membrana neuronal, por meio de uma corrente elétrica contínua de baixa intensidade (entre 1-2 mA) no cérebro para modular a excitabilidade cortical, sendo que a polaridade da corrente desempenha um papel crucial nos efeitos fisiológicos (ANTAL *et al.*, 2024). A estimulação anódica geralmente facilita a ativação da membrana neuronal, enquanto a catódica tende a inibir a atividade cortical, podendo ser útil para reduzir a atividade de regiões cerebrais hiperativas (LEFAUCHEUR *et al.*, 2023).

Além disso, a tDCS pode promover a neuroplasticidade por meio de vários mecanismos, sendo estes: (1) Modulação da potenciação de longa duração e depressão de longa duração; (2) Aumento dos níveis de fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), crucial para o crescimento neuronal e a plasticidade sináptica e (3) Aumento da densidade de receptores NMDA na membrana neuronal, favorecendo a capacidade sináptica de repostas a estímulos e fortalecimento de conexões (RIVERA *et al.*, 2017). Um dos principais mecanismos de ação da tDCS baseia-se na inibição dos receptores NMDA voltagem dependentes, uma vez que os efeitos dos dois polos da corrente estão interligados a ativação desse receptor (RIVERA *et al.*, 2017).

Alguns estudos sugerem que os efeitos da tDCS sejam decorrentes de modificações persistentes na eficácia sináptica, que se assemelham à LTP e da LTD. Dados de ensaios clínicos mostram que a tDCS pode não só induzir a LTP, mas também modulá - la e interferir na aprendizagem e memória, duas funções necessárias no processo da reabilitação de crianças com alterações neuromotoras (NITSCHE *et al.* 2002; KUO *et al.* 2008; KURZ *et al.* 2011).

Ensaios clínicos e revisões recentes sobre a tDCS têm apresentado destaque na literatura, principalmente na área da reabilitação motora (CHODHURY *et al.*, 2023; COLLANGE GRECCO *et al.* 2021; ZHONG *et al.*, 2025; KIM *et al.*, 2025; METELSKI *et*

al., 2023). Além de ser uma técnica de baixo custo, fácil aplicação e mínimos efeitos adversos, possibilita uma modulação da excitabilidade cortical durante o treino motor neurofuncional, ou seja, permite que a estimulação cerebral seja facilitada ou inibida ao mesmo tempo em que uma demanda é oferecida para treino (COLLANGE GRECCO et al., 2021; NITSCHE et al. 2002).

De fato, a tDCS pode ser capaz de potencializar e ampliar os ganhos funcionais alcançados com a fisioterapia, uma vez que a reabilitação neurológica busca promover a aprendizagem motora por meio de múltiplos estímulos, na tentativa de alcançar melhorias funcionais sem efeitos adversos significativos (BOGGIO et al. 2023).

Embora não exista cura para a lesão no encéfalo de indivíduos com PC, as sequelas secundárias podem ser minimizadas pelos métodos existentes em neuroreabilitação, como a tDCS (FREGNI et al., 2012). Este recurso pode ser empregado visando o aumento da eficácia sináptica local e mudança no padrão de plasticidade cerebral mal adaptativa, de forma a organizar a excitabilidade que se encontra disfuncional e tornar a atividade cortical o mais funcional possível, resultando em mudanças na mobilidade, oscilação e equilíbrio do corpo, distância e velocidade da marcha, espasticidade e funcionalidade (GRECO et al., 2017; DUARTE et al., 2017; DUARTE et al. 2018; AUVICHAYPA et al., 2017; KUO et al., 2018).

Protocolos seguros já publicados utilizam intensidades de 1 mA, duração de 20 a 30 minutos e colocação de eletrodos em áreas motoras primárias (M1), em sua grande maioria o uso da corrente é combinado a tarefas funcionais, permitindo potencializar a excitabilidade cortical durante atividades motoras de crianças com PC (METELSKI et al., 2023; ZHONG et al., 2025; GOULARDINS et al., 2024; WAQAS et al., 2025).

Estudos que abordam a estimulação catódica são menos frequentes na PC, reforçando a ideia sobre o importante papel das adaptações cerebrais nesta condição clínica, de forma que inibir a excitabilidade cortical, mesmo com intuito de obter equilíbrio da atividade inter-hemisférica, pode resultar na redução de atividades neuroplásticas após a lesão (COLLANGE et al., 2024; KIRTON et al., 2017 e RICH et al., 2018). Já a estimulação anódica, especialmente quando combinada com treino motor, aparece nos estudos por favorecer a integração sensório-motora e a coordenação da marcha (COLLANGE et al., 2024, RADWAN et al., 2023; TANG et al.,

2022).

Em uma revisão sistemática, os autores identificaram que a tDCS promove melhorias significativas na função motora global, especialmente quando aplicada sobre o córtex motor primário (M1) e, para os membros inferiores, a aplicação mostrou efeito robusto indicando ganhos relevantes em marcha e mobilidade; além disso, a tDCS apresentou resultados positivos quando combinada com treino motor ou utilizada isoladamente, reforçando o potencial da técnica como ferramenta de reabilitação em crianças com PC (KIM *et al.*, 2025).

Estudos anteriores com estimulação anódica de tDCS associada ao treino de marcha em crianças com PC mostraram segurança e algumas tendências de eficácia, mesmo em protocolos com apenas uma sessão ou amostras pequenas. Entretanto, esses trabalhos apresentam maior direcionamento às crianças dos níveis I ao III, considerando parâmetros cinemáticos da marcha, sem abordar desfechos funcionais amplos, como função motora global, mobilidade e equilíbrio, aspectos críticos que impactam diretamente a participação e a atividade ao longo da vida (GRECCO *et al.*, 2014; COLLANGE-GRECCO *et al.*, 2023).

Esse estudo pode fornecer informações importantes sobre segurança, tolerabilidade e efeitos da tDCS associada ao treino de marcha na esteira, na função motora, mobilidade e equilíbrio de crianças com PC, oferecendo subsídios sólidos para compreender o impacto que essas variáveis podem ter, sobretudo em estudos futuros com amostras maiores.

2.1.4 Treino de Marcha em Esteira como Recurso de Reabilitação Motora

As limitações funcionais secundárias, resultantes da lesão primária no SNC impactam significativamente na mobilidade e a independência de crianças com PC. Nesse sentido, o treino de marcha em esteira tem sido amplamente investigado como estratégia terapêutica para otimizar a função motora grossa e o desempenho da marcha, com impacto do ponto de vista clínico, onde o profissional apto à aplicação do treino em esteira precisa considerar o nível funcional pelo *Gross Motor Function Measure* (GMFM), a tolerância ao esforço e a necessidade de suporte parcial de peso durante o treino (ALOTAIBI *et al.*, 2023).

Nos últimos anos, o avanço das pesquisas com foco nos ensaios clínicos randomizados e revisões sistemáticas, trouxeram evidências robustas sobre a eficácia do treino em esteira com ou sem suporte parcial de peso corporal. Em uma meta-análise recente, Alotaibi *et al.* (2023) demonstraram que o treino de marcha na esteira produziu melhorias significativas na velocidade de marcha, resistência e escores das dimensões D e E do GMFM, quando comparado à fisioterapia convencional, destacando que o suporte parcial de peso favorece o controle postural e permite maior repetição de padrões motores adequados, fundamentais para o aprendizado motor.

Uma revisão analisou o conceito de “dose limiar” em intervenções intensivas voltadas à marcha, onde sugere que maiores volumes de prática, especialmente protocolos com frequência de três a cinco sessões semanais, podem gerar efeitos superiores na velocidade e resistência de marcha, ressaltando a importância da intensidade e da repetição para a neuroplasticidade (SUDATI *et al.* 2024).

Em um estudo randomizado, os autores mostraram que o treino de marcha para trás (reverso) em esteira promoveu ganhos significativos em equilíbrio, velocidade e resistência de crianças com PC espástica (níveis do GMFCS I–II), sugerindo benefícios adicionais do uso de direções não convencionais de treino (DOĞAN *et al.* 2023).

As revisões de Han *et al.* (2020) e Ochandorena-acha *et al.* (2022) corroboram esses resultados, apontando que o treino de marcha em esteira, isolado ou associado a recursos como a realidade virtual e exercícios de equilíbrio, é seguro, viável e eficaz para melhorar a velocidade, a resistência e a função motora grossa em crianças com PC. A revisão sistemática de Novak *et al.* (2020) aponta que estratégias como treinamento de marcha e exercícios com esteira, favorecem a consolidação de habilidades motoras, promovendo reorganização neural e maior eficiência funcional.

2.1.5. Associação entre tDCS e Treino de Esteira

Na combinação de tDCS e treino de marcha em crianças com PC, o raciocínio é fundamentado na potencialização da plasticidade cortical, de forma que a estimulação anódica de M1 aumenta a excitabilidade neuronal, criando um ambiente propício para o aprendizado motor durante a prática de marcha (COLLANGE GRECCO *et al.*, 2022).

Uma metanálise investigou a segurança e eficácia da tDCS em distúrbios motores pediátricos, demonstrando que este recurso se apresenta como uma técnica segura e tolerável, capaz de melhorar os resultados funcionais em crianças com distúrbios motores, e potencialmente, servir como um recurso viável para intervenções de aprendizagem motora (SALEEM *et al.*, 2018).

O estudo de Grecco *et al.* (2014) demonstrou que a aplicação de tDCS anódica sobre o córtex motor primário, associada ao treino de marcha em esteira, promoveu ganhos significativos no desempenho motor de crianças com paralisia cerebral diparética espástica. As crianças do grupo experimental apresentaram melhora significativa no domínio “ficar em pé” da GMFM-88, embora não tenham sido observadas diferenças significativas no domínio relacionado à marcha da GMFM-88, os autores destacam que a combinação da tDCS com atividade locomotora orientada pode potencializar mecanismos de neuroplasticidade e favorecer ajustes posturais mais eficientes em tarefas funcionais.

Em um segundo estudo, Grecco *et al.* (2015) investigaram a tDCS associada ao treinamento em realidade virtual e observaram ganhos significativos na função motora grossa, sugerindo assim, que a combinação da tDCS com diferentes formas de treinamento motor pode potencializar os efeitos terapêuticos, favorecendo o desempenho funcional de crianças com paralisia cerebral.

Embora sejam encontrados na literatura estudos que analisaram a associação do treino de marcha em esteira com a aplicação da tDCS em crianças com PC (CHOI *et al.* 2023; DUARTE *et al.* 2014; GRECO *et al.*, 2014; GRECO *et al.*, 2015; LAZARRI *et al.*, 2015; LAZARRI *et al.*, 2016; GRECO *et al.*, 2016), os protocolos de intervenção empregados são por vezes heterogêneos no que diz respeito à duração, frequência, intensidade, posicionamento dos eletrodos e períodos de intervenção, tornando um campo de pesquisa, que requer atualizações constantes e com rigor metodológico.

3- OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Comparar os efeitos preliminares de um protocolo utilizando tDCS associada ao treino de marcha com os efeitos da tDCS isolada na função motora grossa, mobilidade e equilíbrio de crianças com paralisia cerebral.

3.2 Objetivos Específicos

Avaliar, por meio da comparação intra e intergrupos, o efeito da tDCS associada ao treino de marcha na esteira:

- Na função motora grossa avaliada pela escala de medida da função motora grossa (GMFM);
- Na mobilidade avaliada pelo Teste *Timed Up an Go* e pela Escala de Mobilidade Funcional (FMS);
- No equilíbrio pela Pediatric Balance Scale (PBS).

Verificar a segurança do protocolo utilizado por meio do registro de possíveis efeitos adversos, considerando fatores como frequência, intensidade e duração.

Verificar a viabilidade do estudo, considerando a taxa de recrutamento, taxa de adesão, retenção e aceitabilidade da intervenção.

4- ARTIGO 01

EFEITO DA TDCS ASSOCIADA AO TREINO DE MARCHA EM CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL: ESTUDO PILOTO

Resumo

Introdução: A paralisia cerebral (PC) cursa com déficits motores persistentes e alterações secundárias que comprometem a locomoção. A tDCS, por modular a excitabilidade cortical e apoiar mecanismos de neuroplasticidade, pode potencializar os efeitos do treino de marcha e otimizar o desempenho motor. **Objetivo:** Avaliar a viabilidade, segurança e o tamanho amostral do protocolo de tDCS associada ao treino de marcha em esteira e da tDCS isolada, bem como comparar seus efeitos na função motora grossa, mobilidade e equilíbrio de crianças com paralisia cerebral. **Métodos:** Ensaio clínico piloto randomizado controlado, realizado com 8 crianças de 4 a 12 anos, ambos os sexos, diagnosticadas com PC. Os participantes foram randomizados em dois grupos: grupo experimental (GE), que recebeu tDCS anódica aplicada sobre o córtex motor primário (Cz, 1 mA, 20 min) simultaneamente ao treino de marcha em esteira, duas vezes por semana durante cinco semanas (10 sessões); e grupo controle (GC), que recebeu tDCS isolada. As avaliações foram realizadas no *baseline* e após a intervenção por meio dos instrumentos *Gross Motor Function Measure (GMFM-88)*, *Time Up and Go (TUG)*, *Pediatric Balance Scale (PBS)* e *Functional Mobility Scale (FMS)*. **Resultados:** O GE apresentou aumento nas médias de todas as variáveis avaliadas, com variações funcionais compatíveis com parâmetros de mudança mínima detectável. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nas comparações intra e intergrupos, achado condizente com o delineamento piloto e o tamanho amostral reduzido. **Conclusão:** O protocolo de tDCS, isolada ou associada ao treino de marcha em esteira, mostrou-se viável e seguro em crianças com paralisia cerebral, com recrutamento de 100%, retenção de 80% e apenas efeitos adversos leves e transitórios.

A estimativa do tamanho amostral sugere aproximadamente 44 participantes por grupo para futuros ensaios clínicos.

Palavras-chave: paralisia cerebral; estimulação transcraniana por corrente direta; marcha; reabilitação neurológica.

Abstract

Introduction: Cerebral palsy (CP) is characterized by persistent motor deficits and secondary alterations that compromise locomotion. tDCS, by modulating cortical excitability and supporting neuroplasticity mechanisms, can potentiate the effects of gait training and optimize motor performance. **Objective:** Objective: To evaluate the feasibility, safety, and sample size of the tDCS protocol associated with treadmill gait training and tDCS alone, as well as to compare their effects on gross motor function, mobility, and balance in children with cerebral palsy. **Methods:** A randomized controlled pilot clinical trial was conducted with 8 children aged 4 to 12 years, of both sexes, diagnosed with CP. Participants were randomized into two groups: an experimental group (EG), which received anodal tDCS applied to the primary motor cortex (Cz, 1 mA, 20 min) simultaneously with treadmill gait training, twice a week for five weeks (10 sessions); and a control group (CG), which received tDCS alone. Assessments were performed at baseline and after the intervention using the Gross Motor Function Measure (GMFM-88), Timed Up and Go (TUG), Pediatric Balance Scale (PBS), and Functional Mobility Scale (FMS). **Results:** The experimental group (EG) showed an increase in the mean scores of all variables evaluated, with functional variations consistent with parameters of minimal detectable change. No statistically significant differences were observed in intra- and intergroup comparisons, a finding consistent with the pilot design and the small sample size. **Conclusion:** The tDCS protocol, alone or in combination with treadmill gait training, proved to be viable and safe in children with cerebral palsy, with 100% recruitment, 80% retention, and only mild and transient adverse effects. The estimated sample size suggests approximately 44 participants per group for future clinical trials.

Keywords: cerebral palsy; transcranial direct current stimulation; gait; neurological

rehabilitation

INTRODUÇÃO

A Paralisia cerebral (PC) é um termo amplamente utilizado para descrever um espectro de déficits motores causados por lesões ou malformações não progressivas no cérebro em desenvolvimento, ocorridas durante os períodos pré-natal, perinatal ou pós-natal precoce. Essa condição resulta em limitações na postura e no movimento, afetando a capacidade de realizar atividades motoras de forma independente¹.

O modelo da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF), da Organização Mundial da Saúde (OMS), fornece uma referência importante para compreender a PC de forma multidimensional. Esse modelo permite compreender não apenas os déficits motores, mas também como eles afetam a capacidade da criança de interagir com o ambiente e participar das atividades diárias, de forma a orientar intervenções terapêuticas mais abrangentes e individualizadas².

Melhorar a marcha é um dos principais objetivos da reabilitação em crianças com PC, uma vez que a lesão cerebral primária, pode ocasionar limitações secundárias que impactam na qualidade de vida e autonomia³. As alterações neuromotoras presentes nessas crianças tornam o aprimoramento do movimento um processo complexo, geralmente exigindo intervenções a longo prazo, com resultados limitados³.

Diante desses desafios, cresce o interesse por estratégias que possam potencializar a resposta aos tratamentos tradicionais, especialmente aquelas capazes de modular a atividade cerebral e facilitar os processos de aprendizagem motora. É nesse contexto que surge a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS), uma técnica de neuromodulação não invasiva que utiliza corrente elétrica de baixa intensidade para modificar a excitabilidade cortical e dependendo do tipo de eletrodo e da polaridade, a tDCS pode aumentar ou diminuir a atividade neuronal, favorecendo mudanças neuroplásticas que potencializam a aprendizagem motora⁴.

Em crianças com PC, a aplicação de tDCS sobre regiões motoras específicas, como o córtex motor primário, pode amplificar os efeitos do treino de marcha, facilitando a aquisição de padrões motores mais eficientes e promovendo melhorias na função

motora grossa, mobilidade e equilíbrio⁴.

Considerando esse potencial, estudos vêm explorando a aplicação de tDCS em crianças com PC, especialmente quando combinada a intervenções funcionais como o treino de marcha, podendo potencializar a reorganização cortical, promovendo efeitos sinérgicos que melhoram a função motora, o equilíbrio e a mobilidade em crianças com PC. Esse efeito é especialmente relevante quando aplicado em conjunto com o treino de marcha, permitindo que a criança pratique padrões motores em um ambiente rico em estímulos sensório-motores, o que pode acelerar o progresso funcional⁵⁻⁸.

Uma revisão sistemática recente reuniu evidências consistentes sobre o uso da tDCS anódica em crianças com paralisia cerebral (PC). Os protocolos disponíveis apresentam relativa padronização quanto à dosagem, com intensidades variando entre 0,7 mA e 1,5 mA, predominando o uso de 1 mA, e tempo máximo de estimulação de 20 minutos, geralmente aplicado uma vez ao dia em protocolos de uma a dez sessões. Contudo, os estudos pediátricos ainda exibem heterogeneidade importante em relação ao período total e à frequência das intervenções, que variam entre quatro e doze semanas, com frequência de duas a cinco sessões semanais, o que limita a definição de um protocolo ideal (KIM et al., 2025).

Nesse contexto, o protocolo adotado no presente estudo se destaca por avaliar os efeitos preliminares e a viabilidade de um regime menos intensivo, composto por duas sessões semanais durante cinco semanas, totalizando 10 sessões, o que constitui uma abordagem de maior viabilidade prática e melhor adequação à rotina das crianças e de suas famílias. Essa configuração reduzida contribui para preencher uma lacuna importante da literatura, que carece de investigações sobre modelos de menor carga terapêutica, mas que possa manter sua capacidade de induzir mudanças motoras relevantes.

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo comparar os efeitos preliminares da tDCS associada ao treino de marcha com os efeitos da tDCS isolada na função motora grossa, mobilidade e equilíbrio de crianças com PC.

MÉTODO

Trata-se de um estudo piloto controlado, randomizado e duplo cego, conduzido de acordo com as recomendações metodológicas do *CONSORT Extension for Pilot and Feasibility Trials*. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) com o protocolo número (CAAE: 82720824.4.0000.5142) e seguiu a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). A pesquisa foi realizada no centro de reabilitação multidisciplinar da Associação dos Deficientes Físicos de Poços de Caldas –MG (ADEFIP) no período de Maio a Agosto de 2025.

Amostra

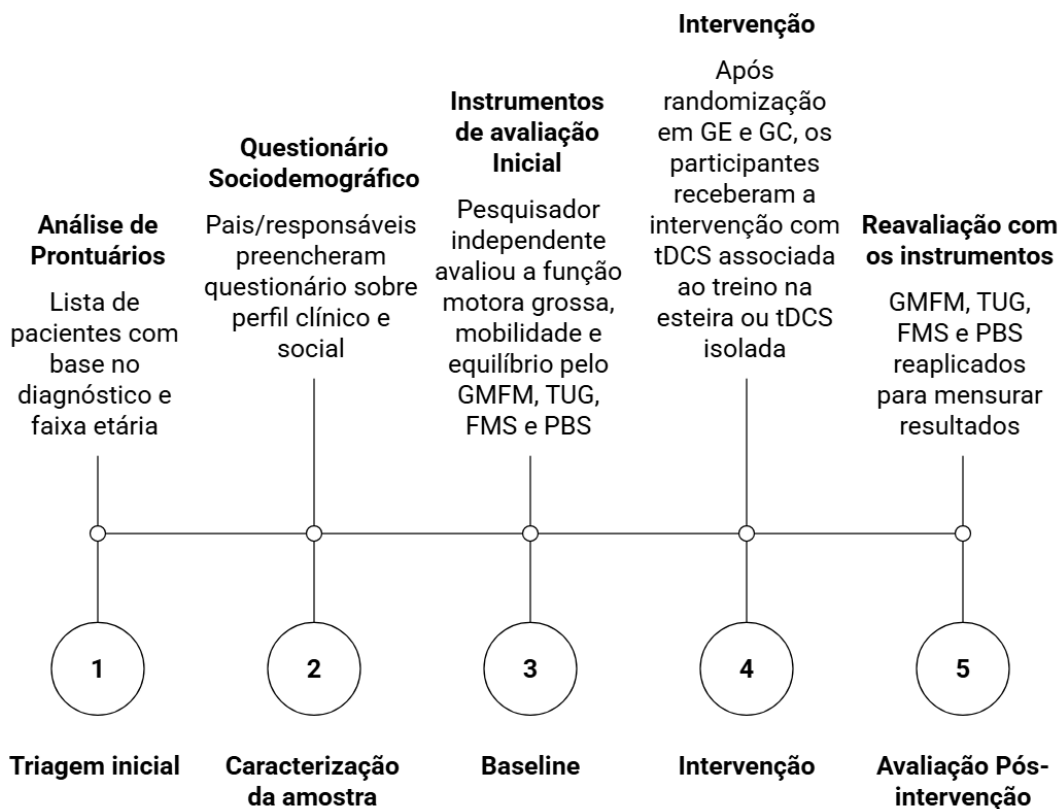
O estudo foi realizado com 8 crianças diagnosticadas com PC, independentemente do subtipo (espástica, discinética, atáxica ou mista), com idade de 4 a 12 anos, de ambos os sexos, deambuladoras nível I, II, III e IV do *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS), com necessidade ou não de recursos auxiliares de marcha, com grau de mobilidade articular de tornozelo compatível com a posição neutra, ângulo poplíteo inferior a 30° na goniometria e que apresentassem frequência regular nas terapias interdisciplinares indicadas no programa de reabilitação neurológica individualizada

Foram excluídos do estudo os participantes que apresentassem outras condições de saúde não associadas a PC, epilepsia, tumor cerebral, implante metálico, lesões de pele no sítio da estimulação, uso de aparelho auditivo, que apresentassem indicação de cirurgias para correção de deformidades ortopédicas ou que tivessem realizado cirurgias recentes do sistema musculoesquelético ou neurológico nos últimos 12 meses prévios a intervenção, que tivessem comorbidades que impedissem o treino na esteira e/ou com alterações cognitivas ou grau de colaboração incompatível com desempenho esperado.

Procedimentos

A Figura 1 apresenta a linha do tempo dos procedimentos de avaliação adotados no estudo, detalhando a sequência de etapas realizadas desde o *baseline* até o pós-intervenção, de forma a demonstrar a organização metodológica e o fluxo completo das avaliações.

Figura 1: Linha do tempo dos procedimentos e etapas da pesquisa.



Fonte: Do autor

Para seleção e recrutamento dos participantes, inicialmente, foi realizado um processo de triagem, de acordo com análise de prontuários presentes na instituição, onde foi elaborada uma lista por diagnóstico, seguindo a faixa etária determinada para este estudo.

Para caracterização da amostra, em relação ao perfil sociodemográfico e clínico, os pais e/ou responsáveis responderam um questionário multidimensional previamente

estruturado pelos autores, contendo variáveis como nome, sexo, idade, tipo clínico de PC (espástica, atáxica, discinético: distônico e coreoatetóide, e mista), nível do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS); causa da lesão encefálica, tempo de diagnóstico clínico, data de início da reabilitação, quantidade de terapias realizadas semanalmente, procedimentos cirúrgicos anteriores ou programados, intervenções invasivas realizadas, medicamentos de uso contínuo, órteses e recursos auxiliares de marcha utilizados, escolaridade da criança, escolaridade dos pais e renda familiar. A avaliação dos participantes foi realizada por um pesquisador independente e com experiência, que não fez parte dos procedimentos de intervenção.

A avaliação inicial foi realizada uma semana antes da intervenção e a reavaliação uma semana após o final da intervenção. Para avaliação no *baseline* e após 5 semanas, os desfechos de função motora grossa, mobilidade e equilíbrio foram analisados por meio de testes e escalas a começar pela função motora grossa, onde foi utilizado o *Gross Motor Function Measure* (GMFM), um instrumento de observação padronizado para medir mudanças na função motora grossa em crianças com PC, em sua versão traduzida e adaptada culturalmente para o português brasileiro⁹. Esse teste contém uma sequência de 88 itens (GMFM-88) agrupados em cinco dimensões: A - deitar e rolar (17 itens); B - sentar (20 itens); C - engatinhar e ajoelhar (14 itens); D - em pé (13 itens); E - andar, correr e pular (24 itens).

A mobilidade funcional foi avaliada pelo *Timed Up-and-Go Test* (TUG), um teste rápido, prático e amplamente utilizado para avaliar a mobilidade funcional e o risco de quedas, instrumento amplamente utilizado e com evidências de confiabilidade e validade já demonstradas na população brasileira pediátrica¹⁰. O teste em questão quantifica a mobilidade funcional com base no tempo (em segundos) necessário para um indivíduo realizar a tarefa de levantar-se de uma cadeira sem apoio para os braços, caminhar três metros, virar-se, retornar à cadeira e sentar-se novamente. Durante o teste, as crianças que necessitavam de dispositivos auxiliares de marcha como bengalas e andadores, fizeram uso destes.

Aplicou-se também a *Escala de Mobilidade Funcional* (FMS), uma ferramenta simples e de fácil aplicação, válida e confiável, que classifica a habilidade de locomoção em três distâncias específicas, sendo, 5, 50, 500 metros, representando a mobilidade da

criança em casa, na escola e na comunidade¹¹. Para análise do equilíbrio, utilizou-se a *Pediatric Balance Scale (PBS)*, um instrumento para avaliação do equilíbrio, com evidências de confiabilidade e validade, que contém 14 itens e cada item possui uma variação que vai de 0 a 4 pontos que não requer equipamento especializado¹².

Após avaliação inicial, a randomização dos participantes foi realizada por um pesquisador independente, utilizando uma sequência aleatória gerada por meio do *Randomizer* (<https://www.randomizer.org>) em 2 grupos sendo, Grupo experimental (GE) - tDCS associada ao treino de marcha em esteira, e Grupo controle ativo (GC)- tDCS isolada; sendo que ambos os grupos mantiveram a realização de suas terapias interdisciplinares habituais. As avaliações e tratamento aconteceram por um avaliador cego em relação as alocações dos grupos.

A tDCS foi realizada por meio do aparelho *Microestim Genius*, portátil, estimulador com controle microprocessado de corrente, fabricante: NKL – Produtos Eletrônicos Ltda, registrado na ANVISA sob o número [80191680009], de dois eletrodos, de tamanhos de 35 cm², superficiais e não invasivos, tipo silicone-esponja, umedecidos em solução salina marca *Farmax Sorimax* 500 ml, para facilitar a condução da corrente. A tDCS anódica posicionada sobre o córtex motor primário (com o eletrodo ânodo posicionado sobre Cz, área de representação cortical dos membros inferiores- MMII), seguindo o sistema de eletroencefalograma (EEG) 10–20 padronizado internacionalmente, e o eletrodo cátodo sobre região extra-cefálica (músculo deltoide direito)- (Figura 1). A intensidade da corrente foi de 1mA, sendo o aparelho configurado para um limite máximo de 30 k Ω , conforme parâmetros de segurança internacionalmente recomendados. Contudo, a prática clínica foi conduzida com impedâncias sempre abaixo de 10 k Ω ; além disso, o protocolo incluiu rampa de subida (30 s) no início da sessão e rampa de descida (30 s) ao final, para minimizar sensação abrupta de formigamento e aumentar a tolerabilidade da tDCS.

A quantidade de soro fisiológico utilizada em cada sessão foi padronizada em 20 mL, medida previamente com uma seringa graduada de 20 mL. A intervenção foi realizada 2 vezes por semana, durante 5 semanas, totalizando 10 sessões, com duração de 20 minutos cada sessão, em horários pré - determinados e mantidos fixos do início ao fim do protocolo.

Figura 2: Montagem da tDCS com o eletrodo anódico em Cz segundo o sistema 10–20 do Eletroencefalograma (EEG), e catódico em região extra-cefálica (deltoide direito)



Fonte: Do autor (imagem publicada com autorização dos responsáveis).

Para o GE, a estimulação transcraniana foi aplicada de forma concomitante ao treino locomotor na esteira (Figura 2). O protocolo de treino de marcha foi realizado utilizando a esteira ergométrica *New Cycle*, da marca New Cycle®, que pertence à empresa Movement / New Cycle Equipamentos Fitness Ltda, comercializada no Brasil.

Antes do início das intervenções foi realizada uma sessão de familiarização na esteira, sem aplicação de tDCS, destinadas à adaptação ao equipamento e à definição da velocidade de treino, sendo que durante a familiarização, a velocidade foi iniciada em marcha lenta e gradualmente aumentada até o nível tolerado pela criança, considerando ausência de dor, sinais de fadiga ou alterações cardiorrespiratórias.

Nas sessões de intervenção, a velocidade foi ajustada progressivamente conforme tolerância; o treino de marcha na esteira foi realizado em associação com a tDCS, respeitando-se o protocolo descrito para aplicação da corrente⁹. Foram monitorados no início e ao final os dados de pressão arterial, por meio de um esfigmomanômetro e

estetoscópio modelo *Premium* (fabricado pela Ningbo Jiangbei Tenso Medical Instruments Co., Ltd., China), comercializado no Brasil sob a marca *Premium*; frequência cardíaca e saturação periférica de O₂ utilizando o oxímetro modelo *G-Tech Oxímetro Medidor de Saturação* (fabricado por *Beijing Choice Electronic Technology Co., Ltd.* Beijing, China) e comercializado no Brasil sob a marca *G-Tech*; além do monitoramento de possíveis efeitos adversos relatados e observados.

Foi permitido que o fisioterapeuta fizesse correção do posicionamento dos MMII durante as passadas ou fizesse uso de recursos terapêuticos como faixas e elásticos, cinto pélvico e coletes, suporte parcial de peso, andadores acoplados à esteira, e da mesma forma, que utilizasse comandos verbais caso necessário.

Figura 3. Aplicação do protocolo de tDCS associada ao treino de marcha na esteira



Fonte: Do autor (imagem publicada com autorização dos responsáveis)

Para o GC, a estimulação transcraniana foi aplicada de forma isolada. O posicionamento dos eletrodos seguiu a mesma ordem do posicionamento no protocolo anterior, porém, durante a aplicação, os participantes permaneceram sentados em

posição confortável, com cadeira e mesa com ajustes de regulagem de altura e inclinação específica, da marca *Central Suportes – modelo: Regulável b201s/ cor cinza*.

A fim de auxiliar na manutenção da posição sentada durante toda a aplicação, as crianças participantes da pesquisa tiveram a opção de assistir a vídeos de interesse pessoal, por meio de um tablet disponibilizado pela equipe, que permanecia na mesa posicionado na altura visual adequada de cada criança, evitando flexão do pescoço e posicionado a pelo menos 30 cm de distância (Figura 3).

Figura 4. Aplicação do protocolo de tDCS isolada



Fonte: Do autor (imagem publicada com autorização dos responsáveis)

Todas as crianças deram continuidade as suas terapias habituais, entretando, nenhuma criança deu início a uma terapia nova como parte integrante do tratamento após início do protocolo de intervenção para ambos os grupos. As terapias interdisciplinares consistiram em atendimentos fornecidos pelos setores de fisioterapia (motora, aquática e/ou esportiva), fonoaudiologia, psicologia, psicopedagogia, terapia ocupacional e

educação física adaptada da instituição. A indicação das terapias variava de acordo com o objetivo funcional estabelecido para o plano terapêutico individualizado de cada criança, baseado na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) e a frequência das terapias ocorria de uma a duas vezes por semana, com duração de 40 minutos.

Análise de viabilidade e segurança do estudo

A viabilidade do estudo foi analisada considerando quatro dimensões principais, sendo estas: taxa de recrutamento, taxa de adesão, retenção e aceitabilidade da intervenção, exemplificados abaixo, com intuito de avaliar se o protocolo é viável na população-alvo e orientar ajustes para futuros ensaios clínicos.

- Taxa de recrutamento: foi determinada pela proporção de crianças elegíveis que aceitaram participar dentro do período previsto. Foram registradas as principais razões de recusa, bem como possíveis barreiras ao recrutamento, identificadas durante o processo¹³⁻¹⁶.

- Taxa de adesão às sessões: onde calculou-se a partir do número de sessões efetivamente realizadas, dividindo pelo total de sessões previstas. Todas as faltas e seus respectivos motivos foram registradas. Para fins de análise, foram consideradas aderentes as crianças que completarem pelo menos 80% das sessões previstas pelo protocolo¹³⁻¹⁶.

- Taxa de Retenção: foram analisados os números de participantes que concluíram todas as etapas do estudo, identificando-se também os casos de abandono e suas justificativas¹³⁻¹⁶.

- Taxa de aceitabilidade da intervenção: avaliada por meio de dois procedimentos complementares: (a) observação comportamental sistemática, registrando sinais de desconforto, recusa, irritabilidade, necessidade de pausas, choro, medo, agitação ou outras manifestações indicativas de dificuldade em tolerar a intervenção; e (b) feedback espontâneo da criança e/ou dos responsáveis, incluindo relatos verbais, comentários sobre a experiência e expressões que indiquem satisfação ou incômodo ao

longo do protocolo¹³⁻¹⁶.

A segurança foi monitorada por meio do registro sistemático em prontuário, sobre possíveis efeitos adversos, como ardência, coceira, formigamento, cefaleia e vermelhidão; documentando sua frequência, intensidade e duração ao longo das sessões. Os responsáveis também foram previamente orientados sobre os possíveis efeitos adversos da técnica e sobre a necessidade de observarem a criança após cada sessão para monitoramento das respostas individuais, e frente a qualquer alteração, a equipe deveria ser comunicada imediatamente.

Análise estatística

A preparação dos dados foi realizada pelo pesquisador responsável, utilizando o Microsoft Excel®. As análises estatísticas subsequentes foram conduzidas por um pesquisador independente, que não participou das etapas de coleta nem da intervenção. As variáveis descritivas foram apresentadas em média, desvio-padrão e percentual.

A normalidade foi verificada pelo teste de *Shapiro–Wilk* e para os dados paramétricos, aplicou-se o teste *t de student*, e para os não paramétricos, o teste de *Mann–Whitney*.

As variáveis categóricas foram comparadas por meio do teste qui-quadrado de *Pearson* (χ^2) ou, quando necessário, pelo teste exato de *Fisher*. As análises inter e intragrupos adotaram nível de significância de $p < 0,05$, realizadas no SPSS versão 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA).

O cálculo amostral foi realizado no software G*Power 3.1 (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Alemanha). Considerando que se trata de um estudo piloto, foi conduzida uma análise post hoc, adotando $\alpha = 0,05$, poder de 80%, correlação entre medidas de 0,5 e fator de esfericidade igual a 1. Utilizou-se como variável de referência os escores do Gross Motor Function Measure (GMFM-88), a fim de estimar o tamanho amostral necessário para um ensaio clínico futuro. Utilizando o software G*Power (versão 3.1),

RESULTADOS

Foram avaliados para elegibilidade 50 crianças diagnosticadas com PC, com todos os tipos clínicos de paralisia cerebral, abrangendo os níveis I a IV do GMFCS. Após procedimento de triagem, foram excluídos 40 crianças, sendo que, 31 não atenderam aos critérios de inclusão, 2 desistiram de participar do estudo e sete foram contatados por telefone, mas não compareceram para a avaliação por residirem em outro município. Os participantes foram então randomizados nos grupos GE (n=5) e GC (n= 5), havendo perda de seguimento por suspeita de crise convulsiva e por impossibilidade da família em comparecer nos dias programados.

Foram então analisados dados de 4 voluntários em cada grupo, cujas características sociodemográficas e clínicas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Perfil sociodemográfico e clínico.

Características	GC (n=4) M±DPM (IC)	GE (n=4) M±DPM (IC)	Valor de p
Idade	7,75 ± 2,36 (3,99 a 11,50)	8,25 ± 1,89 (5,23 a 11,26)	0,75 ^a
Sexo (%)	M= 75 (n=3) F= 25 (n=1)	M= 75 (n=3) F= 25 (n=1)	0,78 ^b
Medicamentos (%)	Sim= 25 (n=1) Não= 75 (n=3)	Sim= 25 (n=1) Não= 75 (n=3)	0,78 ^b
Tipo de PC (%)	ES= 50 (n=2) AT= 0 (n=0) DI= 0 (n=0) MI= 50 (n=2)	ES= 75 (n=3) AT= 0 (n=0) DI= 25 (n=1) MI= 0 (n=0)	0,20 ^c
Topografia (%)	H= 75 (n=3) D= 0 (n=0) Q= 25 (n=1)	H= 0 (n=0) D= 50 (n=2) Q= 50 (n=2)	0,06 ^c
GMFCS (%)	I= 75 (n=3) II= 0 (n=0) III= 0 (n=0) IV= 25 (n=1)	I= 0 (n=0) II= 25 (n=1) III= 50 (n=2) IV= 25 (n=1)	0,11 ^c
Escolaridade - Criança (%)	EI= 0 (n= 0) EFI= 75 (n=3)	EI= 0 (n= 0) EFI= 75 (n=3)	0,87 ^b

	EFII= 25 (n=1)	EFII= 25 (n=1)	
Escolaridade- responsável (%)	EFC= 50 (n=2) EMC=25 (n=1) ESC= 25 (n=1)	EF= 50 (n=2) EM=25 (n=1) ES= 25 (n=1)	1,0 ^c
Renda Familiar	2,00 ± 0,81 (0,70 a 3,29)	2,75 ± 0,95 (1,22 a 4.27)	-

Legenda: Valores expressos em frequência absoluta (n) e percentual (%) ou média ± desvio-padrão e intervalo de confiança, conforme a natureza da variável. Comparações intergrupo realizadas pelo teste *t* independente para variáveis contínuas e pelo teste qui-quadrado de Pearson (χ^2) ou teste exato de Fisher para variáveis categóricas, conforme apropriado ($p < 0,05$); a: t-teste, b: Fisher, c: Qui-quadrado. PC: Paralisia Cerebral; GC: Grupo Controle; GE: Grupo Experimental; M= Masculino; F= Feminino; ES: Espástica; AT: Atáxica; DI: Discinética; MI: Mista; H: hemiplegia; D: diplegia; Q: quadriplegia; EII= Educação infantil incompleta; EI= Educação infantil; EFI=Ensino fundamental I; EFII: Ensino fundamental II; EFC: Ensino Fundamental Completo; EMC=Ensino Médio Completo (1o ao 3o ano); ESC= Ensino Superior Completo. GMFCS: Sistema de Classificação da Função Motora Grossa - dado em pontuação, de acordo com pontuação da escala que varia de I a V.

Não foram observadas diferenças significativas na comparação entre os grupos em relação ao perfil sociodemográfico e clínico.

Para o escore contínuo do GMFM-88, não foram observadas diferenças significativas nas comparações intergrupo e intragrupo para o GE e GC, tanto no escore total quanto nas análises por dimensão *baseline* e após 5 semanas. Contudo, verificou-se uma tendência de aumento nas médias do escore total do GMFM-88 em ambos os grupos após a intervenção, com incremento aparentemente maior no GE, embora sem significância estatística (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram observados no teste TUG, no qual houve tendência de redução dos tempos após a intervenção, mais evidente no GE. Entretanto, essa redução não foi significativa. Nas demais escalas (PBS e FMS: 5 m, 50 m e 500 m), não foram identificadas diferenças significativas nas análises intragrupo ou intergrupo (Tabela 3).

Tabela 2- Comparações Intra e Intergrupos dos Escores Normativos do GMFM-88 por Dimensões.

Domínios	GC (n=4) M±DPM IC		GE (n=4) M±DPM IC		Valor de p Intergrupo		Valor de p Intragrupo (GC)	Valor de p Intragrupo (GE)
	<i>Baseline</i>	<i>Após 5 semanas</i>	<i>Baseline</i>	<i>Após 5 Semanas</i>	<i>Baseline</i>	<i>Após 5 semanas</i>	<i>Baseline</i>	<i>Após 5 semanas</i>
Total	90,14±14,52 (67,03 a 113,24)	92,42±13,89 (70,31 a 114, 52)	81,73 ±6,95 (70,67 a 92,80)	87,05±7,41 (75,25 a 98,84)	0,24	0,24	0,10	0,06
Dimensão A	91,17 ±13,99 (68,90 a 113,44)	93,63±12,75 (73,33 a 113,91)	95,10 ± 4,08 (88,60 a 101,59)	99,02 ± 1,95 (95,92 a 102,12)	1,00	0,85	0,18	0,10
Dimensão B	92,92 ±14,15 (70,40 a 115,44)	92,92±14,15 (70,40 a 115,44)	92,92 ± 5,82 (83,66 a 102,18)	95,00 ±4,30 (88,15 a 101,86)	0,44	0,44	1,00	0,10
Dimensão C	91,67 ±16,65 (65,18 a 118,16)	94,65±10,70 (77,62 a 111,67)	76,8 ± 24,22 (38,25 a 115,34)	83,92 ± 24,3 (45,11 a 122, 74)	0,13	0,28	0,31	0,06
Dimensão D	86,54 ± 13,60 (64,88 a 108,19)	90,39±15,83 (65,18 a 115,59)	70,48 ± 4,87 (62,72 a 78,23)	76,93± 5,52 (68,13 a 85,72)	0,13	0,24	0,18	0,06
Dimensão E	88,20 ± 15,04 (64,26 a 112, 14)	90,97±15,25 (66,70 a 115,24)	73,28 ± 5,11 (65,13 a 81,42)	81,26 ± 8,06 (68,42 a 94,10)	0,18	0,24	0,18	0,06

Legenda: Valores expressos em (M) média ± (DPM) desvio-padrão; IC: intervalo de confiança. Comparações intergrupo realizadas pelo teste *t* independente ou Mann–Whitney e comparações intragrupo pelo teste de Wilcoxon, conforme a distribuição dos dados ($p < 0,05$). GC: Grupo Controle; GE: Grupo Experimental.

Tabela 3 - Comparações Intra e Intergrupos dos Escores Normativos do TUG, GMFM-66, PBS e FMS.

Variáveis	GC (n=4) M±DPM IC		GE (n=4) M±DPM IC		Valor de p Intergrupo		Valor de p Intragrupo (GC)	Valor de p Intragrupo (GE)
	Baseline	Após 5 semanas	Baseline	Após 5 semanas	Baseline	Após 5 semanas	Baseline	Após 5 semanas
TUG	30,03 ± 46,88 (-44,56 a 104,64)	24,61 ± 33,06 (-28,19 a 77,02)	29,79 ± 18,14 (0,92 a 58,66)	17,87 ± 5,57 (9,00 a 26,74)	0,24	0,24	0,46	0,06
GMFM-66	77,30 ± 16,53 (50,98 a 103,61)	85,15 ± 19,52 (54,08 a 116,21)	62,42 ± 4,19 (55,75 a 69,09)	66,77 ± 7,07 (55,51 a 78,03)	0,24	0,24	0,10	0,06
PBS	39,50 ± 23,67 (1,83 a 77,16)	41,50 ± 25,03 (1,65 a 81,34)	18,50 ± 18,73 (-11,31 a 48,31)	25,50 ± 19,89 (-6,15 a 57,15)	0,18	0,38	0,15	0,10
FMS 5m	4,75 ± 2,50 (0,77 a 8,72)	4,75 ± 2,50 (0,77 a 8,72)	3,00 ± 1,82 (0,09 a 5,90)	3,50 ± 1,73 (0,74 a 6,25)	0,18	0,23	1,0	0,15
FMS 50m	4,75 ± 2,50 (0,77 a 8,72)	4,75 ± 2,50 (0,77 a 8,72)	2,50 ± 1,73 (-0,25 a 5,25)	3,25 ± 2,06 (-0,03 a 6,53)	0,17	0,17	1,0	0,31
FMS 500 m	4,75 ± 2,50 (0,77 a 8,72)	4,75 ± 2,50 (0,77 a 8,72)	2,00 ± 2,00 (-1,18 a 5,18)	2,25 ± 1,89 (-0,76 a 5,26)	0,08	0,12	1,0	0,31

Legenda: Resultados das avaliações funcionais, GMFM-66: Gross Motor Function Measure-66 (unidade de media em porcentagem); TUG: Timed Up and Go test (unidade de medida em segundos); PBS: Pediatric Balance Scale; FMS 5 m, 50 m e 500 m: Functional Mobility Scale). Valores expressos em (M) média ± (DPM) desvio-padrão; IC: intervalo de confiança. Comparações intergrupo realizadas pelo teste *t* independente ou Mann-Whitney e comparações intragrupo pelo teste de Wilcoxon, conforme a distribuição dos dados ($p < 0,05$). GC: Grupo Controle; GE: Grupo Experimental.

O tamanho amostral para um ensaio clínico foi estimado a partir dos dados preliminares obtidos neste estudo piloto. Para a variável GMFM-88 (escore total), calculou-se a variação pré-pós-intervenção (Δ) em cada grupo, obtendo-se $\Delta = -5,37$ para o grupo experimental e $\Delta = -8,41$ para o grupo controle, resultando em uma diferença entre deltas de 3,04 pontos. O desvio-padrão combinado dos valores pós-intervenção foi de 7,19, o que corresponde a um tamanho de efeito estimado de $d = 0,42$. Esse valor foi convertido para o parâmetro $f = 0,21$, apropriado para modelos de ANOVA de medidas repetidas (2 grupos \times 2 tempos).

O cálculo indicou a necessidade aproximada de 44 participantes por grupo (total = 88) para um ensaio clínico definitivo capaz de detectar o efeito estimado. Assim, os resultados do estudo piloto forneceram parâmetros essenciais para o dimensionamento adequado da amostra em pesquisas futuras.

No que se refere à segurança, o protocolo foi bem tolerado pelas crianças e foram registrados poucos efeitos adversos, todos leves e transitórios. A coceira no local de colocação dos eletrodos ocorreu em três participantes, e o formigamento nos minutos iniciais da estimulação também foi relatado por três participantes. Apenas 1 participante referiu dor de cabeça após uma das sessões, que foi relatada posteriormente pelo responsável e não foi necessária interrupção do protocolo.

A análise da viabilidade contemplou as taxas de elegibilidade, recrutamento, retenção e abandono ao longo do estudo. A taxa de elegibilidade, calculada pela proporção de crianças elegíveis em relação ao total avaliado, foi de 20%, uma vez que, das 50 crianças triadas, 10 atenderam aos critérios de inclusão, demonstrando uma proporção reduzida de participantes elegíveis dentro da população avaliada.

Em relação ao recrutamento, todas as 10 crianças elegíveis aceitaram participar do estudo, resultando em uma taxa de recrutamento de 100%, demonstrando que não houve recusas entre os participantes que atendiam aos critérios estabelecidos. Quanto à permanência ao longo do protocolo, a taxa de retenção foi de 80%, considerando que 8 das 10 crianças que iniciaram o estudo completaram todas as etapas previstas e mantiveram-se até o final do processo de intervenção.

Por fim, a taxa de abandono foi de 20%, calculada como o complemento da taxa de retenção, que corresponde à proporção de crianças que iniciaram, mas não

concluíram o estudo, totalizando duas perdas ao longo do acompanhamento.

DISCUSSÃO

O presente estudo buscou analisar o efeito da tDCS associada ao treino de marcha na esteira sobre a função motora grossa, mobilidade e equilíbrio de crianças com PC. Embora tenham sido observadas variações individuais, não houve diferenças significativas entre os grupos ou intragrupos, sugerindo que ambos os protocolos apresentaram efeitos semelhantes sobre os desfechos analisados.

Este estudo contou com a participação de crianças e adolescentes com diagnóstico clínico de paralisia cerebral, classificadas entre os níveis I e IV do *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS). A inclusão de diferentes níveis e subtipos funcionais demonstra a heterogeneidade clínica da amostra, característica que pode ajudar a nortear respostas terapêuticas em estudos pilotos com crianças com condições neurológicas complexas.

A amostra foi composta predominantemente por indivíduos do sexo masculino, o que está em concordância com achados prévios que apontam discreta predominância desse sexo na clínica de PC, podendo estar associada a maior vulnerabilidade do cérebro masculino a insultos hipóxico-isquêmicos no período perinatal, devido a diferenças hormonais, imunológicas e de maturação neural entre os sexos¹⁷.

A idade média dos participantes foi de $7,75 \pm 2,36$ anos para o GC e $8,25 \pm 1,89$ anos para o GE, com distribuição semelhante entre os grupos. Quanto aos subtipos clínicos, observou-se predomínio de PC espástica, nas formas, hemiplégica, diplégica e quadriplégica, além de casos isolados de apresentações discinéticas e mistas, predominando a forma espástica da PC. A alta prevalência da forma espástica é amplamente relatada na literatura, correspondendo a aproximadamente 70–80% dos casos, indo de encontro com os achados deste estudo¹⁸.

Estudos já evidenciam uma relação direta entre o subtipo motor e o nível funcional, sendo que crianças com hemiplegia apresentam maior frequência nos níveis I–II, enquanto aquelas com quadriplegia se concentram majoritariamente nos níveis IV–V do

GMFCS^{19,20}; no presente estudo, também encontramos dados que fortalecem essa associação, com um caso isolado de uma criança nível III do GMFCS, com quadriplegia espástica. Essa heterogeneidade clínica reflete a diversidade real observada nos serviços de reabilitação e confere validade aos achados deste estudo piloto.

No que se refere ao uso de medicações, as crianças incluídas não apresentavam crises epiléticas e não faziam uso de anticonvulsivantes ou outras drogas que pudessem interferir na excitabilidade cortical, o que assegura maior controle sobre os efeitos neuromodulatórios da tDCS, uma vez que o uso de antiepiléticos podem modificar a excitabilidade cortical em crianças²¹. Os medicamentos relatados em nosso estudo, foram de uso não neurológico, destinados principalmente ao controle de vitaminas e sintomas respiratórios, sem impacto esperado sobre a função motora ou o desempenho nas escalas avaliadas.

Todos os participantes mantiveram suas terapias convencionais durante o período experimental, incluindo fisioterapia motora e atendimentos multiprofissionais, conforme necessidade terapêutica, analisada mediante avaliação profissional do serviço de reabilitação da ADEFIP, sendo esta avaliação fundamentada na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF)². A associação do protocolo de estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) e treino de marcha foi realizada em dias coincidentes com essas terapias, favorecendo a adesão familiar e garantindo um cenário clínico reproduzível, para centros de reabilitação, equipes e famílias; uma vez que reflete a realidade dos programas de reabilitação infantil seguindo as principais recomendações internacionais para prática clínica, nos quais intervenções complementares são integradas às rotinas terapêuticas já estabelecidas²².

Os achados do presente estudo indicam que, mesmo com um protocolo adaptado à rotina de terapia da criança, sendo realizado duas vezes por semana, totalizando 10 sessões por um período de 5 semanas; foi possível observar melhorias nas médias de função motora grossa, mobilidade e equilíbrio no GE e GC, com valores mais evidentes no GE, embora a literatura sobre estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) em crianças com PC costume empregar protocolos mais intensivos, com 3 a 5 sessões semanais durante 2 a 4 semanas⁵⁻⁷.

Em relação ao equilíbrio, não foram observadas alterações significativas nas

variáveis avaliadas, embora tenham sido registradas mudanças nas médias das medidas para esta variável, sobretudo no GE. Estudos recentes sobre tDCS em crianças com paralisia cerebral, apontam que efeitos sobre o equilíbrio necessitam de maiores estudos, possivelmente devido à heterogeneidade dos protocolos, pequenas amostras e diferentes níveis de gravidade da condição^{6,7}.

Em contrapartida, um ensaio clínico duplo-cego em crianças com PC, comparando treino em esteira associado a tDCS anódica e treino em esteira com tDCS simulada, apresentou melhorias significativas na oscilação postural anteroposterior e mediolateral do GE, assim como nos escores da PBS, tanto imediatamente após a intervenção quanto no seguimento de um mês, indicando efeitos positivos sobre equilíbrio estático e desempenho funcional⁸. Assim, apesar de tendências positivas nas médias deste estudo na variável equilíbrio, os resultados sugerem que intervenções combinadas e específicas para equilíbrio ainda são necessárias para promover mudanças estatisticamente relevantes, incluindo o equilíbrio dinâmico.

Em um ensaio clínico randomizado, foi realizada a combinação da tDCS anódica aplicada sobre o córtex motor primário ao treino em esteira, observando redução significativa no tempo do *Timed Up and Go* (TUG), indicando ganho na mobilidade funcional e na função motora grossa²⁴. Estes resultados confirmam-se com os achados do presente estudo, no qual foi observada redução nas médias do tempo de execução do teste TUG, principalmente no grupo experimental, sugerindo que a tDCS associada ao treinamento motor pode favorecer a mobilidade funcional de crianças com PC.

Embora não tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas para os desfechos analisados neste estudo, as mudanças mais expressivas observadas no grupo submetido à tDCS associada ao treino de marcha em esteira podem ser interpretadas considerando os parâmetros de responsividade e de mudança clinicamente relevante dos instrumentos utilizados. Para a PBS, estudos em crianças com PC indicam valores de Mudança Clinicamente Importante Mínima (MCID) variando entre aproximadamente 3,7 e 5,8 pontos, bem como valores de Mudança Mínima Detectável com 90% de confiança (MDC90) em torno de 1,6 pontos, sugerindo que variações acima desses limiares refletem mudanças reais no equilíbrio funcional²⁵.

Em relação ao TUG, foram descritos valores de MCID variando aproximadamente

entre 0,22 e 5,31 segundos, dependendo do nível funcional (GMFCS), indicando que reduções no tempo de execução podem representar melhora clinicamente relevante da mobilidade funcional, mesmo na ausência de significância estatística²⁶.

Para a Gross Motor Function Measure (GMFM-88), estudos apontam que mudanças percentuais relativamente pequenas, variando entre cerca de 0,1% e 3%, podem ser consideradas clinicamente relevantes em crianças com PC, a depender do nível funcional e do domínio avaliado, reforçando a sensibilidade do instrumento para detectar mudanças ao longo do tempo²⁷. A GMFM-66, por sua vez, é reconhecida por sua maior precisão e responsividade para identificar mudanças na função motora grossa, sendo amplamente recomendada para estudos longitudinais e intervenções terapêuticas, sendo que valores como 1,7 pontos ou mais no GMFM-66 podem sugerir associação à efeitos clínicos médios em crianças com PC em determinados níveis de função motora, reforçando que pequenas mudanças podem refletir progresso funcional real²⁸.

No que se refere a FMS, embora valores específicos de MCID ainda não estejam bem estabelecidos, a literatura reconhece sua relevância clínica por avaliar o desempenho funcional da mobilidade em diferentes contextos e distâncias, refletindo ganhos funcionais percebidos no cotidiano da criança. Assim, mudanças observadas nesse instrumento devem ser interpretadas como indicativas de impacto funcional nos achados deste estudo piloto²⁹.

Outro aspecto relevante neste estudo foi o relato das famílias sobre possíveis mudanças em funções envolvendo demandas cognitivas relacionadas à atenção, incluindo memória, concentração nas atividades (especialmente nas atividades escolares) e velocidade no uso do membro superior nas tarefas. Esses relatos, ainda que subjetivos, podem refletir efeitos indiretos da melhora motora sobre processos de planejamento, execução e coordenação motora fina⁴.

A base neurofisiológica da tDCS sugere que a aplicação de corrente contínua de baixa intensidade sobre áreas motoras como o córtex motor primário e a área motora suplementar (AMS), que podem modular a excitabilidade neuronal, facilitando a potenciação de longo prazo (LTP) e ajustando o equilíbrio entre inibição e excitação cortical⁴.

Além disso, a tDCS pode influenciar redes distribuídas, promovendo conectividade

funcional entre regiões motoras e áreas pré-frontais responsáveis por funções executivas, atenção e planejamento¹². Dessa forma, os efeitos observados pelos familiares podem refletir não apenas ganhos na função motora grossa e coordenação, mas também melhorias integradas em processos cognitivos associados ao controle motor e ao uso eficiente do membro superior, demonstrando que a combinação de tDCS com treino de marcha pode ter impacto multidimensional sobre redes neuronais motoras e cognitivas⁴.

Em termos de segurança, o protocolo mostrou-se bem tolerado, com efeitos adversos raros e transitórios, como coceira leve no local de colocação dos eletrodos, formigamento nos minutos iniciais de estimulação e dor de cabeça relatada por um participante após sessão, ocorridos de forma isolada, alinhando-se com dados prévios sobre a segurança de tDCS em crianças com PC³⁰.

Em relação aos desfechos de viabilidade, o estudo demonstrou elevadas taxas de recrutamento (100%) e retenção (80%), o que indica que tanto o protocolo de tDCS quanto o treino de marcha foram bem aceitos pelas famílias e crianças incluídas no estudo, sugerindo que a implementação do protocolo é factível no contexto clínico investigado¹³⁻¹⁶.

No entanto, observou-se uma taxa de elegibilidade relativamente baixa (20%), refletindo que grande parte das crianças avaliadas não atendia aos critérios de inclusão ou apresentou barreiras logísticas que impediram a participação, o que aponta para a necessidade de ajustes nos critérios de elegibilidade, estratégias de captação mais amplas ou reorganização do fluxo de triagem, a fim de assegurar um recrutamento mais eficiente em um futuro ensaio clínico definitivo¹³⁻¹⁶.

A taxa de adesão observada no estudo, definida como o percentual de sessões efetivamente realizadas em relação ao total previsto, demonstrou que a maioria das crianças conseguiu completar o protocolo de intervenção, alcançando o limite mínimo estabelecido de 80% de participação para ser considerada aderente, indicando que a intervenção proposta, combinando tDCS e treinamento específico na esteira, apresenta boa viabilidade operacional no contexto clínico e familiar, mesmo considerando a rotina complexa de crianças com condições neurológicas, que precisam levar em consideração fatores como: disponibilidade dos responsáveis, demandas escolares, intercorrências

clínicas e aspectos comportamentais que podem impactar negativamente a continuidade; portanto, níveis adequados de adesão reforçam a possibilidade de execução do protocolo na prática clínica¹³⁻¹⁶.

A aceitabilidade da intervenção também se mostrou satisfatória. Os registros comportamentais, aliados ao feedback espontâneo das crianças e seus responsáveis, indicaram que a maior parte dos participantes tolerou bem as sessões, sem manifestações significativas de desconforto ou rejeição.

Os efeitos adversos relatados como coceira leve, formigamento inicial e dor de cabeça isolada foram raros, transitórios e não resultaram em abandono, sugerindo boa tolerabilidade da técnica. Esse achado é consistente com a literatura, que descreve o tDCS como uma intervenção segura e geralmente bem aceita no público pediátrico quando aplicada dentro dos parâmetros recomendados^{4,8}.

A combinação de boa adesão e aceitabilidade indica que o protocolo utilizado é viável e apresenta potencial de implementação em estudos de maior escala. O envolvimento positivo dos responsáveis, previamente orientados sobre possíveis sensações e cuidados pós - sessão, também pode ter contribuído para a manutenção das crianças no estudo, favorecendo um ambiente de confiança e segurança. acolhimento e suporte durante o processo terapêutico^{4,8}.

Portanto, embora o protocolo de intervenção tenha se mostrado operacionalmente viável entre os participantes elegíveis, melhorias nos processos de seleção e recrutamento serão essenciais para garantir a exequibilidade de um estudo de maior escala.

O cálculo amostral, realizado por meio do software G*Power com base na variável GMFM - 88 indicou a necessidade de 44 participantes em cada grupo para alcançar o poder estatístico ideal. Entretanto, o número de participantes efetivamente incluídos ficou abaixo do estimado, sendo uma limitação comum em ensaios clínicos envolvendo populações pediátricas com PC, dada a dificuldade de recrutamento e a necessidade de critérios rigorosos de inclusão.

Por fim, os resultados obtidos demonstram que mesmo um protocolo com frequência reduzida, porém integrado às terapias convencionais que já fazem parte do programa de reabilitação neurológica de crianças com PC que apresentam alta

variabilidade clínica, podem gerar ganhos funcionais, com impactos significativos sobre função motora grossa, mobilidade e equilíbrio.

CONCLUSÃO

A aplicação da tDCS associada ao treino de marcha não apresentou efeitos superiores à tDCS isolada na função motora grossa, mobilidade ou equilíbrio de crianças com paralisia cerebral, e não foram observadas mudanças estatísticas. Ainda assim, o grupo experimental apresentou mudanças mais expressivas nas médias dos desfechos avaliados, as quais, quando interpretadas levando em consideração a responsividade dos instrumentos e de critérios de mudança clinicamente relevante, descritos para os instrumentos utilizados descritos na literatura, sugerem alterações funcionais reais acima do erro de medida, compatíveis com o delineamento piloto do estudo.

O estudo demonstrou boa viabilidade, com elevadas taxas de recrutamento e retenção, embora a baixa elegibilidade indique a necessidade de aprimorar critérios e estratégias de triagem. Os dados preliminares também permitiram estimar o tamanho de efeito para o GMFM - 88, indicando a necessidade de aproximadamente 44 participantes por grupo em um ensaio clínico definitivo.

Assim, este estudo piloto oferece informações importantes para aperfeiçoar o protocolo de intervenção e orientar o delineamento de futuras pesquisas, especialmente no que se refere ao dimensionamento amostral, parâmetros de estimulação e frequência das sessões.

REFERÊNCIAS

1. Dan B, Rosenbaum P, Carr L, Gough M, Coughlan J, Nweke N. Proposed updated description of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2025;67(6):700-709. <https://doi.org/10.1111/dmcn.16274>.
2. World Health Organization. *International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*. Geneva: WHO; 2001. Available from: <https://www.who.int/standards/classifications/international-classification-of-functioning-disability-and-health>

3. Ozâl C, Aksoy S, Günel MK. The effects of treadmill training on postural control and balance in children with spastic diplegic cerebral palsy: A crossover controlled study. *Neurology Asia*. 2023;28(2).<https://doi.org/doi:10.54029/2023wye>.
4. Luanda Collange. *Estimulação elétrica e magnética do sistema nervoso central na infância e adolescência*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Medsi; 2019.
5. Radwan A, Eltalawy HA, Abdelziem FH, Macaluso R, O'Brien MK, Jayaraman A. Effect of transcranial direct current stimulation versus virtual reality on gait for children with bilateral spastic cerebral palsy: a randomized clinical trial. *Children (Basel)*. 2023;10(2):222. <https://doi.org/10.3390/children10020222>
6. Zhong M, Zhang Y, Luo J, Chen T, Zhang J, Peng T Sr, Han M, Le W, Peng T Jr, Xu K. Safety and effectiveness of non-invasive brain stimulation on mobility and balance function in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *J Neuroeng Rehabil*. 2025 May 18;22(1):111. <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01619-7>
7. Hadoush H, Almasri A, Al-Wardat M, et al. Non-Invasive Brain Stimulation Effectiveness on Gait, Balance, and Motor Functions in Children with Cerebral Palsy: a systematic review and meta-analysis. *NeuroRehabilitation*. 2025;(May14).<https://doi.org/10.1177/10538135251336924>.
8. Duarte NAC, Grecco LAC, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Effect of transcranial direct-current stimulation combined with treadmill training on balance and functional performance in children with cerebral palsy: a double-blind randomized controlled trial. *PLoS One*. 2014;9(8):e105777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105777>.
9. Russell DJ, Rosenbaum PL, Avery LM, Lane M. Improved scaling of the Gross Motor Function Measure for children with cerebral palsy: Evidence of reliability and validity. *Phys Ther*. 2000;80(9):873-85. <https://doi.org/10.1093/ptj/80.9.873>
10. Carey H, Martin K, Combs-Miller S, Heathcock JC. Reliability and responsiveness of the Timed Up and Go test in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*. 2016;28(4):401-408.<https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000301>.
11. Albalwi AA, Saleh MN, Alharbi AA, Al-Bakri Q, Alatawi SF. Translation and cross-cultural adaptation of the Functional Mobility Scale in children with cerebral palsy into Arabic. *Front Public Health*. 2023;11:1199337. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1199337>.
12. Yi SH, Hwang JH, Kim SJ, Kwon JY. Validity of Pediatric Balance Scales in children with spastic cerebral palsy. *Neuropediatrics*. 2012;43(6):307-313. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327774>.
13. Bowen DJ, Kreuter M, Spring B, Cofta-Woerpel L, Linnan L, Weiner D, et al. How we design feasibility studies. *Am J Prev Med*. 2009;36(5):452–457. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.02.002>.
14. Thabane L, Ma J, Chu R, Cheng J, Ismaila A, Rios LP, et al. A tutorial on pilot studies: the what, why and how. *BMC Med Res Methodol*. 2010;10:1. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-10-1>.
15. Eldridge SM, Chan CL, Campbell MJ, Bond CM, Hopewell S, Thabane L, et al. CONSORT 2010 statement: extension to randomised pilot and feasibility trials. *BMJ*. 2016;355:i5239. <https://doi.org/10.1136/bmj.i5239>.
16. Lancaster GA, Dodd S, Williamson PR. Design and analysis of pilot studies: recommendations for good practice. *J Eval Clin Pract*. 2004;10(2):307–312. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2003.00485.x>.
17. Romeo DM, Venezia I, Pede E, Brogna C. Cerebral palsy and sex differences in children:

- a narrative review of the literature. *J Neurosci Res.* 2023 May;101(5):783–795. <https://doi.org/10.1002/jnr.25020>.
18. Novak I, Morgan C, Adde L, Blackman J, Boyd RN, Brunstrom-Hernandez J, et al. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: advances in diagnosis and treatment. *JAMA Pediatr.* 2017;171(9):897-907. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.1689>.
 19. Saleh M, Almasri NA, Malkawi S, Abu-Dahab S. Associations between impairments and activity limitations components of the ICF and GMFCS-E&R and subtypes of children with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci.* 2019;31(4):299–305. <https://doi.org/10.1589/jpts.31.299>.
 20. Lidbeck C, Häbel H, Martinsson C, Pettersson K, Löwing K. Motor Development in Children with Cerebral Palsy in Sweden—A Population-Based Longitudinal Register Study. *Children (Basel).* 2023;10(12):1864. <https://doi.org/10.3390/children10121864>.
 21. Ekstrand JJ, et al. Cortical excitability measured with transcranial magnetic stimulation in children with epilepsy before and after antiepileptic drugs. *Dev Med Child Neurol.* 2020;62(7):793-798. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14490>.
 22. Morgan C, Fetters L, Adde L, Badawi N, Bancalé A, Boyd RN, et al. Early intervention for children aged 0 to 2 years with or at high risk of cerebral palsy: international clinical practice guideline based on systematic reviews. *JAMA Pediatr.* 2021;175(8):846-858. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2021.0878>.
 23. Fajardo JC, Kim R, Gao C, Hong J, Yang JK, Wang D, Yoon BC. The effects of tDCS with NDT on the improvement of motor development in cerebral palsy. *J Mot Behav.* 2022;54(4):480-489. <https://doi.org/10.1080/00222895.2021.2016572>.
 24. Collange Grecco LA, de Almeida Carvalho Duarte N, Mendonça ME, Cimolin V, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Effects of transcranial direct current stimulation combined with treadmill training on functional mobility in children with cerebral palsy: a randomized, double-blind, sham-controlled trial. *Disability and Rehabilitation.* 2016;38(14):1308–1315. <http://www.biomedcentral.com/1471-2431/13/168>
 25. Chen CL, Shen IH, Chen CY, Wu CY, Liu WY, Chung CY. Validity, responsiveness, minimal detectable change, and minimal clinically important change of Pediatric Balance Scale in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2013;34(3):916–922. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.11.006>.
 26. Carey H, Martin K, Combs-Miller S, Heathcock JC. Reliability and responsiveness of the Timed Up and Go test in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther.* 2016;28(4):401–408. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000301>.
 27. Storm FA, Petrarca M, Beretta E, Strazzer S, Piccinini L, Maghini C, et al. Minimum clinically important difference of gross motor function and gait endurance in children with motor impairment: a comparison of distribution-based approaches. *Biomed Res Int.* 2020;2020:2794036. <https://doi.org/10.1155/2020/2794036>.
 28. Gross S, Spiess K, Steven S, Zimmermann M, Schoenau E, Duran I. Prediction of the Gross Motor Function Measure-66 in ambulant children with cerebral palsy based on instrumental gait analysis using machine-learning algorithms. *Appl Sci.* 2025;15:8664. <https://doi.org/10.3390/app15158664>.
 29. Graham HK, Harvey A, Rodda J, Nattrass GR, Pirpiris M. The Functional Mobility Scale (FMS). *J Pediatr Orthop.* 2004;24(5):514–520. <https://doi.org/10.1097/01241398-200409000-00011>.

30. Goulardins JB, Baptista RF, Baptista AF, Machado K do M-S, Matos MA. Decision-making in non-invasive neuromodulation in children. *Brain Imaging and Stimulation*.2024;3:e5685. [https://doi.org/ 10.17267/2965-3738bis.2024.e5685](https://doi.org/10.17267/2965-3738bis.2024.e5685).

5- ARTIGO 02

TREINO DE MARCHA EM ESTEIRA ASSOCIADO À ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA EM UMA CRIANÇA COM PARALISIA CEREBRAL: RELATO DE CASO

Resumo

Introdução: A paralisia cerebral (PC) pode comprometer o controle postural e a execução de movimentos voluntários, afetando a funcionalidade global. Nesse cenário, a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) tem se destacado como uma estratégia não invasiva capaz de modular a excitabilidade cortical, promover plasticidade sináptica e potencializar o desempenho motor. Quando combinada a atividades funcionais, como o treino de marcha, essa técnica pode ampliar os efeitos terapêuticos.

Objetivo: Descrever os efeitos da associação da tDCS com treino de marcha em esteira sobre a função motora grossa, mobilidade e equilíbrio de uma criança com PC. **Métodos:** O estudo de caso foi conduzido com uma criança de 7 anos com PC espástica quadriparética, classificada como nível III no Gross Motor Function Classification System (GMFCS). O protocolo incluiu dez sessões realizadas ao longo de cinco semanas, com frequência de duas vezes por semana. A intervenção consistiu na aplicação de tDCS anódica sobre o córtex motor primário (Cz) e catódica em região extra-cefálica (deltóide), com intensidade de 1 mA e duração de 20 minutos, associada ao treino de marcha em esteira. As avaliações no baseline e após a intervenção foram conduzidas por meio dos instrumentos Gross Motor Function Measure (GMFM-88), Timed Up and Go (TUG), Pediatric Balance Scale (PBS) e Functional Mobility Scale (FMS). **Resultados:** Houve aumento nas pontuações de todas as variáveis entre o *baseline* e ao longo de cinco semanas. Funcionalmente, a criança passou a permanecer em pé sem apoio e iniciou marcha em curtas distâncias, evidenciando melhora clínica relevante. **Conclusão:** A combinação da tDCS com o treino de marcha em esteira resultou em aprimoramento da função motora grossa, da mobilidade e do equilíbrio em uma criança com PC. Além dos ganhos quantitativos nas medidas avaliadas, observaram-se mudanças clinicamente relevantes, onde a criança passou a manter a postura de pé sem apoio e a iniciar a marcha de forma independente em curtas distâncias, indicando avanço funcional expressivo, reforçando o potencial da integração entre neuromodulação e treino locomotor como estratégia terapêutica promissora para indivíduos com comprometimentos motores significativos.

Palavras-chave: criança; paralisia cerebral; estimulação transcraniana por corrente direta; marcha; equilíbrio postural; reabilitação neurológica.

Abstract

Introduction: Cerebral palsy (CP) can impair postural control and the execution of voluntary movements, affecting overall functionality. In this scenario, transcranial direct current stimulation (tDCS) has stood out as a non-invasive strategy capable of modulating cortical excitability, promoting synaptic plasticity, and enhancing motor performance. When combined with functional activities, such as gait training, this technique can amplify the therapeutic effects. **Objective:** To describe the effects of combining tDCS with treadmill gait training on gross motor function, mobility, and balance in a child with CP. **Methods:** The case study was conducted with a 7-year-old child with spastic quadriplegic CP, classified as level III in the Gross Motor Function Classification System (GMFCS). The protocol included ten sessions conducted over five weeks, twice a week. The intervention consisted of applying anodal tDCS to the primary motor cortex (Cz) and cathodic tDCS to an extra-cephalic region (deltoid), with an intensity of 1 mA and a duration of 20 minutes, associated with treadmill gait training. Assessments at baseline and after the intervention were conducted using the Gross Motor Function Measure (GMFM-88), Timed Up and Go (TUG), Pediatric Balance Scale (PBS), and Functional Mobility Scale (FMS). **Results:** There was an increase in scores for all variables between baseline and over five weeks. Functionally, the child was able to stand without support and began walking short distances, demonstrating relevant clinical improvement. **Conclusion:** The combination of tDCS with treadmill gait training resulted in improved gross motor function, mobility, and balance in a child with CP. In addition to the quantitative gains in the assessed measures, clinically relevant changes were observed, where the child was able to maintain an upright posture without support and initiate independent walking over short distances, indicating significant functional progress, reinforcing the potential of integrating neuromodulation and locomotor training as a promising therapeutic strategy for individuals with significant motor impairments.

Keywords: child; cerebral palsy; transcranial direct current stimulation; gait; postural balance; neurological rehabilitation.

INTRODUÇÃO

A paralisia cerebral (PC) é um grupo de distúrbios permanentes do movimento e da postura, atribuídos a uma lesão não progressiva do cérebro em desenvolvimento, que pode resultar em alterações musculoesqueléticas secundárias e comprometimentos funcionais. Estima-se que sua prevalência mundial seja de aproximadamente 1,4 a 3,4 casos a cada 1.000 nascidos vivos, com variações conforme o contexto socioeconômico e o acesso a cuidados neonatais¹.

Entre as formas clínicas, a PC espástica quadriparética (forma bilateral de apresentação) representa o subtipo mais grave, caracterizado por maior limitação motora e dependência nas atividades de vida diária². A reabilitação motora em crianças com PC visa potencializar a neuroplasticidade, a reorganização funcional cortical e a aprendizagem motora, utilizando abordagens que combinem prática motora intensiva e estimulação neural².

No contexto da reabilitação, a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) tem se destacado como técnica não invasiva capaz de modular a excitabilidade cortical de maneira segura e bem tolerada na população pediátrica³. A aplicação anódica sobre o córtex motor primário (M1) está associada ao aumento da excitabilidade neuronal e à facilitação da transmissão sináptica, o que pode potencializar os efeitos da prática motora⁴.

Essa combinação atua de forma sinérgica, promovendo a ativação cortical durante o aprendizado motor e reforçando circuitos neurais relacionados à execução da tarefa, mostrando que a tDCS, quando combinada a tarefas funcionais, pode favorecer a reorganização sináptica e melhorar o desempenho motor em indivíduos com PC e outras condições neurológicas⁵.

Entre as abordagens motoras para crianças com PC, o treino de marcha em esteira é amplamente utilizado na reabilitação pediátrica por permitir a prática repetitiva e controlada de padrões locomotores. Ele fornece estímulos proprioceptivos e vestibulares organizados, favorecendo o controle postural, o alinhamento segmentar e a melhora da mobilidade funcional⁶.

Estudos experimentais combinando tDCS e treino em esteira têm mostrado

resultados promissores. Pesquisas relatam melhora em parâmetros de desempenho funcional, velocidade de marcha e equilíbrio após a aplicação simultânea da estimulação sobre o M1 durante o treino^{4,7}.

Embora existam estudos sobre o uso de tDCS associado ao treino de marcha em crianças com PC, há poucos relatos detalhados envolvendo especificamente crianças com PC espástica quadriparética, GMFCS nível III, que avaliem de forma sistemática os efeitos sobre função motora grossa, mobilidade e equilíbrio. Relatos de caso bem documentados são importantes para aprofundar a compreensão sobre a segurança, viabilidade e magnitude das respostas clínicas nesse grupo específico^{2,5}.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo descrever os efeitos de um protocolo de tDCS anódica sobre o córtex motor primário, combinada ao treino de marcha em esteira, na função motora grossa, mobilidade e equilíbrio de uma criança com PC.

RELATO DE CASO

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) com o protocolo número (CAAE: 82720824.4.0000.5142) e seguiu a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Este estudo de caso foi elaborado conforme as recomendações do CARE (*Case Report Guidelines*).

O caso envolveu um menino de 7 anos de idade (altura 1,19 m; peso: 18 kg) com diagnóstico de PC e subsequente quadriparesia espástica, classificada no nível III do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa. A criança faz uso de comunicação suplementar alternativa (CSA) pois não consegue se comunicar através da fala, o que não interfere na sua capacidade cognitiva e de participação. Segundo relatos da mãe, a gravidez não foi planejada e a criança nasceu via cesariana, devido a um parto prematuro (36 semanas e 5 dias).

O atraso no desenvolvimento foi percebido aos 11 meses, fase em que a criança não conseguia sentar, rolar, permanecer em quatro apoios, engatinhar ou manipular objetos. Após consulta médica com neurologista, recebeu o diagnóstico clínico de PC, confirmado mais tarde por exames complementares.

A principal queixa dos pais no início do tratamento era a ausência de marcha sem apoio. Durante o período do estudo, a criança demonstrou iniciativa para trocar passos sem apoio em ambiente controlado e em curtas distâncias, porém com dificuldade e insegurança, fazendo uso da cadeira de rodas para locomoção; e apesar de possuir andador para troca de passos com apoio fora do ambiente clínico, faz uso somente na escola.

Na avaliação física inicial a criança apresentou espasticidade grau dois (bilateral) de acordo com a Escala de *Ashworth* Modificada (MAS), amplitude de movimento passivo completo, força muscular grau quatro no hemitorpo direito e três no hemitorpo esquerdo. Após discussão com a equipe médica, avaliação por ressonância magnética cerebral, eletroencefalografia e histórico de ausência de crises, o participante foi incluído no estudo.

As avaliações pré e pós tratamento foram feitas por um pesquisador independente, e consistiram de avaliação da função motora grossa, mobilidade funcional e equilíbrio utilizando as seguintes escalas e testes padronizados: 1) *Gross Motor Function Measure* (GMFM)⁸ versão 88, um instrumento completo de observação, padronizado para medir mudanças na função motora grossa em crianças com PC. 2) *Timed Up-and-Go Test* (TUG)⁹, um teste rápido, prático e amplamente utilizado para avaliar a mobilidade funcional e o risco de quedas. 3) *Escala de Mobilidade Funcional* (FMS)¹⁰, uma ferramenta simples e de fácil aplicação, válida e confiável, que classifica a habilidade de locomoção em três distâncias específicas, sendo, 5, 50, 500 metros e 4) *Pediatric Balance Scale* (PBS)¹¹, um instrumento para avaliação do equilíbrio.

PROCEDIMENTOS

A Figura 1 apresenta a linha do tempo dos procedimentos de avaliação adotados no estudo, detalhando a sequência de etapas realizadas desde o baseline até o pós-intervenção

Figura 1: Linha do tempo dos procedimentos e etapas da pesquisa



Fonte: Do autor

A intervenção foi composta pela aplicação combinada da estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) e treino de marcha em esteira, utilizando a esteira ergométrica *New Cicle*, da marca *New Cicle Reabilitação*. A tDCS foi realizada utilizando o aparelho *Microestim Genius*, estimulador portátil com controle microprocessado de corrente, da marca *NKL*, com dois eletrodos de 35 cm², superficiais e não invasivos, tipo silicone-esponja, umedecidos em solução salina para facilitar a condução da corrente. A quantidade de soro fisiológico utilizada em cada atendimento foi padronizada em 20 mL, medida previamente com uma seringa graduada de 20 mL.

O eletrodo anódico foi posicionado sobre o córtex motor primário (Cz), conforme o sistema internacional 10 - 20 de eletroencefalograma (EEG), e o catódico em deltoide direito. A intensidade da corrente foi de 1 mA, aplicada de forma contínua durante 20 minutos, com rampas de 30 segundos no início e no final da estimulação para conforto e segurança.

O treino de marcha na esteira foi realizado com a criança fazendo uso de órteses

tornozelo-pé (AFO) fixas bilateral. A velocidade inicial da esteira foi definida a partir da capacidade individual de marcha da criança, ajustada para permitir passada independente com mínima assistência possível, de modo que pudesse caminhar confortavelmente, sem a presença de sinais e sintomas de fadiga, mantendo uma pisada adequada durante a fase de apoio da marcha.

Cabe destacar que, durante a intervenção proposta neste estudo, não houve necessidade de períodos de repouso durante o treinamento da marcha na esteira, o que nunca ocorreu antes nas terapias convencionais de fisioterapia motora, nas quais o participante necessitava de pausas para descanso.

A criança deu continuidade na realização das suas terapias interdisciplinares, como fisioterapia motora e aquática, fonoterapia, terapia ocupacional, psicopedagogia e musicoterapia.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Por se tratar de um estudo de caso, os resultados foram analisados de forma descritiva, sendo apresentados conforme as dimensões e pontuações obtidas em cada escala aplicada. Os achados foram expressos em valores absolutos e percentuais, de acordo com a evolução observada entre as avaliações no baseline e pós-intervenção.

RESULTADOS

A criança compareceu a todas as sessões de intervenção, com boa tolerância aos procedimentos, sendo que nenhum efeito adverso foi relatado ou observado pelos pesquisadores e/ou pela família durante ou após a estimulação.

Na avaliação inicial, o participante com a função motora grossa compatível com o nível III do GMFCS, realizava deambulação com auxílio do terapeuta e órteses AFO fixas, conseguia trocar passos em ambiente controlado (quatro passos) e não permanecia na posição de pé sem apoio. Ao final do protocolo a criança apresentou maior tolerância ao

aumento da velocidade, além de diminuir a necessidade dos apoios e suporte na esteira para conseguir se manter em movimento, como demonstrado na Figura 1.

Figura 2: Aplicação do protocolo de tDCS associada ao treino de marcha na primeira sessão e sétima sessão



Fonte: Do autor (imagem publicada com autorização dos responsáveis).

Na avaliação inicial, a criança necessitava de apoio manual leve do terapeuta em uma das mãos, durante a marcha e, em casa, utilizava uma das mãos para apoiar-se nos móveis, sendo classificado como nível 4 na FMS. Após o tratamento, foi observada melhora expressiva nas distâncias curtas e intermediárias (5 m e 50 m) na FMS, demonstrando maior independência funcional e melhor controle postural após o protocolo, destacando-se a capacidade de manter-se de pé sem apoio e trocar de passos de forma independente em curtas distâncias.

O participante da possuía um dispositivo auxiliar de marcha tipo andador (anterior), que permanecia na escola, porém apesar do uso rotineiro neste ambiente, o modelo não

era bem aceito pela criança. Após a intervenção, passou a deambular de forma independente em superfícies planas (nível 5) em casa e na escola. Não houve ausência de mudança na distância de 500 m, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Pontuação da *Functional Mobility Scale* (FMS).

Distância FMS	PRÉ	PÓS
5 metros	4	5
50 metros	2	5
500 metros	1	1

Legenda: FMS= *Functional Mobility Scale*; PRÉ: antes do tratamento; PÓS: após o tratamento. Valores ordinais da pontuação da escala. 5: anda de forma independente apenas em superfícies planas; 4: usa bengala ou apoio de mão; 2: usa andador; 1: usa cadeira de rodas para mobilidade funcional.

No GMFM-88, houve mudanças no escore total pré e pós-tratamento, além de aumento em todas as dimensões da escala.

Tabela 2. Pontuações da *Gross Motor Function Measure* (GMFM-88).

Dimensão	Escore Pré (%)	Escore Pós (%)
A	94,11	100
B	95,00	96,70
C	88,10	95,20
D	71,60	76,92
E	73,61	80,60
Pontuação total	84,50	89,90

Legenda: Os valores expressam o percentual de desempenho em cada dimensão (A: deitar e rolar; B: sentar; C: engatinhar e ajoelhar; D: em pé; E: andar, correr e saltar) e escore total geral.

Na *Pediatric Balance Scale*, a pontuação final aumentou sugerindo melhora no controle postural dinâmico. No *Timed Up and Go* (TUG), observou-se redução no tempo médio de execução, indicando melhora da mobilidade funcional, conforme ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da *Pediatric Balance Scale* (PBS) e do *Timed Up and Go* (TUG) antes e após a intervenção com tDCS associada ao treino de marcha.

VARIÁVEL	PRÉ	PÓS
PBS	11	27
TUG	55,68	24,11

Legenda: PBS (*Pediatric Balance Scale*): pontuação total da escala -56 pontos; TUG (*Timed Up and Go*): tempo dado em segundos, PRÉ: antes do tratamento; PÓS: após o tratamento.

A criança apresentou também melhora clínica na velocidade da marcha de 0,02 m/s antes da intervenção para 0,06 m/s ao final do tratamento.

DISCUSSÃO

Este estudo buscou analisar o efeito de um protocolo com 10 sessões de tDCS associada ao treino de marcha na esteira, pelo período de 5 semanas, com frequência de duas vezes na semana na função motora grossa, mobilidade e equilíbrio de uma criança com PC quadriparética nível III do GMFCS.

Foi observada a modificação funcional na FMS, com transição de dependência de andador/apoio de uma mão, para marcha independente em superfícies planas nas distâncias de 5 e 50 m. Esse ganho funcional imediato em contextos doméstico e escolar, são clinicamente relevantes para uma criança GMFCS III pois altera de forma direta a autonomia nas atividades rotineiras, embora não substitua a necessidade de supervisão durante os deslocamentos curtos. Este resultado corrobora com relatos prévios de intervenções que associaram tDCS ao treino locomotor descreveram ganhos funcionais semelhantes após protocolos curtos (10 sessões), tanto em casos únicos quanto em pequenas amostras^{4,5,6}.

De fato, a literatura sugere que a tDCS aplicada de forma anódica sobre o córtex motor primário (M1), quando associada à prática locomotora, pode facilitar a excitabilidade cortical e promover consolidação mais rápida de padrões motores^{4,5,6,7}. Este dado vem de encontro com a observação de melhora na escala FMS deste estudo, de forma que a neuromodulação pode ter aumentado a responsividade do circuito motor durante a prática, acelerando alterações adaptativas de curto prazo.

No que se refere aos resultados obtidos pela GMFM, observou-se melhora em todas as dimensões e na pontuação total. Resultados semelhantes foram observados pela PBS e TUG, sugerindo que a tDCS associada ao treino de marcha em esteira é capaz de modificar os parâmetros de função motora, controle postural e mobilidade funcional, mesmo com poucas intervenções. Este resultado difere de outros já relatados na literatura, os quais indicam que mudanças funcionais significativas no GMFM, mobilidade e padrão

de marcha costumam demandar períodos prolongados de treino intensivo, frequentemente meses de intervenção contínuas e programas multimodais^{6,7,12}. Entretanto, revisões sistemáticas que avaliaram associações entre neuromodulação e treino de marcha destacam que, embora os estudos combinados sejam heterogêneos, a tendência é de que a incorporação da tDCS acelere ou amplifique ganhos já induzidos pela prática, sugerindo que, na ausência de neuromodulação, os mesmos ganhos exigiriam mais sessões e mais tempo de terapia^{2,13,14}.

O treino em esteira é uma das intervenções com maior nível de evidência para melhora da função motora grossa e da mobilidade em crianças com PC, sendo classificado como uma abordagem dentro de um sistema de farol, para nortear a prática clínica de profissionais da reabilitação como “luz verde”, no sistema *Traffic Light* proposto por Novak e colaboradores, o que significa que indica eficácia comprovada e boa recomendação para uso clínico¹⁵.

Contudo, embora o participante deste estudo já realizasse fisioterapia convencional e treino em esteira há meses, os avanços observados após a introdução da estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) foram substancialmente superiores aos obtidos anteriormente, com mudanças positivas em todas as pontuações nas escalas e testes realizados. Assim, mesmo diante de uma intervenção com evidência consolidada, a associação com tDCS parece ter produzido um ganho funcional de maior magnitude, acelerando a consolidação de padrões motores eficientes, o que vai de encontro com os achados de outros estudos^{13,14}.

De forma complementar, o relato familiar indicou melhora no desempenho funcional da criança, com maior participação nas atividades diárias, aumento do tempo de permanência em ortostatismo em casa, melhora da locomoção em diferentes ambientes e maior segurança e atenção durante as tarefas. Esses achados qualitativos refletem mudanças nos componentes de funções do corpo, atividades e participação, componentes que são parte da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF).

Apesar das observações promissoras, este relato tem como limitação o fato de se tratar de estudo de caso único, com curto seguimento, o que impede generalizações e mensuração da magnitude do efeito da tDCS isoladamente. Entretanto, estes dados

fortalecem a necessidade de estudos controlados que avaliem não apenas magnitude de efeito, mas também manutenção a longo prazo e protocolos de dose-resposta para populações pediátricas, sobretudo na PC.

CONCLUSÃO

A associação entre tDCS e o treino de marcha em esteira demonstrou resultados promissores em uma criança diagnosticada com PC. Foram observadas melhoras nas dimensões de função motora grossa, mobilidade e equilíbrio, evidenciada pelos ganhos nas escalas GMFM-88, PBS, TUG e FMS nas distâncias de 5 e 50m.

Embora o estudo envolva apenas um participante, os resultados observados reforçam a hipótese de que intervenções combinadas podem acelerar ganhos que, por vezes, demandam maior tempo de terapia convencional em crianças com esta condição de saúde.

REFERÊNCIAS

1. McIntyre S, Goldsmith S, Webb A, Ehlinger V, Hollung SJ, McConnell K, et al. Global prevalence of cerebral palsy: A systematic analysis. *Dev Med Child Neurol.* 2022;64(12):1494-1506. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15346>
2. Santos LV, Lopes JBP, Duarte NAC, Castro CRAP, Grecco LAC, Oliveira CS. tDCS and motor training in individuals with central nervous system disease: a systematic review. *J Bodyw Mov Ther.* 2020;24(4):442-451. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.07.010>
3. Nemanich ST, Lench DH, Sutter EN, Kowalski JL, Francis SM, Meekins GD, et al. Safety and feasibility of transcranial direct current stimulation stratified by corticospinal organization in children with hemiparesis. *Eur J Paediatr Neurol.* 2023;43:27-35. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2023.01.013>
4. Grecco LAC, Duarte NAC, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Transcranial direct current stimulation during treadmill training in children with cerebral palsy: a randomized controlled double-blind clinical trial. *Res Dev Disabil.* 2014;35(10):2211-2218. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.07.030>
5. Grecco LAC, Duarte NAC, de Mendonça ME, Pasini H, Lima VLCdC, Franco RC, et al. Bilateral anodal tDCS versus treadmill training in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial protocol. *J Neuroeng Rehabil.* 2022;25(2):73-79. <https://doi.org/10.1080/17518423.2021.1905730>

6. Rezende FL, Duarte NAC, Grecco LAC, Oliveira CS. Treadmill training combined with transcranial direct current stimulation over the primary motor cortex in a child with cerebral palsy: A case report. *Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal*. 2014;1-5. <https://doi.org/10.17784/mtprehabjournal.201>
7. Grecco LAC, Duarte NAC, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Transcranial direct current stimulation combined with treadmill gait training in delayed neuro-psychomotor development: a case report. *PMCID: PMC4085227*. 2014. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.945>
8. Russell DJ, Rosenbaum PL, Avery LM, Lane M. Improved scaling of the Gross Motor Function Measure for children with cerebral palsy: Evidence of reliability and validity. *Phys Ther*. 2000;80(9):873-85. <https://doi.org/10.1093/ptj/80.9.873>
9. Carey H, Martin K, Combs-Miller S, Heathcock JC. Reliability and responsiveness of the Timed Up and Go test in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*. 2016;28(4):401-408. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000301>.
10. Albalwi AA, Saleh MN, Alharbi AA, Al-Bakri Q, Alatawi SF. Translation and cross-cultural adaptation of the Functional Mobility Scale in children with cerebral palsy into Arabic. *Front Public Health*. 2023;11:1199337. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1199337>.
11. Yi SH, Hwang JH, Kim SJ, Kwon JY. Validity of Pediatric Balance Scales in children with spastic cerebral palsy. *Neuropediatrics*. 2012;43(6):307-313. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327774>.
12. Duarte NAC, Grecco LAC, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Effect of Transcranial Direct-Current Stimulation Combined with Treadmill Training on Balance and Functional Performance in Children with Cerebral Palsy: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *PLoS ONE*. 2014;9(8):e105777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105777>.
13. Hernández de Paz R, Serrano-Muñoz D, Pérez-Nombela S, Bravo-Esteban E, Avendaño-Coy J, Gómez-Soriano J. Combining transcranial direct-current stimulation with gait training in patients with neurological disorders: a systematic review. *J Neuroeng Rehabil*. 2019;16(1):114. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0591-z>
14. Navarro-López V, Molina-Rueda F, Jiménez-Jiménez S, Alguacil-Diego IM, Carratalá-Tejada M. Effects of transcranial direct current stimulation combined with physiotherapy on gait pattern, balance, and functionality in stroke patients: a systematic review. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(4):656. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11040656>
15. Novak I, Morgan C, Adde L, Blackman J, Boyd RN, Brunstrom-Hernandez J, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2020;20(2):3. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>

6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que a combinação de tDCS anódica aplicada no córtex motor primário, associada ao treino de marcha em esteira é uma intervenção segura e apresenta tendências de melhora na função motora grossa, mobilidade e equilíbrio em crianças com paralisia cerebral, especialmente em medidas do GMFM- 88 e suas dimensões C, D e E; GMFM-66, como também no TUG, especialmente no GE. Embora não tenham sido observadas diferenças significativas entre os grupos ou nos desfechos intragrupos, os resultados sugerem que protocolos com frequência de duas vezes por semana, durante cinco semanas, totalizando dez sessões, podem gerar efeitos funcionais clinicamente relevantes e reproduzíveis em contextos de reabilitação.

No estudo de caso foi observado que associação entre tDCS e o treino de marcha em esteira demonstrou resultados promissores em uma criança diagnosticada com PC. Foram observadas melhoras nas dimensões de função motora grossa, mobilidade e equilíbrio, evidenciada pelos ganhos nas escalas GMFM-88, PBS, TUG e FMS nas distâncias de 5 e 50m.

Estudos futuros com maior número de participantes, diferentes área-alvo e objetivos, além de extratificação de subgrupos de nível de PC, poderão confirmar e ampliar os efeitos observados, incluindo avaliação sobre a percepção dos responsáveis e/ou cuidadores.

REFERÊNCIAS

AUVICHAYAPAT, P.; AREE, B.; AUVICHAYAPAT, N.; PHUTTHARAK, W.; JANYACHAROEN, T.; TUNKAMNERDTHAI, O. et al. Transient Changes in Brain Metabolites after Transcranial Direct Current Stimulation in Spastic Cerebral Palsy: A Pilot Study. **Front Neurol**. v. 31, n. 8, p. 366, 2017. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00366>.

ANDRADE, A.C.; MAGNAVITA, G.M.; ALLEGRO, J.V.B.N.; NETO, C.E.B.P.; LUCENA, R.C.S.; FREGNI, F. Feasibility of transcranial direct current stimulation use in children aged 5 to 12 years. **J Child Neurol**. v. 29, p. 1360-5, 2014. <https://doi.org/10.1177/0883073813503710>.

ALOTAIBI, A. et al. *Effectiveness of Partial Body Weight-Supported Treadmill Training (PBWSTT) on walking ability in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis*. **Children (Basel)**, v. 10, n. 1, p. 9, 2023. <https://doi.org/10.3390/children10010009>.

ALOTAIBI, A. et al. *Comparative effects of partial body weight-supported and loaded treadmill training on motor performance in children with cerebral palsy: randomized clinical trial*. **Medicina (Kaunas)**, v. 61, n. 2, p. 233, 2025. <https://doi.org/10.3390/medicina6100233>.

AREE, B.; AUVICHAYAPAT, N.; JANYACHAROEN, T.; SIRITARATIWAT, W.; AMATACHAYA, A.; PRASERTNOO, J.; et al. Reduction of spasticity in cerebral palsy by anodal transcranial direct current stimulation. **J.Med Assoc Thai**. v. 97, n. 9, p. 954-62, 2014.

AVERY, LM.; RUSSELL, DJ.; ROSENBAUM, PL. Criterion validity of the GMFM-66 item set and the GMFM-66 basal and ceiling approaches for estimating GMFM-66 scores. **Dev Med Child Neurol**. V.55, n.6, p. 534-8, 2013. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12120>.

BINHA, A.M.P; MACIEL, S.C.; BEZERRA, C.C.A. Perfil epidemiológico dos pacientes com paralisia cerebral atendidos na AACD - **Acta Fisiátr**. v. 25, n.1, p. 1-6, 2018. <https://doi.org/10.11606/issn.2317-0190.v25i1a158818>

BIKSON, M.; GROSSMAN, P.; THOMAS, C.; ZANNOU, A.L.; JIANG, J.; ADNAN, T. Et al. Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016. **Brain Stimul Basic Transl Clin Res Neuromodulation**. v.9, n.5, p.641-61, 2016. <https://doi.org/doi:10.1016/j.brs.2016.06.004>.

BRACCIALLI, L.M.P; et al . Questionário de qualidade de vida de crianças com paralisia

cerebral (CP QOL-Child): tradução e adaptação para língua portuguesa. **Rev. bras. crescimento desenvolv. hum.** São Paulo, v. 23, n. 2, p. 157-163, 2013.

BOTTCHER, L. Children with spastic cerebral palsy, their cognitive functioning and social participation: a review. **Child Neuropsychol.** v.16, n.3, p.28-209, 2010. <https://doi.org/10.1080/09297040903559630>

BOGGIO, P.S. **Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua sobre memória operacional e controle motor.** 2007. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Acesso em: 11 jun. 2023.

BUCHANAN, D. M. et al. Systematic review on the safety and tolerability of transcranial direct current stimulation in children and adolescents. **Brain Sciences**, v. 11, n. 2, art. 212, 2021. <https://doi.org/10.3390/brainsci11020212>.

BUTT, Y. et al. Effects of treadmill training on gross motor function and walking speed in children with spastic cerebral palsy: randomized clinical trial. **Riphah Journal of Rehabilitation Sciences**, v. 12, n. 1, p. 45–52, 2024.

CAMARGOS, A.C.R.; AYUPE, K.M.A.; FIGUEIREDO, P.R.P.; GONÇALVES, R.J. Paralisia Cerebral. In: CAMARGOS, A.C.R.; LEITE, H.R.; MORAIS, R.L.S.; LIMA, V.P. **Fisioterapia em Pediatria: da evidência à prática clínica.** 1 ed. Rio de Janeiro: MedBook, p.60-111, 2019.

COLLANGE, L. A.; MUSZKAT, M.; LIMA, V. (Orgs.). Estimulação elétrica e estimulação magnética do sistema nervoso central na infância e na adolescência. 1. ed. São Paulo: Editora CRV, 2024. ISBN 978-65-251-6492-2.

DEVELOPMENTAL MEDICINE & CHILD NEUROLOGY. Efficacy and threshold dose of intensive training targeting walking outcomes in children with cerebral palsy. **Dev Med Child Neurol**, v. 66, n. 4, p. 512–520, 2024. <https://doi.org/10.1111/dmcn.16002>.

DOĞAN, H. et al. Effect of treadmill backward walking training on motor outcomes in children with cerebral palsy: randomized controlled trial. **Annals of Rehabilitation Medicine**, v. 47, n. 3, p. 156–163, 2023. <https://doi.org/10.5535/arm.23006>.

DUARTE, N.A.C.; GRECO, L.A.C.; GALLI, M.; FREGNI, F.; OLIVEIRA, C.S. Effect of Transcranial Direct-Current Stimulation Combined with Treadmill Training on Balance and Functional Performance in Children with Cerebral Palsy: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. **PLOS ONE**. v. 9, n.8, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105777>.

DUARTE, N.A.C.; GRECO, L.A.C.; LAZZARI, R.D.; GALLI, M.; OLIVEIRA, C.S. Searching for ideal transcranial direct current stimulation montages to optimize static balance following treadmill training in a child with hemiparetic spastic cerebral palsy. **Gait Posture**. v. 49, n.225, p. 184-189, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.07.278>.

DUARTE, N.A.C.; GRECO, L.A.C.; LAZZARI, R.D.; GALLI, M.; OLIVEIRA, C.S. Effect of bilateral tDCS on functional balance and the Gait Profile score in a child with hemiparetic spastic cerebral palsy. **Gait Posture**. v. 65, n. 1, p.365-366, 2018. <https://doi.org/doi:10.1016/j.gaitpost.2018.07.017>.

FREGNI, F.; BOSSIO, P.; BRUNONI, A. Neuromodulação terapêutica: Princípios e avanços da estimulação cerebral não invasiva em neurologia, reabilitação, psiquiatria e neuropsicologia. **Sarvier**, São Paulo. 2012

FRITSCH, B.; REIS, J.; MARTINOWICH, K.; SCHAMBRA, H.M.; JI, Y.; COHEN, L.G.; *et al.* Direct current stimulation promotes BDNF-dependent synaptic plasticity: potential implications for motor learning. **Neuron**. v.66, n.2, p.198-204, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.03.035>

FURTADO, M.A.S., AYUPE, K.M.A., CHRISTOVÃO, I.S., *et al.* Physical therapy in children with cerebral palsy in Brazil: a scoping review. **Dev Med Child Neurol**. V.64, n.5, p. 2-12, 2022. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15094>

GALLOP, L. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation in children and young people with psychiatric disorders: a systematic review. **European Child & Adolescent Psychiatry**, v. 33, p. 3003-3023, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00787-023-02157-0>.

GILLICK, B. T. *et al.* Non-invasive brain stimulation in children with unilateral cerebral palsy: a protocol and risk mitigation guide. **Frontiers in Pediatrics**, v. 6, art. 56, 2018. <https://doi.org/10.3389/fped.2018.00056>.

GILLICK, B. T.; RICH, T. L.; NEMANICH, S. T.; CHEN, C.-Y.; MENK, J.; RUDSER, K. Remotely monitored transcranial direct current stimulation in children with cerebral palsy: a protocol. **BMC Pediatrics**, v. 22, art. 167, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12887-022-03612-8>

GOULARDINS, Juliana B.; BAPTISTA, Rachel F.; BAPTISTA, Anna F.; MACHADO, Kátia do M.-S.; MATOS, Marcos A. Decision-making in non-invasive neuromodulation in children. **Brain Imaging and Stimulation**, v. 3, e5685, 2024. <https://doi.org/10.17267/2965-3738bis.2024.e5685>.

GRAHAM, H.K; HARVEY, A. *et al.* **The Functional Mobility Scale (FMS)**. *Journal of*

pediatric orthopedics. V.24, n.5, p. 514–520, Oct, 2004.
<https://doi.org/10.1097/00004694-200409000-00011>

GRAHAM, H.K.; THOMASON, P.; WILLOUGHBY, K.; *et al.* Musculoskeletal Pathology in Cerebral Palsy: A Classification System and Reliability Study. **Children**. v.8, n.3, p. 252, 2021. <https://doi.org/10.3390/children8030252>

GRECCO, L. A.; COSMO, C.; SILVA, A. L. S.; RIZZUTTI, S.; OLIVEIRA, C. S.; MUSZKAT, M. Effects of Dual Task Training and Transcranial Direct Current Stimulation in Children with Spastic Cerebral Palsy: A Pilot Randomized Control Trial. **Developmental Neurorehabilitation**, v. 26, n. 5, p. 279-286, 2023. <https://doi.org/10.1080/17518423.2023.2228400>.

GRECCO, L. A.; DUARTE, N. A.; ZANON, N.; GALLI, M.; FREGNI, F.; OLIVEIRA, C. S. Effect of a single session of transcranial direct-current stimulation on balance and spatiotemporal gait variables in children with cerebral palsy: A randomized sham-controlled study. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 18, n. 5, p. 419-427, 2014. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0053>.

GRECCO, L.A. C; DUARTE, N.A.C.; MENDONÇA, M.E.; CIMOLIN, V.; GALLI, M.; FREGNI, F.; *et al.* Transcranial direct current stimulation during treadmill training in children with cerebral palsy: a randomized controlled double-blind clinical trial. **Res Dev Disabil**. v. 35, n.11, p.2840-8, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.07.030>

GRECCO, L.A. C; MENDONÇA, M.E.; DUARTE, N.A.C.; FREGNI, F.; OLIVEIRA, C.S. Transcranial Direct Current Stimulation Combined with Treadmill Gait Training in Delayed Neuropsychomotor Development. **J Phys Ther Sci**. v. 26, n. 6, p. 945-950, 2014. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.945>.

GRECCO, L.A. C; DUARTE, N.A.C.; MENDONÇA, M.E.; CIMOLIN, V.; GALLI, M.; FREGNI, F.; OLIVEIRA, C.S. Effects of anodal transcranial direct current stimulation combined with virtual reality for improving gait in children with spastic diparetic cerebral palsy: a pilot, randomized, controlled, double-blind, clinical trial. **Clin Rehabil**. v. 29, n. 12, p. 1212- 23, 2015. <https://doi.org/10.1177/0269215514566997>.

GRECCO, L.A. C; DUARTE, N.A.C.; MARQUES, V.C.; OLIVEIRA, C.S.; MUSZKAT, M.; ZANON, N. Transcranial direct current stimulation combined with motor therapy in children with cerebral palsy classified on level IV of the GMFCS: A case series. **Gait Posture**. v.17, n. 1, p. 405, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.07.098>.

GRECCO, L.A. C; OLIVEIRA, C.S.; DUARTE, N.A.C.; LIMA, V.L.CC.; FREGNI, F. Cerebellar transcranial direct current stimulation in children with ataxic cerebral palsy: A sham-controlled, crossover, pilot study. **Dev Neurorehabilitation**. v. 20, n. 3, p. 142-148, 2017. <https://doi.org/10.3109/17518423.2016.1139639>.

GRECCO, L.A. C.; DUARTE, N.A.C.; COSMO, C.; GALLI, M.; OLIVEIRA, C.S.; ZANON, N. Anodic transcranial current stimulation in the motor rehabilitation of 105 children with spastic cerebral palsy: Experience of Brazilian service. ***Brain Stimulat.*** v. 10, n.4, p. 39, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.br.2017.04.070>.

HAN, Y.-G. et al. Effectiveness of treadmill training on gait function in children with cerebral palsy: systematic review and meta-analysis. ***Journal of Exercise Rehabilitation***, v. 16, n. 2, p. 87–98, 2020. <https://doi.org/10.12965/jer.2040110.005>.

HIRATUKA, E.; MATSUKURA, T.S.; PFEIFER, L.T. Adaptação transcultural para o Brasil do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS). ***Brazilian Journal of Physical Therapy.*** v.14, n.6, p.533-544, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552010000600013>

ISMÂIL, F. Y.; FATEMI, A.; JOHNSTON, M. V. Cerebral plasticity: windows of opportunity in the developing brain. ***European Journal of Paediatric Neurology***, v. 21, n. 1, p. 23-48, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2016.07.007>.

JACKMAN, M.; SAKZEWSKI, L.; MORGAN, C.; BOYD, R. N.; BRENNAN, S. E.; LANGDON, K.; TOOVEY, R. A. M.; GREAVES, S.; THORLEY, M.; NOVAK, I. Interventions to improve physical function for children and young people with cerebral palsy: international clinical practice guideline. ***Developmental Medicine & Child Neurology***, v. 64, n. 5, p. 536-549, 2022. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15055>

Journal of Physical Therapy, v. 20, n. 6, p. 561–570, 2016. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0166>

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M.; SIEGELBAUM, S. A.; HUDSPETH, A. J. *Principles of Neural Science*. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2021. ISBN 978-1-25964-223-4.

KRISHNAN, C.; SANTOS, L.; PETERSON, M.D, EHINGER, M. Safety of Noninvasive Brain Stimulation in Children and Adolescents. ***Brain Stimulat.*** v. 8, p. 76-87, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.10.012>.

KIM, H.; KELLY, M. M.; SU, X.; FERRE, C. L.; HUANG, Y.; et al. Transcranial direct current stimulation and motor function in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. ***Developmental Medicine & Child Neurology***, v. 67, n. 5, p. 534-543, 2025. <https://doi.org/10.1111/dmcn.16365>.

KIRTON, A.; CIECHANOSKI, P.; ZEWDIE, E.; et al. Transcranial direct current stimulation for children with perinatal stroke and hemiparesis. **Neurology**, v. 88, n. 3, p. 259-267, 2017. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003518>.

KUO, M.F.; UNGER, M.; LIEBETANZ, D.; LANG, N.; TERGAU, F.; PAULUS, W.; et al. Limited impact of homeostatic plasticity on motor learning in humans. **Neuropsychologia**. v. 46, n.8, p.2122-8, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.02.023>

KUO, H.C.; ZEWDIE, E.; GRAB, J.; GIUFFRE A.; KIRTON, A. Mapping contralesional motor cortex using robotic transcranial magnetic stimulation in children with perinatal stroke. **Clin Neurophysiol**. v. 12, n.2, p531, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2018.04.127>.

KURZ, M.J.; WILSON, T.W. Neuromagnetic activity in the somatosensory cortices of children with cerebral palsy. **Neurosci Lett**. v. 490, n.1, p.1-5, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.11.053>

LAZARRI, R.D.; POLITTI, F.; BELINA, S.F.; GRECO, L.A.C.; DUMONT, A.J.; LOPES, J.B.; CIMOLIN, V.; GALLI, M.; OLIVEIRA, C.S. . Effect of Transcranial Direct Current Stimulation Combined With Virtual Reality Training on Balance in Children With Cerebral Palsy: A Randomized, Controlled, Double-Blind, Clinical Trial. **J Mot Behav**. v.49, n. 3, p. 329- 336, 2016. <https://doi.org/10.1080/00222895.2016.1204266>.

LEFAUCHEUR, J.-P. et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). **Clinical Neurophysiology**, v. 128, n. 1, p. 56-92, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2016.10.087>.

MACHADO, B.S.S.; MOURA, M.C.D.S.; SOUSA, C.B.; SILVA, T.C.M.; HASUE, R.H. Estimulação transcraniana por corrente contínua: uma ferramenta promissora para pessoas com paralisia cerebral. **Fisioterapia E Pesquisa**, v.27, n.4, p.335–336, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/00000027042020>

MANCINI, M. C. et al. New version of the Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI- CAT): translation, cultural adaptation to Brazil and analyses of psychometric properties. Brazilian

MAGLIONI, A. V.; GALVÃO, M.C.S.; et. al.. Treino de marcha robótica em pacientes com paralisia cerebral: uma análise retrospectiva. **Acta Fisiátrica**, [S. l.], v. 30, n. 2, p. 117–123, 2023. <https://doi.org/10.11606/issn.2317-0190.v30i2a202428>.

METELSKI, N.; GU, Y.; QUINN, L.; FRIEL, K. M.; GORDON, A. M. Safety and efficacy of non-invasive brain stimulation for the upper extremities in children with cerebral palsy: a systematic review. **Developmental Medicine & Child Neurology**, 2023 Aug 1.

<https://doi.org/10.1111/dmcn.15720>.

NARDONE, R.; SEBASTIANELLI, L.; FERRAZZOLI, D.; BRIGO, F.; LOCHNER, P.; SALTUARI, L.; TRINKA, E.; VERSACE, V. Brain functional reorganization in children with hemiplegic cerebral palsy: assessment with TMS and therapeutic perspectives. **Neurophysiologie Clinique – Clinical Neurophysiology**, v. 51, n. 4, p. 301–312, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2021.05.004>

NITSCHKE, M.A.; LIEBETANZ, D.; TERGAU, F.; PAULUS, W. Modulation of cortical excitability by transcranial direct current stimulation. **Nervenarzt**. vol.73, n.4, p.332-5, 2002. [https://doi.org/10.1016/s1567-424x\(09\)70230-2](https://doi.org/10.1016/s1567-424x(09)70230-2)

NICOLINI-PANISSON, R.D; DONADIO, M.V.F.. Timed “Up & Go” test in children and adolescents. **Revista Paulista de Pediatria**,v. 31, n.3, p.377-383, set. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822013000300016>

NOVAK, I.; MORGAN, C.; FAHEY, M.; FINCH-EDMONDSON, M.; GALEA, C.; HINES, A.; LANGDON, K.; McNAMARA, M.; PATON, M. C. B.; POPAT, H.; SHORE, B.; KHAMIS, A.; STANTON, E.; FINEMORE, O. P.; TRICKS, A.; TE VELDE, A.; DARK, L.; MORTON, N.; BADAWI, N. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. **Current Neurology and Neuroscience Reports**, v. 20, n. 2, p. 3, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>.

NOVAK, I.; McINTYRE, S.; MORGAN, C.; CAMPBELL, L.; DARK, L.; MORTON, N.; et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: State of the evidence. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v.55, n.10, p.885-910, 2013. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12246>.

PALISANO, R.; ROSENBAUM, P.; WALTER, S.; RUSSEL, D.; WOOD, E.; GALUPPI, B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. **Dev Med Child Neurol**. v. 34, n.4, p.214-23, 1997. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x>

PESENTE, L. et al. Efeitos da estimulação elétrica transcraniana na performance de tarefas executivas **Psicologia Hospitalar**. v.13, n.1, p. 91-109, 2015.

RIVERA-URBINA, G.N; NITSCHKE, M.A; VICARIO, C.M; MOLERO-CHAMIZO, A. Applications of transcranial direct current stimulation in children and pediatrics. **Rev Neurosci**. V.28, n.2, p.173-184, 2017. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2016-0045>

RADWAN, A.; ELTALAWY, H. A.; ABDELZIEH, F. H.; MACALUSO, R.; O'BRIEN, M. K.;

JAYARAMAN, A. Effect of Transcranial Direct Current Stimulation versus Virtual Reality on Gait for Children with Bilateral Spastic Cerebral Palsy: A Randomized Clinical Trial. **Children (Basel)**, v. 10, n. 2, p. 222, 27 jan. 2023. <https://doi.org/10.3390/children10020222>.

RIES, L.G.K. et al.. Cross-cultural adaptation and reliability analysis of the Brazilian version of Pediatric Balance Scale (PBS). **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 16, n.3, p. 205-215, maio, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552012005000026>

RICH, T. L.; NEMANICH, S.; CHEN, M.; et al. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) Paired with Occupation-Centered Bimanual Training in Children with Unilateral Cerebral Palsy: A Preliminary Study. **Neural Plasticity**, 2018, Art. 9610812, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9610812>.

ROSENBAUM, P.; PANETH, N.; LEVITON, A.; et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy. **Dev Med Child Neurol Suppl.** v.49, n.109, p.1-44, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00001>.

ROSENBAUM, P.L.; WALTER, S.D.; HANNA, S.E. et al. Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves. **JAMA.** v. 18, n. 288, p. 1357-63, 2002. <https://doi.org/10.1001/jama.288.11.1357>.

ROGERIO, F. R. P. G.; GUEDES, D. P. Reprodutibilidade e concordância entre diferentes protocolos de baropodometria dinâmica durante a marcha: um estudo preliminar. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 27, n. 4, p. 337–346, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/17018227042020>.

ROVERON, L.E; MISAO, M.H; et al. Desempenho da marcha nos diferentes ambientes em pacientes com paralisia cerebral níveis II e III. **International Journal of Development Research**, v.10, n.12, p.42639-42643, 2020. <https://doi.org/10.37118/ijdr.20671.12.2020>

RUSSELL, D.J.; PALISANO,R.J.; WALTER, S. et al. The Gross Motor Function Measure. **Dev Med Child Neurol.** v.31, p. 341-352, 1989.

SALEEM, G.T; CRASTA, J.E; SLOMINE, B.S; CANTARERO, G.L.; SUSKAUER, S.J. Transcranial Direct Current Stimulation in Pediatric Motor Disorders: A Systematic Review and Meta-analysis. **Arch Phys Med Rehabil.** V.100, n.4, p. 724-738, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.10.011>.

SANTOS, R.A.; DA-SILVA, V.R.; SIQUEIRA, A.N.; et al. Perfil epidemiológico e assistência à saúde de crianças e adolescentes com paralisia cerebral em um município do ES. **Resid Pediatr.** v.9, n.3, p.252-260, 2019. <https://doi.org/10.25060/residpediatr-2019.v9n3-10>

SILVA, A.V.V.; SALES, W.B.; TOMAZ, R.R. Abordagens fisioterapêuticas no tratamento da espasticidade em crianças com encefalopatia crônica não progressiva: Uma revisão integrativa de literatura. **Temas em saúde**, v.20, n.3, p.7-23, 2020. <https://doi.org/10.29327/213319.20.3-1>

SHIN, Y.K.; LEE, D.R.; HWANG, H.J.; YOU, S.H.; IM, C.H. A novel EEG-based brain mapping to determine cortical activation patterns in normal children and children with cerebral palsy during motor imagery tasks. **Neuro Rehabil.** vol.31, n.4, p.349-55, 2012. <https://doi.org/10.3233/NRE-2012-00803>

SUDATI, I.P.; DE SOUZA, R.A.; SILVA, F.R.; OLIVEIRA, C.S.; MUSZKAT, M. Dose threshold in intensive gait interventions for children with cerebral palsy: a systematic review. **Developmental Medicine & Child Neurology**, 2024. <https://doi.org/10.1111/dmcn.16040>.

TANG, L.; WU, Y.; MA, J.; LU, Y.; WANG, L.; SHAN, C. Application of tDCS in children with cerebral palsy: A mini review. **Frontiers in Pediatrics**, v. 10, p. 966650, 20 set. 2022. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.966650>.

TORRE, C.R.M.A. Efeitos do treino de marcha em esteira em crianças com paralisia cerebral. Tese (Mestrado em Fisioterapia)- **Universidade Federal de São Carlos**. São Carlos, p.76. 2012.

VASCONCELOS, R.L.M. *et al.*. Avaliação do desempenho funcional de crianças com paralisia cerebral de acordo com níveis de comprometimento motor. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 13. N.5, p. 397, set. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552009005000051>

WAGNER, T.; VALERO, C.A.; PASCUAL, L.A. *Noninvasive Human Brain Stimulation*. **Annu Rev Biomed Eng.** v. 9, p. 527-65, 2007. <https://doi.org/10.1146/annurev.bioeng.9.061206.133100>

WAQAS, Shoaib; AHMAD, Ashfaq; GOULARDINS, Juliana B.; HANIF, Asif; TARIQ, Muhammad; NIAMAT, Atiqa. Effects of transcranial direct current stimulation and mirror therapy on mental health and dopamine level among spastic quadriplegic cerebral palsy children. **BMC Pediatrics**, v. 25, art. 548, 2025. <https://doi.org/10.1186/s12887-025-05793-4>.

ZHONG, M.; ZHANG, Y.; LUO, J.; CHEN, T.; ZHANG, J.; PENG, T. Sr.; HAN, M.; LE, W.; PENG, T. Jr.; XU, K. Safety and effectiveness of non-invasive brain stimulation on mobility and balance function in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 22, art. 111, 2025. <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01619->

ANEXOS- PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALFENAS - UNIFAL



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: O EFEITO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA COMBINADA COM TREINO DE MARCHA EM ESTEIRA NO EQUILÍBRIO, MOBILIDADE E FUNCIONALIDADE DE CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL

Pesquisador: Luciana Maria dos Reis

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 82720824.4.0000.5142

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.110.210

Apresentação do Projeto:

Estudo O EFEITO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA COMBINADA COM TREINO DE MARCHA EM ESTEIRA NO EQUILÍBRIO, MOBILIDADE E FUNCIONALIDADE DE CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL. Pesquisa do nível de pós-graduação - mestrado; Financiamento próprio; Tipo: ensaio clínico, controlado, randomizado. Não foram identificados conflitos de interesse.

¿A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica de estimulação cerebral não invasiva, capaz de desencadear mudanças neuroplásticas e induzir alterações duradouras de excitabilidade cortical, favorecendo o treino motor. O treino de marcha na esteira oferece resposta de sequenciamento de ações motoras organizadas para o recrutamento muscular seletivo a cada etapa da marcha¿ O estudo visa investigar os efeitos da ETCC combinada com o treino de marcha em esteira no equilíbrio, na mobilidade e funcionalidade de 20 crianças com paralisia cerebral, de 4 a 12 anos, com diagnóstico clínico de paralisia cerebral, alocadas aleatoriamente em dois grupos, sendo grupo experimental - GE (uso da ETCC associada ao treino de marcha na esteira por 20 minutos, além da intervenção interdisciplinar que já ocorre na instituição) e o grupo controle- GC (realização da intervenção interdisciplinar que já ocorre na instituição). O tratamento realizado será no total de 10 sessões, onde serão feitas intervenções simultâneas com ETCC e treino de marcha na esteira,

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E

Bairro: centro

CEP: 37.130-001

UF: MG

Município: ALFENAS

Telefone: (35)3701-9153

Fax: (35)3701-9153

E-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALFENAS - UNIFAL



Continuação do Parecer: 7.110.210

cinco vezes por semana, durante duas semanas.ζ As avaliações para comparar os resultados da técnica combinada com os da reabilitação habitual envolverá os instrumentos: Gross Motor Classification System (GMFCS), Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI), Escala de Mobilidade Funcional (FMS), Medida da Função Motora Grossa (GMFM); Escala de Equilíbrio Pediátrico (EEP), BERG e Questionário de Qualidade de Vida para Criança com Paralisia Cerebral (CP QOL-CHILD), os quais serão feitos antes e após as intervenções e envolverá também os pais (n=20), amostra total de 40 participantes.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Investigar os efeitos da ETCC combinada com o treino de marcha em esteira no equilíbrio, na mobilidade e funcionalidade de crianças com paralisia cerebral.

Objetivo Secundário: Avaliar em comparações intra e inter-grupos, o efeito da ETCC associada ao treino de marcha na esteira na Função Motora Grossa, Desempenho Funcional, Mobilidade Funcional, Equilíbrio Funcional e Qualidade de Vida.

Análise CEP dos objetivos: claros e bem definidos, coerentes com a propositura geral do projeto; exequíveis.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS: ζ Durante a execução da pesquisa poderá ocorrer o risco mínimo de desconforto por parte dos familiares e/ou cuidadores, os quais poderão se sentir desconfortáveis ao responder as perguntas dos questionários e para minimizar o risco de desconforto, as perguntas serão realizadas por pesquisadores treinados, tendo os participantes o direito de recusar a responder as perguntas a qualquer momento. Poderá também ocorrer o risco mínimo de perda de sigilo e confidencialidade dos dados. Como medida minimizadora, a identidade dos participantes será preservada, sendo os dados mantidos sob responsabilidade dos pesquisadores responsáveis e utilizados apenas para fins relacionados à pesquisa. A aplicação da ETCC tem se mostrado segura e com riscos mínimos de coceira e irritação no local de colocação dos eletrodos. Para minimizar estes riscos, a ETCC será realizada por pesquisador treinado e os familiares serão orientados de que a irritação, coceira e/ou hiperemia no local são passageiras. No treino locomotor na esteira poderá ocorrer risco mínimo para quedas. Para minimizar os riscos, a velocidade inicial da esteira sempre irá partir da sua mínima (0,01 km/h) e será aumentada conforme tolerância do paciente frente ao exercício, e mesmo que o paciente tenha marcha

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E
Bairro: centro **CEP:** 37.130-001
UF: MG **Município:** ALFENAS
Telefone: (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

Continuação do Parecer: 7.110.210

independente, será utilizada sempre a trava de segurança do dispositivo, para que este possa interromper a movimentação da esteira sempre que houver risco de queda. A intervenção contará com um fisioterapeuta treinado e a presença de um voluntário que estará sempre posicionado ao lado da esteira. Com a utilização da esteira, a criança poderá relatar percepção de fadiga nos membros inferiores. Caso o participante da pesquisa se sinta desconfortável durante a aplicação da corrente, ou mesmo com a utilização da esteira, e se negar a dar continuidade no procedimento, a intervenção será imediatamente interrompida e o participante poderá desistir do tratamento a qualquer momento sem que isso lhe cause nenhum prejuízo.

BENEFÍCIOS: Em contrapartida aos riscos citados, o participante poderá beneficiar-se com a intervenção proposta nesta pesquisa, uma vez que o treino de marcha utilizando a esteira como recurso permite uma maior repetição de passos em um ambiente seguro e controlado, possibilitando um aumentando da intensidade do treino gradualmente e conforme tolerância do paciente, quando em comparação com o treino de marcha no solo. Além disso, a pesquisa irá contribuir com a literatura na área, favorecendo a prática clínica baseada em evidências.

ANÁLISE CEP: riscos descritos bem avaliados, realmente necessários e bem descritos no projeto; justificados pelos benefícios e com apresentação de medida minimizadora.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Análise:

- a. Metodologia da pesquisa \checkmark adequada aos objetivos, atualizada; apresenta critérios de participação; descrição clara do desenho do estudo com relevância social, científica e pertinência do estudo; informa local de realização da pesquisa e a população envolvida, com condições de desenvolvimento.
- b. Referencial teórico da pesquisa \checkmark atualizado e suficiente para aquilo que se propõe;
- c. Cronograma de execução da pesquisa \checkmark coerente com os objetivos propostos
- d. Orçamento - presente e adequado;
- e. Instrumentos - apresentados e referenciados no projeto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- a. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Participante(TCLE): presente e adequado
- b. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Responsável Legal (TCLE): presente e

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E
Bairro: centro **CEP:** 37.130-001
UF: MG **Município:** ALFENAS
Telefone: (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALFENAS - UNIFAL



Continuação do Parecer: 7.110.210

adequado

- c. Termo de Assentimento Esclarecido (TAE): presente e adequado
- d. Termo de Compromisso para Utilização de Dados e Prontuários (TCUD): presente e adequado
- e. Termo de Anuência Institucional (TAI): presente e adequado
- f. Declaração de responsabilidade do pesquisador responsável: presente e adequada.
- g. Folha de rosto: presente e adequada
- h. Projeto de pesquisa completo e detalhado: presente e adequado.
- i. Termo de Solicitação de Dispensa de TCLE (quando necessário): não se aplica.
- j. Outro (especificar): não se aplica.

Recomendações:

Recomenda-se Inserir no texto do TCLE dos pais (participante) o tempo total da sua participação na pesquisa (tempo para responder aos questionários).

Recomenda-se corrigir os erros de digitação nos três termos TCLE, TCLE do responsável e TAE.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Recomenda-se aprovação

Considerações Finais a critério do CEP:

Este CEP emite parecer após reunião remota extraordinária.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_2409373.pdf	28/08/2024 16:47:06		Aceito
Folha de Rosto	Rosto.pdf	28/08/2024 14:52:19	Luciana Maria dos Reis	Aceito
Outros	TAI.pdf	27/08/2024 16:23:04	Luciana Maria dos Reis	Aceito
Outros	TCUD.pdf	27/08/2024 16:22:39	Luciana Maria dos Reis	Aceito
Outros	Responsavel.pdf	27/08/2024 16:22:10	Luciana Maria dos Reis	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLEresponsaveis.docx	27/08/2024 16:21:12	Luciana Maria dos Reis	Aceito

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E
Bairro: centro **CEP:** 37.130-001
UF: MG **Município:** ALFENAS
Telefone: (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALFENAS - UNIFAL



Continuação do Parecer: 7.110.210

Ausência	TCLeresponsaveis.docx	27/08/2024 16:21:12	Luciana Maria dos Reis	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLeparticipante.docx	27/08/2024 16:21:02	Luciana Maria dos Reis	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TAE.docx	27/08/2024 16:20:53	Luciana Maria dos Reis	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	27/08/2024 16:20:34	Luciana Maria dos Reis	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ALFENAS, 30 de Setembro de 2024

Assinado por:
Neidimila Aparecida Silveira
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E
Bairro: centro **CEP:** 37.130-001
UF: MG **Município:** ALFENAS
Telefone: (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br