



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Lucas de Assis Voltolini

Análise biomecânica e de desempenho de atletas com paralisia cerebral nas diferentes classes da *Frame Running*

Florianópolis
2022

Lucas de Assis Voltolini

Análise biomecânica e de desempenho de atletas com paralisia cerebral nas diferentes classes da *Frame Running*

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestrado em Biodinâmica do Desempenho Humano. O tema desta dissertação foi apresentado na banca de qualificação como “Estudo Complementares” e vem a substituir o tema intitulado “Mecânica e energética da locomoção na Petra e suas relações com o desempenho” devido às limitações para coleta de dados de forma presencial no período da pandemia.

Orientadora: Prof^a. Dr. Gabriela Fischer

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Dantas de Lucas

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

de Assis Voltolini, Lucas
Análise biomecânica e de desempenho de atletas com
paralisia cerebral nas diferentes classes da Frame Running
/ Lucas de Assis Voltolini ; orientador, Gabriela Fischer,
coorientador, Ricardo Dantas de Lucas, 2022.
70 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Desportos, Programa de Pós-Graduação em
Educação Física, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Educação Física. 2. 1. I. Fischer, Gabriela. II.
Dantas de Lucas, Ricardo. III. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.
IV. Título.

Lucas de Assis Voltolini

Análise biomecânica e de desempenho de atletas com paralisia cerebral nas diferentes classes da *Frame Running*

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof^a. Dr^a. Bruna Barboza Seron
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Biodinâmica do Desempenho Humano.

Prof. Dr. Juliano Dal Pupo
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof^a. Dr^a. Gabriela Fischer
Orientadora

Prof. Dr. Ricardo Dantas de Lucas
Coorientador

Florianópolis, 2022

Este trabalho é dedicado a todos que fizeram parte
desta trajetória chamada Vida, que culminou
neste processo chamado Mestrado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter traçado um caminho tão maravilhoso para mim, ao qual faz todo sentido próximo das pessoas que listarei abaixo.

Aos meus pais, representados pela minha mãe, Sra. Noely, pois em um belo dia em que ainda estava em dúvidas sobre o meu futuro, ela me disse: “cara, vai estudar Educação Física, combina mais com você”. Por nunca terem poupado esforços, apesar das dificuldades, terem se preocupado comigo e tentarem sempre me oferecer um futuro digno com honestidade e sobretudo com educação.

À minha esposa Silvia, a qual tenho grande admiração e nos combinamos pelo caráter, união e respeito, que sempre me apoiou sendo meu porto seguro nas horas mais difíceis e vibrou comigo nas maiores conquistas.

À minha Orientadora Gabriela Fischer, uma pessoa ímpar, que acreditou em mim e sempre me incentivou desde o primeiro contato, em 2010, na *Università Degli Studi di Verona* (Itália), que conhece muito bem meu potencial e minhas fraquezas, e assim soube com toda sua maestria ajudar a concretizar este sonho acadêmico e de vida. Me sinto, de fato, muito honrado em ser seu primeiro orientando de mestrado, pois a partir do desafio que me foi proposto, seus ensinamentos foram determinantes no meu crescimento.

Ao meu coorientador Ricardo Dantas, por ser o nosso braço direito e um grande parceiro, com todo seu conhecimento e experiência sempre nos manteve amparados, proporcionando todo suporte necessário, e aos professores Leonardo Tartaruga, Fábio Lanferdini e Bruna Seron pelas valiosas contribuições nas bancas.

Aos meus colaboradores Diego, Pedro e Gabriel por me auxiliarem e ensinarem tanto nas produções científicas, e por poder me espelhar em vocês em vários aspectos.

Aos meus colegas do BIOMECC, professores, graduandos, pós-graduandos, IC's, turma de inglês e aos demais servidores que tive a oportunidade de conviver nesta universidade maravilhosa chamada UFSC.

Aos meus colegas de trabalho, em especial aos do estúdio Perform Funcional & Pilates, que assumiram com muita responsabilidade e comprometimento as atividades enquanto tive que me ausentar do estabelecimento para me dedicar ao curso. Vale lembrar que esta empreitada também é fruto deste mestrado, pois foi a estratégia que encontrei como alternativa para conseguir flexibilizar os estudos com as atividades profissionais, e que deu tão certo graças a boa energia e o excelente trabalho de todos que atuam e já atuaram conosco.

Aos empregadores e parceiros que em algum momento me deram uma chance e assim pude construir minha carreira: Tupy, Surfescola, Academia Medley, Academia Marell, Bom Jesus/IELUSC, UNIVILLE, Conexão Fitness, The Best Academy, Nadoville, Associação Joinvilense de Natação, Associação Desportiva Embraco, e atualmente a UNISOCIESC, pela confiança ao me oportunizar na primeira e tão sonhada atuação como docente, que me possibilitou atingir meu maior objetivo profissional antes mesmo de concluir este ciclo. Não posso esquecer dos meus alunos e atletas que depositaram a confiança no meu trabalho ao longo destes anos com monitor, instrutor, estagiário, treinador, *personal* e acima de tudo como professor, pois vocês são a minha obra e o reflexo da minha identidade profissional.

À minha madrinha e professora Luciane Schulz, que sempre me incentivou a estudar e ser professor também, defensora da educação, da ciência e da universidade pública.

Aos meus amigos de Joinville, Florianópolis, da minha cidade natal São Francisco do Sul, e de outros lugares que o destino reservou em outros cantos do planeta, que sempre torceram por mim e que de alguma forma tenho muito carinho, em especial a família do meu irmão Marco.

Aos que já deixam saudades, em especial ao meu pai, Sr. Orlando, foi quem me ensinou a ser um homem trabalhador e certamente estaria muito orgulhoso por essa conquista. Eu sei que está e não me restam dúvidas que ele continua o tempo todo me guiando como um anjo, como sempre fez em vida. Ao meu amigo de infância e surfista Jean da Silva, meu maior ídolo no esporte, ao qual lembro dele a cada queda no mar, que é onde renovo minhas energias para seguir em frente. Também ao meu colega de graduação João Vitor Britto, judoca, que queria muito estudar no BIOMECC, este mestrado é seu também.

Às tantas pessoas legais que conheci durante as caronas de aproximadamente 100 viagens entre Joinville e Florianópolis, com conversas muito agradáveis e boas risadas.

Por fim, considero esta vivência de extrema relevância para minha carreira profissional e que me transformou também em uma pessoa melhor em vários aspectos. Transformar momentos de dificuldades, dor e adversidades como a pandemia em desafios, e transformar desafios em oportunidades, conquistas, alegria e emoção resumem toda a história vivida até então, e é nesta evolução que está a mágica da vida. Uma boa leitura!

“A luta pode ser difícil, mas vencer é possível”
Adriano de Souza - Campeão mundial de surfe (2015)

RESUMO

A *Frame Running* (FR) é uma recente modalidade do para-atletismo desenvolvida para pessoas com Paralisia Cerebral (PC) moderada a severa, sendo caracterizada por corrida sobre um dispositivo de locomoção assistida chamado Petra. Os atletas competem em classes RR1 (envolvimento severo das pernas e tronco) RR2 (envolvimento moderado a grave nas extremidades inferiores) e RR3 (habilidade de isolar movimentos das extremidades inferiores). O objetivo do presente estudo foi analisar o desempenho e o comportamento de variáveis biomecânicas em atletas com PC nas diferentes classes da FR durante a corrida de 100 metros com a Petra. Foram analisados os dados de desempenho de 56 atletas de FR com PC, sendo 27 do sexo masculino e 29 do sexo feminino por meio dos *rankings* mundiais disponibilizados pelo IPC (*International Paralympic Committee*), e os dados das variáveis biomecânicas de 28 atletas de FR, sendo 07 do sexo masculino e 21 do sexo feminino por meio de uma análise de vídeos disponibilizados na internet. Também foram analisadas variáveis biomecânicas em provas simuladas de 100 metros com e sem a Petra de uma atleta amadora pertencente à classe RR2. Os principais achados mostram que o desempenho nos 100m foi pior nas classes com maior comprometimento, e significativamente diferente nas 3 classes ($p < 0,05$), exceto entre as classes RR1 e RR2 no sexo masculino (homens: RR1 = $30,07 \pm 5,14$ s; RR2 = $27,87 \pm 8,03$ s; RR3 = $19,84 \pm 2,73$ s; mulheres: RR1 = $31,23 \pm 4,89$ s; RR2 = $25,83 \pm 5,48$ s; RR3 = $20,63 \pm 1,34$ s); o desempenho ao longo dos anos parece ter melhorado em quase todas as classes, principalmente nas classes RR1 (Masculino: 21%; Feminino: 26%) e RR2 (Masculino: 10%; Feminino: 20%); as melhoras de desempenho foram devido a frequência e comprimento da passada, com isso a velocidade sofreu variações de acordo com a técnica adotada pelos atletas para gerar propulsão na Petra. Por fim, a corrida com a Petra otimizou o desempenho em torno de 30% em 1 sujeito com PC, quando comparada com a corrida sem o equipamento. Acredita-se que os achados deste estudo serão úteis para embasar análises entre os sistemas de classificação atual (RR1, RR2 e RR3) e a nova proposta com duas classes (T71 e T72). Futuras análises são necessárias para confirmar se estes sistemas promovem uma competição justa entre os atletas com PC.

Palavras-chave: *Frame Running*, petra; lesão cerebral; para-atletismo; corrida; locomoção

ABSTRACT

Frame Running (FR) is a recent modality of Para-athletics developed for people with moderate to severe Cerebral Palsy (CP), characterized by running on an assisted locomotion device called Petra. Athletes compete in classes RR1 (severe involvement of legs and trunk), RR2 (moderate to severe involvement of lower extremities) and RR3 (ability to isolate lower extremity movements). The aim of the present study was to analyze the performance and behavior of biomechanical variables in athletes with CP in different FR classes during the 100-meter run with Petra. The performance data of 56 FR athletes with CP, being 27 males and 29 females, were analyzed by means of the world rankings made available by the IPC (International Paralympic Committee), and the data of the biomechanical variables of 28 FR athletes, being 07 males and 21 females by means of analysis of videos available on the internet. Biomechanical variables were also analyzed in simulated 100-meter events with and without Petra of an amateur athlete belonging to the RR2 class. The main findings show that the performance in the 100m between the 3 classes was significantly different ($p < 0.05$), except between the RR1 and RR2 classes in males (men: RR1 = 30.07 ± 5.14 s; RR2 = 27.87 ± 8.03 s; RR3 = 19.84 ± 2.73 s; women: RR1 = 31.23 ± 4.89 s; RR2 = 25.83 ± 5.48 s; RR3 = 20.63 ± 1.34 s); performance over the years seems to have improved in almost all classes, especially in classes RR1 (Male: 21% ; Female: 26%) and RR2 (Male: 10% ; Female: 20%); the spatio-temporal variables showed variations according to the speed and technique adopted by the athletes to generate propulsion in Petra. Finally, running with Petra optimized performance by around 30% in 1 subject with CP, when compared to running without equipment. It is believed that the findings of this study will be useful to support analyzes between the current classification systems (RR1, RR2 and RR3) and the new proposal with two classes (T71 and T72). Future analyzes are needed to confirm whether these systems promote fair competition among athletes with CP.

Keywords: *Frame Running*, petra; brain impairment; para-athletics; running; locomotion

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Competição de corrida em cadeira de rodas para trás.....	20
Figura 2 – Mansoor Siddiqi utilizando a Petra.....	21
Figura 3 – Petra.....	22
Figura 4 – Classificação topográfica.....	25
Figura 5 – Determinantes de desempenho em provas de curta duração.....	31
Figura 6 – Desempenho da FR nos campeonatos internacionais de Para Atletismo.....	41
Figura 7 – Curva de velocidade em prova simulada de 100 metros de FR.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação do desempenho das diferentes classes no sexo masculino	40
Tabela 2 – Comparação do desempenho das diferentes classes no sexo feminino	40
Tabela 3 – Dados das variáveis espaço-temporais dos atletas em cada classe com melhor desempenho (média ± DP).....	42
Tabela 4 – Dados das variáveis espaço-temporais nas diferentes classes (média ± DP)	42
Tabela 5 – Dados prova simulada	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

6MRT *6-Minute Racerunner Test*, em inglês. Teste de corrida de 6 minutos

BPM Batimentos por minuto

CF Classificação Funcional ou Paralímpica

CIF Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde

CP Comprimento de Passo

CPISRA *Cerebral Palsy International Sports and Recreation Association*, em inglês.

Associação Internacional de Esportes e Recreação para Paralisia Cerebral

FC Frequência Cardíaca

FP Frequência de Passo

FR *Frame Running*

GMFCS *Gross Motor Function Classification System*, em inglês. Sistema de Classificação da

Função Motora Grossa

HH *Hobby Horse*, em inglês. Nome dado à bicicleta de madeira sem pedais

IPC *International Paralympic Committee*, em inglês. Comitê Paralímpico Internacional

PC Paralisia Cerebral

PP Pressão Plantar

RR *Race Running*

SNC Sistema Nervoso Central

T *Track*, em inglês. Prefixo utilizado na Classificação Paralímpica para provas de pista

VM Velocidade Média

VP Velocidade em prova simulada

WPA *World Para Athletics*, em inglês, Mundial de Para-Atletismo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	O PROBLEMA E A SUA IMPORTÂNCIA	16
1.2	OBJETIVOS	17
1.2.1	Objetivo Geral.....	17
1.2.2	Objetivos Específicos	17
1.3	JUSTIFICATIVA	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	FRAME RUNNING.....	20
2.1.1	Histórico da Frame Running.....	20
2.1.2	Benefícios da prática da <i>Frame Running</i>.....	23
2.2	PARALISIA CEREBRAL	25
2.2.1	Sinais clínicos e distribuição anatômica.....	25
2.3	CLASSIFICAÇÃO DA PC	27
2.3.1	Classificação da função motora grossa na PC (GMFCS).....	27
2.3.2	Classificação Funcional ou Paralímpica	28
2.3.3	Classificação na FR.....	28
2.4	DESEMPENHO ESPORTIVO	30
2.5	BIOMECÂNICA DA CORRIDA.....	34
3	MÉTODO	36
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	36
3.2	COLETA DE DADOS	36
3.2.1	Dados de Desempenho.....	36
3.2.2	Dados de vídeo.....	37
3.2.3	Dados prova simulada.....	38
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39

4	RESULTADOS	40
4.1	RESULTADOS DAS ANÁLISES DE DESEMPENHO	40
4.2	RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VÍDEO	41
4.3	RESULTADOS DAS PROVAS SIMULADAS	43
5	DISCUSSÃO	45
5.1	DADOS DE DESEMPENHO	45
5.2	ANÁLISE DE VÍDEO	48
5.3	ANÁLISE PROVA SIMULADA	50
5	CONCLUSÃO	53
6	CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55
	APÊNDICE	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 O PROBLEMA E A SUA IMPORTÂNCIA

A *Frame Running* (FR) é uma recente modalidade do atletismo paralímpico praticada por pessoas com limitações funcionais de diferentes faixas etárias utilizando um equipamento de mobilidade assistida denominado Petra (DOCKX, 2004). A Petra é um equipamento que possui três rodas, selim, apoio de tronco e guidão que permite a locomoção assistida de forma independente para pessoas com limitações de movimentos nos membros inferiores (DONNELL *et al.*, 2010). Dentre estas, destacam-se as pessoas com Paralisia Cerebral (PC).

A PC é definida como um distúrbio neurológico não progressivo que se evidencia na movimentação, postura, equilíbrio, coordenação motora e tônus muscular. Devido a locomoção da pessoa com PC ser comprometida por uma ou mais destas disfunções, a FR vem como uma alternativa de mobilidade e prática esportiva para estes indivíduos por oferecer suporte axial, auxiliando para manter o indivíduo com deficiência na posição em pé contra o efeito da gravidade (DOCKX, 2004).

A prática de esportes adaptados para pessoas com PC tem se mostrado benéfica no âmbito do esporte participação (CLUTTERBUCK; AULD; JOHNSTON, 2020; ROSS *et al.*, 2017), e principalmente no âmbito do esporte de alto rendimento (GROFF; LUNDBERG; ZABRISKIE, 2009; NAKAZAWA *et al.*, 2020). Assim como em outras modalidades Paralímpicas, a classificação funcional na FR vem sendo bastante discutida (DONNELL *et al.*, 2010; IPC, 2021; VAN DER LINDEN *et al.*, 2018; VAN DER LINDEN *et al.*, 2020). Atualmente as classes são divididas em RR1 (envolvimento severo das pernas e tronco) RR2 (envolvimento moderado a grave nas extremidades inferiores) e RR3 (habilidade de isolar movimentos das extremidades inferiores). Recentemente, foi proposto um sistema de classificação composto por somente duas classes (T71, T72), visto que as classes RR2 e RR3 se mostraram mais homogêneas. Porém, nenhum estudo até o momento quantificou as diferenças entre classes da FR em eventos oficiais, ao longo da história da modalidade.

As provas de FR são caracterizadas como provas de corrida com distâncias que variam de 100 a 5000 metros (CPISRA, 2020), e conforme a Federação Internacional de Atletismo, são consideradas provas de curta distância as com distâncias de 100, 200 e 400 metros em ambos os naipes, conhecidas também como *sprint*. A corrida é uma atividade locomotora cíclica complexa e, quando praticada de forma competitiva, o objetivo é correr uma determinada

distância no período mais curto. Sendo assim, uma variável chave do desempenho é a velocidade horizontal, que é o produto da frequência de passos (FP) pelo comprimento do passo (CP), ambas subdivididas pela fase de apoio e de balanço (NOVACHECK, 1998), e que está associada ainda à capacidade de aceleração, velocidade máxima alcançada e a manutenção dessa velocidade (ROSS *et al.*, 2001).

Estas variáveis revelam características importantes da técnica e do desempenho da corrida e necessitam ser exploradas na corrida com a Petra em atletas com PC. Portanto, aplicações de técnicas de biomecânica no campo é de suma importância para esportes de alto rendimento, tanto para mapeamento de risco de lesões (BOULLOSA *et al.*, 2020) quanto para a otimização do treinamento e por consequência do desempenho (LOTURCO *et al.*, 2015).

Diante disso foi formulado o seguinte problema de pesquisa:

Qual o desempenho e o comportamento de variáveis biomecânicas em atletas com paralisia cerebral nas diferentes classes da FR durante a corrida de 100 metros com a Petra?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o desempenho e o comportamento de variáveis biomecânicas em atletas com paralisia cerebral nas diferentes classes da FR durante a corrida de 100 metros com a Petra.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Comparar o desempenho de FR na prova de 100 metros entre as classes RR1, RR2 e RR3 em atletas do sexo masculino;
- Comparar o desempenho de FR na prova de 100 metros entre as classes RR1, RR2 e RR3 em atletas do sexo feminino;
- Verificar o desempenho da FR na prova de 100 metros ao longo do tempo;
- Analisar variáveis espaço-temporais e correlacionar com o tempo da prova de 100 metros de FR nas diferentes classes;
- Analisar variáveis biomecânicas qualitativas da técnica de propulsão durante a prova de 100 metros de FR nas diferentes classes;

- Analisar variáveis biomecânicas em uma atleta amadora de FR durante provas simuladas de 100 metros.

1.3 JUSTIFICATIVA

No Brasil, existem mais de 45 milhões de pessoas com alguma deficiência (IBGE, 2010), no entanto há uma carência de estudos que tenham investigado especificamente a prevalência e incidência da PC no cenário nacional. Todavia, a literatura internacional mostra que existem cerca de 17 milhões de pessoas que vivem com PC (NOVAK, 2012) e a sua prevalência é de 2,11 a cada mil nascidos vivos (PAKULA *et al.*, 2009 ; MCINTYRE *et al.*, 2013) É notável o esforço da comunidade científica em trazer informações que descrevam a prevalência, as tendências, os tipos, as causas, as comorbidades, a funcionalidade e as associações da condição de saúde com as condições socioeconômicas dos indivíduos acometidos (PEIXOTO *et al.*, 2020).

As classificações mais severas de PC apresentam níveis mais baixos de aptidão relacionada à saúde (força muscular e resistência cardiorrespiratória) e níveis reduzidos de atividade física, e como consequência possuem maior risco de desenvolver doenças metabólicas e cardiovasculares (VERSCHUREN *et al.*, 2016). Assim como em outras deficiências, as pessoas com PC carecem de oportunidades de prática desportiva. Nesse sentido, acredita-se que a FR tem grande potencial para evitar o comportamento sedentário principalmente em pessoas com PC moderado a grave.

Embora a FR ainda não faça parte oficialmente dos Jogos Paralímpicos, ela vem ganhando popularidade como uma dessas possibilidades de prática esportiva para pessoas com PC. Além disso, sabe-se que a participação desta população em atividades físico-esportivas tem apresentado um efeito positivo na saúde mental, física, emocional e na socialização desta população (RUNCIMAN, 2018). Com isso, além dos benefícios da prática da FR relacionados à manutenção da saúde e qualidade de vida de pessoas com PC, outras possibilidades de intervenção como no campo da reabilitação e da competição também podem ser exploradas com esta modalidade. No entanto, o crescimento da FR associado aos investimentos que possam sustentar a evolução desta modalidade deve vir acompanhado de informações científicas a respeito do desempenho, das respostas fisiológicas e adaptações biomecânicas. Nesse sentido, a compreensão da relação entre o comprometimento neuromuscular e o desempenho esportivo

é fundamental, além de estudos a respeito da carga de treinamento, bem como avaliações para os praticantes de FR (RUNCIMAN, 2016).

No esporte Paralímpico, os atletas passam por um processo proposto pelo Comitê Paralímpico Internacional (IPC) denominado de classificação funcional, o qual é baseado em evidências científicas e visa inicialmente definir a elegibilidade do atleta, ou seja, identificar quem pode competir como um paratleta e fornecer uma estrutura de competição que visa diminuir o impacto da deficiência no resultado da competição (TWEEDY & VANLANDEWIJCK, 2011). Portanto, as entidades que regem as modalidades esportivas precisam se apropriar destas evidências com seu foco em medir, registrar, analisar e prever, bem como melhorar os sistemas de classificação existentes e levar ao desenvolvimento de novos sistemas de classificação (TWEEDY *et al.*, 2018). A classificação da FR passou por alterações e atualmente as provas são realizadas divididas em 3 classes (RR1, RR2 e RR3). Uma nova classificação foi proposta pelo IPC em 2021, condensando estas três classes em apenas duas (T71 e T72). Porém, mais evidências são necessárias para este sistema com duas classes passar a vigorar, visto que o sistema de três classes ainda é utilizado.

Considerando a FR como uma modalidade ainda em desenvolvimento, a literatura apresenta alguns achados sobre a prática tanto no âmbito do esporte de participação quanto no de alto rendimento, mas investigações acerca do sistema de classificação a partir de resultados de provas oficiais ainda precisam ser exploradas. Com isso, este estudo visa fornecer a profissionais da saúde e áreas afins, treinadores, paratletas e praticantes de FR informações sobre as variáveis de desempenho em provas de corrida de 100 metros com a Petra com o sistema de classificação utilizado nas principais competições da modalidade ao longo da história. Além disso, as variáveis biomecânicas podem auxiliar na compreensão da técnica de propulsão utilizada pelos atletas e sobre adaptações na corrida realizada sobre a Petra.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *FRAME RUNNING*

2.1.1 Histórico da *Frame Running*

A Petra foi desenvolvida em 1991, na Dinamarca, pela terapeuta ocupacional Connie Hansen. Durante uma competição, na qual atletas com Paralisia Cerebral (PC) utilizavam cadeiras de rodas realizando a propulsão de costas, Hansen foi questionada por um dos atletas sobre a possibilidade de desenvolver um novo equipamento, pois a propulsão de costas dificultava a visualização do percurso, além de ser desconfortável (JENSEN, 2017).

Figura 1 – Corrida de cadeira de rodas para trás.



Fonte: JENSEN (2017)

Curiosa com esta forma de corrida e preocupada em tentar melhorá-la, Hansen criou o primeiro protótipo da Petra, confeccionado com peças de cadeiras de escritório, bicicletas e tubos de aspirador de pó. Mansor Siddiqi (Figura 2), foi o primeiro atleta de FR do qual se tem o registro (CPISRA, 2020).

Figura 2: Mansoor Siddiqi utilizando a Petra



Fonte: (FRAMERUNNING, 2021)

A Petra chegou no Brasil apenas em 2009, por meio da Associação Nacional de Desporto para Deficientes (ANDE), por intermédio do professor doutor Ivaldo Brandão e da fisioterapeuta Tânia Frazão. Posteriormente, a coordenação nacional da FR foi assumida pelo professor doutor Décio Roberto Calegari (*in memoriam*), que teve um papel importante e fundamental para a expansão desse esporte adaptado no país. Atualmente, sua prática é vivenciada na maioria dos estados brasileiros, mas ainda carece de estudos e investimentos para se tornar mais acessível para pessoas com PC (SILVA *et al.*, 2021).

A Petra (Figura 3) é semelhante a um triciclo, porém sem pedais. Os seus componentes principais são: quadro (*Frame*), rodas, guidão com manete de freio, selim e suporte de tronco, que são os pontos de apoio do atleta. Todos estes componentes podem ser configurados de maneira individualizada, considerando o tipo de prática e as características antropométricas do usuário, como no ciclismo (DOCKX, 2004). Os ajustes permitem que se realizem caminhadas ou corridas na posição sentada sobre o selim de forma confortável, estável e com controle (DONNELL *et al.*, 2010).

Figura 3 – Petra



Fonte: <https://dejay.com.au/product/all/rad-race-runner-running-bike>

Com o sucesso e aceitação do equipamento, foi em 1992 que a nomeação de “Petra” foi dada ao equipamento. Este nome foi inspirado e em homenagem à mascote dos Jogos Paralímpicos de Barcelona, a qual não tinha os braços, mas tinha as pernas fortes (CPISRA, 2020). Em 2021, o Comitê Paralímpico Internacional (IPC) oficializou o nome da modalidade como FR, anteriormente conhecida como *RaceRunning* (ANDE, 2021). Assim como a modalidade, o equipamento também já recebeu outros nomes, como triciclo sem pedais, *walking machine*, *petrabike* e *racerunner*. O sistema de classificação também vem sendo discutido entre as entidades e pesquisadores, o qual após os Jogos de Tóquio, também recebeu alterações (ANDE, 2021).

O quadro, ou gabarito da Petra, permite acoplar duas rodas traseiras e uma dianteira. As dimensões máximas da Petra são de 200 cm de comprimento, e 95 cm de largura, incluindo as rodas traseiras (HANSEN, 2021). O espaço entre as rodas traseiras foi projetado permitindo o acesso com uma cadeira de rodas, facilitando a transferência do sujeito para a Petra e considerando ainda a largura da raia de uma pista oficial de atletismo, que mede entre 122 e 125 cm. O tamanho da roda dianteira tem como limite diâmetro de 25" e o das rodas traseiras 27", ambas infladas, e o selim pode ser escolhido conforme a preferência do praticante (CPSPORT, 2021).

Para a fabricação da Petra de forma personalizada, são necessários os seguintes dados antropométricos: massa corporal, estatura, comprimento dos membros superiores em ambos os lados (medido da axila até a ponta do dedo médio) e comprimento dos membros inferiores em

ambos os lados (medido da virilha até o calcanhar) (ANDE, 2019). Além dos componentes básicos, ainda existem acessórios que auxiliam para maior estabilidade do praticante sobre a Petra, como cintas e alças (HANSEN, 2021).

Como mencionado anteriormente, a Petra foi criada para pessoas com PC moderada a severa, com intuito de auxiliar a locomoção e permitir a prática de esportes em contexto competitivo, além de estar se popularizando cada vez mais, e estar consolidada como modalidade do Para-atletismo. Porém, a utilização da Petra tem se difundido também para outras populações com comprometimentos locomotores, como pessoas em processo de reabilitação, doença de *Parkinson*, distrofia muscular, amputados e idosos. A Petra pode ser utilizada na locomoção de crianças a partir de 3 anos de idade (CPSPORT, 2021). Desta forma, profissionais da saúde e seus pacientes, assim como treinadores e atletas devem conhecer mais sobre esta modalidade e os benefícios do uso de Petra como forma de exercício, incluindo a viabilidade da prática.

2.1.2 Benefícios da prática da *Frame Running*

A Petra pode ser usada como um dispositivo de locomoção assistida para uma variedade de populações com deficiências motoras. No entanto, foi criada inicialmente para pessoas com PC, especificamente com baixos graus de funcionalidade. Durante a locomoção, as crianças com PC apresentam menor velocidade de marcha, maior trabalho mecânico e gasto energético quando comparadas às crianças sem PC, principalmente para aquelas com baixo grau de funcionalidade (JOHNSTON *et al.*, 2004). Além disso, os níveis de atividade física (VAN GORP *et al.*, 2018) e participação social (BJORNSON *et al.*, 2013) são afetados negativamente, resultando em menor expectativa de vida (HUTTON & PHAROAH, 2006).

A prática da FR pode ajudar na promoção da saúde e qualidade de vida das pessoas com PC. De fato, é possível observar um efeito positivo nos aspectos físicos, como melhora da saúde óssea (BRYANT *et al.*, 2015), percepção do condicionamento aeróbico e mobilidade funcional em indivíduos com PC (WALDEN *et al.*, 2018). Além disso, foram observados aspectos como melhora da qualidade do sono, maior integração familiar, participação social e aumento da autoconfiança (HANSEN, 2015b). Ademais, a prática da FR mostrou-se viável mesmo em pessoas com PC grave, além de ser capaz de gerar entusiasmo e boa mobilidade. No entanto, praticantes de FR relatam desconforto relacionado ao selim e dificuldades no manuseio do guidão (SCHIE *et al.*, 2015).

Considerando que o Petra permite ajustes ou acessórios adicionais, é possível fazer modificações para proporcionar uma prática mais adequada e segura para o nível de funcionalidade dos praticantes. Por exemplo, para indivíduos que apresentam baixa coordenação motora de membros inferiores ou baixa mobilidade do tornozelo, ajustar o apoio do tronco e a altura do selim são modificações que permitem adaptações técnicas durante a locomoção (HUTZLER *et al.*, 2010). Esses ajustes podem ser decisivos na adesão à prática do FR, para que se torne uma experiência positiva, prazerosa, confortável e que proporcione satisfação como alternativa ao movimento.

Embora a literatura apresenta recomendações gerais para prática de atividade física para pessoas com PC (VERSCHUREN, 2016), ainda não existem diretrizes ou protocolos específicos para que esta população possa atingir níveis de atividade física necessários para uma vida saudável com a prática da FR. No entanto, estudos de viabilidade (RYAN *et al.*, 2020; VAN DER LINDEN *et al.*, 2020) foram realizados com o objetivo de avaliar a eficácia do treinamento de FR para reduzir fatores de risco para doenças cardiometabólicas e melhorar a mobilidade funcional. Os autores identificaram por meio de um questionário aplicado a 115 atletas de FR de três países europeus que aspectos relacionados à aptidão física, mobilidade funcional e psicossocial foram melhorados com a prática de FR. Além disso, a maioria dos entrevistados considerou a modalidade uma forma prazerosa e segura de participação esportiva.

Outros estudos compararam o comportamento da frequência cardíaca (FC) em um teste de corrida de 6 minutos (6MRT) entre Petra e cadeira de rodas, e identificaram maiores valores de FC na corrida com Petra (Petra = 175 bpm ; Cadeira de rodas = 121 bpm ; $p=0,01$), sendo que não houve diferença na distância média percorrida (Petra = 312 m ; Cadeira de rodas = 263 m ; $p=0,355$), fato que pode ser atribuído a uso de grupos musculares maiores, sendo dos membros inferiores na corrida com a Petra e de membros superiores na corrida com cadeira de rodas (SCHIE *et al.*, 2015; BOLSTER *et al.*, 2015). Isso mostra que a FR pode ser uma prática bastante eficaz para reduzir os prejuízos à saúde de pessoas com mobilidade reduzida decorrentes de longos períodos de inatividade.

Considerando as perspectivas do uso de Petra em outras populações, alguns estudos (CALVE *et al.*, 2018; KYEDALEN *et al.*, 2019) mostraram que os idosos, ao realizarem a marcha na Petra, apresentavam velocidade, comprimento de passo e amplitude de movimento do tornozelo comparável aos jovens. Esses resultados indicam que o uso de Petra foi capaz de modificar parâmetros da marcha relacionados à ocorrência de quedas em idosos. Estes achados

mostraram a importância da FR como prática promissora para melhorar a saúde e a qualidade de vida de pessoas com PC e outras limitações funcionais.

2.2 PARALISIA CEREBRAL

A PC é definida como uma doença não progressiva que afeta o desenvolvimento do sistema nervoso central, comprometendo a coordenação dos movimentos e da postura (SANKAR & MUNDKUR, 2005). A PC está tipicamente associada a limitações no funcionamento motor grosso, espasticidade muscular e comprometimento cognitivo (MUKHERJEE & GAEBLER-SPIRA, 2007). Consequentemente, essa população tem uma redução na qualidade de vida, especialmente devido à limitação da atividade física (RIMMER *et al.*, 2004; RYAN *et al.*, 2017).

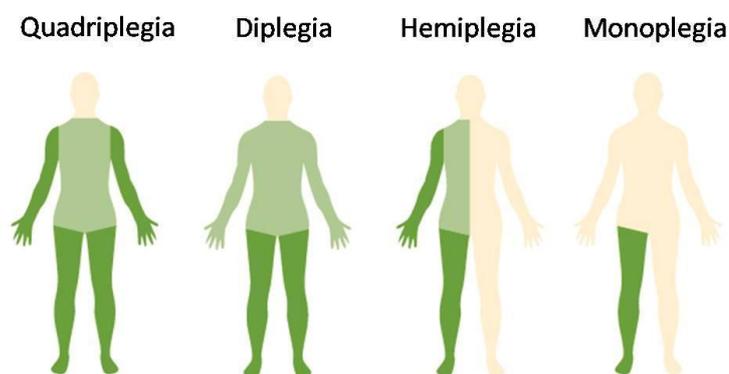
Além disso, os sinais motores podem ser acompanhados de distúrbios sensoriais, cognitivos, sociais e no comportamento adaptativo (COLVER; FAIRHURST; PHAROAH, 2014). As principais consequências no desenvolvimento motor devido à PC são os comprometimentos da coordenação dos movimentos e da postura (SANKAR & MUNDKUR, 2005), pois um dos principais acometimentos é a via eferente central alterada, que tem efeito direto na função neuromuscular e desempenho do exercício (RUNCIMAN *et al.*, 2018).

A prática de esportes adaptados para pessoas com PC têm se mostrado benéfica no âmbito do esporte de participação (CLUTTERBUCK; AULD; JOHNSTON, 2020; ROSS *et al.*, 2017), e no âmbito do esporte de alto rendimento (GROFF; LUNDBERG; ZABRISKIE, 2009; NAKAZAWA *et al.*, 2020), pois possibilita a inserção desta população na prática de atividade física regular e treinamentos mais intensos, consequentemente para que possam ter melhor qualidade de vida, promovendo melhor reorganização no córtex motor e favorecendo alterações plásticas no sistema nervoso central (NAKAZAWA *et al.*, 2020).

2.2.1 Sinais clínicos e distribuição anatômica

Segundo Dimitrijević & Jakubi (2005), a avaliação clínica é feita de acordo com a classificação topográfica que define as seguintes categorias principais de desordem motora, conforme figura 4:

Figura 4: Classificação topográfica



Fonte: Adaptado de (GRAHAM *et al.*, 2016)

- Quadriplegia ou tetraplegia (10% a 15% dos casos): todas as quatro extremidades são afetadas de igual forma ao longo do tronco, envolvimento dos dois membros superiores e dos dois membros inferiores.
- Diplegia (30% a 40% dos casos): é uma lesão motora principalmente de um membro inferior e as extremidades inferiores são mais gravemente afetadas que as extremidades superiores.
- Hemiplegia (20% a 30% dos casos); o envolvimento afeta uma parte do corpo incluindo o braço e a perna; compromete um hemicorpo.
- Monoplegia (rara): O envolvimento é observado em um só membro, braço ou perna.

Os sinais clínicos são classificados em espástico, atetóide ou atáxico. A espasticidade é caracterizada por um aumento do tônus muscular e uma hiperreflexia. Este sinal clínico é o mais comum e acomete cerca de 70% a 80% dos casos. A atetóide ou extrapiramidal é caracterizada pela ocorrência de movimentos involuntários contínuos, lentos e incorretos, acometendo em torno de 10% a 15% dos casos. E a atáxica ou cerebelosa caracteriza-se pela diminuição do tônus muscular manifestando-se através da ausência de coordenação e desequilíbrio, sendo a com menor incidência, com menos de 5% dos casos. As formas mistas são as mais comuns, caracterizadas pela espasticidade e atetose, e as menos comuns são a atáxica e atetóide. Além destes sinais, existe ainda a hipotônica, caracterizada pela falta de força e baixa, ou ausência de tônus (CANS, 2000).

2.3 CLASSIFICAÇÃO DA PC

2.3.1 Classificação da função motora grossa na PC (GMFCS)

O GMFCS é utilizado principalmente na prática clínica e é usado para as faixas etárias de 2 à 12 anos onde o enfoque está em determinar qual nível melhor representa as habilidades e limitações na função motora grossa que a criança ou o jovem apresentam (PALISANO *et al.*, 1997). Existe ainda o GMFCS ampliado, que inclui jovens entre 12 e 18 anos de idade e enfatiza os conceitos inerentes da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde da Organização Mundial da Saúde - CIF (OMS, 2007).

No estudo de van der Linden *et al.* (2018), os tipos de PC são classificados em crianças e jovens de acordo com Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS). Níveis III e IV, apresentam dificuldades para caminhar ou não conseguem andar, mesmo quando usam dispositivos de mobilidade assistencial como bengalas, muletas ou andadores (PALISANO *et al.*, 1997).

Eles têm mobilidade independente ao usar dispositivos de mobilidade assistida para curtas distâncias, mas podem usar uma cadeira de rodas para mobilidade no dia-a-dia, enquanto crianças classificadas como GMFCS níveis I e II caminham independentes sem usar dispositivos de mobilidade auxiliar (PALISANO *et al.*, 1997). Pesquisas sugerem que crianças com PC nos níveis I, II e III do GMFCS tendem a ter menos aptidão física do que crianças sem deficiências físicas (HOOFDWIJK *et al.*, 1995; VERSCHUREN & TAKKEN, 2010; BALEMANS *et al.*, 2013b), que pode levar a um estado de saúde mais baixo e maior risco de desenvolver condições secundárias (FOWLER *et al.*, 2007).

Pouco se sabe sobre os níveis de aptidão de crianças e jovens classificados como nível GMFCS IV. Presume-se que eles tenham menor aptidão física porque os indivíduos que usam um dispositivo de mobilidade assistida ou cadeira de rodas no dia a dia são menos ativos que os indivíduos que andam sem dispositivos (MALTAIS *et al.*, 2010). Devido às deficiências motoras, as crianças e jovens classificados como GMFCS III e especialmente IV são incapazes de realizar os modos de exercício habituais como ciclismo e corrida e, portanto, testar e treinar sua condição física é mais complicado e modos alternativos de treinamento são necessários.

2.3.2 Classificação Funcional ou Paralímpica

No esporte paralímpico, pessoas com PC passam por um processo de classificação chamado de Paralímpica ou Funcional (CF). Este processo consiste em 4 fases com testes específicos a fim de determinar a elegibilidade dos atletas e alocar os atletas em classes, o qual é baseado no modelo teórico proposto pela CIF (IPC, 2010).

A CF tem por objetivo minimizar o impacto da deficiência no resultado da competição (TWEEDY & VANLANDEWIJCK, 2011). Isso significa que o atleta dentro de uma classe específica, não deveria vencer porque seu nível de funcionalidade é maior ou perder por alguma desvantagem associada à deficiência. A tentativa é alocar os atletas da forma mais justa possível, para que a vitória ou o bom resultado na competição dependa do nível de treinamento, do talento individual e de habilidades técnicas, táticas e psicológicas do atleta com deficiência.

Observa-se, portanto, que a CF é bastante complexa, e que cada vez mais deveria estar pautada em um sistema de classificação baseado em evidências científicas (IPC, 2021). Além disso, a classificação é esporte-específica, ou seja, cada modalidade possui critérios de elegibilidade e define como alocar os atletas de acordo com o grau de severidade da deficiência. Atualmente, o IPC apresenta 8 critérios de elegibilidade para as deficiências físicas: prejuízos na produção de potência muscular, prejuízos na amplitude de movimento ativa, espasticidade, atetose, ataxia, baixa estatura, deficiência de membros e diferença no comprimento de membros (TWEEDY & VANLANDEWIJCK, 2011).

2.3.3 Classificação na FR

No atletismo paralímpico, a FR tem sido praticada como uma nova modalidade para atletas com PC com comprometimento de funcionalidade moderado a severo. Portanto, devido ao viés competitivo, é necessário classificar os atletas de acordo com a severidade da deficiência e a extensão da limitação (TWEEDY & VANLANDEWIJCK, 2011).

O primeiro estudo que apresentou resultados com um sistema de classificação para a FR foi o de Donnell e colaboradores (2010), quando investigaram se o desempenho e as respostas metabólicas de atletas com PC durante teste de Cooper realizado com a Petra poderia confirmar os seus grupos de classificação. Os atletas foram alocados em classes padrões utilizados pela principal entidade da modalidade, a *Cerebral Palsy International Sport and Recreation*

Association (CP-ISRA), pois ainda não havia sido desenvolvido um sistema de classificação paralímpica específico para a FR. Os nove participantes do estudo foram então descritos em termos do tipo de PC (sinais clínicos - espasticidade, atetose e discinesia ou ataxia), e partes do corpo afetadas (diplegia, hemiplegia ou quadriplegia) e alocados em uma das oito classes propostas pela CP-ISRA (CP1 à CP8). Os resultados indicaram algumas limitações no uso desta classificação padrão e os autores apontaram a necessidade de um sistema esportivo específico para a modalidade.

Estudos mais recentes (VAN DER LINDEN, 2018; VAN DER LINDEN *et al.*, 2020), têm contribuído para a CPISRA determinar os critérios de elegibilidade para a modalidade FR. Estes estudos foram estruturados de acordo com os dois componentes chaves da pesquisa sobre classificação (i) seleção de medidas para avaliar o nível de comprometimento físico/funcional do atleta e ii) determinação da associação dessas medidas com indicadores de desempenho do atleta na modalidade (TWEEDY & VANLANDEWIJCK, 2011).

Sugere-se que estas medidas estejam associadas com o desempenho, mas que sejam relativamente pouco sensíveis ao efeito do treinamento. Seguindo estas recomendações, van der Linden (2018) confirmou que a espasticidade de membros inferiores, diminuição do controle motor seletivo, prejuízos na força muscular e diminuição na extensão passiva de joelho estão negativamente associadas com o desempenho (desempenho nos 100m) durante a prática da FR. Ainda, VAN DER LINDEN *et al.*, (2020), incluíram a medida de controle de tronco e investigaram a existência natural de grupos indicando perfis de cada classe por meio de uma análise de *cluster* em 26 atletas de FR, sendo 13 do sexo masculino e 13 do sexo feminino.

A classificação da FR proposta pela CP-ISRA é composta por três classes principais: a RR1 para pessoas com comprometimento motor severo, a RR2 comprometimento moderado e a RR3 comprometimento leve (VAN DER LINDEN *et al.*, 2018). A análise realizada no estudo citado anteriormente (VAN DER LINDEN. *et al.*, 2020) sugeriu que a divisão em 3 classes não seria o mais apropriado, uma vez que os grupos 2 e 3 (comprometimento moderado e leve) não foram diferentes entre si, mostrando uma alta sobreposição nos tempos de prova nos 100 m de FR.

Portanto, parece que uma proposta de 2 grupos, sendo um de maior comprometimento (atual RR1) e outro de menor comprometimento (atual RR2 e RR3), estaria mais alinhada com sistema de classificação baseado em evidências (VAN DER LINDEN *et al.*, 2020). De fato, após os Jogos de Tóquio, um novo sistema de classificação deve entrar em vigor com os atletas elegíveis para a FR, passando a pertencer às classes T71 e T72 (IPC, 2021). A sigla “RR” é

proveniente do nome anterior da modalidade: *RaceRunning*, identificando o corredor de cada classe: *Race-Runner 1 (RR1)*, *Race-Runner 2 (RR2)* e *Race-Runner 3 (RR3)*, e “T” de *Track*, que identifica as provas do atletismo de pista, rua (maratonas) e de saltos. As distâncias das provas de corrida são de 60, 100, 200, 400, 800, 1500 e 3000 metros em ambos os sexos (ANDE, 2021).

A contribuição desses estudos é de grande relevância para promover um processo e um ambiente mais justo de competição. Apesar da FR ser bastante recente, a classificação baseada em evidências fornece um suporte para os atletas, treinadores e principalmente para os classificadores atuarem com embasamento científico.

Portanto, a partir destas evidências foram definidas as seguintes características para ambas classes da FR (CPISRA, 2022):

- T71: Incapaz de executar funcionalmente ou impulsionar efetivamente uma cadeira de rodas; Função motora grossa (precisa equipamento de mobilidade auxiliar e requer assistência de um esforço físico ou motorizado; Propulsão da perna ineficaz; Arrasto do pé perceptível; Levantamento de joelho ruim; Grave assimetria; Má coordenação; Controle de tronco ruim; Envolvimento do membro superior, função limitada da mão que requer auxílios para colocação de acessórios como luvas, cintas, etc; presença do reflexo de Moro

- T72: Pode ser capaz de caminhar distâncias curtas com ou sem apoio; Envolvimento moderado das pernas e tronco (menos espasticidade); Assimetria, mas padrão de empurrão mais eficaz do que T71; também pode precisar de luvas para manter as mãos no guidão; Equilíbrio central justo ou bom; Arrasto mínimo ou não do pé; Coordenação deficiente, mas pode alternar o movimento das pernas; Eficácia da passada limitada.

2.4 DESEMPENHO ESPORTIVO

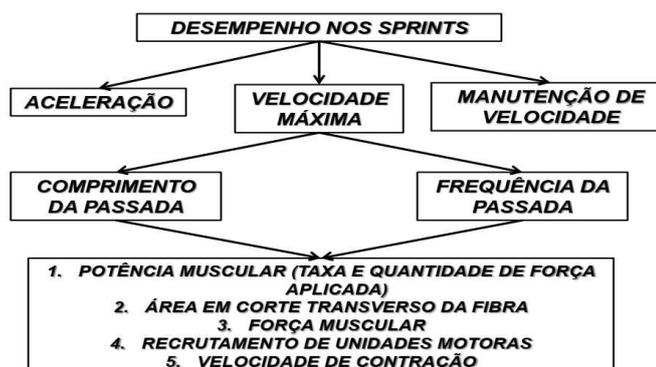
Com base em estudos que abordam sobre os componentes de desempenho em outras modalidades paralímpicas (STEPHENSON *et al.*, 2020; PAULSON *et al.*, 2016), estima-se que alguns destes fatores podem ser discutidos para a FR: Perfil e Histórico do atleta, Equipamento, Ambiente de competição, Aspectos Psicológicos e Capacidades Físicas.

Considerando que a prova de 100 metros de FR é uma atividade de curta duração, também conhecida de *sprint*, no caso das modalidades cíclicas, como a corrida, ciclismo, natação dentre outras. Os *sprints* são caracterizados por serem executados em intensidades

máximas, onde uma máxima produção de potência pode ser mantida até o final do exercício (BISHOP *et al.*, 2011; GIRARD *et al.*, 2011).

Com isso, é necessário conhecer a relação dos componentes determinantes no desempenho em provas de *sprint*, como é a prova de 100 metros de FR. Portanto optou-se em trazer informações gerais da literatura, cujos aspectos relacionados ao desempenho nos *sprints* estão associados à: capacidade de aceleração, velocidade máxima alcançada e a manutenção dessa velocidade (ROSS *et al.*, 2001). Como mencionado, no padrão de movimento da corrida, o desempenho nos *sprints* depende de aspectos como o comprimento e a frequência das passadas (ROSS *et al.*, 2001), que por sua vez são modulados pela potência muscular, cujo desempenho advém de fatores intrinsecamente relacionados ao desenvolvimento da força e potência muscular (CORMIE *et al.*, 2011), a área em corte transversal da fibra, a força muscular por si própria, o recrutamento de unidades motoras e a velocidade de contração (ROSS *et al.*, 2001). A figura 5 ilustra estes fatores.

Figura 5: Determinantes de desempenho em provas de curta duração:



Fonte: (IDE, 2013)

O comprimento e a frequência da passada (e do passo) têm sido amplamente utilizados para descrever o comportamento da corrida e comparar padrões. O comprimento da passada (CP) é definido como a distância percorrida durante dois toques sucessivos do mesmo pé, enquanto o comprimento do passo é medido pela distância entre toques de pés distintos. Frequência da passada (FP) é o número de passadas por unidade de tempo, sendo que a velocidade da corrida (VC) é resultante do produto entre comprimento e frequência da passada (ZATSIORSKY, 2000).

O primeiro estudo que abordou variáveis mecânicas e energéticas da corrida na Petra foi o de Donnell *et al.* (2010), quando foi avaliado o desempenho no Teste de Cooper (12 minutos), em 9 atletas com PC (5 do sexo feminino e 4 do sexo masculino), todos com experiência em competições de FR. Neste estudo foi analisado o efeito da fadiga sobre a qualidade da propulsão do movimento. As variáveis mensuradas foram: distância percorrida, FC, lactato sanguíneo e as variáveis espaço-temporais (CP e FP).

Os resultados demonstraram claramente que indivíduos de mesma classe tiveram respostas metabólicas e desempenho significativamente diferentes ao longo do teste. Por exemplo, um dos sujeitos da antiga classe CP2 percorreu a distância de 1867 metros e atingiu FC máxima de 204 bpm, enquanto outro sujeito da mesma classe percorreu 204 metros com FC máxima de 180 bpm, respectivamente. Para as variáveis espaço-temporais não foram encontradas diferenças significativas. Com isso, percebeu-se que nenhuma evidência foi gerada mostrando um impacto adverso da corrida em intensidade submáxima sustentada na Petra sobre a qualidade do movimento propulsivo.

Com o objetivo de avaliar, por meio de teste específico, esforços máximos e submáximos na Petra, Bolster *et al.* (2017) validaram um teste de caminhada de 6 minutos (6MRT, do inglês, *6-minute walk test*) com 38 sujeitos com PC, sendo 22 do sexo masculino e 16 do sexo feminino. Este teste abre perspectivas para realização de futuras pesquisas, como a de Ryan *et al.* (2020), que avaliou a viabilidade de estabelecer protocolos adequados de treinamento e avaliação para pessoas com PC. Estudos pilotos já haviam sido realizados com o 6MRT por Bolster *et al.* (2015) e Schie *et al.* (2015), onde compararam a FC de atletas com PC em corrida sobre a Petra e com cadeira de rodas. Não foram encontradas diferenças significativas nas distâncias percorridas, mas sim nos valores de FC, sendo maiores na FR, indicando demandas fisiológicas diferentes entre as duas práticas.

No estudo de Calve e colaboradores (2018) foram identificadas alterações na resistência e agilidade. Um sujeito do sexo masculino com PC com idade de 18 anos foi avaliado antes e após 12 semanas de treinamento de corrida na Petra. A duração das sessões foi de aproximadamente 30 minutos e a frequência de 01 vez na semana. Houve aumento da distância percorrida no 6MRT (pré-teste = 65 metros e pós-teste = 95 metros), aumento na velocidade autosselcionada de caminhada (pré-teste = $0,91 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e pós-teste = $1,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) e diminuição no tempo do *Timed Up and Go - TUG* (pré-teste = 13 segundos e pós-teste = 8 segundos).

Rocha e colaboradores (2019) avaliaram o desempenho de dois atletas de FR diagnosticados com PC perinatal, em provas de 100 metros após 24 meses de intervenção com

frequência média de 2 vezes na semana. Os treinamentos contemplavam exercícios de força, coordenação motora e corrida na Petra. O atleta da classe RR1 (GMFCS IV) reduziu o seu tempo de prova de 42,44 para 27,92 segundos, e o atleta da classe RR2 (GMFCS III) reduziu o seu tempo de prova de 59,77 para 27,93 segundos.

Considerando estudos com intervenção, Hjalmarsson e colaboradores (2020) identificaram melhorias nas funções cardiorrespiratórias e adaptações periféricas com treinamento de FR em indivíduos com PC. Quinze indivíduos com idade média de 16 anos, sendo sete do sexo feminino e oito do sexo masculino, realizaram um programa de treinamento de 12 semanas, duas vezes por semana. Eles mostraram um aumento de 34% na distância percorrida no 6MRT e um aumento de 9% na espessura do músculo gastrocnêmio medial no lado mais acometido. Além disso, foram observados aumentos significativos na flexão passiva do quadril no lado menos afetado e uma diminuição na dorsiflexão no lado mais afetado.

Além destes fatores, conhecer o perfil e o histórico dos atletas de FR são essenciais para entender quais características podem estar associadas com o desempenho nas provas. Diante disto, até o momento foi encontrado apenas 1 estudo que abordou sobre o perfil somatotipológico de atletas de FR. Silvestre *et al.* (2018) apresentaram o perfil antropométrico e somatotipológico de 7 atletas do sexo masculino participantes do campeonato brasileiro de FR. Os resultados encontrados mostraram predominância do biotipo endomesomórfico.

Ainda que não tenham sido encontrados estudos que investigaram como os aspectos psicológicos influenciam no desempenho da FR, Dieffenbach & Statler (2012) demonstram que, entre atletas com ou sem deficiências de alto rendimento, a influência dos fatores psicológicos no desempenho esportivo é similar. Ao contrário, para as capacidades físicas são apresentados estudos que investigaram respostas biomecânicas e fisiológicas de praticantes de FR por meio de avaliações e testes específicos utilizando a Petra.

Juntamente aos fatores intrínsecos, é importante investigar fatores extrínsecos como a influência dos equipamentos e do ambiente competitivo. Considerando que a Petra é um equipamento relativamente novo e recentemente foi incluída nas competições do IPC (IPC, 2021) existem poucas evidências sobre os ajustes dos equipamentos, materiais utilizados e como esses fatores podem interferir no desempenho. O estudo de Shafizadeh e colaboradores (2019) apresentou as adaptações adotadas por 8 praticantes de FR para atenuar o impacto durante as séries de corrida de 100 metros. Apesar de indicar que as propriedades ergonômicas do equipamento favorecem a locomoção de pessoas com PC, realizando seus padrões de

movimento mais próximos de pessoas sem PC, não foi sugerida uma relação com o aumento do desempenho (ROCHA *et al.*, 2019).

A influência ambiental e de desempenho é algo que também precisa ser melhor compreendido junto com o crescimento do esporte. No entanto, sabe-se que eventos oficiais são realizados em pistas de tartan e nenhum estudo ainda abordou a influência de variáveis de controle, como direção e velocidade do vento, temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e condições climáticas no desempenho esportivo.

2.5 BIOMECÂNICA DA CORRIDA

Considerando que a FR é uma modalidade esportiva caracterizada pela prática da corrida em pessoas com PC, porém com a utilização de um dispositivo de mobilidade assistida, tomamos como base os aspectos gerais da biomecânica da corrida sem equipamento auxiliar para compreender a influência das diferentes variáveis desta forma de locomoção.

Correr é uma habilidade fundamental desenvolvida na infância, necessária para a participação em muitas atividades recreativas e esportivas (CHAPPELL *et al.*, 2019), e pode ser subdividida em trote, corrida e *sprint* de acordo com a velocidade com que a habilidade é realizada (NOVACHECK, 1998).

A corrida e o *sprint* são mais facilmente distinguidos pela posição dos pés no contato inicial com o solo. Na corrida, o contato inicial com o solo é feito com o calcanhar, similar a caminhada. No *sprint*, o contato inicial é feito com os dedos do pé (antepé), o que é vantajoso em velocidades mais altas (DAVIDS *et al.*, 1998). A grande diferença destas duas formas de correr é a velocidade imposta pelo praticante como estratégia para completar a distância a ser percorrida no menor tempo possível, logo, nas provas de curta distância as velocidades são maiores e vice-versa.

Diferentemente da caminhada, a corrida é caracterizada pela presença do tempo de voo, ou fase de balanço, que é o tempo em que o corredor permanece sem o contato de ambos os pés com o solo, medido em segundos (s), além da FP e CP. Estas variáveis espaço-temporais, assim como o tempo de contato com o solo, ou fase de apoio, que é o tempo em que um dos pés permanece em contato com o solo, medido em segundos (s) podem sofrer mudanças conforme as diferentes estratégias adotadas pelo corredor durante a sua prática (MURRAY; KORY; CLARKSON, 1969).

A fase de apoio é crítica ao desempenho na corrida, pois é o único momento em que a força pode ser aplicada para gerar propulsão do corpo para frente e a fase de balanço é influenciada pela forma como um corredor pode recuperar os segmentos durante a fase de voo em preparação para o próximo contato (MANN, 2011; WEYAND *et al.*, 1985). Com isso Derrick e colaboradores (1998) afirmam que uma estratégia típica para aumentar o comprimento da passada é gerar maior força de reação do solo por meio da contração de músculos específicos durante a corrida.

Os estudos de Murray *et al.* (1966) e Andriacchi *et al.* (1971) demonstraram que a maneira natural de aumentar a velocidade de deslocamento é aumentando o CP e a FP simultaneamente. E que conseqüentemente verifica-se mudanças nos parâmetros espaço-temporais (tempo de contato com o solo, tempo de voo etc.). Além disso, os autores observaram que algumas pessoas têm sua própria cadência de movimento, independentes uma das outras, de acordo com a estratégia biomecânica utilizada para uma determinada velocidade, com hábitos naturais ou adquiridos, e os elementos que formam a técnica de corrida, tais como: movimento total, ângulo de inclinação do corpo, oscilação do braço, colocação do apoio, levantar a perna e comprimento da passada (MIYASHITA *et al.*, 1973).

Nas corridas de *sprint*, os atletas utilizam um bloco de partida no momento da largada. Isso faz com que o indivíduo aplique força para acelerar seu corpo em direção à velocidade horizontal máxima, o que também requer a capacidade de atingir a amplitude de movimento que irá maximizar as ações propulsivas (BEZODIS *et al.*, 2020; SLAWINSKI *et al.*, 2010; SLAWINSKI *et al.*, 2016).

Para a prática da FR, a posição adotada na Petra pode ser um dos pontos chave para determinar tanto o desempenho em provas quanto para que pessoas com PC e outras limitações tenham adesão à modalidade. As adaptações biomecânicas provenientes das diferentes possibilidades de configuração do equipamento podem variar de pessoa para pessoa, dependendo do nível de habilidade, objetivo e conforto. Embora ainda não existam estudos que quantifiquem a influência dos ajustes posturais nas variáveis espaço-temporais e conseqüentemente no desempenho esportivo, Hansen (2015a) destaca a importância do atleta adotar uma posição relaxada que consiga correr com passadas largas, respirar e guiar ao mesmo tempo.

As combinações de ajuste no suporte de tronco, selim e guidão podem interferir na distribuição do peso corporal de 30 a 60 % nas pernas, influenciando nas forças de reação do solo durante a propulsão da Petra e na estabilidade, 20 à 40 % no selim, influenciando no

conforto e 20 à 30% no peitoral e guidão, influenciando no conforto e na estabilidade. Os cotovelos devem estar na frente dos ombros fletidos para que o atleta consiga manobrar o equipamento (HANSEN, 2015a).

Além dos ajustes do sujeito sobre a Petra, diferentes técnicas para se gerar propulsão podem ser utilizadas, dependendo dos acometimentos gerados pela PC. Estas técnicas podem ser: - técnica da borboleta – saltando com as duas pernas ao mesmo tempo e com o mesmo ritmo; técnica de galope – correr como um ritmo similar à um cavalo; técnica de galope de uma perna – uma das pernas é usada apenas para contramovimento (NIELSEN, 2017). Para isso, é fundamental a presença do treinador ou fisioterapeuta para encontrar a melhor adaptação biomecânica para cada indivíduo, considerando a relação de todas estas variáveis, além das características individuais.

3 MÉTODO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Esta pesquisa quanto a sua natureza por ter como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática é caracterizada como pesquisa aplicada, e quanto a abordagem do problema considerando os métodos utilizados é uma pesquisa quantitativa (SANTOS, 2011). Já quanto ao seu objetivo tendo em vista que foi descrever as características de uma determinada população a pesquisa é descritiva e exploratória (GIL, 2008).

3.2 COLETA DE DADOS

3.2.1 Dados de Desempenho

Foram analisados os dados de 56 atletas com PC, elegíveis para competirem em provas de FR, sendo 27 do sexo masculino (idade = $24,71 \pm 10,55$) e 29 do sexo feminino (idade = $23,97 \pm 6,50$), participantes de provas de 100 metros em competições internacionais de para-atletismo.

Os dados analisados foram extraídos dos *rankings* mundiais das provas de atletismo paralímpico, disponibilizados pelo IPC (<https://www.paralympic.org/athletics/rankings>). Foram selecionados os resultados dos principais eventos internacionais de FR já realizados a

partir do sistema de classificação adotado com as contribuições científicas de van der Linden (2018) e van der Linden *et al.* (2020). Com isso reunimos os dados de todos os atletas participantes em ambos os sexos nas classes RR1, RR2 e RR3.

Dessa forma, tomando como base o estudo de Lima e colaboradores (2021), cuja análise de desempenho de atletas de paraciclismo mostrou a retrospectiva dos resultados ao longo dos anos, acreditamos que os resultados das provas de FR podem indicar as perspectivas do desempenho da FR a partir do ano de 2018, cujo período tem maior participação em competições de nível internacional com um sistema de classificação baseado em evidências para competições de alto rendimento.

Para os atletas que competiram mais de uma vez no mesmo ano, apenas os dados do melhor resultado foram incluídos no estudo. Os dados dos atletas que competiram em classes diferentes em períodos diferentes, foram incluídos apenas os da classe cuja participação foi confirmada no respectivo ano competitivo.

3.2.2 Dados de vídeo

Foram analisados os dados de 28 atletas de alto rendimento de FR, sendo 07 do sexo masculino (idade = $20 \pm 1,6$) e 21 do sexo feminino (idade = $5 \pm 5,83$), participantes de provas de 100 metros em competições internacionais de para-atletismo.

Os dados analisados foram extraídos de 07 vídeos de provas de 100 metros de FR realizadas entre os anos de 2018 a 2021, sendo os registros dos principais eventos internacionais de FR de durante toda história da modalidade, encontrados nas plataformas virtuais de vídeo YouTube (<https://www.youtube.com/>), disponibilizados na internet. Foram utilizadas as palavras-chave “100 rr1”, “100 rr2” e “100 rr3”. Em seguida foi realizado o *download* dos vídeos das provas. Por fim, foram coletadas as informações das variáveis biomecânicas dos atletas das classes RR1, RR2 e RR2 em ambos os sexos. Esta análise foi realizada por meio do software Kinovea - 0.8.15 (<https://www.kinovea.org/>), para extrair os seguintes dados: número de passos (análise quantitativa) e a estratégia utilizada pelo atleta para gerar propulsão na Petra (análise qualitativa). O tempo de prova (medido em segundos) foi disponibilizado nos websites oficiais dos campeonatos. Foram incluídos os vídeos que a filmagem mostrou toda a prova, desde a saída, que é o momento em que todos os atletas estão parados com a parte da frente da roda dianteira sobre a linha da largada até a chegada, que é o momento em que o mesmo segmento da Petra cruza a linha de chegada da pista de atletismo.

O número de passos foi obtido reproduzindo o vídeo *frame a frame* através da contagem de cada passo, ou seja, cada vez que um dos pés toca o solo dentro do percurso da prova de 100 metros, portanto os atletas que não ficaram enquadrados no vídeo durante toda a prova foram excluídos do estudo. Com estas informações foi possível calcular os valores médios das variáveis espaço temporais comprimento de passo (CP), medido em metros e cadência ou frequência de passo (FP), medida em passos.seg⁻¹ (MURRAY; KORY; CLARKSON, 1969).

3.2.3 Dados prova simulada

A coleta de dados da prova simulada foi realizada com 1 sujeito antes da pandemia. O projeto anterior com a descrição dos testes realizados foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina (CAE 94905118.5.0000.0121). Foram realizados vários testes de prova simulada de 100 m com um sujeito com PC (tetraparesia espástica) do sexo feminino, pertencente à classe RR2, idade 31 anos, massa corporal 43 Kg e altura 155 cm

Os testes de corrida de 100 metros com e sem a Petra (Marca Alphamix, Goiânia, Brasil - adulto 16 Kg) e os três *sprints* de 100 metros foram realizados em dias distintos para que o efeito da fadiga não prejudicasse o desempenho nos últimos esforços. O sujeito avaliado já possuía experiência prévia com provas de 100 metros de FR, e todos os testes foram realizados após aquecimento prévio habitual. A orientação dada ao sujeito em cada esforço foi de realizar a distância de 100 metros no menor tempo possível, simulando uma prova de Atletismo/FR.

O primeiro teste foi realizado em pista de atletismo de tartan com intervalo de 10 minutos entre a corrida com e sem a Petra. As variáveis analisadas foram tempo de prova, velocidade, pressão plantar (PP), comprimento de passo e frequência de passo e FC. Os parâmetros biomecânicos foram coletados por meio de palmilhas de PP OpenGo (Moticon GmbH, Munich, Germany) com frequência de amostragem de 50 Hz.

No segundo teste, foram realizados 3 *sprints* de 100 m utilizando a Petra, com intervalo de 10 minutos entre cada esforço na pista de atletismo de tartan. Foram registradas as velocidades (km.h⁻¹), os tempos parciais (s) a cada 10 metros e o tempo total (s). O registro dos tempos parciais e do tempo total foi realizado utilizando um cronômetro, e o da velocidade em um Ciclo computador (marca Echowell - modelo BL15), respectivamente. Foram posicionados

cones a cada 10 metros na pista de atletismo, onde um dos avaliadores realizou a cronometragem e o outro acompanhou a atleta ao lado da Petra, visualizando o ciclo computador e efetuando os registros da velocidade a cada 10 metros.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de análise descritiva são apresentados em média e desvio padrão. Foi utilizada ANOVA *one way* para comparação entre as médias das variáveis tempo, idade e velocidade nas diferentes classes. A localização das diferenças nestas variáveis foram analisadas a partir do teste *post hoc* de *Tukey*. Ainda, as suposições de normalidade e homoscedasticidade dos resíduos foram checadas por meio do teste de *Shapiro-Wilk* e *Breusch-Pagan*, respectivamente, entre os atletas das diferentes classes (RR1, RR2 e RR3) em ambos os sexos. Devido aos dados referentes ao sexo masculino não apresentarem normalidade, os dados sofreram a transformação *box-cox*. Ambos os sexos apresentaram heterocedasticidade dos resíduos, e para isso, junto com a ANOVA *one way* foi realizada a correção de *Welch*. As análises foram realizadas no pacote estatístico R Commander (versão 4.0.2) adotando $p < 0,05$ como nível de significância. Para verificar a correlação entre variáveis espaço-temporais e o tempo de 100 metros foi utilizado o teste de *Spearman*. Neste caso, usamos o software JASP (versão 0.11.1; JASP Team, Universidade de Amsterdam, Holanda), com a significância estatística de 5%.

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE DESEMPENHO

As tabelas 1 e 2 mostram os valores médios com os respectivos desvios padrão (DP) das variáveis faixa etária (idade), tempo de prova (tempo) e velocidade (vm) dos atletas que participaram dos eventos internacionais de FR durante esse período.

Tabela 1: Comparação do desempenho das diferentes classes no sexo feminino (média \pm DP)

	RR1 (n = 6)	RR2 (n = 14)	RR3 (n = 7)	F	P
IDADE (anos)	22,75 \pm 6,25	24,93 \pm 11,94	25,81 \pm 10,87	1,13	0,88
TEMPO (s)	30,07 \pm 5,14	27,87 \pm 8,03	19,84 \pm 2,73*†	34,71	< .001
VM (m.s ⁻¹)	3,40 \pm 0,48	3,84 \pm 0,94	5,18 \pm 0,66*†	28,55	< .001

RR1 - comprometimento motor severo; RR2 - comprometimento moderado; RR3 - comprometimento leve (*diferente de RR1 e RR2, RR1 e RR3 † diferente de RR2 e RR3).

Para a variável faixa etária não foram identificadas diferenças significativas entre as classes. Porém para as variáveis tempo de prova e velocidade, foram encontradas diferenças entre todas as classes.

Tabela 2: Comparação do desempenho das diferentes classes no sexo feminino (média \pm DP)

	RR1 (n = 5)	RR2 (n = 14)	RR3 (n = 10)	F	P
IDADE (anos)	23,91 \pm 5,43	22,75 \pm 7,54	25,55 \pm 7,08	1,11	0,33
TEMPO (s)	31,23 \pm 4,89	25,83 \pm 5,48*	20,63 \pm 1,34*†	33,86	< .001
VM (m.s ⁻¹)	3,27 \pm 0,50	4,04 \pm 0,86*	4,87 \pm 0,30*†	50,89	< .001

RR1 - comprometimento motor severo; RR2 - comprometimento moderado; RR3 - comprometimento leve (*diferente de RR1 e RR2, RR1 e RR3 † diferente de RR2 e RR3).

A figura 6 mostra a retrospectiva do desempenho da modalidade FR entre os anos de 2018 e 2021 no sexo masculino (A) e feminino (B).

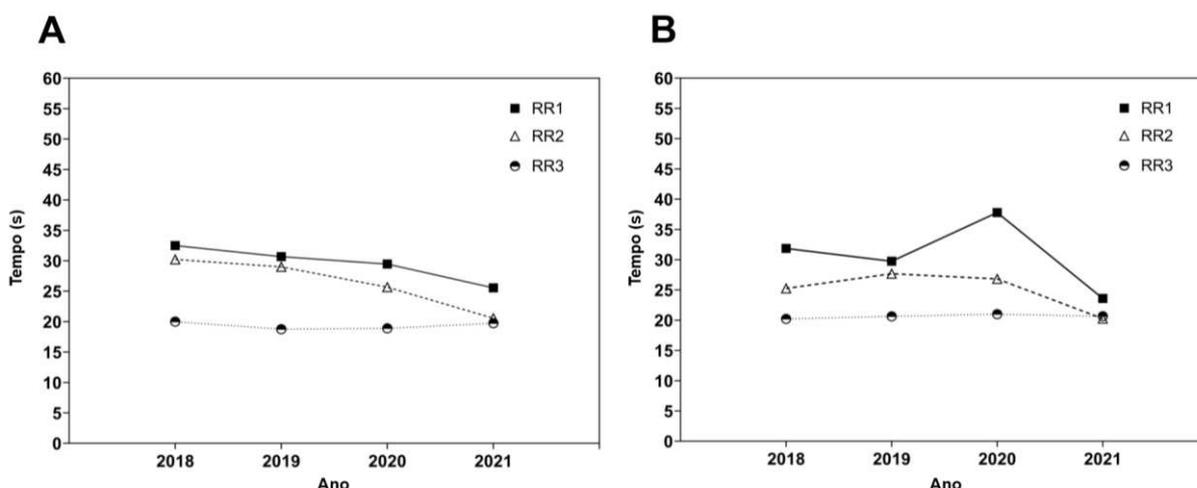


Figura 6: Desempenho da FR nos campeonatos internacionais de Para-Atletismo

A: 2018 (n=9); 2019 (n=25); (n=12); (n=10); B: 2018 (n=14); 2019 (n=24); (n=12); (n=11)

Considerando o desempenho ao longo dos 4 anos no sexo masculino, observamos que o desempenho parece ter melhorado em todas as classes, apresentando redução do tempo para a classe RR1 (n=6) em 21,41%, para a classe RR2 (n=14) em 9,6% e para a classe RR3 (n=7) em 1,3%, respectivamente. Já no sexo feminino notamos que ao longo dos 4 anos o desempenho parece ter melhorado apresentando redução do tempo de prova para a classe RR1 (n=5) em 25,96% e para a classe RR2 (n=13) em 19,73%. No entanto para a classe RR3 (n=10) percebemos que o desempenho piorou, havendo aumento do tempo de prova em 2,13%.

4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VÍDEO

A tabela 3 mostra os resultados das variáveis de desempenho dos atletas que participaram dos eventos internacionais de FR entre os anos de 2018 e 2021 obtidos por meio das análises de vídeo nas classes RR1, RR2 e RR3 em ambos os sexos:

Tabela 3: Dados das variáveis espaço-temporais dos atletas em cada classe com melhor desempenho (média \pm DP)

Recordista da classe	Classe	Sexo	Tempo (s)	VM (m.s ⁻¹)	FP (passos.seg ⁻¹)	CP (m)	Idade (anos)	Ano da prova
Atleta 1	RR1	F	23,59	4,24	3,60	1,18	20	2021
Atleta 2	RR2	F	18,11	5,52	3,87	1,43	22	2021
Atleta 3	RR3	F	18,87	5,30	4,08	1,30	25	2019
Atleta 4	RR3	M	16,72	5,98	3,89	1,54	19	2019

RR1 - comprometimento motor severo; RR2 - comprometimento moderado; RR3 - comprometimento leve

Não foram encontrados os vídeos de provas de campeonatos internacionais do sexo masculino nas classes RR1 e RR2, entretanto, temos tempos de prova destes atletas: RR1 (25,32 s) e RR2 (18,54 s).

A tabela 4 mostra os resultados das variáveis de desempenho de todos os atletas das classes RR1, RR2 e RR3 em ambos os sexos, incluídos nas análises de vídeo, que participaram dos eventos internacionais de FR durante os anos de 2018 a 2021:

Tabela 4: Dados das variáveis espaço-temporais nas diferentes classes (média \pm DP)

Classe	N	Sexo	Tempo (s)	VM (m.s ⁻¹)	FP (passos.seg ⁻¹)	CP (m)	P (propulsão)
RR1	4	F	31,92 \pm 4,34	3,13 \pm 0,57	2,69 \pm 1,25	1,45 \pm 0,60	P1(3); P2(1)
RR1	3	M	27,24 \pm 9,12	3,67 \pm 0,78	3,12 \pm 0,99	1,18 \pm 0,27	P1(2); P2(1)
RR2	9	F	20,46 \pm 3,13	4,89 \pm 0,60	3,40 \pm 0,68	1,39 \pm 0,40	P1(8); P3(1)
RR3	8	F	20,35 \pm 1,02	4,92 \pm 0,27	3,45 \pm 0,89	1,39 \pm 0,20	P1 (8)
RR3	4	M	17,82 \pm 1,81	5,62 \pm 0,51	3,35 \pm 1,42	1,79 \pm 1,11	P1(3); P3(1)

P - Estratégia para gerar propulsão na Petra: P1 - Duas pernas - passada alternada; P2 - Duas pernas - duplo apoio; P3 - Passada unipodal - perna direita ou esquerda; RR1 -

comprometimento motor severo; RR2 - comprometimento moderado; RR3 - comprometimento leve

Estes valores foram calculados por meio de uma análise de vídeo com imagens das provas disputadas disponíveis na internet. As variáveis espaço temporais dos sujeitos da classe RR2 no sexo masculino não foram calculadas pois não foram encontrados vídeos de provas de 100 metros em campeonatos internacionais de FR.

Foi verificada uma correlação inversa fraca ($R = -0,39$; $p = 0,04$) entre o tempo e a FP ($p < 0,05$). O tempo e o CP não apresentaram correlação significativa ($R = -0,25$; $p = 0,21$). Porém, considerando somente os sujeitos que utilizaram a estratégia de propulsão PP1 ($n = 24$) foi verificada correlação moderada entre tempo e o CP ($R = -0,52$; $p = 0,001$).

4.3 RESULTADOS DAS PROVAS SIMULADAS

A tabela 5 mostra os parâmetros biomecânicos da prova simulada de 100 metros com 1 sujeito do sexo feminino da classe RR2. Os valores abaixo indicam um melhor desempenho quando a corrida é realizada com a Petra.

Tabela 5: Dados prova simulada

Variáveis	Sem a Petra	Com a Petra
Tempo (s)	75	54
VM (km.h⁻¹)	1,3	1,8
CP (m)	0,53	0,57
FP (passos.s⁻¹)	2,4	3,2
PPmed D (N.cm⁻²)	1,23	0,62
PPmed E (N.cm⁻²)	1,64	0,61
PPmax D (N.cm⁻²)	7,15	6,0
PPmax E (N.cm⁻²)	6,63	5,15

Tabela 5: PPmed D – pressão plantar média aplicada pelo pé direito; PPmed E – pressão plantar média aplicada pelo pé esquerdo; PPmax D – pressão plantar máxima aplicada pelo pé direito; PPmax E – pressão plantar máxima aplicada pelo pé esquerdo

A figura 7 mostra as curvas de velocidade do mesmo sujeito durante as três tentativas da corrida de 100 metros de FR. O gráfico mostra uma queda importante na capacidade de manter a velocidade a partir dos 30 m.

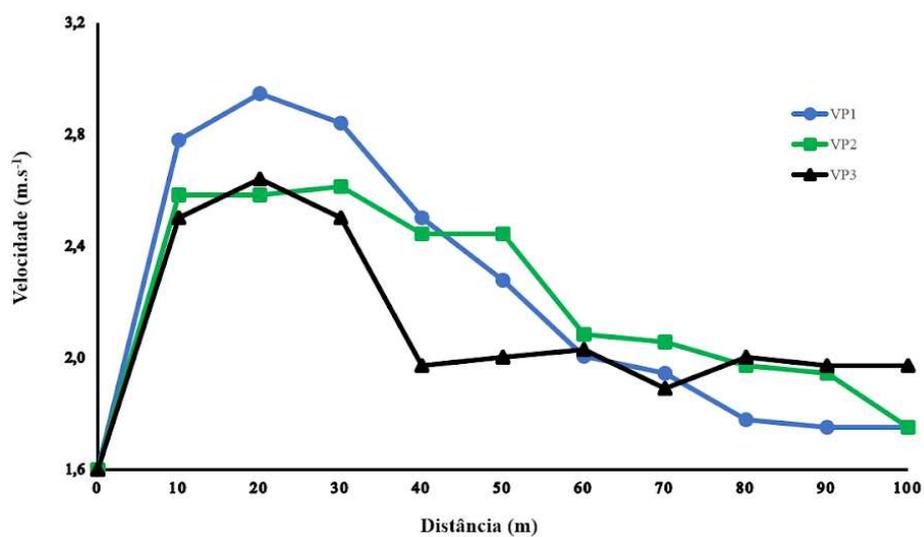


Figura 7: Curvas de velocidade em prova simulada de 100 metros de FR (VP1 - 1º esforço; VP2 - 2º esforço; VP3 - 3º esforço)

5 DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo que explora o desempenho em provas oficiais de FR nas diferentes classes ao longo da história da modalidade. Portanto, procurou-se incluir o estado da arte de maneira ampliada sobre a Petra e a FR, e analisar o desempenho esportivo, trazendo informações provenientes das análises biomecânicas das provas realizadas em campeonatos oficiais e de uma prova simulada de 100 metros com e sem a Petra em uma atleta amadora com PC. Os principais achados mostram que o desempenho entre as 3 classes foi significativamente diferente, exceto entre as classes RR1 e RR2 no sexo masculino; o desempenho ao longo dos anos parece ter melhorado em todas as classes, principalmente nas classes RR1 e RR2; as variáveis espaço-temporais sofreram variações de acordo com a velocidade e técnica adotada pelos os atletas para gerar propulsão na Petra. Por fim, a corrida com a Petra parece promover melhor desempenho em 1 sujeito com PC, quando comparada com a corrida sem o equipamento. A seguir, a discussão será apresentada por tópicos de acordo com os resultados dos dados de desempenho, da análise de vídeo e da prova simulada de 100m com a Petra.

5.1 DADOS DE DESEMPENHO

O desempenho nos 100m entre as 3 classes foi significativamente diferente tanto para homens quanto para mulheres, exceto entre as classes RR1 e RR2 no sexo masculino. Era esperado que a classe RR1 apresentasse maiores tempos, devido esta classe ser a de maior comprometimento motor. De fato, os atletas possuem grande dificuldade em isolar movimentos das extremidades inferiores, bem como assimetrias acentuadas entre os dois membros. Muitos atletas arrastam os pés no solo durante a locomoção ou ainda apresentam dificuldades em realizar passada alternada, podendo também ter função limitada de tronco e membros superiores (NIESEN, 2017). Porém, como citado acima, não foi observada diferença entre as classes RR1 e RR2 no sexo masculino. Este resultado pode ser explicado pelo fato de algumas características do RR2 serem similares aos da RR1, como assimetria e amplitude de movimento limitada com graus de atetose e espasticidade. Este é um aspecto importante a ser observado pelas entidades que determinam os sistemas de classificação.

O desempenho da classe RR3 foi significativamente superior ao das classes RR1 e RR2 em ambos os sexos. Esta classe é considerada menos acometida pela PC, onde o comprometimento dos membros inferiores é moderado, possuindo pouca ou nenhuma

assimetria nas passadas. Por consequência, os atletas desta classe têm a capacidade de isolar movimentos dos membros inferiores, otimizando a potência muscular para empurrar o solo com maior eficácia. O controle do membro superior é de moderado a bom, o que pode favorecer na estabilidade do atleta sobre a Petra (NIESEN, 2017)

Van der Linden e seus colaboradores (2020) mencionam que avaliação física para este sistema de classificação composto por três classes (RR1, RR2, RR3), inclui avaliações de espasticidade, controle motor seletivo, ataxia e controle de tronco. No entanto, esta classificação é baseada na opinião de especialistas e não em evidências científicas. Para isso os autores propuseram em seu estudo uma análise de *cluster*, incluindo testes funcionais já realizados em outras modalidades paralímpicas como o *rugby* em cadeira de rodas (ALTMANN *et al.*, 2018), corrida de pista em cadeira de rodas (CONNICK *et al.*, 2018) e futebol para pessoas com PC (REINA *et al.*, 2020). Os testes realizados foram: *Trunk Control Measurement Scale (TCMS)*, *Selective Control Assessment of the Lower Extremity (SCALE)*, *the Australian Spasticity Assessment Scale (ASAS)* e *Knee Extension*, e simulações de prova de 100 e 200 metros de FR. Os principais achados mostram que a partir de um teste de correlação, as classes RR2 e RR3 puderam ser agrupadas. Apesar da espasticidade relativamente alta, mas com bom controle seletivo do tronco, acredita-se que seja possível compensar este prejuízo com adaptações na técnica de corrida e com um nível de treinamento adequado, podendo competir de forma equilibrada junto aos demais atletas com espasticidade relativamente baixa, por exemplo (VAN DER LINDEN *et al.*, 2020).

Esta evidência científica sustenta as decisões do IPC e da CPISRA sobre possíveis alterações no sistema de classificação da FR para somente duas classes (classes T71 e T72). Essa proposta de classes faz mais sentido quando analisamos o desempenho ao longo dos anos. A figura 6 mostra que os resultados entre as classes RR2 e RR3 tendem a convergir, principalmente entre o ano de 2020 e 2021. Isso não acontecia nos anos anteriores, quando as classes pareciam estar relativamente definidas, com resultados que aparentemente representavam o grau de comprometimento da PC. Este é um dos fatores que pode ter motivado a CPISRA e o IPC a proporem um novo sistema de classificação baseado em evidências (VAN DER LINDEN *et al.*, 2020), unindo as classes RR2 e RR3, sendo somente a classe T72. No entanto, acreditamos que mais análises são necessárias tanto com base nos testes de funcionalidade, quanto em desempenho de provas oficiais de FR, considerando outras variáveis relacionadas aos aspectos intrínsecos e extrínsecos do desempenho de atletas da modalidade.

De acordo com a análise ao longo dos anos, observamos que em 2021 os valores de desempenho (tempo de prova) em todas as classes se aproximaram, principalmente em RR2 e RR3, isso pode ter sido devido ao menor número de atletas a partir do ano de 2020, decorrente da pandemia do *Coronavirus*, quando a participação em eventos esportivos foi bastante impactada devido às restrições e recomendações sanitárias para cada período em determinadas regiões.

O desempenho ao longo dos anos parece ter melhorado em quase todas as classes, principalmente nas classes RR1 (Masculino: 21,41%; Feminino: 25,96%) e RR2 (Masculino: 9,6%; Feminino: 19,73%). Com isso, entende-se que algumas variáveis podem ter influenciado na melhora do desempenho dos atletas durante este período, como a evolução do equipamento, com materiais mais leves, melhor estabilidade e aerodinâmica, alterações nas variáveis antropométricas, tempo de prática, estado de treinamento, nutricional, emocional, psicológico dentre outras (STEPHENSON *et al.*, 2020; PAULSON *et al.*, 2016). No entanto, mais estudos são necessários sobre estes fatores em atletas de FR. A classe RR3 não apresentou percentuais expressivos de melhora ao longo dos anos. Isso pode ser devido a uma menor janela de adaptações, uma vez que o desempenho já era superior desde 2018.

Com relação as velocidades, como tratamos de valores médios, o comportamento das velocidades foi similar ao dos tempos de prova entre as 3 classes, ou seja, ambas tiveram resultados significativamente diferente, tanto para homens quanto para mulheres, exceto entre as classes RR1 e RR2 no sexo masculino, conforme as tabelas 1 e 2. Contudo, mais análises são necessárias para investigar o comportamento da velocidade em diferentes distâncias durante a prova de 100 metros, como na fase de aceleração, na velocidade máxima e na manutenção desta velocidade (ROSS *et al.*, 2001).

Por fim, não foram encontradas diferenças significativas na faixa etária entre as classes em ambos os sexos (masculino: $p=0,88$ e feminino: $p=0,37$). A média de idade dos atletas indica que a modalidade é praticada principalmente por adultos jovens. Os resultados das tabelas 1 e 2 sugerem que durante o período analisado o pico de desempenho na modalidade FR em provas de 100 metros pode ocorrer na faixa etária de 24,71 ($\pm 10,55$) no sexo masculino e 23,97 ($\pm 6,50$) no sexo feminino, respectivamente.

5.2 ANÁLISE DE VÍDEO

A análise de vídeo possibilitou quantificar variáveis espaço-temporais dos atletas mais velozes da modalidade bem como em todos os atletas com provas disponibilizadas na internet. Considerando toda a amostra (28 atletas) foi identificada correlação inversa fraca ($R=-0,39$) entre desempenho (tempo) e FP, entretanto quando analisamos somente os sujeitos que utilizaram a estratégia de propulsão PP1 ($n=24$) foi encontrada correlação inversa moderada ($R=-0,52$) entre o desempenho e o CP (SHIMAKURA, 2006). Devido a correlação ser fraca quando analisamos na mesma amostra diferentes técnicas de propulsão e ser moderada quando temos somente uma das estratégias, podemos considerar que a técnica para gerar propulsão na Petra é um indicador de desempenho, sendo válido que os treinadores explorem a melhora desta variável durante os treinamentos estimulando os atletas a realizarem passadas com maior amplitude, sendo a estratégia PP1 a técnica que mais se aproxima da corrida de pessoas sem PC. Considerando toda a amostra (28 atletas) CP e desempenho não apresentaram correlação. Isso pode ser explicado devido às diferentes estratégias para impulsionar a Petra durante as provas de 100 metros, pois na tabela 3 observamos que em todas as classes existem atletas que apresentam diferentes padrões de passada (P1, P2 e P3) durante as provas. Além disso, o CP possui um comprimento limitado, tanto pelas limitações funcionais do atleta com PC quanto pelas medidas antropométricas. Assim sendo, é possível que a força que o atleta exerce sobre o solo para gerar propulsão na Petra seja uma determinante mais importante para o desempenho. De fato, a força e a potência são variáveis determinantes para o desempenho esportivo em esportes cíclicos, especialmente em provas de *sprint*, como a corrida de 100 metros (BISHOP *et al.*, 2011; GIRARD *et al.*, 2011; ROSS *et al.*, 2001).

Pope (1993) e Pyanzin (2012) investigaram variáveis espaço-temporais durante *sprints* em corredores de ambos os sexos com e sem PC que não são elegíveis para a FR, ou seja, realizam corridas sem a Petra. Com isso, Pope (1993) identificou que corredores do sexo masculino sem PC atingiram VC entre 7,04 e 11,40 $m.s^{-1}$, já no sexo feminino atingiram VC entre 6,81 e 7,34 $m.s^{-1}$, respectivamente. Enquanto atletas com PC do sexo masculino atingiram VC = 7,14 5,79 $m.s^{-1}$ e do sexo feminino 5,79 $m.s^{-1}$, respectivamente. Já no estudo de Pyanzin (2012) corredores com PC atingiram VC = 6,60 $m.s^{-1}$. Em nosso estudo, encontramos valor de VC = 5,98 $m.s^{-1}$ para o homem mais veloz da história da FR, pertencente à classe RR3, e VC = 5,52 $m.s^{-1}$ para a mulher mais veloz da história da FR, pertencente à classe RR2, respectivamente. Ainda, Pope (1993) identificou CP entre 3,84 e 5,00 m entre os atletas sem

PC, e 3,11m entre os atletas com PC homens. Já entre as mulheres, encontrou CP entre 1,65 e 1,98 m em atletas sem PC, e 1,37 m em atletas com PC. Enquanto Pyanzin (2012) encontrou CP = 1,76 m em corredores sem PC. Em nosso estudo encontramos valor de CP = 1,54 m para o homem mais veloz de FR, e 1,43 m para a mulher mais veloz, respectivamente. Além disso, Pope (1993) encontrou FP entre 3,98 e 4,60 passos.seg⁻¹ entre os corredores do sexo masculino sem PC, e 4,62 passos.seg⁻¹ em corredores com PC. Já no sexo feminino, encontrou valores de FP entre 3,72 e 4,48 passos.seg⁻¹ em atletas sem PC, e 4,27 passos.seg⁻¹ em atletas com PC. Enquanto Pyanzin (2012) FP = 3,72 passos.seg⁻¹ em atletas com PC. Em nosso estudo encontramos FP = 3,89 passos.seg⁻¹ para o homem mais veloz de FR, e FP = 3,87 passos.seg⁻¹ para a mulher mais veloz, respectivamente.

De acordo com estas comparações entre os dados já existentes na literatura (Fiorese *et al.*, 2020) e do presente estudo, percebeu-se que as variáveis espaço-temporais VC, CP e FP são maiores nos atletas sem PC, seguidos dos atletas com PC sem a pedra, e por fim, menores nos atletas com PC que correm com a pedra. Embora, devido ao comprometimento motor, cujo aspecto os tornam elegíveis para competirem na FR, acreditamos que sem o uso da pedra a diferença entre estes valores poderia ser maior.

Conforme as análises de vídeo de atletas de FR em competições oficiais, percebeu-se que existem diferentes estratégias para gerar propulsão no equipamento, para isso apresentaremos informações qualitativas sobre as adaptações adotadas pelos atletas durante provas de 100 metros. A classe RR1 é a que apresentou as maiores diferenças de padrões de movimento entre os atletas, sendo os atletas desta classe os que apresentam maiores dificuldades na coordenação do movimento funcional e do controle do corpo (CPISRA, 2020). Verificou-se que entre os 28,6% dos atletas analisados nos vídeos realizavam a passada com duplo apoio, ou seja, utilizavam os dois pés ao mesmo tempo para empurrar o solo e gerar propulsão na Petra, enquanto na fase de balanço o equipamento mantém a sua velocidade devido a inércia gerada. Foi observado também que alguns atletas apresentaram assimetrias na passada, realizando por exemplo, uma passada com o membro direito a cada duas ou três passadas com o membro esquerdo, ou ainda enquanto um dos membros realizava a propulsão, o outro realizava movimentos balísticos, porém sem tocar o solo, se mantendo suspenso com o quadril flexionado. Estas são algumas das características do perfil do atleta da classe RR1, cujo comprometimento motor é severo nos membros inferiores e no tronco, e possuem comprometimento neurológico misto, incluindo atetose severa, espasticidade, ataxia, distonia, hipotonia (CPISRA, 2020).

Na classe RR2, notou-se alguns padrões de movimento similares ao RR1, como a passada unipodal. Em algumas filmagens no plano frontal foi identificado que alguns atletas de FR apresentavam adução e/ou abdução excessiva do quadril. Esta classe é caracterizada por possuir assimetria ou amplitude de movimento limitada, acometimento moderado de membros inferiores e tronco, mas com propulsão mais eficaz que a classe RR1, e controle de extremidade superior (CPISRA, 2020).

Já na classe RR3, foi observado que os atletas possuem padrões de movimento similares aos de pessoas sem PC ao realizar a corrida de 100 metros com a Petra, ou seja, os movimentos realizados apresentaram menores assimetrias. Apenas 01 atleta participante desta classe utilizou como estratégia a passada unipodal para gerar propulsão na Petra. Em geral, notou-se que o desempenho dos atletas da classe RR3 foi superior aos das demais classes. Durante a análise de vídeo, foi percebido também que atletas de diferentes classes necessitam de acessórios adicionais como luvas e cintas no tronco e no punho para se manterem estáveis sobre a Petra. Este tipo de acessório é permitido em provas de FR pois não levam o atleta a obter vantagem sobre os adversários, apenas auxilia na segurança durante a locomoção com o equipamento (JENSEN, 2017).

5.3 ANÁLISE PROVA SIMULADA

A análise cinemática em 3 tentativas de corrida de 100 metros em 01 sujeito com PC mostrou que a velocidade média é de $2,21 \pm 1,32 \text{ m.s}^{-1}$ e que o pico de velocidade parece ser mantido somente até os 30 metros de prova, conforme a figura 7. Ao longo da prova o sujeito reduz a velocidade de forma gradual, o que poderia ser explicado pelo surgimento precoce de fadiga. Já as mulheres que participaram dos campeonatos mundiais tiveram $VM = 4,04 \pm 0,86 \text{ m.s}^{-1}$, e a recordista mundial, pertencente à classe RR2, realizou a prova com $VM = 5,52 \text{ m.s}^{-1}$.

Estas informações são importantes para os treinadores, podendo assim conhecer o nível do atleta, associado às suas características individuais, e dessa forma, elaborar um plano de treinamento visando a melhora do desempenho. Ainda podendo comparar com os dados das atletas adversárias da mesma classe, assim possibilitando descobrir as chances de sucesso nas provas da modalidade.

Durante a simulação de prova de 100 metros com e sem a Petra, a corrida com a Petra possibilitou uma redução de 31% no tempo do sujeito avaliado para completar a prova dos 100m. Além disso, os parâmetros biomecânicos também parecem ser otimizados neste tipo de

corrida assistida em atletas com limitação funcional moderada, apresentando maior comprimento e frequência de passo com menor pressão plantar média máxima, possivelmente devido ao suporte de peso pelo selim.

Em provas de *sprint*, como a prova de 100 metros, Pope e colaboradores, (1993) afirmam que é possível observar um menor CP, um menor tempo de voo e um maior tempo de contato com o solo em velocistas com PC, quando comparados a velocistas sem PC. Os resultados do presente estudo sugerem que correndo com a Petra, essas diferenças entre atletas com PC mais comprometidos e atletas sem PC podem ser reduzidas.

O sujeito avaliado nestas provas simuladas pertence à classe RR2. Os atletas desta classe apresentam um envolvimento moderado a grave nas extremidades inferiores, resultando em sinais como espasticidade, atetose, distonia, ataxia ou fraqueza, limitando a força no movimento utilizado para empurrar o solo e gerar propulsão na Petra. Isso faz com que o atleta realize um CP curto, assimétrico ou unilateral, porém mais efetivo do que o da classe RR1, podendo também alternar a perna. Já nas extremidades superiores e no tronco os atletas desta classe têm envolvimento moderado, embora alguns atletas necessitam de acessórios adicionais como luvas ou alças para manter as mãos no guidão durante a corrida (ANDE, 2019).

Embora o nosso estudo não tenha avaliado o custo energético na Petra, podemos inferir que o melhor desempenho usando o equipamento em comparação com a corrida livre no mesmo sujeito poderia estar ligado a uma menor quantidade de energia utilizada para percorrer determinada distância (DI PRAMPERO, 1986). Sabemos que o maior custo energético em pessoas com PC está relacionado a um aumento do trabalho mecânico total ou diminuição da eficiência energética muscular devido às co-contrações entre as musculaturas anteriores e posteriores da articulação do joelho (PINTO *et al.*, 2018). Ainda, Van Den Hecke e seus colaboradores (2007) mostraram em seu estudo que muitos autores relataram aumento do gasto energético durante a caminhada em crianças com hemiplegia (até 3 vezes maior que a de crianças sem PC) combinada com a diminuição do CP e da velocidade de caminhada e com aumento da FP.

Além disso, trajetórias anormais do centro de massa (CM) e segmentos corporais podem levar a um aumento do trabalho mecânico ou troca de energia reduzida, influenciando o custo da locomoção (BALBINOT *et al.*, 2020). Com isso, na Petra o deslocamento vertical é reduzido principalmente pelo suporte do peso corporal, permitindo com esta minimização da energia, que os sujeitos otimizem melhor a energia para o deslocamento horizontal do centro de massa (MASSAD *et al.*, 2010).

Dessa forma, a Petra possibilitou o sujeito avaliado realizar a prova de 100 metros com maior velocidade e com parâmetros biomecânicos otimizados, pois quando o atleta com PC utiliza a Petra, mais da metade do seu peso corporal é sustentado pelo equipamento (HANSEN, 2015a). Sabendo que o suporte de peso é o principal fator responsável pelo custo energético durante a locomoção (ARELLANO & KRAM, 2014), é como se a Petra atuasse como um mecanismo minimizador de energia, resultando em considerável economia de energia na corrida do atleta com PC

Além desta evidência, Minetti e colaboradores (2001) mostrou que na *Hobby Horse* (HH), que foi o primeiro modelo de bicicleta, desenvolvido nos anos 1820, ainda com os componentes de madeira, sem pedais e com um suporte de tronco, na qual permitia os sujeitos se locomoverem caminhando ou correndo realizando a propulsão com os pés no solo, de forma similar à Petra, o custo energético é menor que a caminhada e a corrida, já que a HH possibilita redução do peso corporal de 65%. Com isso apresenta valores de CP e FP inferiores aos da caminhada e da corrida sem o equipamento, entretanto apresenta valores FP superiores à frequência de pedalada, quando comparada a locomoção nos demais modelos de bicicleta, já com a presença dos pedais. Isto pode ser explicado devido à redução do trabalho mecânico vertical necessário para elevar o centro de massa.

Estas suposições sustentam a influência do suporte corporal no custo energético da locomoção, mas ainda necessitam ser investigadas em estudos futuros com a petra.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados do presente estudo, pode-se concluir que o desempenho nas provas de 100 m de FR são significativamente diferentes entre as classes em ambos os sexos, com exceção das classes RR1 e RR2 no sexo masculino. Além disso, foi observada uma melhora no desempenho em quase todas as classes em ambos os sexos ao longo dos anos. Ainda, embora tenham sido encontradas correlações fracas entre as variáveis espaço-temporais e o desempenho na Petra, acreditamos que os treinadores de FR devem estar atentos a estas variáveis, pois a técnica pode influenciar nas associações entre desempenho e comprimento de passo. Considerando as provas simuladas, a corrida na Petra apresentou um maior desempenho e otimização das variáveis biomecânicas quando comparada com a corrida livre de uma atleta amadora com PC.

Entende-se que FR tem um grande potencial de popularização no âmbito competitivo, pois a modalidade avançou em termos de um sistema de classificação baseado em evidências. Acredita-se que os achados deste estudo serão úteis para embasar análises entre os sistemas de classificação atual (RR1, RR2 e RR3), e a nova proposta de duas classes (T71 e T72). Futuras análises são necessárias para confirmar se estes sistemas promovem uma competição justa entre os atletas com PC.

Como aplicações práticas, este estudo traz dados dos principais eventos de FR já realizados durante toda história da modalidade, cujos resultados podem ser utilizados como parâmetro para treinadores, atletas e pesquisadores em seus respectivos campos de atuação.

6 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

Considerando que a FR é uma modalidade relativamente recente, optou-se em analisar somente as provas de 100 metros, pois é a que existe maior registro de participantes. Além disso, esta análise nos possibilitou apresentar dados ecológicos, onde os sujeitos foram submetidos a expor o melhor desempenho, decorrente de toda preparação, visto que muitas pesquisas restritas a laboratórios podem limitar os resultados devido ao ambiente, estado psicológico, nutricional, periodização, dentre outros fatores.

Além disso, outras informações relevantes para o desempenho esportivo, como as variáveis espaço-temporais, que ficaram limitadas a valores médios. Para obtenção de valores mais precisos, análises mais robustas são necessárias e mais informações sobre os sujeitos poderiam contribuir para melhor conhecermos o perfil de um atleta de alto nível de FR, como dados antropométricos, tempo de prática, bem como informações provenientes de outros métodos e recursos tecnológicos como registro de imagens em 3D, fotocélulas, acelerômetro, dinamômetro, eletromiografia, ultrassom dentre outros recursos.

REFERÊNCIAS

- ALTMANN, V. C., *et al.* (2017). The impact of trunk impairment on performance-determining activities in wheelchair rugby. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(9), 1005–1014. <https://doi.org/10.1111/sms.12720>
- ANDE, Associação Nacional de Desportos para Deficientes. Frame Running. Disponível em <<http://ande.org.br/modalidades-petra/>>. Acesso em 13 de outubro de 2021.
- ANDRIACCHI, T.P. *et al.* The relation between electrical activity in muscle and speed of walking and running. In: VREDENBREGT, J.; WARTEN-WEILER, J.W., *Biomechanics II*. Baltimore, University Park, 1971. p.192-196
- ARELLANO, C. J. and Kram, Rodger. 2014. “Partitioning the Metabolic Cost of Human Running: A Task-by-Task Approach.” in *Integrative and Comparative Biology*.
- BALBINOT, G., SCHUCH, C. P., OLIVEIRA, H. B., & PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. (2020). Mechanical and energetic determinants of impaired gait following stroke: segmental work and pendular energy transduction during treadmill walking. *Biology Open*. <https://doi.org/10.1242/BIO.051581>
- BALEMANS, A. C., *et al.* (2013b). Maximal aerobic and anaerobic exercise responses in children with cerebral palsy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45, 561–568.
- BEZODIS, I. N. *et al.* (2020). A biomechanical comparison of initial sprint acceleration performance and technique in an elite athlete with cerebral palsy and able-bodied sprinters. *Sports Biomechanics*, 19(2), 189–200. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1459819>
- BISHOP, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability part II: Recommendations for training. In *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.2165/11590560-000000000-00000>
- BJORNSON, K. F., *et al.* (2013). Capacity to participation in cerebral palsy: Evidence of an

indirect path via performance. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.06.020>

BOLSTER, E.A.M, *et al.* (2017). Reliability and Construct Validity of the 6-Minute Racerunner Test in Children and Youth with Cerebral Palsy, GMFCS Levels III and IV. *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*. <https://doi.org/10.1080/01942638.2016.1185502>

BOLSTER, E.A.M. *et al.* Training with racerunner or wheelchair for wheerchair-using children with cerebral palsy? Abstracts From The Dutch Society for Pediatric Physical Therapy (2015). p.312.

BOULLOSA, D. *et al.* Do you Play or Do you Train? Insights From Individual Sports for Training Load and Injury Risk Management in Team Sports Based on Individualization. *Frontiers Physiology*, 11, p. 995, 2020.

BRYANT, E. *et al.* The introduction of Petra running-bikes (race runners) to non-ambulant children with cerebral palsy: a pilot study. (2015). *Developmental Medicine & Child Neurology*, 57, 34–35. https://doi.org/10.1111/dmcn.12780_23

CALVE, T. *et al.* Preparação física de atleta amador de atletismo com paralisia cerebral, utilizando triciclo sem pedais (petra bike) - Um relato de experiência. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 114, nov./dez. 2018.

CALVE, T.; RUSSO J.D.V.; BARELA, A.M.F. (2018). Strategies adopted by younger and older adults while operating a non-pedal tricycle. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 22(1), 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2017.10.008>

CHAPPELL *et al.* (2019). Propulsion strategy in running in children and adolescents with cerebral palsy. *Gait & Posture*, 70, 305–310. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.02.018>

CANS, C. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE). *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42, n. 12, p. 816-824, Dec 2000.

CLUTTERBUCK, G. L.; AULD, M. L.; JOHNSTON, L. M. SPORTS STARS: a practitioner-led, peer-group sports intervention for ambulant children with cerebral palsy. Activity and participation outcomes of a randomised controlled trial. *Disability and Rehabilitation*, p. 1-9, Jun 30 2020.

COLVER, A.; FAIRHURST, C.; PHAROAH, P. O. Cerebral palsy. *Lancet*, 383, n. 9924, p. 1240-1249, Apr 5 2014.

CONNICK, M. J. *et al.* (2018). Cluster analysis of novel isometric strength measures produces a valid and evidence-based classification structure for wheelchair track racing. *British Journal of Sports Medicine*, 52(17), 1123– 1129. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097558>

CORMIE, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1 - Biological basis of maximal power production. In *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>

CPISTRA. Cerebral Palsy International Sport and Recreation Association. Disponível em <<https://www.cpisra.org/>>. Acesso em 15 de dezembro de 2020.

CPISTRA. Frame Running Awareness and Coaching Workbook. Disponível em: <<https://framerunning.nl/sites/racerunning.nl/files/Frame-Running-awareness-and-coaching-workbook.pdf>>. Acesso em 10 de setembro de 2022.

CPSPORT. Cerebral Palsy Sport. Frame Running. Disponível em <<https://www.cpsport.org/sports/racerunning/>>. Acesso em 08 de agosto de 2021.

DAVIDS, JR., BAGLEY, AM., & BRYAN, M. (1998). Kinematic and kinetic analysis of running in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 40(8), 528–535. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1998.tb15411.x>

DERRICK, TR; HAMILL, J.; CALDWELL, GE. Energy absorption of impacts during running at various stride lengths. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(1): 128-35.

DI PRAMPERO, P. E. 1986. “The Energy Cost of Human Locomotion on Land and in Water.” *International Journal of Sports Medicine*.

DIEFFENBACH, K. & STATLER, T. (2012). More similar than different: The psychological environment of Paralympic sport. *Journal of Sport Psychology in Action*, 3, 109–118. <https://doi.org/10.1080/21520704.2012.683322>

DIMITRIJEVIC, L & Jakubi, B. (2005). The importance of early diagnosis and early physical treatment of Cerebral Palsy. *Medicine and Biology*, 12(3), 119 – 122

DOCKX, I. (2008). Le tricycle « Petra ». *Motricité Cérébrale : Réadaptation, Neurologie Du Développement*. [https://doi.org/10.1016/s0245-5919\(04\)97425-0](https://doi.org/10.1016/s0245-5919(04)97425-0)

DONNELL, R. O. *et al.* (2018). Kinesiologic and Metabolic Responses of Persons With Cerebral Palsy To Sustained Exercise on a Petra Race Runner. *European Journal of Adapted Physical Activity*, 3(1), 7–17. <https://doi.org/10.5507/euj.2010.001>

FIORESE, B. A. *et al.* (2020). Biomechanics of starting, sprinting and submaximal running in athletes with brain impairment: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(12), 1118–1127. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.05.006>

FRAMERUNNING. The history of Framerunning. Disponível em <<https://framerunning.org/about-frame-running/the-history-of-frame-running/>>. Acesso em 13 de outubro de 2021.

FOWLER, E. G., KOLOBE, T. H., DAMIANO, D. L., THORPE, D. E., MORGAN, D. W., BRUNSTROM, J. E., STEVENSON, R. D. (2007). Promotion of physical fitness and prevention of secondary conditions for children with cerebral palsy: section on pediatrics research summit proceedings. *Physical Therapy*, 87, 1495–1510.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008

GIRARD, O., MENDES-VILLANUEVA, A., & BISHOP, D. (2011). Repeated-sprint ability part I: Factors contributing to fatigue. In *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.2165/11590550-000000000-00000>

GRAHAM, H. K. *et al.* Cerebral palsy. *Nature Reviews Disease Primers*, 2, p. 15082, Jan 7 2016.

GRAHAM, H. K. *et al.* Cerebral palsy. *Nature Reviews Disease Primers*, 2, p. 15082, Jan 7 2016.

GROFF, D. G.; LUNDBERG, N. R.; ZABRISKIE, R. B. Influence of adapted sport on quality of life: perceptions of athletes with cerebral palsy. *Disability Rehabilitation*, 31, n. 4, p. 318-326, 2009.

HANSEN, C. (a) *Petra & Cross Runner*. Manual Edition: ENG 2015.

HANSEN, C. (b) 2015. "RaceRunning Unites Movement, Perception and Cognition in the Personal Development Zone." *Developmental Medicine & Child Neurology* 57:14–14.

HANSEN. Adaptive equipment for sport and mobility. Disponível em <<https://by-conniehansen.com/>>. Acesso em 08 de agosto de 2021.

HJALMARSSON, E. *et al.*. (2020). RaceRunning training improves stamina and promotes skeletal muscle hypertrophy in young individuals with cerebral palsy. *BMC Musculoskeletal Disorders*. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03202-8>

HOOFDWIJK, M.; UNNITHAN, V.; & BAR-OR, O. (1995). Maximal treadmill performance of children with cerebral palsy. *Pediatric Exercise Science*, 7, 305–313.

HUTTON, J.L.; PRAROAH, P.O.D. (2006). Life expectancy in severe cerebral palsy. In *Archives of Disease in Childhood*. <https://doi.org/10.1136/adc.2005.075002>

HUTZLER, Y. *et al.* (2010). Wheel-assisted running training in children with cerebral palsy: A controlled clinical trial. *Assistive Technology Research Series*. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-080-3-369>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cnae.ibge.gov.br/en/component/content/article/95-7a12/7a12-vamos-conhecer-o-brasil/nosso-povo/16066-pessoas-com-deficiencia.html>. Acesso em: 19 de junho de 2022.

IDE, B. N. (2013). A velocidade nos esportes. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia Do Exercício*. São Paulo, v.7, n.41, p.542-546. Set/Out. 2013. ISSN 1981-9900.

IPC. International Paralympic Committee, som er handicapidrættens Internationale Olympiske Committee (IOC). Disponível em <https://www.paralympic.org/>. Acesso em 01 de novembro de 2021.

IPC. International Paralympic Committee. Athletics Classification Project for Physical Impairments: Final Report - Stage 1 107 p. 2010.

JENSEN, M.H. The classification system. Separata de: Gaarsted B et al. *Coach's Manual: RaceRunning*. Parasport Denmark, 2017.

JOHNSTON, T.E. *et al.* (2004). Energy cost of walking in children with cerebral palsy: Relation to the Gross Motor Function Classification System. *Developmental Medicine and Child Neurology*. <https://doi.org/10.1017/S0012162204000064>

KYEDALEN, I.L. *et al.* (2019). Associations between gait speed and well-known fall risk factors among community-dwelling older adults. *Physiotherapy Research International*. <https://doi.org/10.1002/pri.1743>

LIMA, G. B. *et al.* Time-Trial Performance of Para-Cycling Athletes With Visual Impairment in Tandem Competitions: A Retrospective Analysis of 20 Yrs. *Am J Phys Med Rehabil* 2021;100:1190–1195. DOI: 10.1097/PHM.0000000000001817

LOTURCO, I. *et al.* Performance changes and relationship between vertical jump measures and actual sprint performance in elite sprinters with visual impairment throughout a Parapan American games training season. *Frontiers Physiology*, 6, p. 323, 2015.

MALTAIS, D. B. *et al.* (2010). Factors related to physical activity in adults with cerebral palsy may differ for walkers and nonwalkers. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 89, 584–597.

MANN, R. *The Mechanics of Sprinting and Hurdling*: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2011.

MASSAAD, F., Lejeune, T. M. and Detrembleur, C. (2010). Reducing the energy cost of hemiparetic gait using center of mass feedback: a pilot study. *Neurorehabil. Neural Repair* 24, 338-347. doi:10.1177/1545968309349927

MCINTYRE, S. *et al.* A systematic review of risk factors for cerebral palsy in children born at term in developed countries. *Dev Med Child Neurol.* 2013;55(6):499-508. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12017>

MIYASHITA, M. *et alii.* Analysis of running pattern in relation to speed. *Medicine and Sport*, v.8, p.342-48, 1973.

MINETTI, A. E., PINKERTON, J., & ZAMPARO, P. (2001). From bipedalism to bicyclism: Evolution in energetics and biomechanics of historic bicycles. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences.* <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1662>

MUKHERJEE, S. & GAEBLER-SPIRA, D.J. Cerebral palsy. In: Braddom RL, editor. *Physical Medicine & Rehabilitation*. China: Elsevier Inc; 2007. pp. 1243-67.

MURRAY, M. P.; KORY, R. C. and CLARKSON, B. H. 1969. "Walking Patterns in Healthy Old Men." *Journal of Gerontology* 24(2):169–78.

NAKAZAWA, K. *et al.* "Paralympic Brain". Compensation and Reorganization of a Damaged Human Brain with Intensive Physical Training. *Sports (Basel)*, 8, n. 4, Apr 7 2020.

NIELSEN, L. The classification system. Separata de: Gaarsted B *et al.* *Coacher's Manual: RaceRunning*. Parasport Denmark, 2017.

NOVACHECK, T.F.. The biomechanics of running. *Gait Posture*. 1998;7(1):77-95.

NOVAK I., Hines M, Goldsmith S. & Barclay R. (2012) Clinical Prognostic Messages from a Systematic Review on Cerebral Palsy, *Pediatrics*, 130:5

SANKAR, C. & MUNDKUR, N. Cerebral palsy-definition, classification, etiology and early diagnosis. *Indian J Pediatr* 2005;72:865-868.

PAKULA, A.T. VAN NAARDEN BRAUN, K.; YEARGIN-ALLSOPP, M. Cerebral Palsy: classification and epidemiology. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2009;20(3):425-52. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2009.06.001>

PALISANO, R. *et al.* *Gross Motor Function Classification System. Expanded and Revised*. Hamilton, ON: McMaster University, 2007.

PAULSON, T, GOOSEY-TOLFREY, V. Current Perspectives on Profiling and Enhancing Wheelchair Court Sport Performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12(3):275-286. doi:10.1123/ijsp.2016-0231

PEIXOTO *et al.* Características epidemiológicas da paralisia cerebral em crianças e adolescentes em uma capital do nordeste brasileiro. *Fisioter. Pesqui*. 27 (4); Oct-Dec 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/20012527042020>

PINTO, T. P. S.; FONSECA, S. T.; GONCALVES, R. V.; SOUZA, T. R. *et al.* Mechanisms contributing to gait speed and metabolic cost in children with unilateral cerebral palsy. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 22, n. 1, p. 42-48, Jan - Feb 2018.

POPE, C.; SHERRILL, C.; WILKERSON, J.; PYFER, J. Biomechanical Variables in Sprint Running of Athletes with Cerebral Palsy. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 10, n. 3, p. 28, 1993.

PYANZIN, A. *et al.* Specifics in running kinematics developed by Pose Method in disabled sprinters with cerebral palsy. *Int J Therapy Rehabil* 2012; 19(9):521–525

REINA, R. *et al.* (2020). Evaluation of the bilateral function in para-athletes with spastic hemiplegia: A model-based clustering approach. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(8), 710–714. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.01.003>

RIMMER, J.H., *et al.* 2004. “Physical Activity Participation among Persons with Disabilities: Barriers and Facilitators.” *American Journal of Preventive Medicine*

ROCHA et al. (2019) Desenvolvimento da marcha em paralímpicos cerebrais através do treino da pedra. VII Seminário internacional e XI curso de capacitação técnica da Ande, Rio de Janeiro, RJ (2019). ISBN: 978-85-99688-47-2

ROSS, A., LEVERITT, M., & RIEK, S. (2001). Neural influences on sprint running training adaptations and acute responses. In *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131060-00002>

ROSS, S. A. *et al.* (2017). Effects of Participation in Sports Programs on Walking Ability and Endurance over Time in Children with Cerebral Palsy. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000767>

RUNCIMAN, P. *et al.* Athletes with Brain Injury Athletes with Brain Injury Pathophysiologic and Medical Challenges. *Phys Med Rehabil Clin NA*. 2018; 29(2):267-281. <https://doi:10.1016/j.pmr.2018.01.004/>

RUNCIMAN P. *et al.* Effects of exercise training on performance and function in individuals with cerebral palsy: A critical review. *South African J Res Sport Phys Educ Recreat*. 2016;38(3):177-193.

RYAN, J. M. *et al.* 2017. “Exercise Interventions for Cerebral Palsy.” Cochrane Database of Systematic Reviews.

RYAN, J. *et al.* (2020). Effect of RaceRunning on cardiometabolic disease risk factors and functional mobility in young people with moderate-to-severe cerebral palsy: protocol for a feasibility study. *BMJ Open*. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-036469>

SANKAR, C. & MUNDKUR, N. Cerebral palsy-definition, classification, etiology and early diagnosis. *Indian J Pediatr* 2005;72:865-868.

SANTOS, S. G. Métodos e Técnicas de Pesquisa Quantitativa Aplicada à Educação Física. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2011. 240 p.

SCHIE, P. *et al.* Racerunning: fitness, friends, family and fun! (2015). *Developmental Medicine & Child Neurology*. https://doi.org/10.1111/dmcn.12778_57

SHAFIZADEH, M. THEIS, N.; DAVIDS, K. (2019). Locomotor Adaptations During RaceRunning in People With Neurological Motor Disorders. *Adapted Physical Activity Quarterly*. <https://doi.org/10.1123/apaq.2018-0155>

SHIMAKURA, S. E. (2006), Interpretação do coeficiente de correlação. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>>. Acesso em 29 de junho de 2022.

SILVA, J.P.V. *et al.* Petra Racerunning: uma experiência na educação física escolar. *Revista Aleph*. ISSN 1807-6211. Julho. 2021. Nº Especial.

SILVESTRE, O.F. *et al.* Perfil antropométrico e somatotipológico de atletas de petra. VI Congresso Internacional e X Curso de Capacitação Técnica, Rio de Janeiro, RJ (2018). ISBN: 978-85-99688-39-7.

SLAWINSKI, J., BONNEFOY, A., LEVEQUE, J.M., *et al.* Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *J Strength Cond Res*

2010; 24(4):896–905. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ad3448> [Published Online First: 26 November 2009].

SLAWINSKI, J., HOUEL, N., BONNEFOY-MAZURE, A. *et al.* Mechanics of standing and crouching sprint starts. *J Sports Sci* 2017; 35(9):858–865. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2016.1194525> [Published Online First: 15 June 2016].

STEPHENSON, B.T. *et al.* Physiology of Handcycling: A Current Sports Perspective. *Scand J Med Sci Sports*. 2020;(September). doi:10.1111/sms.13835

TWEEDY, S. M.; CONNICK, M. J.; & BECKMAN, E. M. (2018). Applying Scientific Principles to Enhance Paralympic Classification Now and in the Future: A Research Primer for Rehabilitation Specialists. In *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.01.010>

TWEEDY, S. M. and VANLANDEWIJCK, Y. C. 2011. “International Paralympic Committee Position Stand-Background and Scientific Principles of Classification in Paralympic Sport.” *British Journal of Sports Medicine*.

VAN DEN HECKE, A., Malghem, C., Renders, A., Detrembleur, C., Palumbo, S. and Lejeune, T. M. 2007. “Mechanical Work, Energetic Cost, and Gait Efficiency in Children with Cerebral Palsy.” *Journal of Pediatric Orthopaedics*.

VAN DER LINDEN, M. L. *et al.* (2020). Cluster analysis of impairment measures to inform an evidence-based classification structure in RaceRunning, a new World Para Athletics event for athletes with hypertonia, ataxia or athetosis. *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1860360>

VAN DER LINDEN, M. L. *et al.* (2018). The influence of lower limb impairments on RaceRunning performance in athletes with hypertonia, ataxia or athetosis. *Gait and Posture*. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.02.004>

VAN GORP, M. *et al.* (2018). Activity performance curves of individuals with cerebral palsy. *Pediatrics*. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-3723>

VERSCHUREN, O. *et al.* Exercise and Physical Activity Recommendations for People with Cerebral Palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2016 August ; 58 (8): 798–808. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13053>

VERSCHUREN, O. & TAKKEN, T. (2010). Aerobic capacity in children and adolescents with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 31, 1352–1357.

WALDEN, F.V. *et al.* (2018). Racercunning training for 12 weeks improves aerobic capacity in adolescents and young adults with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1111/dmcn.13790>

WEYAND, PG; STERNLIGHT, DB; BELLIZZI, MJ *et al.* Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *J Appl Physiol* (1985) 2000;89(5):1991–1999.

ZATSIORSKY, VM, IOC Medical Commission, International Federation of Sports Medicine. *Biomechanics in sport: performance enhancement and injury prevention*. Oxford/Malden: Blackwell Science; 2000.

APÊNDICE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MECÂNICA E ENERGÉTICA DA LOCOMOÇÃO NA PETRA E SUAS RELAÇÕES COM O DESEMPENHO

Pesquisador: Gabriela Fischer

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 27695519.0.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.910.962

Apresentação do Projeto:

O presente projeto trata-se do mestrado em Educação Física de Lucas de Assis Voltolini, sob orientação de Gabriela Fischer. A Petra é um equipamento que possui três rodas, selim, apoio de tronco e guidão que permite a locomoção assistida de forma independente para pessoas com limitações de movimentos nos membros inferiores. Dentre estas, destacam-se as pessoas com Paralisia Cerebral (PC). Este projeto é referente a pesquisa a ser realizada com 30 sujeitos, sendo 15 pessoas com PC e 15 sem PC, em idade universitária, da cidade de Florianópolis//SC, ao qual visa analisar a mecânica e energética da locomoção na Petra e suas relações com o desempenho. A pesquisa consiste em 4 dias, com 72 horas de intervalo entre cada etapa e a ordem dos sujeitos será randomizada. A etapa 1 compreenderá nos ajustes posturais e na familiarização dos sujeitos na Petra. Nas etapas 2 e 3 os participantes irão realizar os testes de desempenho de 100 m e de 6 minutos. E, finalmente na etapa 4, será aplicado o protocolo de custo energético em velocidades submáximas, onde serão registradas as variáveis espaço temporais, estabilidade dinâmica e a pressão plantar. Serão também registradas as variáveis fisiológicas, biomecânicas, de caracterização e de controle.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Analisar a mecânica e a energética da corrida na Petra de pessoas com e sem paralisia cerebral em

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401	
Bairro: Trindade	CEP: 88.040-400
UF: SC	Município: FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094	E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 3.910.962

diferentes velocidades de deslocamento e as suas relações com o desempenho.

Objetivo Secundário:

Determinar e comparar o custo energético, variáveis espaço-temporais, pressão plantar média e máxima, estabilidade dinâmica, e verificar a correlação das variáveis mecânicas e energéticas com o desempenho de corrida de 100 m da corrida na Petra de pessoas com e sem paralisia cerebral em diferentes velocidades.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos relacionados com a participação referem-se a algum possível desconforto gerado pelo esforço máximo, submáximo dos testes e do selim da Petra. Além disso os sujeitos poderão sentir desconforto na região torácica devido ao posicionamento na Petra e desconforto nos membros inferiores devido a fadiga periférica decorrente da especificidade. Existe a possibilidade de os sujeitos da pesquisa caírem da PRR quando estiverem correndo. Para isso é necessário que sigam todas as orientações informadas pelo avaliador durante a etapa de familiarização e antes dos testes na segunda, terceira e quarta etapa. Apesar de todo o cuidado com a confidencialidade, há sempre o risco de quebra de sigilo, ainda que involuntário e não intencional. Sendo assim, você receberá um código que será utilizado em seu questionário e sua identidade não será revelada, sendo sigilosamente preservada. As informações fornecidas serão administradas unicamente pelos pesquisadores, e serão arquivadas durante cinco (05) anos. Passado esse período, todos os registros de suas informações serão definitivamente descartados. Neste sentido, esclarecemos que caso os sujeitos tenham algum prejuízo material e imaterial em decorrência da pesquisa, poderão solicitar indenização, de acordo com a legislação vigente e amplamente substanciada. Ainda, poderão desistir a qualquer momento da participação na pesquisa, sem ter que apresentar qualquer justificativa e não terão nenhum prejuízo em decorrência disso. Nenhum pagamento adicional será dado para participar deste estudo. O projeto segue as disposições da resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, respeitando o indivíduo e suas coletividades através dos referenciais básicos da bioética, que asseguram os direitos e deveres que dizem respeito à comunidade científica, aos participantes da pesquisa e ao Estado. A participação não gerará custos aos sujeitos, os custos de traslado para as avaliações serão arcados pelo pesquisador principal, quando necessário.

Benefícios:

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 3.910.962

Com a pesquisa, os sujeitos estarão contribuindo para a produção de conhecimento e para melhor compreensão a respeito da mecânica e energética da locomoção na Petra.

Os resultados desse trabalho vão servir de referência para próximos estudos que investigarem a prática desta recente modalidade, ajudando difundir o conhecimento como área da locomoção e do esporte paralímpico. Além do mais, o estudo poderá ser apresentado em congressos ou publicados em revistas científicas, no entanto serão apresentados somente os resultados obtidos referentes a pesquisa como um todo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pode contribuir para o conhecimento generalizável sobre o tema.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados

Recomendações:

Destaca-se que a apresentação dos dados utilizados para cálculo do tamanho amostral encontra-se incompleta, uma vez que o leitor deve ter acesso às médias e desvios padrões utilizados para determinação do tamanho amostral ou às diferenças esperadas. Sugere-se que, nos próximos trabalhos, os dados sejam apresentados de forma mais completa para facilitar a compreensão.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Considerando que toda a documentação está adequada, este CEP é favorável à aprovação do projeto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1399551.pdf	10/02/2020 12:26:52		Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA.pdf	10/02/2020 12:25:14	Lucas de Assis Voltolini	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DE_PESQUISA_LAV_verso_2.pdf	10/02/2020 12:22:02	Lucas de Assis Voltolini	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLE_versao_2.pdf	10/02/2020 12:21:15	Lucas de Assis Voltolini	Aceito

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 3.910.962

Ausência	TCLE_versao_2.pdf	10/02/2020 12:21:15	Lucas de Assis Voltolini	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_versao_2.pdf	10/02/2020 12:19:38	Lucas de Assis Voltolini	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	19/12/2019 14:16:25	Lucas de Assis Voltolini	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_instituicao.pdf	19/12/2019 14:15:23	Lucas de Assis Voltolini	Aceito
Outros	FICHA_COLETA_DADOS.pdf	12/12/2019 11:33:43	Lucas de Assis Voltolini	Aceito
Outros	QUESTIONARIO_IPAQ.pdf	12/12/2019 11:32:45	Lucas de Assis Voltolini	Aceito
Outros	ANAMNESE_PARQ.pdf	12/12/2019 11:32:09	Lucas de Assis Voltolini	Aceito
Outros	ANAMNESE_PC.pdf	12/12/2019 11:29:42	Lucas de Assis Voltolini	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	12/12/2019 11:26:49	Lucas de Assis Voltolini	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANOPOLIS, 11 de Março de 2020

Assinado por:
Maria Luiza Bazzo
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br