UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS

FREDERICO DEPONTI BRASIL

INTERFERÊNCIA COGNITIVA-MOTORA NA CORRIDA: EFEITOS SOBRE A CINEMÁTICA DE CORREDORES E NÃO CORREDORES

Uruguaiana
2024

FREDERICO DEPONTI BRASIL

INTERFERÊNCIA COGNITIVA-MOTORA NA CORRIDA: EFEITOS SOBRE A CINEMÁTICA DE CORREDORES E NÃO CORREDORES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação Multicêntrico em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Fisiológicas.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Pivetta Carpes
Coorientador: Dr. Marcos Roberto Kunzler

URUGUAIANA
2024

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

B823i Brasil, Frederico Deponti
Interferência cognitiva-motora na corrida: efeitos sobre a cinemática de corredores e não corredores / Frederico Deponti Brasil.
95 p.

Dissertação(Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa, MESTRADO EM CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS, 2024.
"Orientação: Felipe Pivetta Carpes".

1. Corrida. 2. Tarefa cognitiva. 3. Desempenho. 4. Cinemática. 5. Biomecânica . I. Título.

FREDERICO DEPONTI BRASIL

INTERFERÊNCIA COGNITIVA-MOTORA NA CORRIDA: EFEITOS SOBRE A CINEMÁTICA DE CORREDORES E NÃO CORREDORES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Multicêntrico de Pós-graduação em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Fisiológicas, Área de concentração: Fisiologia.

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 26 de fevereiro de 2024.

Banca examinadora:

_____

Prof. Dr. Felipe Pivetta Carpes
Presidente / Orientador
UNIPAMPA, Uruguaiana, RS, Brasil

_____

Prof. Dra. Eliane Guadagnin
Biocinética São Paulo, SP, Brasil

_____

Prof. Dr. Marcos Franken
URI Santiago, RS, Brasil

Assinado eletronicamente por **FELIPE PIVETTA CARPES**, **PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/03/2024, às 15:21, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1406885** e o código CRC **84B77CB2**.

AGRADECIMENTOS

Dois anos se passaram e hoje estou aqui refletindo sobre os meus agradecimentos da minha dissertação de mestrado. Tudo se passou tão rápido que com certeza faltará menções a pessoas que foram úteis e de alguma forma lembrarei com muito carinho através desse ciclo que se termina. Logo, algumas menções precisam ser retratadas através de palavras, pois foram essenciais na minha vida pessoal e profissional.

O Prof. Felipe, começo agradecendo a você, pois você abriu as portas para que eu pudesse realizar um sonho, um sonho que, com toda certeza, só foi possível com a sua ajuda, seu apoio, seus ensinamentos, suas virtudes e por ser um pai para mim, sempre me acolheu, me mostrou o caminho correto e hoje podemos desfrutar desse momento.

Marcos e Conrado, duas pessoas iluminadas, estiveram ao meu lado, apoiando-me, ajudando-me, sendo conselheiros profissionais e foram extremamente essenciais para que o meu sonho pudesse ser realizado. Vocês são incríveis, suas qualidades com certeza muitas pessoas reconhecem. Estou aqui para agradecer do fundo do meu coração por todos os ensinamentos e conselhos durante esse ciclo do mestrado.

Aos meus colegas do grupo em Neuromecânica Aplicada, que alegria poder compartilhar de diversos momentos com vocês, principalmente de sorrisos e recordações que levarei para sempre comigo. Todos vocês, sem exceção, foram essenciais na minha vida. Agradeço muito aos pós-graduandos, os que sempre se doaram, estiveram comigo, me apoiando para que eu pudesse realizar o meu sonho.

Pai e mãe, quis o destino que me levasse a Uruguaiana, quis o destino que eu retornasse para uma cidade onde, em um determinado momento das nossas vidas,

nos arrancou lágrimas, mas hoje, hoje é de muita alegria. Pai e mãe, não se enganem, mas a distância muitas vezes maltratava, lágrimas escorriam no meu rosto de saudade, mas hoje tudo, tudo valeu a pena, cada esforço, cada sacrifício, cada viagem. Vocês fazem parte dessa conquista mais do que nunca, porque se não fosse por vocês, nada disso teria acontecido. Obrigado pela vida, eu amo muito vocês.

Pietra, minha filha, meu anjo, quanta gratidão pela tua existência na minha vida. Filha, se tu soubesses o quanto tu me inspiraste a partir de dezembro de 2015, as coisas aconteceram tudo muito rápido, as responsabilidades se duplicaram, triplicaram, mas eu sempre quis, desde o ventre da tua mãe, demonstrar o verdadeiro valor de um pai, assim como eu recebi do teu avô. Estou aqui, filha, comemorando a vida, você é minha luz e a minha inspiração. Eu vivo os meus sonhos por nós e sempre estarei do teu lado, perto ou longe, mas sempre te amando e querendo que o teu futuro seja lindo.

Por fim, amigos e demais familiares, aqueles fiéis e leais a mim, vocês também fazem parte dessa conquista. Eu amo cada um que sentou comigo, conversou, olhou nos meus olhos, me desejou bem. Jamais vou esquecer de vocês, independentemente de onde eu estiver.

Com carinho,

Fred

“Vamos viver nossos sonhos, temos tão pouco tempo”.

Chorão

RESUMO

A interferência cognitivo-motora refere-se ao impacto que tarefas cognitivas podem ter sobre a execução da atividade motora envolvida. No esporte de corrida, por exemplo, praticantes são expostos continuamente a tarefas cognitivas secundárias, onde o foco de atenção se divide, podendo alterar sensivelmente a biomecânica do movimento. Buscamos aqui investigar como uma condição de interferência cognitiva age na corrida de praticantes e não praticantes desse esporte. Nosso principal objetivo é determinar se a interferência cognitivo-motora modifica a cinemática da corrida em pessoas com diferentes níveis de experiência. Participaram do estudo 15 corredores (praticantes de corrida com experiência, idade 31,9 ± 5,3 anos, massa corporal 72,3 ± 7,9 kg, estatura 1,70 ± 0,05 m) e 15 não corredores (sem experiência prática regular de corrida, idade 23,9 ± 2,6 anos, massa corporal 77,5 ± 9,1 kg, estatura 1,74 ± 0,05 m). Os participantes realizaram uma sessão de corrida em esteira ergométrica, com e sem interferência cognitivo-motora. Na sessão com interferência, os participantes responderam uma tarefa de *Stroop*, com palavras e cores congruentes e incongruentes, enquanto corriam. Cada sessão de corrida, seguiu um protocolo em sequência randomizada, com velocidades fixas de 7, 9 e 11 km/h, com coleta de dados cinemáticos. Nossos principais achados envolvem i) uma cinemática de corrida na esteira similar entre corredores e não corredores, ii) efeitos bastante consistentes da velocidade sobre a cinemática da corrida, com diferenças entre corredores e não corredores observadas pontualmente para o tornozelo, e iii) efeitos da condição de dupla tarefa em variáveis e instantes pontuais do ciclo da corrida, principalmente no tornozelo, e que pode sugerir um efeito da dupla tarefa sobre o posicionamento do pé na esteira, que parece aumentar com o aumento da velocidade. Como desfecho, entendemos que uma condição de interferência cognitivo-motora baseada na tarefa de *Stroop* possui poucos efeitos sobre a cinemática de corredores com diferentes níveis de experiência, sendo recomendado uma avaliação mais detalhada da cinemática do tornozelo. De forma prática, isto sugere que durante avaliações biomecânicas em laboratório, situações ambientais podem não afetar de forma significativa a técnica da corrida.

Palavras-Chave: corrida, tarefa cognitiva, desempenho, cinemática, biomecânica.

ABSTRACT

Cognitive-motor interference refers to the impact cognitive tasks can have on the execution of the involved motor activity. In running sports, for example, practitioners are continuously exposed to secondary cognitive tasks, where attention is divided, potentially altering movement biomechanics significantly. Here, we aim to investigate how a condition of cognitive interference affects the running of both practitioners and non-practitioners of this sport. Our main objective is to determine whether cognitive-motor interference modifies the running kinematics in individuals with different levels of experience. The study involved 15 runners (experienced runners, aged 31.9 ± 5.3 years, body mass 72.3 ± 7.9 kg, height 1.70 ± 0.05 m) and 15 non-runners (without regular running experience, aged 23.9 ± 2.6 years, body mass 77.5 ± 9.1 kg, height 1.74 ± 0.05 m). Participants performed treadmill running sessions, with and without cognitive-motor interference. In the interference session, participants responded to a Stroop task with congruent and incongruent words and colors while running. Each running session followed a randomized sequence protocol, with fixed speeds of 7, 9, and 11 km/h, with kinematic data collection. Our main findings include i) similar treadmill running kinematics between runners and non-runners, ii) consistent effects of speed on running kinematics, with differences between runners and non-runners observed sporadically for the ankle, and iii) effects of dual-task condition on specific variables and instances of the running cycle, mainly at the ankle, suggesting an effect of dual-task on foot positioning on the treadmill, which seems to increase with speed. As a conclusion, we understand that a cognitive-motor interference condition based on the Stroop task has few effects on the kinematics of runners with different levels of experience, suggesting a more detailed evaluation of ankle kinematics. Practically, this suggests that environmental conditions may not significantly affect running technique during biomechanical assessments in the laboratory.

Keywords: Running, cognitive task, performance, kinematics, biomechanics

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho experimental do estudo, de acordo com as avaliações realizadas. 38

Figura 2 – Esteira motorizada empregada nas avaliações do protocolo de corrida. 40

Figura 3 – Ilustração da formatação das palavras apresentadas na tarefa de Stroop.....42

Figura 4 – Posicionamento e nomenclatura dos marcadores para captura de movimento 3D.....43

Figura 5 – Comportamento angular do quadril, joelho e tornozelo durante o ciclo de passada na corrida para os planos sagital (X), frontal (Y) e transverso (Z) em corredores e não corredores na condição controle, nas diferentes velocidades.....60

Figura 6 – Comportamento angular do quadril, joelho e tornozelo durante o ciclo de passada na corrida para os planos sagital (X), frontal (Y) e transverso (Z) nas condições controle e dupla tarefa, nas diferentes velocidades.....62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis teóricas e operacionais consideradas neste estudo.....45

Tabela 2 – Características dos corredores e não corredores.....47

Tabela 3 – Valores das percepções de esforço em diferentes velocidades, nos grupos dos corredores e não corredores.....47

Tabela 4 – Resultados da tarefa de Stroop para o grupo dos corredores e não corredores no protocolo de interferência cognitivo-motora.....47

Tabela 5 – Resultados dos valores médios, desvios padrão e anova – valor de p, F e np2 – das variáveis espaço temporais dos grupos dos corredores e não corredores em relação ao efeito do grupo, velocidade e interação entre o grupo e velocidade.....50

Tabela 6 – Resultados dos valores médios, desvio padrão e anova – valor de p, F e np2 - das variáveis espaço temporais em relação a condição controle e a presença da dupla tarefa.....51

Tabela 7 – Resultados dos valores médios, desvio padrão e efeito da anova – valor de p, F e np2 – das amplitudes de movimento, em graus) nas articulações do quadril, joelho e tornozelo nos planos sagital, frontal e transverso, de corredores e não corredores.....54

Tabela 8 – Resultados dos valores médios, desvio padrão e efeito da anova – valor de p, F e np2 - das amplitudes de movimento (em graus) nas articulações do quadril, joelho e tornozelo nos planos sagital, frontal e transverso, na condição controle e o efeito da dupla tarefa na corrida.....56

SUMÁRIO

1. Introdução.....14
1.1 Qualificação Do Tema 14
1.2 Delimitação Do Tema.....19
1.3 Objetivos.....21
1.3.1 Objetivo Geral.....21
1.3.2 Objetivo Específico 21
1.4 Hipóteses.....22
2. Revisão De Literatura.....23
2.1 Materiais e Métodos.....23
2.2 Corrida De Rua.....23
2.3 Cinemática Da Corrida.....25
2.3.1 Cinemática Linear Da Corrida.....26
2.3.2 Cinemática Angular Da Corrida 28
2.4 Interferência Cognitiva-Motora 32
2.5 Análise crítica da literatura 35
3. Materiais E Métodos.....37
3.1 Participantes 37
3.2 Desenho Experimental.....38
3.3 Anamnese E Avaliação Antropométrica..... 39
3.4 Protocolo De Corrida 39
3.5 Protocolo De Interferência Cognitivo-Motora.....40
3.6 Avaliação Cinemática Tridimensional.....42
3.7 Variáveis De Interesse..... 45
3.8 Análise Dos Dados.....45
4. Resultados.....47
4.1 Caracterização Dos Participantes 47
4.2 Desempenho Cognitivo 47
4.3 Cinemática Linear Da Corrida 49
4.4 Cinemática Angular Da Corrida 52
5. Discussão 62
6. Considerações Finais..... 67
7. Referências.....68
8. Apêndices e Anexos.....87

1 INTRODUÇÃO

1.1 QUALIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A corrida de rua é um dos esportes mais praticados no mundo (Nikolaidis et al., 2018), principalmente devido aos baixos custos para sua prática e aos benefícios à saúde (Kozlovskaia et al., 2019). Neste sentido, as adaptações que a prática da corrida de rua causa aos praticantes são inúmeras, desde melhora em características cardiovasculares, aumento da força e resistência muscular, e contribuição para controle da massa corporal (Nero, 2019). Além disso, o hábito de praticar corrida de rua pode ter diversos efeitos positivos sobre a saúde mental dos praticantes (Markotić et al., 2020).

A corrida de rua também tem um contexto competitivo frequente, seja em competições amadoras ou profissionais. Nesse sentido, uma análise abrangente do desempenho na corrida pode ser feita pela análise da capacidade do praticante percorrer uma determinada distância no menor tempo possível (Matthiesen, 2007). Embora o tempo seja um parâmetro objetivo, e de relativo fácil monitoramento, o desempenho para um melhor tempo requer adequada suplementação de energia (Daniels, 1985), assim como adequada eficiência (Kelly et al., 2008). Esses são aspectos do desempenho que se relacionam também com características da técnica de execução do movimento, envolvendo tanto aspectos biomecânicos, quanto fisiológicos (Moore, 2016).

A experiência com a prática de corrida parece ser um fator modulador do desempenho. Isso porque quando comparamos o desempenho da corrida entre praticantes de diferentes níveis, percebemos importantes diferenças fisiológicas e

biomecânicas. Dentre as diversas variáveis, podemos citar: o consumo máximo de oxigênio, velocidade de consumo máximo de oxigênio, economia de corrida (F. Li et al., 2021), todos maiores em corredores mais experientes, além do fato que os níveis de concentração de lactato sanguíneo em resposta a carga de exercício são maiores em corredores menos experientes (Conley & Krahenbuhl, 1980; Mooses et al., 2013; Alvero-Cruz et al., 2020).

Sob o ponto de vista biomecânico, corredores mais velhos apresentam padrões de coordenação alterados durante o apoio intermediário, sugerindo possíveis adaptações biomecânicas protetoras, com potenciais repercussões no desempenho atlético dessa faixa etária (Harrison et al., 2019). Em outro estudo, corredores experientes pareceram reduzir a variabilidade no movimento quando correndo em intensidades de 80%, 100% e 120% de sua velocidade preferida por 10 min em comparação aos não corredores (Nakayama et al., 2010). Além disso, existem mudanças biomecânicas que aumentam o risco de lesões por aumentar a sobrecarga mecânica sobre as estruturas corporais em praticantes de corrida de rua de diferentes níveis, como o que ocorre quando há aumento da rotação interna do quadril (Boling et al., 2009; Ferber et al., 2010), aumento da adução do quadril (Ferber et al. 2010; Noehren et al., 2007), aumento da rotação interna do joelho (Ferber et al., 2010; Noehren et al., 2007) e aumento da pronação do tornozelo (Willems et al., 2007). Parâmetros espaço-temporais também são sensíveis ao nível de experiência dos corredores. Em corredores treinados, observa-se maiores valores de frequência de passada e menor comprimento de passada do que em corredores não treinados, se exercitando nas mesmas velocidades (de Ruiter et al., 2014; Gómez-Molina et al., 2017).

A maior exposição a fatores de risco de lesões também pode ser associada com a experiência em corrida de rua (Buist et al., 2010), e outros fatores, como maior quilometragem semanal, lesões anteriores e motivação para treinamento competitivo (Marti et al., 1988). Corredores novatos correm maior risco de lesões em comparação com corredores experientes, com maior incidência de lesões relacionadas à corrida e tendência a exigir mais atenção médica (Kemler et al., 2018). Os fatores de risco para lesões relacionadas a corrida em corredores novatos incluem idade avançada, IMC mais elevado, dores musculoesqueléticas anteriores não atribuídas a esportes e nenhuma experiência anterior de corrida (Kluitenberg et al., 2015). O joelho, tornozelo e a perna são as áreas mais comumente afetadas, sendo as mulheres mais propensas a lesões nos joelhos (Francis et al., 2019).

Enquanto muitos destes efeitos da experiência sobre o desempenho e situações que aumentam a exposição a fatores de risco de lesão tenham um aspecto mais crônico, existem alguns parâmetros que podem ter efeitos agudos na fisiologia e na biomecânica da corrida. Correr é um movimento altamente automatizado, exigindo um baixo nível de controle neural (Dimitrijevic et al., 1998; Morton & Bastian, 2004), mas existem fatores de interferência que podem perturbar esses padrões. Existem situações mais difíceis de controlar durante um evento esportivo, como a ansiedade que pode afetar os padrões de movimento (Gage et al., 2003). Por outro lado, existem condições de interferência que podem ser impostas a um corredor, como o caso de interferência cognitiva, as quais podem até mesmo serem planejadas durante uma sessão de treinamento. Por exemplo, uma das possibilidades que a literatura traz é que quando corredores tiveram que buscar desempenho em termos de correr a maior distância possível em um intervalo de tempo enquanto deviam lembrar palavras, a

condição de dupla tarefa influenciou negativamente a resposta da tarefa cognitiva, mas não a distância percorrida (Epling et al., 2016).

Adicionalmente, distrações visuais durante a corrida foram associadas a menor efetividade na absorção de impactos na corrida (Cheung et al., 2018), o que interessantemente foi corrigido com um treino de feedback, sugerindo que talvez a experiência com a tarefa motora possa mediar os efeitos de uma distração. A estabilidade na corrida também pode ser afetada pela condição de dupla tarefa (Walsh, 2021). Isto sugere que as demandas específicas das tarefas, bem como a alocação de recursos cognitivos, desempenham um papel significativo no desempenho da dupla tarefa por corredores (Donk & Sanders, 1989). Sendo assim, o paradigma da dupla tarefa permite avaliar o efeito de dividir a atenção durante a realização de tarefas simultâneas no desempenho motor (Bridenbaugh & Kressig, 2011; Brown, 1978).

A dupla tarefa tem efeitos no desempenho de tarefas de locomoção. Na marcha, por exemplo, a dupla tarefa pode acarretar maiores assimetrias na passagem por obstáculos em idosos (Guadagnin et al., 2015), assim como reduzir a velocidade (Lajoie et al., 1993). Na corrida, a dupla tarefa envolvendo música pode acarretar aumento das forças de impacto para alguns participantes (Manca et al., 2020), assim como mudar características cinemáticas associadas com a absorção de impacto (Malinzak et al., 2001). Dessa forma, a dupla tarefa pode acarretar alterações no movimento, assimetrias e variabilidade, que são aspectos que afetam não apenas o desempenho, mas também fatores de risco para lesões.

Três modelos teóricos ajudam a explicar como ocorre a interferência de dupla tarefa em uma atividade especifica, sendo elas (1) a teoria da capacidade ou compartilhamento de recursos (*the capacity model*), propondo que a limitação em

recursos atencionais leva a prejuízos na execução de uma ou ambas as tarefas. A interferência também pode ser explicada pela (2) teoria da comunicação cruzada (*the cross-talk model*), em que o efeito da dupla tarefa é diminuída quando as tarefas são semelhantes e usam as mesmas vias de processamento de informação, e (3) pela teoria do gargalo (*the bottleneck model*) em que, em oposição à teoria da comunicação cruzada, afirma que por disputarem vias de processamento, haverá prejuízo na realização de uma ou das duas tarefas desenvolvidas concomitantemente (Kalron et al., 2010).

Contudo, não parece claro qual o nível de influência que a especialidade na tarefa motora tem sobre os efeitos de uma dupla tarefa. Moreira et al., (2021) relata que a dupla tarefa pode prejudicar o desempenho motor e cognitivo de atletas, mas o treinamento crônico com dupla tarefa pode melhorar a memória de trabalho e o controle da atenção. Outros autores destacam as diferenças de adaptação e coordenação na mecânica de corrida e na variabilidade da marcha entre corredores experientes e não experientes, sugerindo que estes fatores podem desempenhar um papel nos efeitos de uma tarefa dupla (Floría et al., 2018; Karamanidis et al., 2006). Sugere-se também que os padrões de movimento do pé-tornozelo podem ser usados para discriminar entre diferentes níveis de experiência de corrida, indicando que estes padrões também podem influenciar os efeitos de uma tarefa dupla (Suda et al., 2020).

De modo geral, entende-se que apesar de poucas evidências, há argumentos para questionar se os efeitos de uma condição de dupla tarefa cognitiva-motora poderia afetar a técnica de corrida. O fato de a experiência com a corrida contribuir para padrões de movimentos mais robustos e menos suscetíveis a variabilidade por fatores externos poderia sugerir que o nível de experiência dos corredores poderia então ser um fator modulador do efeito desta condição de dupla tarefa. Dessa forma,

nossa pesquisa busca investigar qual a influência de uma condição de dupla tarefa na corrida sobre a cinemática de corredores e não corredores.

1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

A interferência cognitiva-motora refere-se à interação concorrente entre processos cognitivos e habilidades motoras, destacando a competição por recursos cognitivos limitados durante a execução de tarefas simultâneas (Moreira et al., 2021). No contexto da corrida, a integração de funções cognitivas com as demandas motoras específicas da atividade torna-se crucial. A ideia é que a realização de uma dupla tarefa, envolvendo tanto elementos cognitivos quanto motores, pode levar a ajustes na execução da corrida (Walsh, 2021).

Neste cenário, a interferência cognitiva-motora pode se manifestar de diversas formas, desde alterações nos padrões de movimento até modificações na postura e desempenho global dos indivíduos (Epling et al., 2016). Compreender como essa interferência ocorre durante a corrida é essencial para explorar os limites da capacidade humana ao realizar tarefas complexas que demandam tanto processamento cognitivo quanto habilidades motoras, assim como esses fatores interagem em indivíduos com diferentes níveis de experiência na prática da corrida (Floría et al., 2018). Essa compreensão pode ter implicações práticas importantes para atletas, treinadores e profissionais de saúde, contribuindo para estratégias de treinamento mais adaptáveis e eficazes.

A cinemática refere-se ao estudo dos padrões de movimento, posição, velocidade e aceleração de diferentes partes do corpo durante a atividade (Jamkrajang et al., 2023). Ao analisar a cinemática da corrida, busca-se compreender como os corredores se movem e coordenam seus membros ao longo do ciclo da

corrida (Padulo et al., 2012). Para realizar essa análise, existem tecnologias onde o movimento do corpo pode ser mapeado tridimensionalmente, permitindo a avaliação precisa da posição das articulações e dos segmentos corporais durante a corrida (Malisoux et al., 2023). Medidas como ângulos articulares, amplitude de movimento, tempo de contato com o solo e outros parâmetros cinemáticos oferecem uma visão detalhada da biomecânica da corrida.

Ao comparar a cinemática de corredores experientes com não corredores durante a execução de uma dupla tarefa, nosso estudo busca identificar possíveis modificações nos padrões de movimento específicos para cada grupo. A comparação entre corredores e não corredores é fundamental para explorar a variabilidade na resposta à interferência cognitiva-motora durante a corrida e compreender como a experiência prévia na prática da corrida pode influenciar essas respostas. Ao incluir corredores e não corredores na análise, o estudo busca discernir não apenas os efeitos gerais da interferência cognitiva-motora na corrida, mas também entender como a experiência específica em corrida pode modular esses efeitos.

Portanto, nosso problema de pesquisa questiona se a execução de uma dupla tarefa durante a corrida afeta de maneira significativa a cinemática de corredores em comparação com não corredores, e se existem diferenças discerníveis nos padrões de movimento e desempenho entre esses grupos. Buscamos compreender não apenas os efeitos gerais da interferência cognitiva-motora na corrida, mas também investigar como a experiência em corrida pode modular esses efeitos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Determinar se a interferência cognitivo motora modifica a cinemática da corrida em esteira de participantes com diferentes níveis de experiência no esporte.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comparar a cinemática de corredores e não corredores durante a corrida em esteira.
2. Determinar se existem diferenças na cinemática linear da corrida entre a condição de corrida com e sem dupla tarefa em corredores e não corredores.
3. Determinar se existem diferenças na cinemática angular da corrida entre a condição de corrida com e sem dupla tarefa em corredores e não corredores.
4. Determinar se efeitos da experiência com corrida e da dupla tarefa diferem em diferentes velocidades de corrida em esteira.

1.4 HIPÓTESES

Inicialmente hipotetizamos que a adição de uma tarefa cognitiva à corrida influenciará a cinemática do movimento. A carga adicional da tarefa cognitiva pode resultar em modificações na execução da corrida, refletindo a complexa interação entre processos motores e cognitivos. Contudo, é difícil estabelecer a direção das mudanças na cinemática, pois ao considerar que a interferência possa causar alguma instabilidade na corrida, a forma como essas instabilidades são absorvidas por variar entre os atletas, modificando, por exemplo, aspectos temporais da corrida (como tempos de contato com o solo) ou angulares, como pela busca de uma menor amplitude de movimento.

Como uma segunda hipótese, sugerimos que corredores, devido à sua experiência prévia com a tarefa de correr, apresentarão efeitos menores da dupla tarefa em comparação a não corredores. A prática regular da corrida pode levar a uma maior eficiência na alocação de recursos cognitivos, reduzindo os impactos adversos da dupla tarefa na execução da tarefa motora principal. Essa hipótese ressalta a importância da experiência específica na atenuação dos efeitos da sobrecarga cognitiva durante a corrida em corredores experientes.

Por fim, nossa terceira hipótese é de que qualquer a relação de causa e efeito entre a dupla tarefa e mudanças na cinemática corrida é dinâmica, variando com a intensidade do esforço exigido. Nesse sentido, hipotetizamos que a influência da velocidade sobre os resultados será maior em não corredores do que em corredores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MÉTODOS

Esta seção fornece uma revisão narrativa de artigos selecionados na base de dados MEDLINE e utilizando a ferramenta de busca PUBMED. Os artigos foram pesquisados com base em combinações de palavras-chave, como “biomecânica da corrida”, “dupla tarefa”, “cognição e corrida”, “interferência cognitiva-motora”. As buscas foram realizadas entre janeiro de 2023 e janeiro de 2024. Foram considerados estudos em humanos, com prioridade para artigos originais publicados em periódicos com acesso completo e na área de ciências fisiológicas. Quando relevante, foram também incluídos outros estudos citados na lista de referências, de forma a demonstrar o estado da arte sobre algumas das variáveis de maior interesse para o nosso estudo e a incluir algumas referências publicadas fora do período indicado, mas de reconhecida importância.

2.2 CORRIDA DE RUA

A corrida é uma das atividades físicas mais praticadas (Cuk et al., 2019). Correr é um exercício que envolve uma complexa interação entre os sistemas musculoesquelético e cardiovascular (Lee et al., 2017) e diversas outras funções fisiológicas (Le Goff et al., 2020). Os efeitos positivos da corrida sobre a saúde são amplos e incluem desenvolvimento da força, resistência cardiovascular e aprimoramento da coordenação motora (Brahms et al., 2022).

A corrida de rua oferece uma ampla variedade de modalidades e distâncias que atendem a diferentes níveis de condicionamento físico e objetivos (Sandford & Stellingwerff, 2019). A maratona, com uma distância de 42,195 km, é a rainha das corridas de rua. As distâncias de meia maratona, com metade da distância da maratona (21,0975 km), são uma escolha popular para corredores que desejam um desafio significativo, mas com menor demanda, por exemplo, para recuperação (Deelen et al., 2019). Contudo, ainda que a maratona e meia-maratona sejam competições clássicas na corrida de rua, a maior parte dos praticantes com diferentes níveis de desempenho se envolvem com corridas de 5 km e 10 km (Boullosa et al., 2020).

As demandas que a corrida exige ao corpo dos praticantes podem ser influenciadas por características pontuais da prática, como exemplo, a velocidade. Considerando a velocidade como um indicador de desempenho na corrida, parâmetros espaço temporais e angulares da corrida são parte das adaptações observadas na corrida em diferentes velocidades (DeJong Lempke et al., 2024). Diferenças entre homens e mulheres são discutidas muito mais em termos de ocorrência de lesões, como por exemplo lesões por estresse (Rubio et al., 2023), do que em termos de desempenho.

Em outro estudo, dessa vez relacionado a fratura por estresse, as mulheres tiveram um maior aumento na tensão tibial e no risco de fratura por estresse na tíbia do que os homens à medida que a carga aumenta, indicando maior suscetibilidade a lesões e quando realizavam a corrida com transporte de carga aumentou de 0,0 kg para 22,7 kg, o risco de fratura por estresse aumentou cerca de 250% nas mulheres, mas apenas 133% nos homens (Rubio et al., 2023). Embora homens e mulheres prefiram correr em velocidades distintas (Malisoux et al., 2023), deve-se atentar ao

fato de que a velocidade depende também de aspectos antropométricos do indivíduo, e não há indícios fortes de diferenças específicas entre os sexos em relação ao condicionamento físico ou desempenho (Lock et al., 2024). O que pode ser de fato um fator diferenciador entre praticantes de corrida são características de treinamento e experiência com o esporte (García-Pinillos et al., 2021). Estes sim parecem ser fatores que tem papel importante, por exemplo, para ajudar a explicar o efeito da velocidade sobre as mudanças na técnica (García-Pinillos et al., 2019).

2.3 CINEMÁTICA DA CORRIDA

O estudo da cinemática da corrida leva em consideração as características do movimento sob uma perspectiva espacial e temporal, sem referência às forças causadoras do movimento. Diante disso, dados de posição, velocidade e aceleração são os principais componentes de interesse em uma análise cinemática (Hamill et al., 2015). Para avaliar a cinemática, os dados de posição são essenciais, pois fornecem informações fundamentais sobre o movimento de um objeto ou sistema ao longo do tempo. Essa abordagem pode considerar tanto medidas da cinemática linear, quanto angular. Para a aquisição das informações são usadas diversas ferramentas podem oferecer medidas precisas da posição ao longo do tempo (Lin et al., 2023). Em muitas dessas ferramentas, marcadores de referência anatômicas são utilizados para registrar a posição de forma precisa (Orendurff et al., 2018). Câmeras de diferentes tipos, como câmeras ópticas e de infravermelho, capturam imagens que podem ser processadas para extrair informações de posição. De acordo com as variáveis de interesse ainda são escolhidas abordagens bidimensionais ou tridimensionais, que permitirão a análise de um até três planos de movimento (Leporace et al., 2023).

Portanto, para uma avaliação completa da cinemática, é essencial considerar uma variedade de ferramentas de aquisição de dados, cada uma com suas vantagens e limitações específicas.

2.3.1 CINEMÁTICA LINEAR DA CORRIDA

A avaliação da cinemática linear na corrida concentra-se em algumas variáveis de maior interesse, incluindo o comprimento de passo e passada, a frequência de passada e o tempo de apoio e de balanço (Mason et al., 2023). Essas variáveis são fundamentais para compreender a mecânica da corrida e aprimorar o desempenho, tanto para atletas de alto nível quanto para iniciantes (Van Oeveren et al., 2021). Assim, as variáveis de comprimento e frequência da passada se encontram entre os parâmetros cinemáticos lineares mais comumente estudados (Hamill et al., 2015).

O comprimento da passada é definido como a distância desde um evento em uma perna até o mesmo evento na mesma perna. O comprimento do passo refere-se à distância coberta a cada passada, enquanto o comprimento da passada, é a distância entre os pontos de contato dos pés em cada passo, é um dos parâmetros mais estudados na cinemática da corrida (Kim et al., 2018). Compreender como o comprimento da passada se relaciona com o desempenho é essencial para otimizar a eficiência da corrida e minimizar o risco de lesões (Dierks et al., 2011). A ciência traz conclusões importantes no que se refere ao comprimento do passo em relação a comparação entre homens e mulheres e afirmam que o comprimento do passo depende da estatura dos praticantes (Frimenko et al., 2014). Em velocidades de 10, 12, 14, 16 e 18 km/h, o comprimento do passo é uma das principais características

espaço-temporais que difere em comparação dos corredores experientes a novatos (García-Pinillos et al., 2019)

A frequência de passada representa o número de passos dados por minuto, é a taxa com que os pés tocam o solo e pode influenciar a eficiência e o desempenho na corrida, logo é um parâmetro que influencia diretamente a economia de corrida (Anderson et al., 2022). A escolha da frequência de passada tem relação entre velocidade e consumo de energia (Zandbergen et al., 2023). Com à medida que a velocidade aumenta a frequência de passo também (Orendurff et al., 2018). Corredores experientes, muitas vezes, apresentam uma frequência de passo mais eficiente em relação à velocidade, resultando em uma maior economia de energia (Day & Hahn, 2020). Corredores experientes escolheram uma frequência de passada mais próxima da ideal para o gasto energético do que os novatos (de Ruiter et al., 2014).

A duração da fase de apoio é subdividida na etapa de contato inicial do pé com o solo, seguida pela resposta a carga, apoio médio, elevação do calcanhar e elevação dos dedos. A duração da fase de apoio é o tempo em que o pé permanece em contato com o solo (Patoz et al., 2021). Ainda assim, Hamill et al., (2015) afirmaram que, a fase de apoio ou de posicionamento ocorre quando o pé está em contato com o solo, ou seja, desde o ponto de contato com o solo até quando o pé deixa o solo. Este parâmetro influencia a eficácia da propulsão e a absorção de impactos (Ruder et al., 2019). O tempo de contato do pé varia com a velocidade da corrida e como ele se relaciona com a eficiência da corrida (Folland et al., 2017). As mulheres apresentam maior duração na fase de apoio em comparação aos homens na marcha (Došla et al., 2013). Mas ainda não está claro em relação a essa variável durante a corrida. Ainda assim, a duração da fase de apoio não apresenta diferenças significativas no tempo

de contato do pé com o solo em corredores experientes e novatos na modalidade (García-Pinillos et al., 2019).

O tempo de voo refere-se ao período durante o qual o corpo do corredor está no ar (Preece et al., 2019). A análise do tempo de voo e a duração da fase de apoio permite definir o *duty factor* na corrida (Nijs et al., 2023). Um duty factor de 50%, por exemplo, indicaria que metade do ciclo de passada é gasto em apoio. O duty factor foi associado ao desempenho e economia de corrida (Bonnaerens et al., 2021; Moore et al., 2019), com um duty factor mais baixo (ou seja, menor tempo de apoio em uma determinada cadência) correspondendo a melhor desempenho e economia, e um duty factor mais alto (isto é, tempo de voo mais curto ou mesmo ausente em uma determinada cadência) correspondendo a um menor risco de lesões através da diminuição do impacto e da carga muscular (Malisoux et al., 2022).

No entanto, como mencionado, as relações causais entre as diferentes variáveis da corrida, por um lado, e o desempenho da corrida, a economia e o risco de lesões, por outro, ainda não são totalmente compreendidas. A maioria dos estudos pertinentes publicados até o momento compararam o tempo de apoio ou fator de serviço entre corredores (Bonnaerens et al., 2021) e/ou diferentes velocidades (Carrard et al., 2018), sem modular o tempo de apoio ou de voo nos corredores (Nijs et al., 2022).

2.3.2 CINEMÁTICA ANGULAR DA CORRIDA

A cinemática angular da corrida é estudada principalmente considerando movimentos do tronco, quadril, joelho e tornozelo (Hamill et al., 2015). Abordaremos os ângulos articulares em eventos específicos do ciclo da passada na corrida, como

contato inicial, as amplitudes articulares de quadril, joelho e tornozelo, e os perfis de movimento com base nas curvas de ângulos ao longo do ciclo da corrida, considerando os três planos de movimento. Corredores experientes tendem a apresentar uma menor variabilidade do movimento, indicando uma técnica mais estável e eficiente (Casado et al., 2021). De acordo com Neumann (2016), a análise da cinemática dos membros inferiores durante a corrida envolve a observação dos movimentos específicos nas articulações do quadril, joelho e tornozelo.

Muitos estudos investigam a postura do corredor no momento do contato inicial com o solo. Isso ocorre porque esse é o evento inicial para lidar com as forças de impacto e também gerar propulsão na corrida (Novacheck, 1998). As estratégias motoras no contato inicial podem ser sensíveis a condição do corredor. Por exemplo, corridas com duração mais prolongada podem causar adaptações na cinemática do membro inferior que são descritas, por exemplo, em função de uma menor flexão de joelho no momento do contato inicial (Dierks et al., 2010). Também podem ser observadas mudanças na rigidez da extremidade inferior (Weir et al., 2020). Esses são exemplos de situações que a mudança em um evento específico pode causar uma série de mudanças na técnica e influenciar a forma como o corredor lida com as forças de reação do solo (Weir et al., 2020). De fato, é apenas após o contato inicial que a movimento começa a ser descrito em termos de cinemática angular para cada articulação.

Durante a corrida, o quadril se move principalmente no plano sagital, envolvendo flexão e extensão (Hamill et al., 2015). A amplitude de movimento esperada no plano sagital para o quadril durante a corrida é de aproximadamente 30-45 graus de flexão durante a fase de balanço e 10-20 graus de extensão durante a fase de apoio (Donald A. Neumann, 2016). No plano frontal, o quadril se move

principalmente em abdução (afastamento da linha média) e adução (aproximação da linha média). Durante a corrida, a amplitude de movimento esperada no plano frontal para o quadril é relativamente pequena, geralmente entre 5-10 graus de abdução e 5-10 graus de adução (Baggaley et al., 2015). Isso ajuda a manter a estabilidade durante o ciclo de corrida. No plano transverso, o quadril se move em rotação interna e externa. Durante a corrida, o quadril geralmente apresenta uma amplitude de movimento limitada no plano transverso, com cerca de 5-10 graus de rotação interna e externa (Vannatta & Haberl, 2018). Essa rotação é mais pronunciada durante atividades como a mudança de direção ou a correção de desequilíbrios. A velocidade da corrida afeta significativamente a amplitude do movimento do quadril (Orendurff et al., 2018).

No plano sagital, o joelho se move principalmente em flexão e extensão. Durante a corrida, a amplitude de movimento esperada no plano sagital para o joelho é de aproximadamente 60-80 graus de flexão durante a fase de balanço e 0-40 graus de extensão durante a fase de apoio (Orendurff et al., 2018). No plano frontal, o joelho pode se mover em abdução (afastamento da linha média) e adução (aproximação da linha média), mas esses movimentos são relativamente pequenos durante a corrida (Brund et al., 2018). A amplitude de movimento esperada no plano frontal para o joelho durante a corrida é geralmente limitada, com apenas alguns graus de abdução ou adução (de David et al., 2015). No plano transverso, o joelho pode se mover em rotação interna e externa, embora esses movimentos também sejam relativamente pequenos durante a corrida (R. Kivi et al., 2002). A amplitude de movimento esperada no plano transverso para o joelho durante a corrida é geralmente limitada, com apenas alguns graus de rotação interna e externa (de David et al., 2015). Esses movimentos podem ocorrer principalmente durante mudanças de direção ou ajustes de equilíbrio.

Isto é ainda apoiado pela descoberta de que os mecanismos de carga do joelho só atingiram níveis significativos a partir de uma velocidade de corrida de 4 m/s para atletas do sexo feminino (Vanrenterghem et al., 2012).

No plano sagital, o tornozelo se move principalmente em dorsiflexão e plantiflexão (Siegel et al., 2004). Durante a corrida, a amplitude de movimento esperada para o tornozelo no plano sagital é de aproximadamente 15-20 graus de dorsiflexão durante a fase de apoio e 20-25 graus (negativo) de plantiflexão durante a fase de balanço (Hamill et al., 2015). No plano frontal, o tornozelo pode se mover em eversão e inversão (Donald A. Neumann, 2016). Durante a corrida, a amplitude de movimento esperada no plano frontal para o tornozelo é geralmente limitada, com apenas alguns graus de eversão e inversão para ajudar na estabilidade durante o ciclo de corrida (de David et al., 2015). No plano transverso, o tornozelo pode se mover em rotação medial e lateral. Durante a corrida, a amplitude de movimento esperada no plano transverso para o tornozelo é geralmente limitada, com apenas alguns graus de rotação medial e lateral. Esses movimentos podem ocorrer durante mudanças de direção ou ajustes de equilíbrio (Suda et al., 2020). Na cinemática do tornozelo, a velocidade da corrida teve um efeito significativo na dorsiflexão no contato inicial e na flexão plantar na fase inicial de balanço, mas a dorsiflexão máxima foi semelhante no apoio médio (Orendurff et al., 2018).

De maneira geral, estes ângulos articulares são influenciados tanto pela velocidade da corrida quanto pela experiência do corredor (Möhler et al., 2021). Corredores de elite podem apresentar padrões cinemáticos e cinéticos muito diferentes nos quadris, joelhos e tornozelos em diversas velocidades de corrida (Chumanov et al., 2007). Por outro lado, corredores que conseguem manter o padrão de movimento com menor alterações durante a corrida tendem a experimentar menor

fadiga e menor exposição a fatores de risco de lesões (Nijs et al., 2023). A análise cinemática, aliada a avaliações clínicas, pode fornecer informações importantes para a melhoria da técnica e prevenção de lesões (Leporace et al., 2023). Logo, reforçando o que Frimenko et al., (2014) afirma, a análise adimensional da velocidade sugere que as diferenças na entre homens e mulheres podem ser um artefato da estatura e não de sexo.

2.4 INTERFERÊNCIA COGNITIVA-MOTORA

A interferência cognitiva-motora envolve o como demandas cognitivas e motoras competem por recursos de processamento no cérebro (Koščak Tivadar, 2017). Durante a corrida, essa interferência cognitivo-motora pode ocorrer quando os corredores precisam dividir sua atenção entre tarefas, como o monitoramento do ambiente, e tarefas motoras, como manter a postura e a cadência da corrida (Löfgren et al., 2019). Além disso, a atenção se estende ao ambiente ao redor, permitindo que os corredores reajam a obstáculos, outros competidores e mudanças no terreno (Ferro-Sánchez et al., 2023). A interferência cognitiva pode influenciar a capacidade de corredores de planejar e ajustar suas estratégias durante uma corrida (Cona et al., 2015). Isso inclui decidir quando acelerar, como lidar com condições de corrida em constante mudança e tomar decisões táticas em treinos e competições (Poon, 2022). A compreensão dessas influências cognitivas nas estratégias de corrida é essencial para otimizar o desempenho e ajustes nas estratégias em tempo real com base em informações cognitivas e ambientais. Entender como essas demandas conflitantes impactam o desempenho é crucial para atletas e treinadores, tanto para as respostas agudas e crônicas (J. W. Li et al., 2017).

Uma forma de submeter um indivíduo a uma condição de interferência cognitivo motora é o paradigma da dupla tarefa. A dupla tarefa na corrida envolve a capacidade de focar simultaneamente em aspectos cognitivos e motores da atividade (Blakely et al., 2023). Os corredores enfrentam uma série de estímulos cognitivos, como obstáculos, estratégias de corrida e até mesmo a presença de outros competidores (Smith et al., 2021). Compreender como a dupla tarefa afeta o desempenho é fundamental para corredores que precisam manter a concentração na corrida e ao mesmo tempo tomar decisões rápidas de acordo com diferentes perturbações (Brown et al., 2020). Estratégias de treinamento que visam melhorar a dupla tarefa pode ser exploradas para otimizar a performance dos corredores (Hsu et al., 2018).

Ainda que estudar essas relações entre desempenho na corrida e interferências cognitivo-motoras em situações de laboratório, como por exemplo usando esteiras, possa ser possível, é importante assumir cautela na discussão dos resultados. Isto porque a necessidade de coordenar percepção e ação em tarefas de movimento mais ecologicamente realistas possa colocar mais demandas na cognição, e quanto mais a tarefa de movimento exigir planejamento de movimento, mais disruptiva será para outras tarefas cognitivas (Epling et al., 2016). Independente destas limitações, é importante também considerar que a corrida indoor, em esteira motorizada, é bastante praticada pela população em geral. Em ambientes como academias, a presença de sonorização e televisões é um contexto que pode atrair a atenção do corredor. Para avaliar também esses efeitos, um paradigma de dupla tarefa pode ser útil.

A tarefa de Stroop é um teste psicológico clássico para avaliar a capacidade de uma pessoa em inibir respostas automáticas e controlar a atenção seletiva (Stroop, 1935). Nela, as palavras podem ser apresentadas em duas condições principais: congruentes e incongruentes. Nas palavras congruentes, a cor da apresentada e o

significado da palavra são compatíveis (Yang et al., 2022). Por exemplo, a palavra "vermelho" escrita em cor vermelha. Essa congruência facilita a resposta correta, já que o significado da palavra e a cor da tinta estão alinhados. Por outro lado, nas palavras incongruentes, a cor da apresentada e o significado da palavra são incompatíveis (Yang et al., 2022). Por exemplo, a palavra "vermelho" escrita em tinta azul. Isso cria uma interferência cognitiva, já que o cérebro precisa suprimir automaticamente a leitura da palavra para se concentrar na cor da tinta, o que pode levar a tempos de reação mais longos e mais erros (Kimura & Nakano, 2021).

O desempenho na tarefa pode ser quantificado pelo número de acertos, que reflete a capacidade do participante em suprimir a interferência causada pela palavra escrita e focar na cor da palavra. Um maior número de acertos sugere melhor capacidade de controle cognitivo e atenção seletiva (Yang et al., 2022). Além do número de acertos, os erros cometidos pelos participantes, como dizer a cor da palavra em vez da cor da tinta, também são registrados. Esses erros podem fornecer informações adicionais sobre a eficácia do controle cognitivo e a suscetibilidade à interferência da palavra (Kimura & Nakano, 2021).

Além de analisar como a cognição afeta a corrida, é importante explorar como a corrida pode influenciar a cognição (Ludyga et al., 2018). Estudos mostraram que a atividade física regular, incluindo a corrida, pode levar a melhorias na função cognitiva, como a memória, a função executiva e o processamento de informações (Brown et al., 2020). Compreender esses benefícios pode motivar tanto atletas quanto indivíduos que buscam um estilo de vida mais saudável a integrar a corrida em suas rotinas diárias (Krabak et al., 2019; Ludyga et al., 2018). Outro aspecto crítico é a tomada de decisão rápida durante a corrida (Vannatta & Haberl, 2018). Os corredores muitas vezes se deparam com situações imprevisíveis, como obstáculos inesperados. A

tomada de decisão eficaz é vital para responder a essas situações e manter o desempenho seguro e competitivo (Silva et al., 2021).

2.5 ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA

A análise crítica da literatura sobre a interferência cognitivo-motora na corrida revela considerações pertinentes quanto aos efeitos dessa interferência na cinemática do movimento. Uma observação inicial diz respeito a possível influência da velocidade de corrida, sugerindo que a demanda motora pode variar em diferentes velocidades, sendo menor em velocidades mais baixas e maior em velocidades mais altas. Estudos prévios consideraram diferentes velocidades, e parece pouco agregador um estudo testar uma única velocidade de corrida. Por esse motivo, consideramos que ao incluir uma velocidade intermediária e uma velocidade mais baixa e acima desta possa ajudar a investigar um espectro mais amplo da possível interação entre velocidade e efeitos da interferência cognitivo-motora.

A preocupação com alterações muito grandes na cinemática da corrida é ressaltada como um fator de importância. Isso porque as características cinemáticas são tanto sensíveis a velocidade como podem ser sensíveis ao nível de experiência do corredor. Ao incluir uma interferência cognitivo-motora que exija uma demanda cognitiva muito alta, pode-se deixar de representar a corrida como um exercício praticado no dia a dia. Isso porque a magnitude de demanda cognitiva necessária para influenciar a cinemática do movimento não parece cara na literatura.

Parece que a demanda cognitiva deve ser considerável para ter um impacto significativo na forma como os corredores se movem. Isso ressalta a complexidade das interações entre tarefas cognitivas e motoras, indicando que a magnitude da

demanda cognitiva pode ser crucial para os efeitos observados na cinemática da corrida. Para buscar uma aplicação prática mais realística para nosso estudo, sugerimos que a interferência cognitivo-motora envolva uma condição com moderado nível de dificuldade. Para isso, julgamos que um protocolo de dupla tarefa como a tarefa de Stroop seja um bom representativo das demandas experimentadas durante a corrida de rua.

Por fim, a literatura não é conclusiva sobre diferenças na cinemática de homens e mulheres, mas sim sobre diferenças em função do nível de experiência. Assim, sendo, consideramos que não é relevante a comparação entre os sexos, mas sim entre diferentes níveis de experiência com o gesto esportivo para responder perguntas mais pertinentes ao treinamento e prevenção de lesões.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PARTICIPANTES

O cálculo amostral foi definido em 32 participantes. Foram recrutados 32 participantes, mas no processamento dos dados, sinais de dois participantes não puderam ser incluídos por problemas no processamento. Dessa forma, participaram do estudo 15 corredores (12 homens e 3 mulheres) e 15 não corredores (13 homens e 2 mulheres). Os participantes foram recrutados por conveniência a partir do contato direto com clubes de corrida, comunidade e estudantes da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Todos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (anexo A), parte de um projeto de pesquisa aprovado pelo comitê de ética da instituição local (CAAE 78835317.8.0000.5323).

Para participar do estudo, deveriam ter idade entre 18 e 50 anos. Para fazer parte do grupo de corredores, era necessário possuir experiência competitiva com corrida de rua, treinar regularmente há pelo menos um ano e com frequência semanal de pelo menos três vezes na semana. Para o grupo de 'não corredores', era necessário praticar exercícios regularmente que não envolvessem corrida de rua. Todos os participantes deveriam se autorrelatar como saudáveis, sem lesões de membros inferiores nos últimos seis meses, não poderiam ter daltonismo, e afirmar ter disponibilidade para realizar uma visita ao laboratório. Seriam excluídos participantes que durante a participação no estudo relatassem alterações na rotina de sono, dor antes ou durante o exercício, ou situação de cansaço resultante do exercício realizado durante a avaliação.

3.2 DESENHO EXPERIMENTAL

O estudo envolveu uma visita ao Laboratório de Neuromecânica da Universidade Federal do Pampa. Ao chegar no laboratório, os participantes passavam por uma sessão de avaliação com anamnese, incluindo questões sobre a sua prática esportiva, e avaliação antropométrica. A seguir, realizavam o protocolo de corrida em esteira nas diferentes condições de interferência cognitivo-motora.

O protocolo de corrida iniciava com um aquecimento de 10 minutos em velocidade de 5 km/h e na sequência tinha dois blocos de corrida, um deles sem qualquer interferência cognitivo-motora (controle) e outro com a interferência cognitivo-motora (dupla tarefa). Cada bloco tinha intervalos de 3 minutos de corrida nas velocidades de 7, 9 e 11 km/h, enquanto os dados de cinemática eram coletados. A sequência dos blocos (controle e dupla tarefa) e das velocidades (7, 9 e 11 km/h eram randomizados entre os participantes). O desenho experimental é ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Desenho experimental do estudo, de acordo com avaliações realizadas. Fonte: Próprio autor.

3.3 ANAMNESE E AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

Ao chegar ao laboratório, os participantes foram submetidos a anamnese e avaliação antropométrica. A anamnese (anexos B e C) incluiu questões para caracterização dos participantes, bem como coleta de informações sobre fatores que possam influenciar os resultados, tal como presença de dor, prática de exercício no dia anterior, histórico de lesões e detalhes da rotina de exercício físico e sono, e uso de medicamentos.

Na avaliação antropométrica foram aferidas a massa corporal, a estatura e medidas corporais necessárias na reconstrução de movimentos no sistema tridimensional, tais como distância entre as espinhas ilíacas anteriores, diâmetro articular de tornozelo, diâmetro articular de joelho e comprimento do membro inferior. Para as medidas de massa corporal e estatura foi utilizado uma balança mecânica com estadiômetro (Welmy), enquanto as medidas de diâmetros ósseos e articulares foram feitas com uso de um paquímetro (Cescorf).

3.4 PROTOCOLO DE CORRIDA

A avaliação da corrida foi realizada em uma visita ao laboratório de Neuromecânica. Foi utilizada uma esteira motorizada (ESTEIRA 820EXI, Embreex – Empresa Brasileira de Equipamentos para Exercício) configurada com 1% de inclinação, para simular a resistência encontrada na rua (Seki et al., 2020). Inicialmente, era realizado um aquecimento de 10 minutos em velocidade fixa de 5km/h.

As velocidades em que os dados cinemáticos eram coletados foram de 7, 9 e 11 km/h. Os dados cinemáticos foram coletados durante vinte segundos ao longo da condição, em dois momentos em cada uma das velocidades em condição controle, sem dupla tarefa, e em uma condição de dupla tarefa induzindo uma interferência cognitivo motora. Ao fim de cada velocidade, os participantes relatavam verbalmente a percepção de esforço com uso da escala de Borg (Borg, 1982) (anexo D).

Figura 2. Esteira motorizada empregada nas avaliações do protocolo de corrida. Fonte: https://embreex.com.br/produto/esteira-820exi/

3.5 PROTOCOLO DE INTERFERÊNCIA COGNITIVO-MOTORA

A tarefa de Stroop é amplamente utilizada para avaliar a capacidade de uma pessoa inibir respostas automáticas e se concentrar em tarefas específicas (Stroop, 1935). Desenvolvido por John Ridley Stroop em 1935, o teste originalmente envolve a apresentação de nomes de cores escritos em cores coloridas diferentes. A tarefa é

dizer a cor da palavra, enquanto a palavra escrita pode ser congruente ou incongruente com a cor apresentada.

A tarefa é congruente quando a palavra exibida corresponde à cor da palavra. Por exemplo, a palavra "vermelho" escrita com a cor vermelha. Isso cria uma condição em que a leitura automática da palavra compete com a identificação da cor da palavra. O desafio é superar a tendência natural de ler a palavra e, em vez disso, focar na cor da palavra. Para isso, a tarefa envolve respostas incongruentes, quando a palavra escrita não corresponde à cor da palavra. Por exemplo, a palavra "vermelho" escrita com cor azul. Isso cria uma interferência entre a leitura automática da palavra e a identificação da cor da tinta. O participante precisa inibir a resposta automática de leitura para fornecer a cor correta da palavra.

Os participantes deveriam responder as palavras congruentes e incongruentes durante um minuto em cada uma das velocidades, totalizando dez palavras incongruentes e dez palavras congruentes apresentadas em sequência randomizada. Ressalta-se que, enquanto estavam correndo na esteira motorizada, havia um monitor de 20 polegadas e posicionado a um metro a frente do corredor, na altura dos olhos. Era nesse monitor que as palavras eram apresentadas. As palavras apareciam no monitor de maneira randomizada, com palavras em cores vermelho, azul, verde, amarelo e preto. Foi criado um arquivo em Powerpoint, em fonte Arial de tamanho 230 para apresentar as palavras. Quando a imagem com a palavra e cor específica era apresentada ao participante, este deveria responder verbalmente. Assim, o avaliador verificava se a resposta estava correta. O tempo para cada resposta era de 2 segundos e o intervalo entre a apresentação das palavras era de 1 segundo. Foi quantificado o número de acertos e erros. A figura 3 ilustra como as palavras eram

apresentadas em uma condição congruente (palavra da esquerda) e incongruente (palavra da direita).

Figura 3. Ilustração da formatação das palavras apresentadas na tarefa de Stroop para uma condição congruente (esquerda) e incongruente (direita). Fonte: Próprio autor.

3.6 AVALIAÇÃO CINEMÁTICA TRIDIMENSIONAL

Durante a avaliação cinemática foi utilizado um sistema de análise tridimensional de movimentos (Vicon Motion Systems, Oxford, Reino Unido) com 15 câmeras infravermelho (Bonita B10) e taxa de amostragem de 200 Hz registrando dados de posição com o software Nexus 2.12.1. O sistema foi configurado e calibrado para emprego do modelo Plug-in Gait Full Body adaptado. Os corredores foram orientados a usar roupas leves e confortáveis, de preferência justas e sem material que pudesse causar reflexão da luz infravermelha das câmeras.

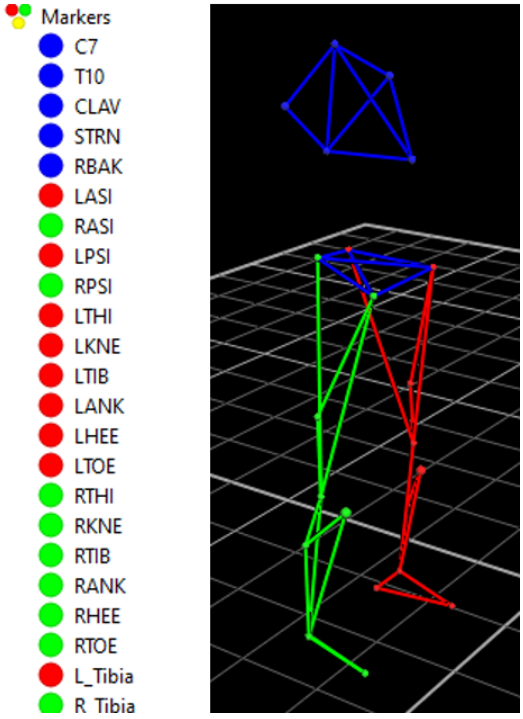


Figura 4. Posicionamento e nomenclatura dos marcadores para captura de movimento 3D. Imagem extraída do software Nexus 2.12.1.

Foram posicionados 23 marcadores reflexivos no corpo do participante, bilateralmente, nos seguintes locais: espinha ilíaca anterossuperior, na espinha ilíaca póstero-superior, na parte lateral do fêmur, no epicôndilo lateral do joelho, na parte lateral e frontal superior da tíbia, no maléolo lateral, na cabeça do segundo metatarso e no calcâneo; unilateralmente na vértebra C7, na vértebra T10, na junção das clavículas, no processo xifoide do esterno e na escápula direita. Os marcadores posicionados bilateralmente na parte lateral do fêmur e da tíbia serviram para identificar os lados direito e esquerdo do corpo, sendo o marcador do lado direito posicionado em um nível superior ao lado esquerdo.

A partir dos dados de posição obtidos com a análise cinemática, foi determinada a frequência de passadas, o comprimento de passo e os ângulos articulares nos planos sagital, frontal e transverso para as articulações do quadril,

joelho e tornozelo. Medidas angulares no instante do contato inicial do pé com o solo, a amplitude de movimento durante a execução do ciclo de passada também foram determinados. Ressalta-se que a análise do movimento é apenas da perna direita dos participantes. Os dados de posição foram submetidos a um filtro Butterworth passa baixa de quarta ordem com frequência de 6 Hz. Os dados cinemáticos foram pré-processados com o software Vicon Nexus para capturar todo evento cinemático da corrida, processar quaisquer pontos de marcação ausentes e eliminar quaisquer pontos de marcação imprecisos ou mesmo duplicados. Consideramos 20 passadas consecutivas nas análises cinemáticas, onde é observado em um intervalo de 95% de confiança que os valores no contato inicial são mais estáveis (Riazati et al., 2019).

Para extração das variáveis cinemáticas e temporais foram identificados os eventos de contato inicial do pé com o solo bem como a de saída do pé do solo empregando o algoritmo desenvolvido por Patoz et al., (2021). Para isso, um marcador virtual foi posicionado na distância média entre os marcadores colocados na cabeça do primeiro e do quinto metatarsos. A altura desse marcador foi definida subtraindo-se o seu respectivo mínimo global (dentro dos 10 passos) para superar o viés devido à altura do calçado. As acelerações do calcanhar e deste marcador na ponta do pé foram calculadas como a segunda derivada (método central de segunda ordem) do marcador do calcanhar e as posições de referência do meio do pé redimensionadas, respectivamente. Por mais que não tenhamos usados os dois marcadores no primeiro e quinto metatarso, Patoz et al., (2021) afirma que os dois marcadores colocados na cabeça do primeiro e quinto metatarsos poderiam ser substituídos por um único marcador colocado na cabeça do terceiro metatarso, validando o modelo a qual utilizamos. A passada foi então definida como o intervalo entre os contatos iniciais do

membro direito. A fase de apoio foi definida como o período entre o contato inicial e a próxima saída dos dedos.

3.7 VARIÁVEIS DE INTERESSE

As variáveis do estudo são classificadas como teóricas e operacionais com base em Volpato (Gilson Luiz Volpato, 2007). Na tabela 1 descrevemos os conjuntos de variáveis que nossos experimentos permitiram quantificar.

Tabela 1. Variáveis teóricas e operacionais consideradas neste estudo.

Variável teórica	Variável operacional
Caracterização dos corredores	Idade (anos), massa corporal (kg) e estatura (m), tempo de prática (anos).
Técnica de corrida	Ângulos articulares do tornozelo, joelho e quadril. Duração do ciclo de passada, tempo de apoio e duty factor.
Intensidade de corrida	Velocidade de corrida (km/h) e pontuação na escala de Borg.
Interferência cognitiva motora	Acertos e erros na tarefa de Stroop e alterações nas medidas de cinemática da corrida.

kg: quilograma; m: metros; km/h: quilômetros por hora. Fonte: Próprio autor.

3.8 ANÁLISE DOS DADOS

A normalidade dos resíduos foi confirmada por meio do teste de Shapiro-Wilk. As variáveis foram descritas a partir de uma análise estatística descritiva para os grupos de corredores e não corredores considerando os dados da perna direita. As variáveis de caracterização dos participantes de cada grupo e o desempenho na tarefa de Stroop foram comparadas entre os grupos usando teste t para amostras independentes. Foi empregada uma análise de variância (ANOVA) para investigar a influência dos fatores velocidade e dupla tarefa em cada grupo. O mapeamento estatístico paramétrico (SPM) foi utilizado para comparar as curvas entre as condições controle e dupla tarefa e o efeito da velocidade nos grupos dos corredores e não corredores. Essa comparação teve como objetivo entender as diferenças temporais entre as duas condições. O valor *alpha* foi definido como 5% para todas as análises estatísticas. Os procedimentos de análise dos dados e a confecção das figuras dos resultados foram feitos em rotinas especialmente desenvolvidas para o projeto em linguagem Python 3.0 e também usando uma aplicação para análises estatísticas e confecção de gráficos (Prisma, GraphPad Software, Inc., San Diego, CA).

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES

Os participantes corredores e não-corredores diferiram em relação à idade média (Tabela 2).

Tabela 2. Características dos corredores e não corredores.

Variáveis	Corredores	Não Corredores	Comparação entre grupos
Idade (anos)	31,93 ± 5,38	23,93 ± 2,60	t = 4,029; p = 0,001*
Massa corporal (kg)	72,35 ± 7,96	77,53 ± 9,18	t = -1,103; p = 0,289
Estatura (m)	1,71 ± 0,06	1,74 ± 0,05	t = -1,124; p = 0,280
Tempo de prática (anos)	7,60 ± 4,45	4,80 ± 2,72	t = 1,739; p = 0,104

m: metros; kg: quilogramas; * diferença entre os grupos (p ≤ 0,05).

A percepção de esforço nas diferentes velocidades de corrida não diferiu entre os grupos (Tabela 3).

Tabela 3. Percepção de esforço (pontos na escala de Borg) em diferentes velocidades, nos grupos dos corredores e não corredores.

	Corredores	Não corredores	Comparação entre grupos
7 km/h	8,93 ± 1,16	10,07 ± 1,80	t = -1,389; p = 0,186
9 km/h	11,00 ± 2,00	12,27 ± 1,98	t = -1,141; p = 0,273
11km/h	13,87 ± 2,18	14,80 ± 2,24	t = -0,726; p = 0,480

4.2 DESEMPENHO COGNITIVO

Não encontramos diferença significativa entre os grupos, velocidades, ou interação entre grupo e velocidade no desempenho da tarefa de Stroop (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados da tarefa de Stroop para o grupo dos corredores e não corredores no protocolo de interferência cognitivo-motora.

	Corredores		Não corredores		Efeito do grupo	Efeito da velocidade	Interação Grupo x velocidade
	Acertos	Erros	Acertos	Erros			
7 km/h	19,60 ± 0,48 98%	0,40 ± 0,48 2%	19,47 ± 0,71 97,33%	0,53 ± 0,71 2,67%	F= 3,104; p= 0,100	F= 0,527; p= 0,602	F= 1,366; p= 0,272
9 km/h	19,67 ± 0,53 98,83%	0,33 ± 0,53 1,67%	19,53 ± 0,56 97,67%	0,47 ± 0,56 2,33%			
11 km/h	19,73 ± 0,43 98,67%	0,27 ± 0,43 1,33%	19,07 ± 0,87 95,33%	0,93 ± 0,87 4,67%			

%: porcentagem de acertos e erros.

4.3 CINEMÁTICA LINEAR DA CORRIDA

Não houve efeito do grupo nas variáveis espaço temporais que incluem a duração do ciclo de passada, tempo de apoio e *duty factor*. Além disso, não foi identificada interação significativa entre o grupo e a velocidade nessas variáveis. No entanto, foi observada diferença estatisticamente significativa entre as diferentes velocidades testadas, indicando que a variação na velocidade teve um impacto nas variáveis espaço-temporais analisadas, independentemente do grupo ao qual os participantes pertenciam. Os resultados das variáveis espaço temporais em relação ao efeito velocidade e da experiência na corrida encontram-se na tabela 5.

Os resultados apresentados na tabela 6 revelam que houve um efeito significativo da condição de interferência cognitiva na variável do *duty factor*, com menor *duty factor* na condição de dupla tarefa. Como não foi encontrada interação entre a condição (controle vs. dupla tarefa) e as velocidades, o efeito da interferência cognitiva sobre a redação do *duty factor* ocorre independente da velocidade de corrida.

Tabela 5. Resultados dos valores médios, desvio padrão e anova – valor de p, F e np^2 - das variáveis espaço temporais dos grupos dos corredores e não corredores em relação ao efeito do grupo, velocidade e interação entre o grupo e velocidade.

	Corredores			Não Corredores			Anova (p, F, np^2)		
	7 km/h	9 km/h	11 km/h	7 km/h	9 km/h	11 km/h	Efeito do grupo	Efeito da velocidade	Interação entre Grupo e velocidade
Duração do ciclo de passada (ms)	0,74 ± 0,06	0,74 ± 0,03	0,71 ± 0,03	0,78 ± 0,03	0,76 ± 0,02	0,73 ± 0,05	p= 0.057; F= 3.944; np^2= 0.123	p= 0.000*; F=18.483; np^2= 0.398	p= 0.234; F= 1.489; np^2= 0.051
Tempo de apoio (ms)	0,25 ± 0,05	0,23 ± 0,04	0,20 ± 0,02	0,27 ± 0,04	0,23 ± 0,03	0,21 ± 0,03	p= 0.314; F= 1.051; np^2= 0.036	p= 0.000*; F= 27.171; np^2= 0.492	p= 0.291; F= 1.261; np^2= 0.043
Duty factor	0,34 ± 0,08	0,31 ± 0,05	0,28 ± 0,03	0,35 ± 0,05	0,30 ± 0,04	0,30 ± 0,04	p= 0.781; F= 0.079; np^2= 0.003	p= 0.000*; F= 13.855; np^2= 0.331	p= 0.520; F= 0.661; np^2= 0.023

ms: milissegundos; * p<0,05

Tabela 6. Resultados dos valores médios, desvio padrão e anova – valor de p, F e np^2 - das variáveis espaço temporais em relação a condição controle e a presença da dupla tarefa.

	Controle			Dupla tarefa			Anova (p, F, np^2)		
	7 km/h	9 km/h	11 km/h	7 km/h	9 km/h	11 km/h	Efeito da condição	Efeito da velocidade	Interação entre condição e velocidade
Duração do ciclo de passada (ms)	0,76 ± 0,05	0,75 ± 0,03	0,72 ± 0,04	0,77 ± 0,04	0,75 ± 0,03	0,72 ± 0,03	p= 0.602; F= 0.278; np^2= 0.001	p= 0.000*; F= 61.914; np^2= 0.210	p= 0.480; F= 0.743; np^2= 0.003
Tempo de apoio (ms)	0,26 ± 0,05	0,23 ± 0,04	0,21 ± 0,03	0,26 ± 0,06	0,22 ± 0,03	0,2 ± 0,02	p= 0.239; F= 1.448; np^2= 0.002	p= 0.000*; F= 37.631; np^2= 0.281	p= 0.306; F= 1.209; np^2= 0.003
Duty factor	0,34 ± 0,06	0,31 ± 0,05	0,29 ± 0,04	0,34 ± 0,06	0,30 ± 0,04	0,28 ± 0,03	p= 0.037*; F= 4.756; np^2= 0.004	p= 0.000*; F= 22.730; np^2= 0.198	p= 0.663; F= 0.414; np^2= 0.001

ms: milissegundos; * diferenças nas medidas obtidas entre o protocolo controle e a dupla tarefa na corrida ($p<0,05$).

4.4 CINEMÁTICA ANGULAR DA CORRIDA

A amplitude de movimento do tornozelo no plano sagital diferiu entre corredores e não corredores (Tabela 7). Além disso, foi observado um efeito significativo da velocidade sobre a amplitude de movimento em todas as articulações - quadril, joelho e tornozelo - e em todos os planos de movimento (sagital, frontal e transverso). O aumento da velocidade da corrida acarretou também um aumento da amplitude de movimento. No entanto, não foi identificada diferença significativa entre corredores e não corredores. Por isso, as comparações entre as condições de interferência cognitiva-motora foram feitas considerando todos os participantes em um único grupo.

Na tabela 8 são apresentados os resultados das amplitudes de movimento nas articulações do quadril, joelho e tornozelo nos planos sagital, frontal e transverso, na condição controle e com a presença da dupla tarefa. Não houve efeito da condição da dupla tarefa sobre as amplitudes de movimento das articulações em nenhum dos planos de movimento. Todavia, foi identificado um efeito significativo da velocidade nas amplitudes de movimento nas articulações do quadril, joelho e tornozelo, nos planos sagital, frontal e transverso. Isso sugere que a variação na velocidade da corrida influenciou as amplitudes de movimento em todas as articulações e direções de movimento analisadas. No entanto, não foi encontrada interação entre a condição (controle vs. dupla tarefa) e a velocidade em relação às amplitudes de movimento das articulações do quadril, joelho e tornozelo. Isso indica que o efeito da velocidade nas amplitudes de movimento não foi modulado pela presença ou ausência da dupla tarefa durante a corrida.

Tabela 7. Resultados dos valores médios, desvio padrão e efeito da anova – valor de p, F e np^2 – das amplitudes de movimento, em graus) nas articulações do quadril, joelho e tornozelo nos planos sagital, frontal e transverso, de corredores e não corredores.

		Corredores			Não corredores			Anova (p, f, np^2)		
Articulações	Planos	7 km/h	9 km/h	11 km/h	7 km/h	9 km/h	11 km/h	Efeito do grupo	Efeito da velocidade	Interação entre grupo e velocidade
Quadril	Sagital	38.31 ± 3.95	46.15 ± 3.6	52.56 ± 4.15	39.45 ± 4.38	47.47 ± 3.59	53.31 ± 6.6	p= 0.440; F= 0.612; np^2= 0.021;	p= 0.000*; F=158.438; np^2=0.850;	p= 0.934; F= 0.069; np^2= 0.002;
	Frontal	15.8 ± 4.42	18.5 ± 4.71	19.48 ± 4.36	16.14 ± 3.71	18.84 ± 3.74	19.41 ± 3.93	p= 0.886; F= 0.021; np^2= 0.001;	p= 0.000*; F=29.729; np^2=0.515;	p= 0.882; F= 0.126; np^2= 0.004;
	Transverso	18.08 ± 6.14	20.59 ± 6.8	22.72 ± 6.76	19.1 ± 5.51	20.4 ± 5.21	24.1 ± 7.33	p= 0.730; F= 0.121; np^2= 0.004;	p= 0.000*; F= 17.484; np^2= 0.384	p= 0.605; F= 0.507; np^2= 0.018;
Joelho	Sagital	64.52 ± 6.7	75.41 ± 8.23	84.91 ± 7.55	66.31 ± 5.16	80.25 ± 12.19	89.56 ± 12.29	p= 0.172; F= 1.967; np^2= 0.066;	p= 0.000*; F= 83.879; np^2= 0.750;	p= 0.603; F= 0.510; np^2= 0.018;
	Frontal	14.03 ± 5.2	16.72 ± 5.6	17.78 ± 5.75	16.97 ± 6.14	18.82 ± 5.63	21.26 ± 6.63	p= 0.166; F= 2.027; np^2= 0.068;	p= 0.000*; F= 19.162; np^2= 0.406;	p= 0.575; F= 0.559; np^2= 0.020;
	Transverso	17.66 ± 2.87	19.29 ± 2.81	20.27 ± 3.15	18.39 ± 2.56	19.72 ± 3.17	21.26 ± 3.89	p= 0.494; F= 0.481; np^2= 0.017;	p= 0.000*; F= 23.305; np^2= 0.454;	p= 0.786; F= 0.242; np^2= 0.009;

Tornozelo	Sagital	36.81 ± 6.51	43.91 ± 6.27	43.91 ± 5.88	42.21 ± 4.55	45.95 ± 4.18	48.34 ± 6.33	p= 0.040*; F= 4.647; np^2= 0.142;	p= 0.000*; F= 34.572; np^2= 0.553;	p= 0.136; F= 2.071; np^2= 0.069;
	Frontal	4.15 ± 1.31	4.32 ± 1.23	4.61 ± 1.5	4.59 ± 1.22	4.95 ± 1.17	5.03 ± 1.45	p= 0.285; F= 1.188; np^2= 0.041;	p= 0.003*; F= 6.338; np^2= 0.185;	p= 0.675; F= 0.395; np^2= 0.014;
	Transverso	21.82 ± 4.25	22.73 ± 3.19	24.07 ± 4.2	21.65 ± 5.08	23.32 ± 3.98	23.51 ± 4.6	p= 0.972; F= 0.001; np^2= 0.000;	p= 0.004*; F= 6.121; np^2= 0.179;	p= 0.618; F= 0.485; np^2= 0.017;

* p<0,05

Tabela 8. Resultados dos valores médios, desvio padrão e efeito da anova – valor de p, F e np^2 - das amplitudes de movimento (em graus) nas articulações do quadril, joelho e tornozelo nos planos sagital, frontal e transverso, na condição controle e o efeito da dupla tarefa na corrida.

		Controle			Dupla tarefa			Anova (p, f, np^2)		
Articulações	Planos	7 km/h	9 km/h	11 km/h	7 km/h	9 km/h	11 km/h	Efeito da condição	Efeito da velocidade	Interação entre condição e velocidade
Quadril	Sagital	38.88 ± 4.14	46.81 ± 3.6	52.94 ± 5.43	39.22 ± 4.78	46.79 ± 3.85	53.77 ± 3.8	p= 0.379; F= 0.798; np^2= 0.002	p= 0.000*; F= 292.738; np^2= 0.655	p= 0.452; F= 0.806; np^2= 0.002
	Frontal	15.97 ± 4.01	18.67 ± 4.18	19.45 ± 4.08	16.16 ± 4.21	18.74 ± 4.13	20.28 ± 4.03	p= 0.111; F= 2.710; np^2= 0.002	p= 0.000*; F= 58.496; np^2= 0.134	p= 0.105; F= 2.342; np^2= 0.002
	Transverso	18.59 ± 5.76	20.5 ± 5.95	23.41 ± 6.96	18.63 ± 6.31	20.91 ± 5.54	23.93 ± 6.71	p= 0.069; F= 3.564; np^2= 0.001	p= 0.000*; F= 21.772; np^2= 0.103	p= 0.481; F= 0.741; np^2= 0.000
Joelho	Sagital	65.41 ± 5.94	77.83 ± 10.51	87.24 ± 10.29	66.67 ± 6.43	78.49 ± 9.72	87.93 ± 9.14	p= 0.054; F= 4.027; np^2= 0.002	p= 0.000*; F= 133.243; NP2= 0.506	p= 0.809; F= 0.213; np^2= 0.000
	Frontal	15.5 ± 5.79	17.77 ± 5.62	19.52 ± 6.35	15.82 ± 5.91	17.8 ± 5.61	19.45 ± 5.99	p= 0.550; F= 0.365; np^2= 0.000	p= 0.000*; F= 22.643; np^2= 0.068	p= 0.423; F= 0.874; np^2= 0.000
	Transverso	18.02 ± 2.7	19.5 ± 2.95	20.76 ± 3.51	17.85 ± 2.71	19.5 ± 2.84	20.71 ± 3.55	p= 0.527; F= 0.409; np^2= 0.000	p= 0.000*; F= 30.673; np^2= 0.126	P= 0.804; F= 0.219; np^2= 0.00
Tornozelo	Sagital	39.51	44.93	46.12	38.72	44.03	45.83	p= 0.128;	p= 0.000*;	p= 0.563;

	±	±	±	±	±	±	F= 2.461;	F= 58.582;	F= 0.580;
	6.16	5.34	6.41	5.55	5.44	5.76	np^2= 0.003	np^2= 0.211	np^2= 0.001
	4.37	4.64	4.82	4.35	4.76	4.92	p= 0.095;	p= 0.000*;	p= 0.179;
Frontal	±	±	±	±	±	±	F= 2.982;	11.400;	F= 1.772;
	1.26	1.22	1.46	1.23	1.28	1.43	np^2= 0.001	np^2= 0.026	np^2= 0.001
	21.74	23.03	23.79	21.6	23.62	24.34	p= 0.088;	p= 0.000*;	p= 0.151;
Transverso	±	±	±	±	±	±	F= 3.115;	F= 12.334;	F= 1.956;
	4.6	3.55	4.34	4.36	3.8	4.47	np^2= 0.002	np^2= 0.055	np^2= 0.002

* p<0,05

Os perfis das curvas de ângulos descrevendo o comportamento angular de cada articulação são apresentados a seguir. Empregando a SPM, essas curvam foram inicialmente comparadas entre as velocidades para cada um dos grupos na condição controle. Na figura 5, o efeito significativo da velocidade sobre o comportamento angular é indicado para articulações do quadril, joelho e tornozelo nos ângulos dos planos sagital, frontal e transverso.

Em corredores, observamos mudanças na cinemática do quadril no plano sagital devido ao aumento da velocidade da corrida entre 26-34% do ciclo (fase de apoio e transição para fase de balanço) e 62-73% (fase de balanço). No plano frontal, as diferenças ocorreram entre 17-23% (fase de apoio), 34-50%, 69-73% e 83-99% (fase de balanço) e no plano transverso entre 40-49% (fase de balanço). Em não corredores houve efeito da velocidade sobre o ângulo do quadril no plano sagital em dois intervalos, de 21-34% (fase de apoio) e 54-71% (fase de balanço). No plano frontal do quadril, observamos efeito da velocidade nos intervalos de 32-43% e 84-96% (fase de balanço) e no plano transverso apenas no início da fase de balanço, entre 30-35%.

Para articulação do joelho, no grupo dos corredores observamos efeito da velocidade para o comportamento angular no plano sagital, na fase de apoio (19-24%) e na fase de balanço (48-93%); no plano frontal apenas na fase de balanço (47-49% e 57-62%) e no plano transverso na fase de balanço (62-83%). Em não corredores observamos efeito da velocidade sobre o comportamento angular do joelho no plano sagital apenas na fase de balanço (51-85%), diferenciando-se dos corredores, onde houve diferença também na fase de apoio. No plano frontal observamos efeito da velocidade no fim do tempo de apoio e início da fase de

propulsão (29-32%). No plano transverso houve efeito da velocidade apenas na fase de propulsão (62-83%).

No grupo dos corredores, o comportamento angular do tornozelo no plano sagital revelou efeito da velocidade entre 37-55% e 64-77% do ciclo. No plano frontal, observamos diferenças entre as velocidades em 37-46% e 92-95% do ciclo. No plano transverso, o efeito da velocidade foi identificado durante a fase de propulsão, entre 37-47% e 93-94% do ciclo. Em não corredores, no plano sagital as velocidades tiveram efeito sobre os ângulos entre 37-50% do ciclo. No plano frontal em 34-40% e 72-75% da fase de propulsão e no plano transverso, durante a fase de propulsão, entre 33-40% e 71-78% do ciclo.

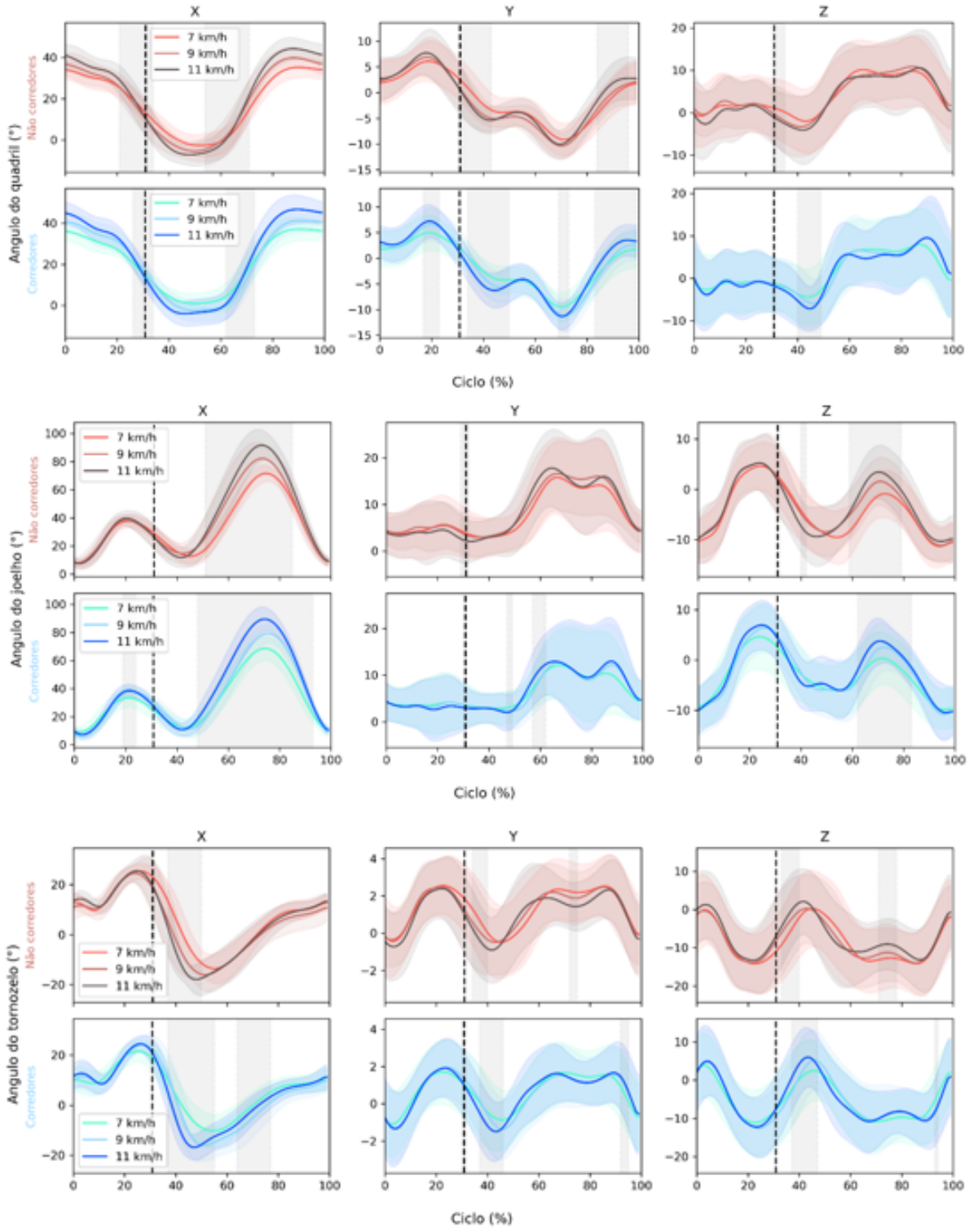


Figura 5. Comportamento angular do quadril, joelho e tornozelo durante o ciclo de passada na corrida para os planos sagital (X), frontal (Y) e transverso (Z) em corredores e não corredores na condição controle, nas diferentes velocidades. A linha tracejada em cada gráfico indica o fim da fase de apoio. As áreas hachuradas em cinza indicam intervalos com diferença significativa entre as velocidades.

Na figura 6 apresentamos o comportamento angular das diferentes articulações nos diferentes planos considerando os dados de todos os participantes juntos, e descrevendo as diferenças entre as condições controle e de dupla tarefa nas velocidades de 7, 9 e 11 km/h.

Os efeitos da dupla tarefa sobre o comportamento angular foram encontrados principalmente nas velocidades mais altas. Houve efeito da dupla tarefa no comportamento angular do quadril, no plano sagital, na velocidade de 9 km/h, especificamente durante a fase de propulsão (37-44% do ciclo). No joelho, um efeito foi identificado na velocidade de 9 km/h, no plano sagital, durante a fase de propulsão entre 36-40% do ciclo, e no plano transverso, entre 37-40% do ciclo. No tornozelo efeito foi observado também na velocidade de 9 km/h, no plano sagital, entre 41-44% e 89-91% e no plano transverso, entre 58-63% do ciclo. Ainda para o tornozelo, na velocidade de 11 km/h, efeito da dupla tarefa foi encontrado no plano sagital entre 4-9% da fase de apoio, e durante a fase de propulsão nos planos sagital (76-99%) e transverso (58-66%).

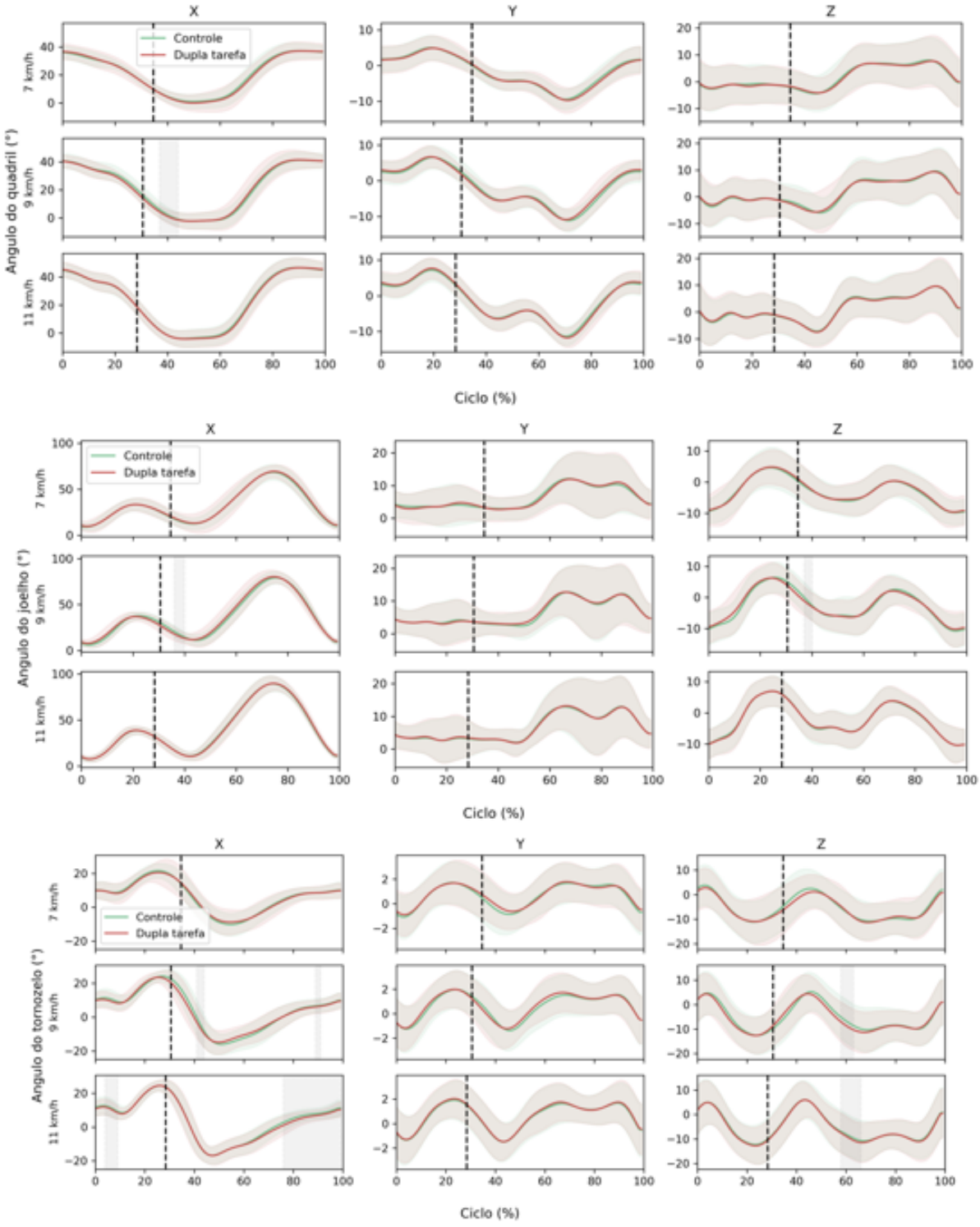


Figura 6. Comportamento angular do quadril, joelho e tornozelo durante o ciclo de passada na corrida para os planos sagital (X), frontal (Y) e transverso (Z) nas condições controle e dupla tarefa, nas diferentes velocidades. A linha tracejada em cada gráfico indica o fim da fase de apoio. As áreas hachuradas em cinza indicam intervalos com diferença significativa entre as velocidades.

5. DISCUSSÃO

O objetivo do nosso estudo foi determinar se há um efeito da interferência cognitivo motora na cinemática da corrida em participantes com diferentes níveis de experiência com o esporte. Nossos principais achados envolvem i) uma cinemática de corrida na esteira similar entre corredores e não corredores, ii) efeitos bastante consistentes da velocidade sobre a cinemática da corrida, com diferenças entre corredores e não corredores observadas pontualmente para o tornozelo, e iii) efeitos da condição de dupla tarefa em variáveis e instantes pontuais do ciclo da corrida, principalmente no tornozelo, e que pode sugerir um efeito da dupla tarefa sobre o posicionamento do pé na esteira, que parece aumentar com o aumento da velocidade.

A falta de diferenças entre corredores e não corredores pode ser influenciada pelo protocolo de exercício considerar a corrida em esteira (Nakayama et al., 2010b) e também termos considerado velocidades não tão altas para a avaliação (García-Pinillos et al., 2019). Já a inclusão de uma dupla tarefa de baixa dificuldade, que conduzimos com o objetivo de mimetizar o que acontece por exemplo durante a corrida na rua, não parece gerar uma demanda cognitiva suficiente para causar alterações na técnica de corrida em esteira. Embora isso possa ser visto como uma limitação, considerando que se tivéssemos considerado uma dupla tarefa de maior dificuldade, limitaríamos a aplicação prática do nosso estudo.

O grupo de corredores e não corredores incluídos em nosso estudo era bastante homogêneo, exceto pela idade, ligeiramente maior nos corredores. Diferenças na cinemática justificadas pela idade podem ocorrer, mas são mais comuns quando se comparam diferentes faixas etárias, como jovens e idosos (Ketcham et al., 2002). Apesar da diferença de idade trazer confusão na comparação dos grupos, é importante notar que outros aspectos antropométricos que podem

influenciar a cinemática não diferiram entre os grupos, como é o caso da estatura, como reportado por Frimenko et. al., (2014).

Outro aspecto importante na comparação entre os grupos é o desempenho observado na dupla tarefa. Os grupos não diferiram quanto aos erros e acertos na tarefa de Stroop. Esse resultado permite afirmar que o envolvimento com a tarefa de Stroop teve um nível similar de dificuldade para ambos os grupos. Efeitos de uma dupla tarefa que gere um maior grau de dificuldade pode envolver mudanças a cinemática, como o que é observado em idosos, que caminham mais devagar e tem mais dificuldade para cumprir a tarefa motora quando realizando uma dupla tarefa (Guadagnin et al., 2015). Embora possa-se questionar se a tarefa de Stroop é a melhor intervenção para uma dupla tarefa na corrida, temos que considerar que nosso objetivo era gerar uma interferência, mas não tornar uma das tarefas difíceis de realizar. Neste sentido, a tarefa de Stroop é uma medida confiável para avaliar a função cognitiva em vários contextos (Collet et al., 2005; Harbeson et al., 1982).

O efeito da velocidade na cinemática da corrida é conhecido, e foi observado também em nosso estudo. Independentemente do grupo, o aumento na velocidade teve um impacto nas variáveis espaço-temporais do ciclo de corrida (Nummela et al., 2007). Além disso, os resultados apresentados na tabela 6 revelam que houve um efeito da condição de interferência cognitiva reduzindo o duty factor que pode implicar em redução na fração de tempo em que o indivíduo está correndo ativamente em relação ao tempo total da corrida. Isso sugere que a execução da tarefa cognitiva adicional durante a corrida teve um impacto no tempo de apoio em relação ao ciclo de passada (Nijs et al., 2022). A amplitude de movimento na corrida aumentou com o aumento da velocidade, e um efeito do grupo foi observado para o tornozelo. O efeito da velocidade sobre a amplitude de movimento acontece porque ao aumentar a

velocidade o corredor precisa de maior extensão e flexão das articulações para suportar a demanda de movimento e propulsão (Orendurff et al., 2018). A falta de diferença entre os grupos sugere que ambos respondem de maneira semelhante ao aumento da velocidade, pelo menos em termos de amplitude de movimento das articulações estudadas (Carretero-Navarro et al., 2019). A diferença observada para o tornozelo pode ser um indicativo de que a contribuição dessa articulação para a propulsão possar ser influenciada pela velocidade de maneira diferente entre corredores e não corredores (Orendurff et al., 2018). Efeitos da dupla tarefa não foram observados sobre as amplitudes de movimento. Inicialmente, seria possível considerar que ao realizar uma dupla tarefa, talvez um padrão mais cauteloso de corrida surgisse, com menores amplitudes de movimento e maior frequência de passadas (Musgjerd et al., 2021). Isso não aconteceu, assim como qualquer efeito da interferência cognitiva-motora sobre a cinemática da corrida não foi diferenciado pela experiência de corrida prévia (Gattoni et al., 2023). A adição de uma dupla tarefa durante a corrida não parece modular o efeito da velocidade nas amplitudes de movimento dessas articulações (Epling et al., 2016).

Avaliar os perfis das curvas angulares durante a corrida permite inferir sobre a técnica do corredor. Nosso estudo é limitado apenas a comparar as curvas das articulações entre as velocidades e condições. Reconhecemos que análises adicionais, como de coordenação intersegmentar, seriam de potencial interesse para nossa pergunta de pesquisa, mas nesse estudo não foram realizadas. Os efeitos da velocidade também foram observados nas curvas de ângulos articulares. Como um efeito marcante da velocidade foi sobre as amplitudes de movimento, a comparação das curvas mostrou diferenças entre as velocidades em momentos do ciclo em que há maiores picos nos valores de ângulos, como na fase de contato inicial e na fase de

balanço (Novacheck, 1998). Esse resultado é bastante esperado e está de acordo com a literatura. No entanto, observamos resultados intrigantes para a comparação entre as condições controle e de dupla tarefa. Em diferentes planos e instantes do ciclo de corrida, a articulação do tornozelo mostrou diferenças em função da dupla tarefa. Adicionalmente, a frequência de observação dessas diferenças aumentou com o aumento da velocidade. As diferenças observadas nos levam a considerar a possibilidade de que esses participantes tenham alterado de alguma forma a sua mecânica do tornozelo no contato inicial (Valenzuela et al., 2015). Também pode ajudar a explicar essas alterações o fato de que ao realizar a dupla tarefa a estabilidade na corrida possa ter sido prejudicada (Mahaki et al., 2019). Essas hipóteses vão ao encontro de alguns aspectos que envolvem o deslocamento frontal e lateral na corrida (Arshi et al., 2015), o que pode acontecer quando se corre em esteira.

Nosso estudo tem limitações. Uma das principais limitações do estudo é a amostra com viés de sexo, evidenciando uma sub-representação de mulheres. Esta ausência pode comprometer a generalização dos resultados para ambos os sexos. Além disso, a utilização de velocidades não tão altas pode restringir a aplicabilidade dos resultados a contextos de corrida com demandas de velocidade mais elevadas, como em competições ou treinamentos de alto rendimento. Embora seja parte de nosso objetivo, a dupla tarefa considerada pode ser de baixa demanda, e por isso, efeitos de outras formas de dupla tarefa que envolvem demandas cognitivas mais intensas ou tarefas mais complexas podem ser consideradas. Outra limitação importante e que abre espaço para estudos futuros é o tempo de duração do exercício. Testes com curta duração podem limitar a compreensão dos efeitos a longo prazo da

dupla tarefa na técnica de corrida, sugerindo a necessidade de investigações mais extensas para avaliar efeitos ao longo do tempo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a corrida em esteira em diferentes velocidades, a cinemática de corredores e não corredores não difere, exceto para a amplitude de movimento sagital do tornozelo. Ambos os corredores e não corredores mostram aumento nas amplitudes de movimento de quadril, joelho e tornozelo nos diferentes planos de movimento quando a velocidade de corrida aumenta de 7 para 9 e 11 km/h, mas esse aumento não é influenciado pela condição de interferência cognitivo-motora. O perfil de movimento do tornozelo parece sofrer um efeito da condição de dupla tarefa quando a velocidade de corrida aumenta, mas sua relação com alterações na técnica precisa ser melhor investigado. Dessa forma, concluímos que a condição de interferência cognitivo-motora baseada na tarefa de Stroop possui poucos efeitos sobre a cinemática de corredores com diferentes níveis de experiência, sendo recomendado uma avaliação mais detalhada da cinemática do tornozelo.

7. REFERÊNCIAS

Alvero-Cruz, J., Carnero, E., García, M., Alacid, F., Correas-Gómez, L., Rosemann, T., Nikolaidis, P., & Knechtle, B. (2020). Predictive Performance Models in Long-Distance Runners: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(21), 8289. https://doi.org/10.3390/ijerph17218289

Anderson, L. M., Martin, J. F., Barton, C. J., & Bonanno, D. R. (2022). What is the Effect of Changing Running Step Rate on Injury, Performance and Biomechanics? A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, *8*(1), 112. https://doi.org/10.1186/s40798-022-00504-0

Arshi, A. R., Mehdizadeh, S., & Davids, K. (2015). Quantifying foot placement variability and dynamic stability of movement to assess control mechanisms during forward and lateral running. *Journal of Biomechanics*, *48*(15), 4020–4025. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.09.046

Baggaley, M., Noehren, B., Clasey, J. L., Shapiro, R., & Pohl, M. B. (2015). Frontal plane kinematics of the hip during running: Are they related to hip anatomy and strength? *Gait & Posture*, *42*(4), 505–510. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.07.064

Blakely, M. J., Smith, S. L., Russell, P. N., & Helton, W. S. (2023). Dual-task effects between tone counting and mathematical calculations. *Applied Ergonomics*, *111*, 104052. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104052

Bonnaerens, S., Fiers, P., Galle, S., Derie, R., Aerts, P., Frederick, E., Kaneko, Y., Derave, W., De Clercq, D., & Segers, V. (2021). Relationship between duty factor and external forces in slow recreational runners. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, *7*(1), e000996. https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000996

Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *14*(5), 377–381.

Boullosa, D., Esteve-Lanao, J., Casado, A., Peyré-Tartaruga, L. A., Gomes da Rosa, R., & Del Coso, J. (2020). Factors Affecting Training and Physical Performance in Recreational Endurance Runners. *Sports*, *8*(3), 35. https://doi.org/10.3390/sports8030035

Brahms, C. M., Zhao, Y., Gerhard, D., & Barden, J. M. (2022). Long-range correlations and stride pattern variability in recreational and elite distance runners during a prolonged run. *Gait & Posture*, *92*, 487–492. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.08.107

Bridenbaugh, S. A., & Kressig, R. W. (2011). Laboratory Review: The Role of Gait Analysis in Seniors' Mobility and Fall Prevention. *Gerontology*, *57*(3), 256–264. https://doi.org/10.1159/000322194

Browm, I. D. (1978). Dual Task Methods of Assessing Work-load. *Ergonomics*, *21*(3), 221–224. https://doi.org/10.1080/00140137808931716

Brown, D. M. Y., Graham, J. D., Innes, K. I., Harris, S., Flemington, A., & Bray, S. R. (2020). Effects of Prior Cognitive Exertion on Physical Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, *50*(3), 497–529. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01204-8

Brund, R. B. K., Rasmussen, S., Nielsen, R. O., Kersting, U. G., Laessoe, U., & Voigt, M. (2018). The association between eccentric hip abduction strength and hip and knee angular movements in recreational male runners: An explorative study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *28*(2), 473–478. https://doi.org/10.1111/sms.12923

Buist, I., Bredeweg, S. W., Bessem, B., van Mechelen, W., Lemmink, K. A. P. M., & Diercks, R. L. (2010). Incidence and risk factors of running-related injuries during preparation for a 4-mile recreational running event. *British Journal of Sports Medicine*, *44*(8), 598–604. https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.044677

Carrard, A., Fontana, E., & Malatesta, D. (2018). Mechanical Determinants of the U-Shaped Speed-Energy Cost of Running Relationship. *Frontiers in Physiology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01790

Carretero-Navarro, G., Márquez, G., Cherubini, D., & Taube, W. (2019). Effect of different loading conditions on running mechanics at different velocities. *European Journal of Sport Science*, *19*(5), 595–602. https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1537378

Casado, A., Hanley, B., Jiménez-Reyes, P., & Renfree, A. (2021). Pacing profiles and tactical behaviors of elite runners. *Journal of Sport and Health Science*, *10*(5), 537–549. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.06.011

Cheung, R. T. H., An, W. W., Au, I. P. H., Zhang, J. H., Chan, Z. Y. S., & MacPhail, A. J. (2018). Control of impact loading during distracted running before and after gait retraining in runners. *Journal of Sports Sciences*, *36*(13), 1497–1501. https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1398886

Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2007). The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *Journal of Biomechanics*, *40*(16), 3555–3562. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2007.05.026

Collet, C., Petit, C., Priez, A., & Dittmar, A. (2005). Stroop color–word test, arousal, electrodermal activity and performance in a critical driving situation. *Biological Psychology*, *69*(2), 195–203. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.07.003

Cona, G., Cavazzana, A., Paoli, A., Marcolin, G., Grainer, A., & Bisiacchi, P. S. (2015). It's a Matter of Mind! Cognitive Functioning Predicts the Athletic Performance in Ultra-Marathon Runners. *PLOS ONE*, *10*(7), e0132943. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132943

Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *12*(5), 357–360.

Cuk, I., Nikolaidis, P., Markovic, S., & Knechtle, B. (2019). Age Differences in Pacing in Endurance Running: Comparison between Marathon and Half-Marathon Men and Women. *Medicina*, *55*(8), 479. https://doi.org/10.3390/medicina55080479

Daniels, J. T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *17*(3), 332–338.

Day, E., & Hahn, M. (2020). Optimal footwear longitudinal bending stiffness to improve running economy is speed dependent. *Footwear Science*, *12*(1), 3–13. https://doi.org/10.1080/19424280.2019.1696897

de David, A. C., Carpes, F. P., & Stefanyshyn, D. (2015). Effects of changing speed on knee and ankle joint load during walking and running. *Journal of Sports Sciences*, *33*(4), 391–397. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.946074

de Ruiter, C. J., Verdijk, P. W. L., Werker, W., Zuidema, M. J., & de Haan, A. (2014). Stride frequency in relation to oxygen consumption in experienced and novice runners. *European Journal of Sport Science*, *14*(3), 251–258. https://doi.org/10.1080/17461391.2013.783627

Deelen, I., Janssen, M., Vos, S., Kamphuis, C. B. M., & Ettema, D. (2019). Attractive running environments for all? A cross-sectional study on physical environmental characteristics and runners' motives and attitudes, in relation to the experience of

the running environment. *BMC Public Health*, *19*(1), 366. https://doi.org/10.1186/s12889-019-6676-6

DeJong Lempke, A. F., Hunt, D. L., Willwerth, S. B., d'Hemecourt, P. A., Meehan, W. P., & Whitney, K. E. (2024). Biomechanical changes identified during a marathon race among high-school aged runners. *Gait & Posture*, *108*, 44–49. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2023.11.009

Dierks, T. A., Davis, I. S., & Hamill, J. (2010). The effects of running in an exerted state on lower extremity kinematics and joint timing. *Journal of Biomechanics*, *43*(15), 2993–2998. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.07.001

Dierks, T. A., MANAL, K. T., HAMILL, J., & DAVIS, I. (2011). Lower Extremity Kinematics in Runners with Patellofemoral Pain during a Prolonged Run. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *43*(4), 693–700. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f744f5

Dimitrijevic, M. R., GERASIMENKO, Y., & PINTER, M. M. (1998). Evidence for a Spinal Central Pattern Generator in Humans [a]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *860*(1), 360–376. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb09062.x

Donald A. Neumann. (2016). *Kinesiology of the Musculoskeletal System* (3rd ed.).

Donk, M., & Sanders, A. F. (1989). Resources and dual-task performance; resource allocation versus task integration. *Acta Psychologica*, *72*(3), 221–232. https://doi.org/10.1016/0001-6918(89)90030-9

Došla, J., Korvas, P., Zvonař, M., Musil, R., Šenkýř, J., & Kalina, T. (2013). Comparison of selected characteristics of gait in men and women. *Journal of Human Sport and Exercise*, *8*(Proc2), 114–119. https://doi.org/10.4100/jhse.2012.8.Proc2.14

Epling, S. L., Blakely, M. J., Russell, P. N., & Helton, W. S. (2016). Free recall and outdoor running: cognitive and physical demand interference. *Experimental Brain Research*, *234*(10), 2979–2987. https://doi.org/10.1007/s00221-016-4700-y

Ferber, R., Noehren, B., Hamill, J., & Davis, I. (2010). Competitive Female Runners With a History of Iliotibial Band Syndrome Demonstrate Atypical Hip and Knee Kinematics. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *40*(2), 52–58. https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3028

Ferro-Sánchez, A., Martín-Castellanos, A., de la Rubia, A., García-Aliaga, A., Hontoria-Galán, M., & Marquina, M. (2023). An Analysis of Running Impact on Different Surfaces for Injury Prevention. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(14), 6405. https://doi.org/10.3390/ijerph20146405

Floría, P., Sánchez-Sixto, A., Ferber, R., & Harrison, A. J. (2018). Effects of running experience on coordination and its variability in runners. *Journal of Sports Sciences*, *36*(3), 272–278. https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1300314

Folland, J. P., ALLEN, S. J., BLACK, M. I., HANDSAKER, J. C., & FORRESTER, S. E. (2017). Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *49*(7), 1412–1423. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001245

Francis, P., Whatman, C., Sheerin, K., Hume, P., & Johnson, M. I. (2019). The Proportion of Lower Limb Running Injuries by Gender, Anatomical Location and Specific Pathology: A Systematic Review. *Journal of Sports Science & Medicine*, *18*(1), 21–31.

Frimenko, R., Whitehead, C., & Bruening, D. (2014). *Do Men and Women Walk Differently? A Review and Meta-Analysis of Sex Difference in Non-Pathological Gait Kinematics*. https://doi.org/10.21236/ADA597428

Gage, W. H., Sleik, R. J., Polych, M. A., McKenzie, N. C., & Brown, L. A. (2003). The allocation of attention during locomotion is altered by anxiety. *Experimental Brain Research*, *150*(3), 385–394. https://doi.org/10.1007/s00221-003-1468-7

García-Pinillos, F., García-Ramos, A., Ramírez-Campillo, R., Latorre-Román, P. Á., & Roche-Seruendo, L. E. (2019). How Do Spatiotemporal Parameters and Lower-Body Stiffness Change with Increased Running Velocity? A Comparison Between Novice and Elite Level Runners. *Journal of Human Kinetics*, *70*(1), 25–38. https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0036

García-Pinillos, F., Jaén-Carrillo, D., Latorre-Román, P. Á., Escalona-Marfil, C., Soto-Hermoso, V. M., Lago-Fuentes, C., Pueyo-Villa, S., Domínguez-Azpíroz, I., & Roche-Seruendo, L. E. (2021). Does Arch Stiffness Influence Running Spatiotemporal Parameters? An Analysis of the Relationship between Influencing Factors on Running Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(5), 2437. https://doi.org/10.3390/ijerph18052437

Gattoni, C., Martinez-Gonzalez, B., Li, C., & Marcora, S. M. (2023). Assessing Cognitive-Motor Interference in Military Contexts: Validity and Reliability of Two Dual-tasking Tests. *Military Medicine*, *188*(9–10), e2900–e2908. https://doi.org/10.1093/milmed/usad048

Gilson Luiz Volpato. (2007). *Bases teóricas para redação científica*.

Gómez-Molina, J., Ogueta-Alday, A., Stickley, C., Cámara, J., Cabrejas-Ugartondo, J., & García-López, J. (2017). Differences in Spatiotemporal Parameters Between

Trained Runners and Untrained Participants. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(8), 2169–2175. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001679

Guadagnin, E. C., da Rocha, E. S., Mota, C. B., & Carpes, F. P. (2015). Effects of regular exercise and dual tasking on spatial and temporal parameters of obstacle negotiation in elderly women. *Gait & Posture*, *42*(3), 251–256. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.05.012

Hamill, J., Knutzen, K. M., & Derrick, T. R. (2015). *Biomechanical Basis of Human Movement* (4th ed.).

Harbeson, M. M., Krause, M., Kennedy, R. S., & Bittner, A. C. (1982). The Stroop as a Performance Evaluation Test for Environmental Research. *The Journal of Psychology*, *111*(2), 223–233. https://doi.org/10.1080/00223980.1982.9915362

Harrison, K., Kwon, Y. U., Sima, A., Thakkar, B., Crosswell, G., Morgan, J., & Blaise Williams, D. S. (2019). Inter-joint coordination patterns differ between younger and older runners. *Human Movement Science*, *64*, 164–170. https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.01.014

Hsu, C. L., Best, J. R., Davis, J. C., Nagamatsu, L. S., Wang, S., Boyd, L. A., Hsiung, G. R., Voss, M. W., Eng, J. J., & Liu-Ambrose, T. (2018). Aerobic exercise promotes executive functions and impacts functional neural activity among older adults with vascular cognitive impairment. *British Journal of Sports Medicine*, *52*(3), 184–191. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096846

Jamkrajang, P., Suwanmana, S., Limroongreungrat, W., & Verheul, J. (2023). Spatiotemporal and kinematic adjustments in master runners may be associated with the relative physiological effort during running. *Frontiers in Sports and Active Living*, *5*. https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1271502

Kalron, A., Dvir, Z., & Achiron, A. (2010). Walking while talking—Difficulties incurred during the initial stages of multiple sclerosis disease process. *Gait & Posture*, *32*(3), 332–335. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.06.002

Karamanidis, K., Arampatzis, A., & Brüggemann, G.-P. (2006). Adaptational phenomena and mechanical responses during running: effect of surface, aging and task experience. *European Journal of Applied Physiology*, *98*(3), 284–298. https://doi.org/10.1007/s00421-006-0277-7

Kelly, C. M., Burnett, A. F., & Newton, M. J. (2008). The Effect of Strength Training on Three-Kilometer Performance in Recreational Women Endurance Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *22*(2), 396–403. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318163534a

Kemler, E., Blokland, D., Backx, F., & Huisstede, B. (2018). Differences in injury risk and characteristics of injuries between novice and experienced runners over a 4-year period. *The Physician and Sportsmedicine*, *46*(4), 485–491. https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1507410

Ketcham, C. J., Seidler, R. D., Van Gemmert, A. W. A., & Stelmach, G. E. (2002). Age-Related Kinematic Differences as Influenced by Task Difficulty, Target Size, and Movement Amplitude. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *57*(1), P54–P64. https://doi.org/10.1093/geronb/57.1.P54

Kim, H. K., Mirjalili, S. A., & Fernandez, J. (2018). Gait kinetics, kinematics, spatiotemporal and foot plantar pressure alteration in response to long-distance running: Systematic review. *Human Movement Science*, *57*, 342–356. https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.09.012

Kimura, T., & Nakano, W. (2021). Motor adaptation is promoted by an incongruent Stroop task, but not by a congruent Stroop task. *Experimental Brain Research*, *239*(4), 1295–1303. https://doi.org/10.1007/s00221-021-06059-y

Kluitenberg, B., van Middelkoop, M., Smits, D. W., Verhagen, E., Hartgens, F., Diercks, R., & van der Worp, H. (2015). The <scp>NL</scp> start2run study: Incidence and risk factors of running-related injuries in novice runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *25*(5). https://doi.org/10.1111/sms.12346

Koščak Tivadar, B. (2017). Physical activity improves cognition: possible explanations. *Biogerontology*, *18*(4), 477–483. https://doi.org/10.1007/s10522-017-9708-6

Kozlovskaia, M., Vlahovich, N., Rathbone, E., Manzanero, S., Keogh, J., & Hughes, D. C. (2019). A profile of health, lifestyle and training habits of 4720 Australian recreational runners—The case for promoting running for health benefits. *Health Promotion Journal of Australia*, *30*(2), 172–179. https://doi.org/10.1002/hpja.30

Krabak, B. J., Tenforde, A. S., Davis, I. S., Fredericson, M., Harrast, M. A., d'Hemecourt, P., Luke, A. C., & Roberts, W. O. (2019). Youth Distance Running: Strategies for Training and Injury Reduction. *Current Sports Medicine Reports*, *18*(2), 53–59. https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000564

Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard, C., & Fleury, M. (1993). Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Experimental Brain Research*, *97*(1). https://doi.org/10.1007/BF00228824

Le Goff, C., Farré Segura, J., Dufour, P., Kaux, J. F., & Cavalier, E. (2020). Intense sport practices and cardiac biomarkers. *Clinical Biochemistry*, *79*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2020.02.008

Lee, D., Brellenthin, A. G., Thompson, P. D., Sui, X., Lee, I.-M., & Lavie, C. J. (2017). Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity. *Progress in Cardiovascular Diseases*, *60*(1), 45–55. https://doi.org/10.1016/j.pcad.2017.03.005

Leporace, G., Metsavaht, L., Gonzalez, F. F., Arcanjo de Jesus, F., Machado, M., Celina Guadagnin, E., & Gomes-Neto, M. (2023). Validity and reliability of two-dimensional video-based assessment to measure joint angles during running: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Biomechanics*, *157*, 111747. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111747

Li, F., Newton, R. U., Shi, Y., Sutton, D., & Ding, H. (2021). Correlation of Eccentric Strength, Reactive Strength, and Leg Stiffness With Running Economy in Well-Trained Distance Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *35*(6), 1491–1499. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003446

Li, J. W., O'Connor, H., O'Dwyer, N., & Orr, R. (2017). The effect of acute and chronic exercise on cognitive function and academic performance in adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(9), 841–848. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.11.025

Lin, Y.-C., Price, K., Carmichael, D. S., Maniar, N., Hickey, J. T., Timmins, R. G., Heiderscheit, B. C., Blemker, S. S., & Opar, D. A. (2023). Validity of Inertial Measurement Units to Measure Lower-Limb Kinematics and Pelvic Orientation at Submaximal and Maximal Effort Running Speeds. *Sensors*, *23*(23), 9599. https://doi.org/10.3390/s23239599

Lock, M., Yousef, I., McFadden, B., Mansoor, H., & Townsend, N. (2024). Cardiorespiratory Fitness and Performance Adaptations to High-Intensity Interval Training: Are There Differences Between Men and Women? A Systematic Review

with Meta-Analyses. *Sports Medicine*, *54*(1), 127–167. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01914-0

Löfgren, N., Conradsson, D., Rennie, L., Moe-Nilssen, R., & Franzén, E. (2019). The effects of integrated single- and dual-task training on automaticity and attention allocation in Parkinson's disease: A secondary analysis from a randomized trial. *Neuropsychology*, *33*(2), 147–156. https://doi.org/10.1037/neu0000496

Ludyga, S., Gerber, M., Brand, S., Pühse, U., & Colledge, F. (2018). Effects of Aerobic Exercise on Cognitive Performance Among Young Adults in a Higher Education Setting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *89*(2), 164–172. https://doi.org/10.1080/02701367.2018.1438575

Mahaki, M., Bruijn, S. M., & van Dieën, J. H. (2019). The effect of external lateral stabilization on the use of foot placement to control mediolateral stability in walking and running. *PeerJ*, *7*, e7939. https://doi.org/10.7717/peerj.7939

Malinzak, R. A., Colby, S. M., Kirkendall, D. T., Yu, B., & Garrett, W. E. (2001). A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clinical Biomechanics*, *16*(5), 438–445. https://doi.org/10.1016/S0268-0033(01)00019-5

Malisoux, L., Gette, P., Delattre, N., Urhausen, A., & Theisen, D. (2022). Spatiotemporal and Ground-Reaction Force Characteristics as Risk Factors for Running-Related Injury: A Secondary Analysis of a Randomized Trial Including 800+ Recreational Runners. *The American Journal of Sports Medicine*, *50*(2), 537–544. https://doi.org/10.1177/03635465211063909

Malisoux, L., Napier, C., Gette, P., Delattre, N., & Theisen, D. (2023). Reference Values and Determinants of Spatiotemporal and Kinetic Variables in Recreational

Runners. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, *11*(10). https://doi.org/10.1177/23259671231204629

Manca, A., Cugusi, L., Pomidori, L., Felisatti, M., Altavilla, G., Zocca, E., Zocca, M., Bussu, F., Dvir, Z., & Deriu, F. (2020). Listening to music while running alters ground reaction forces: a study of acute exposure to varying speed and loudness levels in young women and men. *European Journal of Applied Physiology*, *120*(6), 1391–1401. https://doi.org/10.1007/s00421-020-04371-z

Markotić, V., Pokrajčić, V., Babić, M., Radančević, D., Grle, M., Miljko, M., Kosović, V., Jurić, I., & Karlović Vidaković, M. (2020). The Positive Effects of Running on Mental Health. *Psychiatria Danubina*, *32*(Suppl 2), 233–235.

Marti, B., Vader, J. P., Minder, C. E., & Abelin, T. (1988). On the epidemiology of running injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, *16*(3), 285–294. https://doi.org/10.1177/036354658801600316

Mason, R., Pearson, L. T., Barry, G., Young, F., Lennon, O., Godfrey, A., & Stuart, S. (2023). Wearables for Running Gait Analysis: A Systematic Review. *Sports Medicine*, *53*(1), 241–268. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01760-6

Möhler, F., Fadillioglu, C., & Stein, T. (2021). Fatigue-Related Changes in Spatiotemporal Parameters, Joint Kinematics and Leg Stiffness in Expert Runners During a Middle-Distance Run. *Frontiers in Sports and Active Living*, *3*. https://doi.org/10.3389/fspor.2021.634258

Moore, I. S. (2016). Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Sports Medicine*, *46*(6), 793–807. https://doi.org/10.1007/s40279-016-0474-4

Moore, I. S., Ashford, K. J., Cross, C., Hope, J., Jones, H. S. R., & McCarthy-Ryan, M. (2019). Humans Optimize Ground Contact Time and Leg Stiffness to Minimize the

Metabolic Cost of Running. *Frontiers in Sports and Active Living*, *1*. https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00053

Mooses, M., Jürimäe, J., Mäestu, J., Mooses, K., Purge, P., & Jürimäe, T. (2013). Running economy and body composition between competitive and recreational level distance runners. *Acta Physiologica Hungarica*, *100*(3), 340–346. https://doi.org/10.1556/APhysiol.100.2013.3.10

Moreira, P. E. D., Dieguez, G. T. de O., Bredt, S. da G. T., & Praça, G. M. (2021). The Acute and Chronic Effects of Dual-Task on the Motor and Cognitive Performances in Athletes: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(4), 1732. https://doi.org/10.3390/ijerph18041732

Morton, S. M., & Bastian, A. J. (2004). Cerebellar Control of Balance and Locomotion. *The Neuroscientist*, *10*(3), 247–259. https://doi.org/10.1177/1073858404263517

Musgjerd, T., Anason, J., Rutherford, D., & Kernozek, T. W. (2021). Effect of Increasing Running Cadence on Peak Impact Force in an Outdoor Environment. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *16*(4). https://doi.org/10.26603/001c.25166

Nakayama, Y., Kudo, K., & Ohtsuki, T. (2010a). Variability and fluctuation in running gait cycle of trained runners and non-runners. *Gait & Posture*, *31*(3), 331–335. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.12.003

Nakayama, Y., Kudo, K., & Ohtsuki, T. (2010b). Variability and fluctuation in running gait cycle of trained runners and non-runners. *Gait & Posture*, *31*(3), 331–335. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.12.003

Nero, D. da S. M. (2019). *Aptidão física e saúde: exercício físico e seu papel na promoção da saúde. Volume 2*. Pimenta Cultural. https://doi.org/10.31560/pimentacultural/2019.768

Nijs, A., Roerdink, M., & Beek, P. J. (2022). Running-style modulation: Effects of stance-time and flight-time instructions on duty factor and cadence. *Gait & Posture*, *98*, 283–288. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.10.002

Nijs, A., Roerdink, M., & Beek, P. J. (2023). Exploring running styles in the field through cadence and duty factor modulation. *PLOS ONE*, *18*(12), e0295423. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295423

Nikolaidis, P., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2018). A Brief Review of Personality in Marathon Runners: The Role of Sex, Age and Performance Level. *Sports*, *6*(3), 99. https://doi.org/10.3390/sports6030099

Noehren, B., Davis, I., & Hamill, J. (2007). ASB Clinical Biomechanics Award Winner 2006. *Clinical Biomechanics*, *22*(9), 951–956. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.07.001

Novacheck, T. F. (1998). The biomechanics of running. *Gait & Posture*, *7*(1), 77–95. https://doi.org/10.1016/S0966-6362(97)00038-6

Nummela, A., Keränen, T., & Mikkelsson, L. (2007). Factors Related to Top Running Speed and Economy. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(8), 655–661. https://doi.org/10.1055/s-2007-964896

Orendurff, M. S., Kobayashi, T., Tulchin-Francis, K., Tullock, A. M. H., Villarosa, C., Chan, C., Kraus, E., & Strike, S. (2018). A little bit faster: Lower extremity joint kinematics and kinetics as recreational runners achieve faster speeds. *Journal of Biomechanics*, *71*, 167–175. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.02.010

Padulo, J., Annino, G., Migliaccio, G. M., D'Ottavio, S., & Tihanyi, J. (2012). Kinematics of Running at Different Slopes and Speeds. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(5), 1331–1339. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318231aafa

Patoz, A., Lussiana, T., Gindre, C., & Malatesta, D. (2021). A novel kinematic detection of foot-strike and toe-off events during noninstrumented treadmill running to estimate contact time. *Journal of Biomechanics*, *128*, 110737. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110737

Poon, K. (2022). Effects of Aerobic Exercise and High-Intensity Interval Training on the Mental Health of Adolescents Living in Poverty: Protocol for a Randomized Controlled Trial. *JMIR Research Protocols*, *11*(1), e34915. https://doi.org/10.2196/34915

Preece, S. J., Bramah, C., & Mason, D. (2019). The biomechanical characteristics of high-performance endurance running. *European Journal of Sport Science*, *19*(6), 784–792. https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1554707

R. Kivi, D. M., V. MARAJ, B. K., & GERVAIS, P. (2002). A kinematic analysis of high-speed treadmill sprinting over a range of velocities. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*(4), 662–666. https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00016

Riazati, S., Caplan, N., & Hayes, P. R. (2019). The number of strides required for treadmill running gait analysis is unaffected by either speed or run duration. *Journal of Biomechanics*, *97*, 109366. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.109366

Rubio, J. E., Tong, J., Sundaramurthy, A., Subramani, A. V., Kote, V. B., Baggaley, M., Edwards, W. B., & Reifman, J. (2023). Differences in running biomechanics between young, healthy men and women carrying external loads. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *11*. https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1250937

Ruder, M., JAMISON, S. T., TENFORDE, A., MULLOY, F., & DAVIS, I. S. (2019). Relationship of Foot Strike Pattern and Landing Impacts during a Marathon.

Medicine & Science in Sports & Exercise, *51*(10), 2073–2079. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002032

Sandford, G. N., & Stellingwerff, T. (2019). “Question Your Categories”: the Misunderstood Complexity of Middle-Distance Running Profiles With Implications for Research Methods and Application. *Frontiers in Sports and Active Living*, *1*. https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00028

Sara Quenzer Matthiesen. (2007). *Corridas*.

Seki, K., Kyröläinen, H., Sugimoto, K., & Enomoto, Y. (2020). Biomechanical factors affecting energy cost during running utilising different slopes. *Journal of Sports Sciences*, *38*(1), 6–12. https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1676527

Siegel, K. L., Kepple, T. M., & Stanhope, S. J. (2004). Joint moment control of mechanical energy flow during normal gait. *Gait & Posture*, *19*(1), 69–75. https://doi.org/10.1016/S0966-6362(03)00010-9

Silva, A. F., Ramirez-Campillo, R., Sarmento, H., Afonso, J., & Clemente, F. M. (2021). Effects of Training Programs on Decision-Making in Youth Team Sports Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*, *12*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.663867

Smith, D. L., Haworth, J. L., Brooks, E. K., & Cousins, J. M. (2021). Postural Control, Dual Task Performance and Executive Function Following an Ultramarathon. *Perceptual and Motor Skills*, *128*(6), 2767–2786. https://doi.org/10.1177/00315125211044351

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, *18*(6), 643–662. https://doi.org/10.1037/h0054651

Suda, E. Y., Watari, R., Matias, A. B., & Sacco, I. C. N. (2020). Recognition of Foot-Ankle Movement Patterns in Long-Distance Runners With Different Experience

Levels Using Support Vector Machines. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *8*. https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00576

Valenzuela, K. A., Lynn, S. K., Mikelson, L. R., Noffal, G. J., & Judelson, D. A. (2015). Effect of Acute Alterations in Foot Strike Patterns during Running on Sagittal Plane Lower Limb Kinematics and Kinetics. *Journal of Sports Science & Medicine*, *14*(1), 225–232.

van Oeveren, B. T., de Ruiter, C. J., Beek, P. J., & van Dieën, J. H. (2021). The biomechanics of running and running styles: a synthesis. *Sports Biomechanics*, 1–39. https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1873411

Vannatta, C. N., & Haberl, M. (2018). CLINICAL DECISION MAKING AND TREATMENT IN A RUNNER WITH HIP PAIN AND NEUROMUSCULAR CONTROL DYSFUNCTION: A CASE REPORT. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *13*(2), 269–282.

Vanrenterghem, J., Venables, E., Pataky, T., & Robinson, M. A. (2012). The effect of running speed on knee mechanical loading in females during side cutting. *Journal of Biomechanics*, *45*(14), 2444–2449. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.06.029

Walsh, G. S. (2021). Dynamics of Modular Neuromotor Control of Walking and Running during Single and Dual Task Conditions. *Neuroscience*, *465*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.04.004

Weir, G., WILLWACHER, S., TRUDEAU, M. B., WYATT, H., & HAMILL, J. (2020). The Influence of Prolonged Running and Footwear on Lower Extremity Joint Stiffness. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *52*(12), 2608–2614. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002416

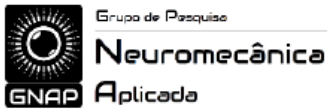
WILLEMS, T. M., WITVROUW, E., DE COCK, A., & DE CLERCQ, D. (2007). Gait-Related Risk Factors for Exercise-Related Lower-Leg Pain during Shod Running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39*(2), 330–339. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000247001.94470.21

Yang, Q., Xing, J., Braem, S., & Pourtois, G. (2022). The selective use of punishments on congruent versus incongruent trials in the Stroop task. *Neurobiology of Learning and Memory*, *193*, 107654. https://doi.org/10.1016/j.nlm.2022.107654

Zandbergen, M. A., Buurke, J. H., Veltink, P. H., & Reenalda, J. (2023). Quantifying and correcting for speed and stride frequency effects on running mechanics in fatiguing outdoor running. *Frontiers in Sports and Active Living*, *5*. https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1085513

8. APÊNDICES E ANEXOS

Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)
Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada (GNAP) - UNIPAMPA

Esse termo de consentimento, cuja cópia lhe foi entregue, é apenas parte de um processo de consentimento informado de um projeto de pesquisa do qual você está sendo convidado a participar. Este termo deve lhe dar uma idéia básica do que se trata o projeto, e o que sua participação envolverá. Se você quiser mais detalhes sobre algo mencionado aqui, ou informação não incluída aqui, sinta-se livre para solicitar. Por favor, leia atentamente esse termo, a fim de que você tenha entendido plenamente o objetivo desse projeto, e o seu envolvimento nesse estudo como sujeito participante. O investigador tem o direito de encerrar o seu envolvimento nesse estudo, caso isso se faça necessário, se você não estiver apto a realizar as atividades no momento da avaliação, ou se a comunicação entre o pesquisador e você se torne ineficaz. De igual forma, você pode retirar o seu consentimento em participar no mesmo a qualquer momento se assim o desejar.

O projeto de pesquisa: "**INTERFERÊNCIA COGNITIVA-MOTORA NA CORRIDA: EFEITOS SOBRE A CINEMÁTICA DE CORREDORES E NÃO CORREDORES**", será realizado pelo Grupo de Neuromecânica Aplicada (GNAP) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Sua participação envolve a visita ao laboratório de neuromecânica da UNIPAMPA durante aproximadamente uma hora e meia, em um dia e horários de sua disponibilidade, quando será feita uma avaliação.

Este projeto busca determinar o efeito da interferência cognitivo motora no desempenho de corrida em participantes com diferentes níveis de experiência com o esporte. Propomos avaliar em laboratório, a função neuromuscular e desempenho cognitivo de indivíduos fisicamente ativos e corredores, sob distintas condições de exercício, aplicando protocolos de esforço físico e tarefas cognitivas, individualmente. Neste estudo, hipotetizamos que quando pessoas correm submetidas a interferência cognitivo-motora, o nível de experiência com a tarefa motora poderá modular os efeitos da dupla tarefa sobre a cinemática da corrida.

Por meio deste documento e a qualquer tempo você poderá solicitar esclarecimentos adicionais sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar. Também poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento, sem sofrer qualquer tipo de penalidade ou prejuízo.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Os gastos necessários para a sua participação na pesquisa serão assumidos pelos pesquisadores. Você receberá um retorno individual com seu desempenho nos testes.

Seu nome e identidade serão mantidos em sigilo, e os dados da pesquisa serão armazenados pelo(a) pesquisador(a) responsável. Os resultados poderão ser divulgados em publicações científicas e apresentados em encontros científicos, entretanto ele mostrará apenas os resultados obtidos como um todo, sem revelar nomes dos participantes, instituições a qual pertencem ou qualquer informação privada, assim como apresentados a você à comunidade envolvida, para estimular reflexões acerca da prática de atividade física.

O principal benefício de sua participação voluntária será o recebimento dos resultados dos testes, que serão gratuitos e irão fornecer importantes informações sobre o desempenho em tarefas neuromusculares e cognitivas. Os resultados do estudo serão divulgados em veículos científicos resguardando a sua identidade e imagem. O protocolo de avaliações oferece poucos riscos físicos a você, pois contempla ações controladas e avaliadas constantemente pelos pesquisadores. Se você entrar no grupo de exercícios, irá participar de uma sessão de exercício físico, haverá uma sensação de cansaço, mas dentro do esperado, em ritmo seguro. Durante as atividades serão tomados todos os cuidados necessários para evitar desconfortos musculares ou articulares, utilizando exercícios simples e fáceis.

Caso necessário será acionado o serviço de emergência em saúde, com a equipe de pesquisadores prestando todo o suporte possível. Durante todas as atividades você terá acesso à água, poderá descansar sentado ou em pé, e terá toda a atenção da equipe de pesquisadores. A frequência cardíaca e pressão arterial serão aferidas antes da sessão a fim de garantir seu estado normal. Em caso de alterações importantes, será orientado a não realizar a atividade.

Após ser esclarecida sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas

é sua e a outra será arquivada pelo pesquisador responsável. Você poderá seguir sua rotina de vida normalmente.

Os horários podem ser agendados por telefone, email ou pessoalmente, sendo possível a disponibilidade de carona para ir ao campus e também para retornar, bastanto combinar com os pesquisadores o dia, horário e o endereço.

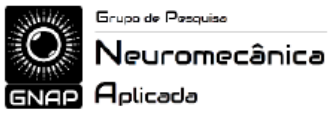
Eu_____ estou ciente das informações acima e concordo em participar do projeto de pesquisa citado neste termo, por livre e espontânea vontade.

Caso deseje maiores informações contate: Felipe Pivetta Carpes - Fone (55) 996612010 – carpes@unipampa.edu.br.

_____	_____
Assinatura Participante ou responsável	Assinatura Pesquisador
_____	_____
Nome por extenso	Felipe Pivetta Carpes

Data:___/___/___

Apêndice B - Anamnese Corredores



1. Nome:_____

2. Idade: _____ anos

3. Massa corporal (kg): _____

4. Estatura(cm): _____

5. Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

6. Telefone para contato: (___) _____

7. E-mail: _____

8. Há quanto tempo você corre regularmente? _____ ano(s)

9. Há quanto tempo você corre em competições? _____

10. Em média, quantos quilômetros você corre por semana?

( ) 0-10 km ( ) 11-20 km ( ) 21-30 km ( ) 31-40 km ( ) 41-50 km ( ) > 50 km

11. Quantas vezes por semana você treina? ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( ) 6 ( ) 7

12. Qual seu melhor tempo nos percursos abaixo:

5 km: _____ 10 km:_____ 21 km:_____ 42 km:_____

13. Você treina: ( ) somente na rua ( ) somente na esteira ( ) na rua e esteira

14. Você pratica outro tipo de atividade física? ( ) Sim ( ) Não

Se sim, qual? _____ Quantas vezes na semana? _____

No mesmo dia da corrida? ( ) sim ( ) não

15. Você se considera qual tipo de corredor?

( ) Iniciante (não participa de competições)

( ) Competidor recreacional (compete em circuitos locais)

( ) Competidor amador (compete em circuitos regionais, nacionais, internacionais)

( ) Competidor profissional (se dedica integralmente aos treinamentos e competições)

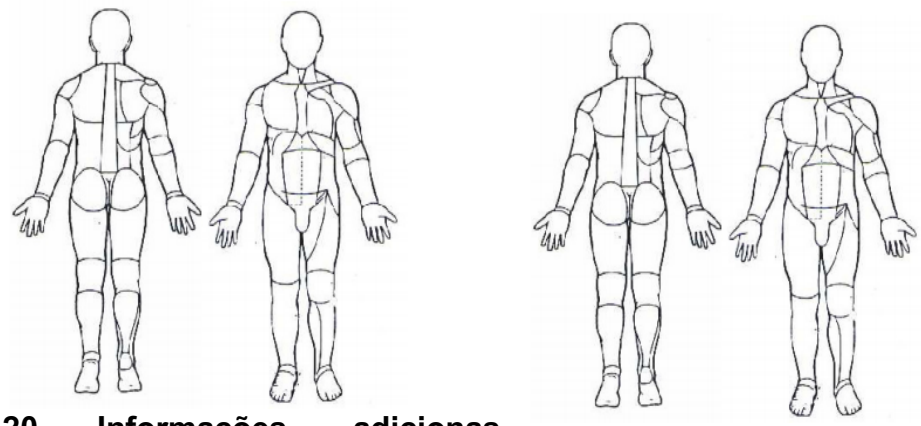
16. Você recebe orientações profissional sobre treinamento? ( ) S ( ) N

17. Perda preferida (ex: chutar a bola): ( ) Direita ( ) Esquerda ( ) Ambidestro

18. Você já teve alguma lesão depois de começar a correr? ( ) Sim ( ) Não

19. Qual(is) local(is) de lesão ou dor nos últimos 6 meses (marque com um X):

LESÃO **DOR**



20. Informações adicionas sobre a lesão: _____

21. Quantas horas por dia, em média, você dormiu no último mês:

22. ( ) 0-2 ( ) 2-3 ( ) 3-4 ( ) 4-5 ( ) 5-6 ( ) 6-7 ( ) 7-8 ( ) 8+

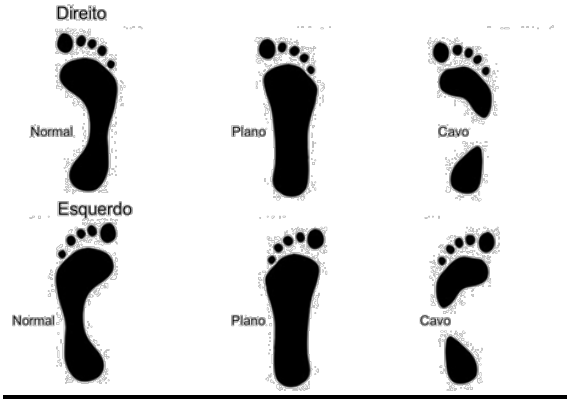
23. Você toma algum tipo de medicamento? ( ) Sim ( ) Não

24. Se sim, qual? _____ Quantas vezes na semana? _____

25. FLEXIBILIDADE – TESTE DE SENTAR E ALCANÇAR (Banco de Wells)

Medida 1	Medida 2	Medida 3

26. Tipo de Pé



27. Você realizou a vacina da covid-19

( ) Sim ( ) Não

Se sim, quantas doses? _____

Apêndice C - Anamnese Não Corredores

Grupo de Pesquisa
Neuromecânica
GNAP Aplicada

1. Nome:_____

2. Idade: _____ anos

3. Massa corporal (kg): _____

4. Estatura(cm): _____

5. Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

6. Telefone para contato: (___) _____

7. E-mail: _____

8. Há quanto tempo você pratica alguma atividade física? _____ ano(s)

9. Qual Atividade física? _____

10. Em média, quantas minutos em média você pratica essa atividade física por semana por semana?

11. ( ) ≥ 15min ( ) ≥ 30min ( ) ≥ 60min ( ) ≥ 90min ( ) ≥ 180min ( ) ≤ 180min

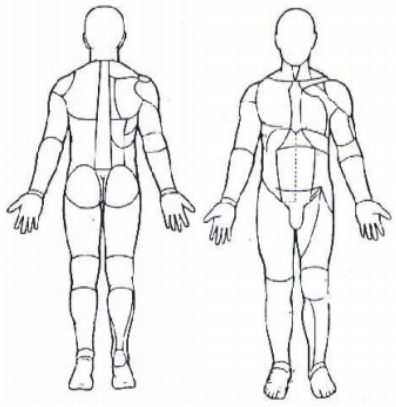
12. Você já praticou corrida: ( ) somente na rua ( ) somente na esteira ( ) na rua e esteira

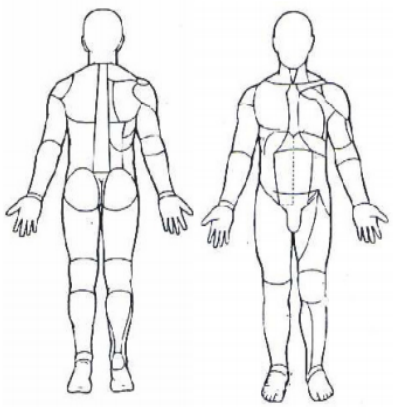
13. Você recebe orientações profissional sobre treinamento? ( ) S ( ) N

14. Perda preferida (ex: chutar a bola): ( ) Direita ( ) Esquerda ( ) Ambidestro

15. Qual(is) local(is) de lesão ou dor nos últimos 6 meses (marque com um X):

16. LESÃO **DOR**





17. Informações adicionas sobre a lesão: _____

18. Quantas horas por dia, em média, você dormiu no último mês:

19. ( ) 0-2 ( ) 2-3 ( ) 3-4 ( ) 4-5 ( ) 5-6 ( ) 6-7 ( ) 7-8 ( ) 8+

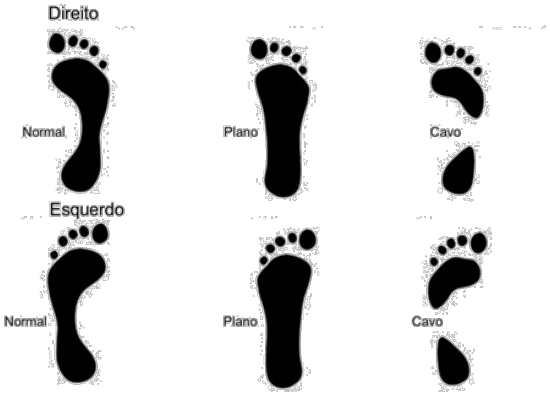
20. Você toma algum tipo de medicamento? ( ) Sim ( ) Não

21. Se sim, qual? _____ Quantas vezes na semana? _____

22. FLEXIBILIDADE – TESTE DE SENTAR E ALCANÇAR (Banco de Wells)

Medida 1	Medida 2	Medida 3

23. Tipo de Pé



24. Você realizou a vacina da covid-19

( ) Sim ( ) Não

Se sim, quantas doses? _____

ANEXOS

Anexo A - Folder utilizado para divulgação do projeto via redes sociais e na comunidade local.

Anexo B – Escala de Borg

Grupo de Pesquisa Neuromecânica Aplicada GNAP

6	REPOUSO	
7	MUITO, MUITO FÁCIL	
8		
9	MUITO FÁCIL	
10		
11	FÁCIL	
12		
13	POUCO MODERADO	
14		
15	MODERADO	
16		
17	INTENSO	
18		
19	MUITO INTENSO	
20	EXAUSTIVO	