

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UPE/UFPB
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

DOUGLAS CAVALCANTE SILVA

**EFEITO DA MÚSICA MOTIVACIONAL NO DESEMPENHO DE CORRIDA DE ATLETAS
RECREACIONAIS MENTALMENTE FATIGADOS**

JOÃO PESSOA - 2025

DOUGLAS CAVALCANTE SILVA

**EFEITO DA MÚSICA MOTIVACIONAL NO DESEMPENHO DE CORRIDA DE ATLETAS
RECREACIONAIS MENTALMENTE FATIGADOS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física UPE/UFPB como requisito para obtenção do título de doutor em Educação Física.

Área de concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano

Linha de pesquisa: Exercício Físico, Esporte e Desempenho

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Sousa Fortes

**Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação**

S586e Silva, Douglas Cavalcante.

Efeito da música motivacional no desempenho de corrida de atletas recreacionais mentalmente fatigados / Douglas Cavalcante Silva. - João Pessoa, 2025.
125 f. : il.

Orientação: Leonardo de Sousa Fortes.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCS.

1. Música. 2. Carga cognitiva. 3. Excitação. 4. Endurance. I. Fortes, Leonardo de Sousa. II. Título.

UFPB/BC

CDU 78(043)

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UPE-UFPB
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

A Tese Efeito da música motivacional no desempenho de corrida de atletas recreacionais mentalmente fatigados.

Elaborada por Douglas Cavalcante Silva

Foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovada para obtenção do título de DOUTOR EM EDUCAÇÃO FÍSICA na Área de Concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano.

João Pessoa, 29 de julho de 2025.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Leonardo de Sousa Fortes
(UFPB) - Presidente da Sessão

Prof. Dr. Eduardo Macedo Penna
(UFPA) - Membro Externo

Prof. Dr. Gilmário Ricarte Batista
(UFPB) – Membro interno

Prof. Dr. Everton Crivoi do Carmo
(Centro Universitário Senac) – Membro Externo

Ullosa Álvarez
(Universidad de León) – Membro Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais (Domingos e Adelia) que por meio da agricultura e dos serviços domésticos nunca me deixaram faltar nada e me deram todo o apoio que conseguiram para trilhar minha jornada;

Agradeço ao meu orientador, Leonardo Fortes por toda luz que me deu durante o doutorado;

Agradeço aos amigos do GENEXDES, em especial aos renegados Heloiana Faro e Daniel Carvalho, pela parceira, pelas risadas, pelos conselhos, pelos estudos e por fazer esse processo tão leve quanto deveria ser;

Agradeço aos graduandos de iniciação científica, em especial César Dias, por toda contribuição na coleta de dados;

Agradeço aos meus orientandos do Unipê que toparam um desafio de compartilhar esta coleta comigo;

Agradeço a todos os atletas que participaram da coleta de dados e ajudaram a fazer esse estudo possível;

Agradeço aos meus eternos treinadores, Pedrinho e Lula, que me apresentaram esta modalidade, a qual é minha prática, meu trabalho, meu lazer e minha área de estudos;

Agradeço aos membros da banca de avaliação por todas as sugestões feitas para a melhoria da qualidade do trabalho;

Agradeço a todos os professores do PAPGEF pelos ensinamentos;

Agradeço aos secretários do programa, Ricardo e Herson, pelo zelo com o andamento do doutorado;

Agradeço aos amigos que tiveram comigo nos bastidores do trabalho;

Agradeço a FAPESQ-PB pelo suporte financeiro que foi fundamental para esta formação;

A todos que contribuíram com quem eu sou agora, minha eterna gratidão

EPÍGRAFE

**“O segredo do sucesso é ir
de fracasso em fracasso sem
perder o entusiasmo”**

Wiston Churchill

RESUMO

Objetivo: avaliar os efeitos da música motivacional auto selecionada no desempenho de corrida de atletas recreacionais mentalmente fatigados e comparar o desempenho de corrida de atletas recreacionais mentalmente fatigados em teste com músicas motivacionais preferidas e não preferidas. **Metodologia:** O trabalho foi dividido em dois estudo que foram realizados com 33 corredores recreacionais (18 participantes no primeiro e 15 no segundo). As pesquisas foram realizadas em modelo experimental com delineamento cruzado e randomizado. Inicialmente, os participantes realizaram um teste incremental para determinar a velocidade máxima (Vmax). Em seguida, foram realizadas quatro condições experimentais randomizadas no primeiro estudo, as quais envolveram testes de corrida até a exaustão (TCE): (1) CON (repouso + TCE); (2) FMC (fadiga mental + TCE); (3) FMM (fadiga mental + TCE com música motivacional); (4) MUS (repouso + TCE com música motivacional). No segundo estudo duas condições experimentais foram realizadas: (1) MMP (fadiga mental + TCE com músicas motivacionais preferidas); (2) MNP (fadiga mental + TCE com músicas motivacionais não preferidas). A intensidade do TCE foi de 85% da Vmax. Os participantes selecionaram suas faixas de música motivacional tocadas durante o teste e as músicas não preferidas foram escolhidas pela equipe de pesquisa com base no gênero musical de menor interesse dos participantes. A fadiga mental foi induzida por esforço cognitivo intenso de 60 minutos, utilizando uma tarefa Stroop individualizada. Durante o TCE, foram avaliados a frequência cardíaca, a percepção subjetiva de esforço, o nível de excitação. A motivação intrínseca foi avaliada após o TCE. **Resultados:** os resultados do 1º estudo revelaram que o desempenho no TCE foi significativamente reduzido na condição FMC em comparação à CON ($p=0,003$). Ouvir música motivacional melhorou o desempenho no TCE tanto na condição MUS ($p=0,047$) quanto na FMM ($p<0,001$). Os níveis de excitação durante os testes de corrida foram maiores nas condições com música ($p<0,001$). A música também aumentou a motivação intrínseca ($p<0,001$). No segundo estudo, o desempenho no TCE foi significativamente maior em MMP em comparação com MNP ($MMP = 633 \pm 265\text{s}$ vs. $MNP = 508 \pm 184\text{s}$, $p=0,001$). Os níveis de excitação também foram mais altos na condição MMP em relação à MNP ($p=0,001$, $d=0,44$), enquanto a motivação intrínseca não apresentou diferenças entre as condições experimentais ($p>0,05$). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes na frequência cardíaca ou na percepção subjetiva de esforço. **Conclusão:** ouvir música motivacional auto selecionada durante um teste de corrida melhora o desempenho de corredores recreacionais mentalmente fatigados. Este efeito parece estar atrelado as preferências pessoais dos atletas.

Palavras-Chave: endurance, carga cognitiva, excitação, motivação, música

ABSTRACT

Aim: evaluate the effect of self-selected motivational music on the running performance of mentally fatigued recreational runners and compare the running performance in mentally fatigued athletes in tests with preferred motivational music and non-preferred music. **Methods:** the study was divided into two research projects with 33 recreational runners (18 in the first and 15 in the second). The studies were developed in a randomized crossover experimental design study. Initially, participants completed an incremental test to achieve the endurance maximal velocity (Vmax). Then, four randomized experimental conditions involving time-to-exhaustion (TTE) running tests were performed in the first study: (1) CON (rest + TTE); (2) MFC (mental fatigue + TTE); (3) MFM (mental fatigue + TTE with motivational music); (4) MUS (rest + TTE with motivational music). In the second study two experimental conditions were performed: (1) PMM (mental fatigue + TTE with preferred motivational music); (2) NPM (mental fatigue + TTE with non-preferred motivational music). The intensity of the TTE was 85% of Vmax. Participants self-selected the motivational music tracks played during the TTE and the non-preferred motivational music was selected for research team considering the musical preferences of participants. Mental fatigue was induced with a 60-minute-high cognitive effort, adopting an individualized Stroop word-color task. Heart rate, rating perceived exertion, arousal was assessed during the TTE. Intrinsic motivation was evaluated after TTE. **Results:** the outcomes of the first study show that the running performance was significantly reduced in MFC compared to CON ($p=0.003$). Listening to motivational music improved TTE performance, both in MUS ($p=0.47$) and MFM ($p<0.001$). The arousal levels during running tests were greater in music conditions ($p<0.001$). In the second study the time-to-exhaustion running was significantly longer in the PMM than NPM experimental condition (PMM = 633 ± 265 s vs. NPM = 508 ± 184 s, $p=0.001$). Arousal levels were also higher in the PMM when compared to NPM condition ($p=0.001$, $d=0.44$), while intrinsic motivation did not differ between experimental conditions ($p>0.05$). No significant differences were found in heart rate or perceived exertion. **Conclusion:** music also enhanced intrinsic motivation ($p<0.001$). Listening to self-selected motivational music during a running test improves the performance of mentally fatigued recreational runners. This effect seems to be linked to the athletes' personal preferences.

Keywords: physical endurance, cognitive load, arousal, motivation, music

RESUMÉN

Objetivo: Evaluar el efecto de la música motivacional autoelegida en el rendimiento en carrera de corredores recreacionales mentalmente fatigados y comparar el rendimiento en carrera de atletas mentalmente fatigados en pruebas con música motivacional preferida y no preferida. **Métodos:** El estudio se dividió en dos proyectos de investigación con 33 corredores recreacionales (18 en el primero y 15 en el segundo). Los estudios fueron desarrollados en un diseño experimental cruzado y aleatorizado. Inicialmente, los participantes realizaron una prueba incremental para determinar la velocidad máxima de resistencia (Vmax). Luego, en el primer estudio se realizaron cuatro condiciones experimentales aleatorizadas con pruebas de carrera hasta la extenuación (PCHE): (1) CON (descanso + PCHE); (2) FMC (fatiga mental + PCHE); (3) FMM (fatiga mental + PCHE con música motivacional); (4) MUS (descanso + PCHE con música motivacional). En el segundo estudio se realizaron dos condiciones experimentales: (1) MMP (fatiga mental + PCHE con música motivacional preferida); (2) MNP (fatiga mental + PCHE con música motivacional no preferida). La intensidad del PCHE fue del 85% de la Vmax. Los participantes seleccionaron las pistas de música motivacional reproducidas durante el PCHE, y la música no preferida fue seleccionada por el equipo de investigación considerando las preferencias musicales de los participantes. La fatiga mental fue inducida mediante una tarea Stroop individualizada de palabras y colores durante 60 minutos de esfuerzo cognitivo elevado. Durante el PCHE se evaluaron la frecuencia cardíaca, la percepción subjetiva del esfuerzo y el nivel de activación. La motivación intrínseca fue evaluada después del PCHE. **Resultados:** Los resultados del primer estudio muestran que el rendimiento en carrera fue significativamente menor en la condición FMC en comparación con la CON ($p=0.003$). Escuchar música motivacional mejoró el rendimiento en el PHCE tanto en la condición MUS ($p=0.047$) como en la FMM ($p<0.001$). Los niveles de activación durante las pruebas de carrera fueron mayores en las condiciones con música ($p<0.001$). En el segundo estudio, el tiempo hasta la extenuación fue significativamente mayor en la condición MMP en comparación con la MNP ($MMP = 633 \pm 265\text{s}$ vs. $MNP = 508 \pm 184\text{s}$, $p=0.001$). Los niveles de activación también fueron más altos en la MMP que en la MNP ($p=0.001$, $d=0.44$), mientras que no se encontraron diferencias significativas en la motivación intrínseca entre las condiciones experimentales ($p>0.05$). No se encontraron diferencias significativas en la frecuencia cardíaca ni en la percepción subjetiva del esfuerzo. **Conclusión:** La música también aumentó la motivación intrínseca ($p<0.001$). Escuchar música motivacional autoelegida durante una prueba de carrera mejora el rendimiento de corredores recreacionales mentalmente fatigados. Este efecto parece estar vinculado a las preferencias personales de los atletas.

Palabras-Clave: resistencia, carga cognitiva, excitación, motivación, música

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. DESENVOLVIMENTO	14
2.1. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1.1. Desempenho de Endurance	14
2.1.2. Fadiga Mental.....	18
2.1.3. Música	29
2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
2.2.1. Caracterização da Pesquisa	35
2.2.2. Questões Éticas	35
2.2.3. Estudos	35
2.2.4. Participantes	36
2.2.5. Critérios de inclusão.....	36
2.2.6. Critérios de exclusão.....	37
2.2.7. Desenho do Estudo.....	37
2.2.8. Medidas Baseline.....	39
2.2.9. Preparação para os testes	40
2.2.10. Fadiga mental.....	40
2.2.11. Cansaço Mental.....	42
2.2.12. Controle inibitório.....	42
2.2.13. Carga cognitiva.....	43
2.2.15. Teste de corrida até a exaustão	44
2.2.16. PSE	44
2.2.17. Excitação.....	45
2.2.18. Motivação intrínseca.....	45
2.2.19. Análise Estatística	45
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
ARTIGO 1.....	47
ARTIGO 2.....	78
3. CONCLUSÃO	107
4. REFERÊNCIAS	108
ANEXOS.....	119

1. INTRODUÇÃO

A corrida de rua é um esporte em constante crescimento quanto ao número de praticantes e a quantidade de participantes presentes nos eventos competitivos que ocorrem pelo mundo todos os anos. A popularidade deste esporte pode ser notada observando o número crescente de corredores competindo nas provas tradicionais do calendário esportivo, tais como a São Silvestre (realizada anualmente na cidade de São Paulo/Brasil), que contou com 60 participantes na primeira edição em 1927 e com 20 mil participantes na última edição, bem como a maratona de Londres, que iniciou com cerca de 6700 participantes no ano de 1981 e teve aproximadamente 47 mil competidores na edição de 2022 (Tcs London Marathon, 2022; Gazeta Esportiva, 2022). Um fato que chama atenção, é que segundo os dados da organização, menos de 1% destes participantes largam no pelotão de elite e disputam a vitória da prova. A maior parte dos competidores nestes eventos trata-se de atletas amadores popularmente conhecidos como corredores recreacionais.

Estes corredores recreacionais são atletas que não dependem da prática esportiva para o seu sustento, mas treinam buscando melhoria do desempenho, assim como os atletas de alto rendimento. Ao invés de disputar um lugar no pódio das competições, esta classe de corredores tem objetivos mais voltados a si próprio, como melhoria da própria marca pessoal, ou completar uma distância antes não percorrida. Devido ao fato de a corrida não ser a sua atividade profissional, os corredores recreacionais dividem seu tempo diário entre treinamento, trabalho, estudo, demandas sociais e pessoais. Logo, além da possibilidade destas atividades cotidianas afetarem a recuperação entre as sessões de treino, talvez, também possam gerar uma demanda cognitiva aumentada, especialmente antes das sessões de treinos de corrida, o que pode comprometer o desempenho nas sessões de treinamento.

O desempenho humano é regulado por uma complexa interação de sistemas que cooperam durante o exercício, incluindo os sistemas fisiológicos, metabólicos, cardiovasculares, neuromusculares e neurais (Joyner; Coyle, 2008; Trowell et al., 2020). Além desses sistemas, componentes cerebrais e psicológicos desempenham um papel fundamental nos esportes de endurance (McCormick et al., 2015). O modelo piscobiológico de desempenho de endurance postula que a percepção subjetiva de esforço (PSE) e a motivação potencial são fatores-chave que regulam as tomadas de

decisões baseada no esforço e a tolerância a exercícios prolongados, tal como a corrida de rua (Marcora et al., 2013).

Reconhecendo a importância dos fatores psicológicos no desempenho de endurance, pesquisas têm se concentrado cada vez mais em compreender fenômenos prejudiciais que afetam o cérebro dos atletas (Wu et al., 2024). Neste cenário, estudos têm tentado compreender os efeitos da fadiga mental (Chen et al., 2023). A fadiga mental é caracterizada por sensações de cansaço, falta de energia e letargia, resultantes de esforço cognitivo oriundo de uma alta carga cognitiva (por exemplo, longos períodos de esforço cognitivo leve ou períodos breves de esforço cognitivo intenso) (Kunasegaran et al., 2023; Marcora et al., 2009). Pesquisas, especialmente revisões sistemáticas com metanálise, demonstraram que a fadiga mental prejudica tanto o desempenho de endurance (Brown et al., 2020; Giboin; Wolff, 2019; Habay et al., 2021; McMorris et al., 2018) quanto o desempenho cognitivo (Boksem et al., 2005; Boksem; Tops, 2008; Lorist et al., 2000).

A literatura científica especializada aponta que o prejuízo no desempenho de endurance causado pela fadiga mental ocorre como resultado de alterações na conectividade neural (Qi et al., 2019; Wylie et al., 2020), juntamente com uma redução da atividade dopaminérgica provocada pelo aumento dos níveis de neurotransmissão de adenosina em áreas cerebrais responsáveis pela regulação da percepção subjetiva de esforço (PSE) e da motivação ou sistema de recompensa cerebral (Martin et al., 2018; Van Cutsem et al., 2017). Essas alterações neurais levam a um aumento da PSE e à diminuição da motivação potencial em atividades com a mesma carga de treino externa (por exemplo, intensidade e distância), resultando na regulação negativa da tomada de decisão baseada em esforço (intensidade do exercício atenuada) e/ou no abandono precoce da atividade por parte do atleta (Smirmaul et al., 2013).

Dado os efeitos adversos da fadiga mental sobre tarefas físicas, pesquisas recentes têm explorado intervenções para combater ou minimizar o impacto do esforço cognitivo prévio sobre o desempenho físico e cognitivo subsequente (Wu et al., 2024). Duas revisões sistemáticas (Proost et al., 2022; Sun et al., 2024) identificaram estudos que examinaram o efeito de várias estratégias, incluindo intervenções psicológicas (*mindfulness, person-fit, exposição à natureza*), nutricionais (cafeína, carboidrato e creatina), fisiológicas (estimulação transcraniana por corrente contínua – tDCS) e comportamentais (atividade física, cochilo e música). Mais

recentemente, outra revisão sistemática destacou a música como uma estratégia não invasiva, de fácil aplicação e altamente promissora para mitigar os efeitos negativos da fadiga mental tanto no desempenho físico quanto no cognitivo (Ding et al., 2025).

A música é um constructo abstrato da humanidade que pode evocar uma ampla variedade de emoções nos ouvintes (Juslin; Västfjäll, 2008). Essas emoções estão associadas a mudanças na atividade neuro-elétrica e neuroquímica em várias regiões cerebrais (Juslin, 2013; Koelsch, 2020). Músicas que evocam emoções positivas (prazer, euforia e motivação) podem modular a atividade do sistema de recompensa do cérebro e promover a liberação de dopamina por meio da via mesolímbica (Chanda; Levitin, 2013). Esse efeito é proposto como um possível mecanismo pelo qual a música combate os efeitos negativos da fadiga mental sobre o desempenho físico e cognitivo (Ding et al., 2025). Adicionalmente, a música possui um alto potencial ergogênico para o desempenho de endurance (Castañeda-Babarro et al., 2020), agindo por meio do aumento da motivação e da excitação (Ballmann, 2021), acarretando menor PSE durante a atividade (Terry et al., 2020).

Cabe destacar que a motivação e a excitação são emoções que dependem inteiramente das características e interesses individuais das pessoas (Kuppens e Tong, 2010). A teoria da motivação intrínseca postula que os indivíduos têm maior probabilidade de se envolver e investir energia em tarefas que satisfazem seus interesses pessoais (Bandhu et al., 2024; Deci, 1972). Quando se trata de movimento, a excitação é um fenômeno multidimensional que envolve dois tipos de manifestações: autonômica e afetiva (Satpute et al., 2019). A excitação autonômica envolve respostas fisiológicas que levam a mudanças no sistema nervoso autônomo, caracterizadas pelo aumento da atividade simpática (Chee et al., 2024). Já a excitação afetiva é um processo psicológico que abrange sensações pessoais que modulam a intensidade das emoções as deixando mais ou menos intensas (Storbeck; Clore, 2008). Essas manifestações nem sempre ocorrem separadamente, pois a excitação autonômica pode ser desencadeada por estímulos ambientais e por respostas emocionais (Storbeck; Clore, 2008). No contexto da música, a excitação autonômica pode ser influenciada de forma independente pelas características acústicas (volume e ritmo mais altos) (Coutinho; Cangelosi, 2011; Edworthy; Waring, 2006), enquanto a excitação afetiva pode resultar das emoções evocadas pelas preferências musicais pessoais (como gênero musical, instrumentos ou memórias associadas a músicas específicas) (Juslin; Västfjäll, 2008).

Diante do exposto é razoável testar as hipóteses que os efeitos ergogênicos da música podem mitigar ou contra atuar os efeitos deletérios da fadiga mental no desempenho de corrida e que as preferências pessoais dos atletas recreacionais desempenham um papel importante neste fenômeno. Deste modo, o presente trabalho tem os objetivos de: (1) avaliar os efeitos da música motivacional auto selecionada no desempenho de corrida de atletas recreacionais mentalmente fatigados; (2) comparar o desempenho de corrida de atletas recreacionais mentalmente fatigados em teste com músicas motivacionais preferidas e não preferidas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo deste tópico não é esgotar o conhecimento acerca dos temas e suas especificidades, mas sim, apresentar e discutir assuntos pertinentes e relevantes que possam contribuir consideravelmente com a compreensão da temática desta tese. Também não se objetiva discutir os temas a luz de todas as teorias disponíveis na literatura científica especializada, mas sim, elucidar aquelas que possuem maior robustez para explicar os fenômenos estudados.

2.1.1. Desempenho de Endurance

Segundo McCornick; Meijen e Marcra (2015) a capacidade de endurance é classicamente conhecida na literatura científica especializada como atividades que envolvam o esforço contínuo com duração igual ou acima de 75 segundos. Os autores subdividem esta capacidade em endurance muscular e endurance de corpo inteiro. Fazendo parte do grupo de atividade de endurance muscular os exercícios monoarticulares ou que envolvam um grupo muscular específico, por exemplo os testes de *handgrip* ou exercícios resistidos isolados e as de endurance de corpo inteiro, envolvem atividades que necessitam de movimento do corpo inteiro ou de um grande grupo muscular para a realização da atividade, tais como, correr, pedalar, remar e nadar (McCormick *et al.*, 2019).

Esta capacidade é marcada principalmente pela conjunção de componentes neurais, fisiológicos, metabólicos, cardiovasculares e neuromusculares (Joyner; Coyle, 2008; Trowell et al., 2020). Em alguns esportes cílicos de longa duração, como o caso da corrida de rua, a capacidade de endurance é o que determina o desempenho do atleta na competição. Traduzindo em desempenho, o resultado da prova em si é o melhor indicador de desempenho, embora alguns testes de esforço sejam reconhecidamente fortes indicadores de performance (Jones et al., 2016). Testes incrementais, contrarrelógio e tempo até a exaustão são os mais utilizados, principalmente por estudos científicos, devido a possibilidade de avaliar as respostas fisiológicas e perceptuais durante a tarefa.

Além do tempo ou distância para completar a tarefa, a estratégia de dosagem de intensidade de esforço, conhecida como PACE, também é um marcador muito utilizado na prática profissional e em pesquisas científicas como determinante do desempenho (Koning et al., 2011). O PACE corresponde ao tempo ou outro marcador de desempenho, no qual o atleta despende para completar uma distância ou tempo parcial do teste. Por exemplo, em uma prova de corrida de 5 km pode-se obter o tempo parcial de cada quilometro ou a distância percorrida a cada cinco minutos e avaliar o comportamento do atleta durante a tarefa. Existem diferentes estratégias de PACE que podem ser adotadas em uma competição ou teste e elas podem ser cruciais no resultado final, pois correspondem a como será a distribuição de energia durante a tarefa, de modo que se não for bem realizada, o atleta pode ter o seu desempenho comprometido ou até entrar em exaustão precocemente. Abbiss e Laursen (2008) descreveram as seguintes estratégias de PACE: pacing “all-out” (máximo esforço durante toda a tarefa), constante (a velocidade é mantida durante toda a tarefa), negativo (aumento da velocidade durante a tarefa), positivo (redução da velocidade durante a tarefa), parabólico (o início e o final da tarefa mais rápidos) e variável (flutuação constante da velocidade durante a tarefa). Muitos fatores podem ser determinantes para escolha e adequação da estratégia de PACE, incluindo o percurso da prova, condições climáticas, questões nutricionais, adversários e as características individuais do atleta (Gibson et al., 2006). Entretanto, a estratégia de PACE pode ser modificada positivamente ou negativamente durante a prova, de acordo com a percepção subjetiva de esforço do atleta (PSE) (Gibson et al., 2006) Nesse aspecto, tem sido sugerido haver uma relação inversa entre a percepção subjetiva de esforço e a regulação do PACE durante a prova (Koning et al., 2011).

Muitos fatores podem ser determinantes para escolha e adequação da estratégia de PACE, incluindo o percurso da prova, condições climáticas, questões nutricionais, adversários e as características individuais do atleta (Gibson et al., 2006). Entretanto, a estratégia de PACE pode ser modificada positivamente ou negativamente durante a prova, de acordo com a PSE do atleta (Gibson et al., 2006) Nesse aspecto, tem sido sugerido haver uma relação inversa entre a PSE e a regulação do PACE durante a prova (Koning et al., 2011).

A PSE é processada/regulada no cérebro e sofre influência de estímulos internos (exemplo: frequência cardíaca, respiração, temperatura corporal, dor e desconforto), estímulos externos (exemplo: recursos motivacionais, recursos distratores e ambientais) e da experiência prévia do sujeito para uma tarefa similar (Bigliassi, 2021; Lopes; Pereira; Silva, 2022). O problema da relação da estratégia de PACE com a PSE é que a estratégia é previamente programada para tentar manter menores níveis possíveis de PSE pelo maior tempo possível, porém, na presença de algum estímulo interno ou externo que altere a PSE, a estratégia poderá ser comprometida.

Existem duas teorias principais que tentam explicar como a PSE é controlada durante o exercício físico. Uma é conhecida como teoria do feedback aferente, a qual explica que as áreas sensoriais do cérebro, que regulam a PSE são mais ativadas a partir de sinais de feedback mecânicos e sinais de desconforto detectados nos músculos e no sistema cardiorrespiratório a partir de acúmulo de metabólitos (Lopes; Pereira; Silva, 2022). Muitos fatores podem ser determinantes para escolha e adequação da estratégia de PACE, incluindo o percurso da prova, condições climáticas, questões nutricionais, adversários e as características individuais do atleta (Gibson et al., 2006). Entretanto, a estratégia de PACE pode ser modificada positivamente ou negativamente durante a prova, de acordo com a PSE do atleta (Gibson et al., 2006) Nesse aspecto, tem sido sugerido haver uma relação inversa entre a PSE e a regulação do PACE durante a prova (Koning et al., 2011).

A motivação também parece ser um fator influenciador no desempenho de endurance. Motivação é um fenômeno complexo e com muitas teorias que a explicam a partir de diferentes perspectivas. Todavia, de maneira geral, ela é classicamente definida na literatura como “investimento de recursos e mobilização de esforço para executar um comportamento e atingir a meta” (Richter; Gendolla; Wright, 2016). A teoria da intensidade motivacional postula que quanto maior a motivação para a

realização de alguma tarefa, maior será a mobilização de energia para obter sucesso (Brehm; Self, 1989). Transferindo para o desempenho de endurance, quanto mais motivado estiver o indivíduo, provavelmente melhor será o seu desempenho (Roberts; Nerstad; Lemyre, 2018). Basicamente, a regulação da motivação está ancorada a recompensas que podem ser obtidas a partir do esforço despendido. As recompensas são definidas como primárias (aqueles que estão ligadas diretamente a sobrevivência, exemplo: comer e se reproduzir) e secundárias (não estão ligadas diretamente a sobrevivência, mas podem melhorar ou facilitar esta condição, exemplo: dinheiro e experiencias positivas) (Dutcher; Creswell, 2018).

O valor da recompensa é processado no cérebro por uma gama de regiões e o principal regulador dos efeitos comportamentais é o neurotransmissor dopamina (Schultz, 2015). A despeito das funções cerebrais que atribuem o valor e preferência pelas recompensas, as quais são individualmente distintas dentre os sujeitos e mediadas principalmente pelas experiências prévias, as regiões que são ativadas perante uma recompensa incluem núcleo acubens, núcleo caudado, putamen, estriato, tálamo (também conhecidos como núcleos da base), córtex orbitofrontal, córtex insular anterior, amigdala, córtex cingulado anterior, córtex pré-frontal ventro-medial, córtex cingulado posterior, lóbulo parietal, área tegmentar ventral e córtex pré-frontal (Liu et al., 2011; Schultz, 2015; Sescousse et al., 2013).

A partir da captação do estímulo sensorial que reconhece e faz a predição da recompensa, a dopamina é liberada (e.g., substância nigra e área tegmentar ventral) e age aumentando a motivação (quantidade de recursos atencionais e dispêndio de energia) para a realização da tarefa (Berke, 2018). O mecanismo de liberação da dopamina inicia a partir da ativação de neurônios na área tegmentar ventral, que por sua vez, estimula a liberação de dopamina no núcleo acubens com projeção para o córtex pré-frontal pelas vias mesolimbicas e mesocorticais (Cools, 2008). A diferença entre estas duas vias têm relação, sobretudo, com o tipo de estímulo captado, na qual a via mesolimbica é estimulada principalmente por recompensas (dinheiro, comida) e a via mesocortical por emoções (prazer) (Liu et al., 2019). Além destas áreas do cérebro, a substância nigra também possui uma via de liberação de dopamina com projeção para o estriado (Cools, 2008; Liu et al., 2019).

No contexto da corrida de rua, uma vez que o atleta estiver motivado a partir de uma possível recompensa, que geralmente gira em torno dos resultados nas provas (pódio, vitória ou melhoria de uma marca individual), os recursos cerebrais a

partir dos mecanismos supracitados estarão favoráveis para que haja melhoria no desempenho em razão da melhor regulação da PSE ao longo da distância percorrida. No entanto, a fadiga mental, tema do próximo tópico, parece afetar os mecanismos supracitados.

2.1.2. Fadiga Mental

Fadiga mental é classicamente descrita na literatura científica especializada na área das ciências do esporte como um estado de sensação de cansaço e falta de energia, acarretada por elevado esforço cognitivo (Lopes et al., 2023). Na área de psicologia cognitiva, a fadiga mental é conceituada como sensação de cansaço, falta de energia e letargia, ocasionada por elevada carga cognitiva (esforço cognitivo de curta duração e alta complexidade ou esforço cognitivo prolongado de baixa complexidade) (Hopstaken et al., 2015). Schiphof-Godart; Roelands; Hettinga, (2018) complementam, ainda, que há uma desvalorização da recompensa em estado de fadiga mental, a qual implica em menor motivação para a realização da tarefa. Atividades que demandem esforço cognitivo são as responsáveis por induzir este estado de fadiga mental e, por esse motivo, alguns autores a nomeiam como fadiga cognitiva (Behrens et al., 2022). A despeito da melhor nomenclatura a se usar, é apontado que atividades da rotina diária, tais como, ler/estudar, dirigir, jogar vídeo game, usar rede social no smartphone e fazer exercício físico podem ser os principais causadores deste estado no dia a dia (Smith et al., 2018). Entretanto, a maior parte dos estudos nesta linha de investigação utilizam tarefas cognitivas computadorizadas de forma repetida e controlada, nas quais demandam o uso contínuo de funções executivas como memória de trabalho e controle inibitório para indução de fadiga mental.

Na literatura científica o principal indício de estado de fadiga mental é o aumento da sensação subjetiva de cansaço mental com consequente piora de algumas funções executivas, tais como controle inibitório e memória de trabalho (Boksem; Meijman; Lorist, 2005; Boksem; Tops, 2008; Lorist et Al., 2000). A redução destas funções executivas pode impactar problemas na rotina diária como perda de atenção sustentada, produtividade no trabalho/estudos, perda de memória episódica, acidentes no trabalho e no trânsito (Kok, 2022; Qi et al., 2019). Estes efeitos podem ser explicados por estudos de neuroimagem que avaliaram a atividade neuroelétrica no cérebro em estado de fadiga mental e demonstraram que há um desarranjo da

conectividade neural entre certas áreas, principalmente entre o tálamo, córtex pré-frontal e córtex motor (Qi et al., 2019). Ademais, a fadiga mental também parece acarretar alterações na conectividade funcional entre certas regiões cerebrais, incluindo a insula anterior, estriado dos gânglios da base, córtex pré-frontal ventro-medial e córtex cingulado anterior dorsal (Wylie et al., 2020). Estas áreas do cérebro desempenham, dentre outras funções importantes, o controle de funções executivas, principalmente as que são afetadas pela fadiga mental.

Com o avançar dos anos e progressão do conhecimento científico sobre o controle do desempenho humano, foi visto que a fadiga mental pode afetar negativamente não só o desempenho em tarefas cognitivas, mas também o desempenho em tarefas físicas. De fato, tem sido sugerido que a redução de desempenho causado pela fadiga mental, ocorre independentemente de alterações em variáveis fisiológicas que classicamente são usadas como indicadores de redução de desempenho (Brown et al., 2020; Giboin; Wolff, 2019; Habay et al., 2021; Mcmorris et al., 2018).

A literatura científica especializada apresenta duas teorias principais de como a fadiga mental pode causar essa queda de desempenho. A primeira explica que em estado de fadiga mental, a PSE do sujeito aumenta (eles sentem que estão demandando maior esforço para cumprir uma tarefa) em razão do acúmulo de adenosina na região do córtex cingulado anterior, fazendo com que o atleta escolha realizar a tarefa em uma intensidade menor (Pageaux; Lepers, 2016; Martin et al., 2018). A outra explica que os sujeitos em estado de fadiga mental parecem perceber menor valor de recompensa para a atividade, atrapalhando dessa forma o efeito da motivação no desempenho humano (Schiphof-Godart; Roelands; Hettinga, 2018).

A fadiga mental parece alterar a atividade e a concentração de neurotransmissores que também tem inter-relação com o controle da PSE. Martin et al., (2018) e Schiphof-Godart; Roelands e Hettinga (2018) sugeriram que o esforço cognitivo prolongado causa aumento nas concentrações de adenosina no cérebro, em especial no córtex motor e no córtex cingulado anterior. No córtex motor a adenosina desempenha uma função inibitória por meio da inibição pré-sináptica ou hiperpolarização pós-sináptica. Esta inibição, possivelmente, faz com que a atividade na região seja aumentada para compensar a inibição promovida pela adenosina e gerar o estímulo motor necessário para que o atleta mantenha a mesma intensidade do exercício que realizaria em um estado sem fadiga mental. Com isso, a PSE é

aumentada, pois existe uma comunicação direta entre as regiões motoras e sensoriais do cérebro, de modo que quanto maior a atividade no córtex motor for gerada, maior será o número de cópias aferentes enviadas para as regiões sensoriais e assim maior será sensação de esforço. Esta explicação se baseia principalmente na teoria da descarga corolária (Poulet; Hedwig, 2007).

Já no córtex cingulado anterior, o qual, dentre outras funções, desempenha o papel de controle da PSE e da tomada de decisão baseada no esforço, a adenosina parece reduzir a atividade da dopamina por meio de alteração da afinidade com o receptor e a liberação de dopamina pela via dos receptores A1 (Martin et al., 2018). A dopamina desempenha um papel fundamental no desempenho físico, pois tem relação com a tomada de decisão baseada na recompensa (Kok, 2022), bem como ela aumenta uma gama de recursos cerebrais que desencadeiam o aumento da motivação (Berke, 2018). Estas funções são de extrema valia em esportes de endurance devido a sua natureza monótona, cíclica e de longa duração. Nesse sentido, alguns estudos já demonstraram que quando a concentração de dopamina está elevada no cérebro o desempenho em testes de contrarrelógio é melhorado (Eoelands et al., 2008, 2012; Watson et al., 2005), bem como o tempo até exaustão é aumentado (Tumilty et al., 2011).

Todavia, vale ressaltar que embora seja teorizado uma redução da motivação em estado de fadiga mental, a grande maioria dos estudos não encontraram diferença na motivação para a realização do teste físico em sujeitos mentalmente fatigados (Filipas et al., 2019, 2021; Gattoni et al., 2021; Macmahon et al., 2014; Marcra; Staiano; Manning, 2009; Martin et al., 2015, 2016; Pageaux et al., 2014; Penna et al., 2018; Pires et al., 2018; Salam; Marcra; Hopker, 2018; Schücker; Macmahon, 2016; Silva-Cavalcante et al., 2018; Staiano et al., 2019). Entretanto, esses resultados devem ser avaliados com cautela, uma vez que os instrumentos para avaliar a motivação utilizados por estes estudos são escalas subjetivas, as quais envolvem outras dimensões da motivação que podem não ser afetadas pela fadiga mental, diferentemente da motivação associada a recompensa, que é o mecanismo proposto pela literatura científica especializada como explicações para o efeitos da fadiga mental (Kok, 2022; Schiphof-Godart; Roelands; Hettinga, 2018).

No tocante ao desempenho de endurance, até o presente momento, três estudos de meta-análise avaliaram o efeito da fadiga mental (Brown et al., 2020; Giboin; Wolff, 2019; Mcmorris et al., 2018). O primeiro estudo de meta-análise foi

realizado por McMorris et al., (2018), no qual foram analisados 11 experimentos. A partir dos resultados destes trabalhos foi determinado um tamanho de efeito negativo de pequena magnitude ($d=0,265$), indicando que o desempenho em testes de endurance é significativamente reduzido em estado de fadiga mental. No entanto, os autores ressaltam que esse resultado, embora estatisticamente significativo, teve um nível considerável de dispersão, o qual possivelmente foi fruto de um erro aleatório dependente do tamanho amostral da análise.

Mais recentemente, o estudo de meta-análise conduzido por Giboin e Wolf, (2019) analisou um número maior de estudos experimentais, realizando o cálculo com 42 tamanhos de efeito. Este estudo também apresentou um tamanho de efeito negativo, porém com magnitude moderada ($d=0,506$), indicando novamente que o desempenho em tarefas de endurance é significativamente prejudicado em estado de fadiga mental. Além deste resultado, os autores apresentaram dois achados muito interessantes para a linha de investigação. Eles realizaram análises de intercepto para avaliar se havia diferença entre os tipos de teste usados, bem como se o efeito poderia ser diferente a depender do nível de aptidão física dos participantes. Nessa perspectiva foi verificado que apenas o endurance muscular foi afetado pela fadiga mental e que pessoas com maior nível de treinamento (atletas) sofrem menos o efeito deletério da fadiga mental.

No estudo de Brown et al., (2020), que realizou uma análise mais abrangente quanto ao número de artigos científicos, tipo de desempenho, protocolos de esforço cognitivo e desfechos de testes de desempenho aplicados, foi verificado um tamanho de efeito negativo de pequena magnitude ($d=0,19$) para o desempenho de endurance de corpo inteiro.

Considerando então o objeto de estudo deste trabalho, assim como a publicação de novos estudos sobre fadiga mental e desempenho de endurance de corpo inteiro, desde a última meta-análise citada acima, foi realizado um apanhado da literatura sobre artigos publicados nesta linha utilizando as bases de dados Web of Science e Pubmed. Artigos com grande relevância que estivessem na literatura cinzenta também foram adicionados. O quadro 1 apresenta em ordem cronológica, trabalhos que investigaram de forma independente (sem aplicação de recursos ergogenicos ou similares) o efeito agudo da fadiga mental sobre o desempenho de endurance de corpo inteiro em tarefas de esforço máximo, bem como os efeitos sobre a PSE durante a tarefa e a estratégia de PACE.

Autores., (ano)	Modalidade	Participantes	Tarefa Cognitiva	Tarefa Física	Resultado (p valor) *	Percepção subjetiva de esforço*	PACE
MARCORA; STAIANO; MANNING 2009 (1)	Ciclismo	16 sujeitos (10M, 6F) com experiência em treinamento aeróbio	90 minutos de AX-CPT	Pedal até a exaustão à 80% da potência pico	↓ tempo (p = 0,003)	↑ PSE (p=0,007)	X
MACMAHON et al., 2014 (2)	Corrida	20 sujeitos (18M, 2F) com experiência em treinamento de corrida	90 minutos de AX-CPT	3 km contra relógio	↓ tempo (p=0,009)	- PSE (p>0,05)	↑ seg/200m (p<0,05)
PAGEAUX et al., 2014 (3)	Corrida	12 sujeitos (8M, 4F) com experiência em treinamento aeróbio	30 minutos de Stroop	5 km contra relógio	↓ tempo (p=0,008)	↑ PSE (p=0,005)	↑ km/h /km
MARTIN et al., 2015 (4)	Ciclismo	12 sujeitos (7M, 5M) com experiência em treinamento intervalado	90 minutos de AX-CPT	3 min contra relógio	- potência média (p=0,217)	- PSE (p=0,803)	- W/50seg
MARTIN et al., 2016 (5)	Ciclismo	11 ciclistas profissionais e 9 recreacionais (homens)	30 minutos de Stroop	20 min contra relógio	Profissionais - velocidade (p=0,261)	↑ PSE (p<0,001)	- p=0,675
					Recreacionais ↓ velocidade (p=0,003)		
SMITH et al., 2016 (6)	Corrida	12 jogadores de futebol (homens)	30 minutos de Stroop	Teste lo-lo IR1	↓ distância (p<0,001)	- PSE (p>0,05)	X

SHUCKER; MACMAHON, 2016 (7)	Corrida	12 atletas (3M, 9F),	10 minutos de Stroop	Teste Shuttle Run de 20m	- distância (p=0,06)	- PSE (p>0,21)	X
PENNA et al., 2017 (8)	Natação	16 nadadores jovens (11M, 5F)	30 minutos de Stroop	1500m de nado crawl contra relógio	↓ tempo (p<0,05)	- PSE (p>0,05)	↑ min/300m (p<0,001)
SALAM; MARCORA; HOPKER 2018 (9)	Ciclismo	11 Ciclistas bem treinados (homens)	30 minutos de Stroop	Teste até a exaustão a 40%, 60%, 80% e 100% do VO2pico	↓ tempo (p<0,05)	40% ↑ PSE (p<0,05)	X
						60% ↑ PSE (p<0,05)	
						80% - PSE (p>0,05)	
						100% ↑ PSE (p<0,05)	
						↑ PSE	
STAIANO et al., 2018 (10) ^{&}	Caiaque	13 Atletas sub17 de caiaque (sexo não identificado)	60 minutos de Stroop	Teste de 2000 metros contra relógio	↓ tempo	↑ W/400m	
FILIPAS et al., 2018 (11)	Remo	18 atletas jovens de Remo	60 minutos de Stroop 60 minutos de tarefas aritméticas	1500 contra relógio	- tempo (p=0,521)	- PSE (p=0,481)	- km/h/ 150m (p=0,410)
SILVA- CAVALCANTE et al., 2018 (12)	Ciclismo	8 ciclistas recreacionais (homens)	90 minutos de AX-CPT	4km contra relógio	-tempo (p=0,717)	- PSE (p>0,05)	- W/500m (p=0,343)
PIRES et al., 2018 (13)	Ciclismo	8 ciclistas recreacionais (homens)	30 minutos de RVP	20 km contra relógio	↓ tempo (p=0,02)	- PSE (p>0,05)	↑ W/2km (p=0,01)

CLARK et al., 2019 (14)	Ciclismo	10 atletas e 10 não treinados (homens)	30 minutos de Stroop + N-back (alternado a cada 2 e 3 minutos)	6 minutos contra relógio	- potencia ($p>0,05$)	NA	NA
FILIPAS et al., 2019 (15)	Ciclismo	10 ciclistas sub23 (homens)	30 minutos de Stroop	30 minutos contra relógio	-potência média ($p=0,234$)	- PSE ($p=0,694$)	\uparrow W/3min ($p<0,05$)
FORTES et al., 2021 (16)	Natação	25 atletas de nível internacional (14M, 11F)	30 minutos usando redes sociais no smartphone	100 e 200 metros livre contra relógio	100 metros \downarrow tempo ($p=0,01$)	NA	\uparrow seg/50m ($p=0,01$)
					200 metros \downarrow tempo ($p=0,01$)		\uparrow seg/50m ($p=0,01$)
FILIPAS et al., 2021 (17)	Corrida	36 atletas jovens de futebol sub14, sub16, sub18 (homens)	90 minutos de Stroop	Teste lo-lo IR1	\downarrow distância ($p<0,05$)	- PSE ($p>0,05$)	X
GATTONI et al., 2021 (18)	Corrida	46 corredores amadores de longa distância (homens)	50 minutos de Axon Sports	Meia maratona simulada	- tempo ($p=0,265$)	- PSE ($p=0,562$)	X
SCHLICHTA et al., (2022)	Ciclismo	12 estudantes de graduação fisicamente ativos (homens)	30 minutos de Stroop	Teste de pedal até a exaustão à 80% da potência pico	\downarrow tempo ($p=0,006$)	\downarrow PSE ($p=0,03$)	X

Legenda: * - resultado do desempenho na sessão fadiga mental em comparação com a sessão controle. M – sexo masculino, F – sexo feminino, \downarrow - redução, \uparrow - aumento, - sem diferença, RVP – *rapid visual information processing test*, NA – não avaliado, X – não se aplica, &- valor de p não foi avaliado

No total, foram encontrados 19 estudos nessa linha de investigação publicados entre 2009 e 2022, dos quais, 10 verificaram redução do desempenho após tarefas cognitivas. Destes estudos, nove foram com ciclismo (ou capacidade de pedal em ciclo ergômetro), seis com corrida, dois com natação, um com remo e um com caiaque. Os estudos foram realizados com participantes de diferentes níveis de treinamento, os quais, a maior parte (11 estudos), eram atletas amadores e/ou recreacionais. Para indução de fadiga mental, com exceção de um estudo que utilizou a rede social em smartphone, todos os demais utilizaram tarefas computadorizadas com tempo fixo, que variou entre 10 e 90 minutos. Treze estudos aplicaram testes contrarrelógio e os demais aplicaram testes até a exaustão. Quatro estudos detectaram aumento na percepção de esforço e um verificou menores níveis de PSE ao final do teste (Schlichta et al., 2022). Doze estudos avaliaram o efeito da fadiga mental no PACE e, embora as estratégias tenham sido idênticas entre as condições, oito verificaram menor desempenho nas parciais das condições com esforço cognitivo prévio.

Apesar de ser um número pequeno de estudos, a maior parte dos trabalhos (4 de 6) que avaliaram o efeito da fadiga mental na capacidade de corrida, verificaram que o desempenho foi menor após a tarefa cognitiva quando comparado com uma situação com baixa carga cognitiva (McMahon et al., 2014; Pageaux et al., 2014; Smith et al., 2016; Shucker; Macmahon, 2016; Filipas et al., 2021; Gattoni et al., 2021). Metade desses estudos aplicaram testes de corrida contínua (McMahon et al., 2014; Pageaux et al., 2014; gattoni et al., 2021), os demais aplicaram testes intermitentes por se tratar de estudos com atletas de futebol e outros esportes de características intermitentes (Smith et al., 2016; Shucker; Macmahon, 2016; Filipas et al., 2021).

Nos estudos com corrida contínua, os participantes tiveram um prejuízo médio de 13 segundos no teste contrarrelógio de 3 km (Macmahon et al., 2014), de quase 1 minuto no teste de 5 km (Pageaux et al., 2014) e de cerca de 4 minutos em uma prova simulada de 21 km (Gattoni et al., 2021), com aumento de PSE apenas no teste de 5 km. Estes resultados sugerem que a queda de rendimento causado pela fadiga mental parece ser maior em distâncias longas. Entretanto, cabe a ressalva que no estudo de Gattoni et al., (2021) não houve diferença estatisticamente significante e que o trabalho foi realizado com delineamento experimental com grupos paralelos (fadiga mental x controle). Além disso, durante o teste, os atletas correram juntos, o que é

considerado como um influenciador positivo no desempenho (Ferreira et al., 2023). Porém, descritivamente uma redução de 4 minutos no tempo de uma prova de meia maratona pode resultar em queda de muitas posições no resultado geral, fato este que é negativo para os corredores recreacionais, pois muitos deles correm disputando posições na faixa etária, por exemplo. Nestes três trabalhos, a estratégia de PACE também foi avaliada e apesar de ter sido detectado diferenças nos tempos em alguns momentos nos estudos de Macmahon et al., (2014) e Pageaux et al., (2014), a estratégia adotada pelos corredores foi similar nas duas condições. A avaliação da estratégia de PACE no estudo de Gattoni et al., (2021) se torna inviável devido ao desenho experimental de grupos paralelos adotado.

Dos três estudos com corrida intermitente, dois encontraram redução significativa da distância percorrida no teste Yo-Yo Intermittent Recovery. Smith et al., (2016) reportaram uma redução média de 200 metros, o que equivale a cerca de 8% de prejuízo no desempenho de jogadores de futebol. Por outro lado, Schücker e Macmahon, (2016) aplicaram um teste semelhante de corrida intermitente e não encontraram diferença significativa entre a sessão experimental de fadiga mental e controle. Neste estudo foi aplicado um protocolo de 10 minutos de tarefa cognitiva antes do teste físico, tempo que pode ser insuficiente para gerar elevado esforço cognitivo, pois tem se sugerido que pelo menos 30 minutos de tarefa cognitiva seja necessário para que apareça o estado de fadiga mental e talvez haja prejuízos (Van Cutsem et al., 2017).

Os estudos com ciclismo compõem a maioria dos trabalhos encontrados. Dentre eles, a maioria (6 estudos) aplicaram testes de contrarrelógio de distância fixa ou tempo fixo (Martin et al., 2015; Martin et al., 2016; Silva-Cavalcante et al., 2018; Pires et al., 2018; Clark et al., 2019; Filipas et al., 2019), enquanto os outros três estudos aplicaram testes até a exaustão (Marcora; Staiano; Manning 2009; Salam; Marcora; Hopker 2018; Schlichta et al., 2022). Observando os resultados dos estudos com distância fixa, a fadiga mental não afetou o desempenho em teste de curta distância (4 km) (Silva-Cavalcante et al., 2018), porém causou uma redução média de 2,7% (quase 1 minuto) no tempo total do teste de 20 km (Pires et al., 2018). Quanto ao tempo fixo, Martin et al (2015) não notaram efeito no desempenho em teste de três minutos. Clark et al., (2019) não verificaram efeito no desempenho em um teste de seis minutos e Filipas et al., (2019) não verificaram diferença na potência média em um teste de 30 minutos. No entanto, Martin et al., (2016) demonstraram redução no

desempenho em um teste de 20 minutos, apenas no grupo de ciclistas recreacionais mentalmente fadigados. Os resultados destes estudos chamam atenção para dois fatos. O primeiro é que nos estudos com distância ou tempo curto, a fadiga mental não causou alteração no rendimento. O segundo é que os atletas profissionais, com maior experiência, frequência e volume de treinamento, não foram afetados pela fadiga mental, o que sugere que atletas de alto nível são menos afetados pelo fenômeno, podendo ser uma explicação para não ter sido detectado diferença no desempenho dos atletas no estudo de Filipas et al., (2019) que realizaram um teste com maior duração. Assim como nos estudos de corrida, a fadiga mental não alterou a estratégia de PACE nos estudos com ciclismo. Entretanto, foi notado redução de desempenho em algumas parciais dos testes.

Três estudos aplicaram testes até a exaustão em ciclo ergômetro e, em todos, o tempo na tarefa foi maior quando os participantes estavam sobre efeito da fadiga mental (Marcora; Staiano; Manning 2009; Salam; Marcora; Hopker 2018; Schlichta et al., 2022). Marcora, Staiano e Manning (2009) foi o primeiro estudo nesta linha que avaliou o efeito do esforço cognitivo prévio sobre uma tarefa física subsequente. Neste trabalho, sujeitos treinados apresentaram redução média de 18% no tempo até exaustão à 80% da potência pico com consequente aumento da PSE. Já Salam, Marcora e Hopker, (2018) aplicaram um teste similar em quatro intensidades diferentes (40%, 60%, 80% e 100% do VO_2pico) em ciclistas bem treinados. Foi constatado nesse estudo que, em estado de fadiga mental, o desempenho nessa tarefa foi reduzido em todas as intensidades, também com consequente aumento da PSE. Um estudo mais recente avaliou o tempo até a exaustão em uma atividade em ciclo ergômetro à 80% da potência pico com estudantes universitários após 30 minutos de esforço cognitivo. Foi verificado neste experimento uma redução de 29,9% no desempenho quando comparado com a sessão controle (Schlichta et al., 2022). Não obstante, este trabalho mostrou que um protocolo para evocar emoções negativas produziu um efeito similar no desempenho. Um dado que chama atenção a partir dos resultados desses estudos é que a fadiga mental afetou o desempenho e a PSE em intensidades leve, moderada e alta, o que pode indicar que atividades que envolvam a tolerância ao esforço sejam mais afetadas pela fadiga mental, independentemente do tempo e da intensidade da tarefa, bem como do nível do participante. Mais estudos nessa linha são necessários para confirmar esta hipótese.

O desempenho de atletas de natação também foi comprometido pela fadiga mental. No estudo de Penna et al., (2018), um grupo de nadadores jovens tiveram piora de 1,2% no tempo do nado em um teste de 1500 m livre após 30 minutos de Stroop. O outro trabalho com atletas de natação de nível internacional aplicou uma manipulação cognitiva diferente dos demais estudos citados acima e verificou piora no tempo de teste de nado contrarrelógio de 200 e 400 metros (Fortes et al., 2021). Neste estudo, os atletas utilizaram seus smartphones para acessar redes sociais por 30 minutos antes do teste. Em ambos, os tempos em algumas parciais foram maiores na condição fadiga mental, mas sem alteração na estratégia de PACE.

Um pouco diferente das modalidades apresentadas, um estudo avaliou o efeito da fadiga mental sobre o desempenho de atletas de caiaque em um teste contrarrelógio de 2000 metros (Staiano et al., 2019). Neste trabalho, o esforço cognitivo prévio foi responsável por uma piora média de 5,7% no tempo dos atletas em comparação com a condição controle, o que resultou maior tempo em todas as parciais, sem alteração na estratégia de PACE. Esta redução foi associada a menor produção de potência durante o teste, bem como a maior PSE. Entretanto, no estudo de Filipas et al., (2018), que avaliou o efeito da fadiga mental no desempenho no teste contrarrelógio de 1500 metros com remadores jovens, não houve diferença entre a condição fadiga mental e a condição controle para o desempenho geral e parcial. Os autores sugeriram que este achado pode ter relação com a faixa etária analisada (jovens com idade inferior a 12 anos), uma vez que estes atletas ainda não apresentam o córtex cingulado anterior bem desenvolvido.

Em conjunto, estes dados apontam para um efeito deletério da fadiga mental no desempenho de endurance de corpo inteiro, mas o fato de ter sido notado este efeito em cerca de metade dos estudos deve ser ponderado. Analisando o agrupado de resultados, pode-se propor que atletas de elite ou alto rendimento são menos afetados pela fadiga mental. Além disso, pode-se dizer também que, com exceção de tarefas que exijam a tolerância ao esforço, o desempenho de endurance de curta duração também não parece ser afetado pela fadiga mental. A estratégia de PACE parece ser pouco afetada pela fadiga mental, assim como a PSE. Entretanto, considerando que uma parte dos estudos verificaram redução do desempenho, é razoável propor que esta queda de rendimento pode ser em função da regulação da PSE, de modo que os participantes reduziram o desempenho para manter os níveis de PSE adequados para a tarefa. Mais estudos nessa linha são necessários para

confirmar estas hipóteses. Talvez a música, tema discutido no tópico seguinte, possa mitigar ou remover os efeitos

2.1.3. Música

Música é um constructo abstrato da cultura da humanidade há muitos séculos e atualmente faz parte da rotina diária de muitas pessoas (Schaefer, 2017). A música desempenha várias funções que são importantes para o desenvolvimento pessoal e social das pessoas. Por meio da música ocorrem processos de contato entre os artistas e ouvintes, fortalecimento dos laços sociais e cooperação entre as pessoas, desenvolvimento e melhoria das habilidades comunicativas, aprendizado e sincronização de noções espaciais e de ritmo (Koelsch, 2015). A música está presente em muitos contextos do dia a dia das pessoas, como festas, propagandas, hinos, celebrações religiosas, academias de ginástica, produções cinematográficas, etc. Não obstante, a indústria de produção musical tem um faturamento bilionário mundialmente. De fato, é quase impossível dissociar a música da vida humana. A questão norteadora é: o que faz as pessoas manterem o hábito de ouvir música?

Provavelmente a resposta reside na capacidade da música evocar emoções nos ouvintes (Belfi; Loui, 2020). Seja por distração, recreação ou mesmo para modulação de humor, o ato de ouvir música evoca emoções distintas nos ouvintes que são reguladas principalmente por experiências anteriores da vida das pessoas, mas também por alguns mecanismos cerebrais que respondem aos componentes estéticos da música (Juslin, 2013). As emoções são uma parte importante da vida das pessoas, pois desempenham uma função de regulação do comportamento e têm relação com ações de sobrevivência (Lang, 1995). Juslin e Västfjäll, (2008) descreveram as emoções como “um sistema de processamento de informação em diferentes níveis, o qual utiliza informações distintas do passado para guiar o comportamento futuro”. Existe um grupo considerável de emoções que podem ser vivenciadas pelas pessoas. Estas podem ser boas ou ruins, positivas ou negativas, a depender do tipo de emoção e da perspectiva individual das pessoas.

Juslin (2013) elaborou uma teoria multinível, chamada de BRECVEMA, que ilustra como a música evoca emoções nas pessoas. O autor explica que as emoções evocadas pela música fazem parte do grupo de emoções cotidianas (aqueles que são sentidas diariamente em diversos contextos) e do grupo de emoções estéticas

(aqueelas que tem ligação com as propriedades artísticas do produto). Embora ambas ocorram, as emoções cotidianas são mais corriqueiras em razão da frequência que ocorrem , uma vez que elas contemplam a grande parte da população, o que, por outro lado, presume-se que deve se haver um conhecimento prévio teórico-prático para sentir algum efeito da emoção causada pelas propriedades artísticas da música. A partir destes achados, Juslin (2013) teorizou sete mecanismos para explicar as formas distintas pelo qual a música pode evocar emoções nas pessoas. O quadro 2 apresenta estes mecanismos, juntamente com a descrição de cada um deles, exemplos de emoções evocadas e regiões do cérebro envolvidas em cada um dos processos.

A teoria multinível de Juslin (2013) destaca a individualidade das respostas emocionais proporcionadas pela música, principalmente quando envolve a emoção estética (sentida por artistas musicais). A música pode evocar emoções a partir de memórias episódicas já vivenciadas ou da própria música, assim como da imaginação do indivíduo que pode criar situações fictícias que potencializam o efeito da música nas emoções. Esta individualidade se transfere também para a música em si, visto que, a depender do ritmo das batidas (música lenta ou rápida), as emoções evocadas e os efeitos no cérebro são diferentes. Além disso, mudanças repentinas em características da música podem acionar mecanismos que atuam independente das emoções, como no caso do reflexo do tronco encefálico, entretenimento rítmico, contágio emocional e expectativa musical.

Quadro 2. Oito mecanismos da teoria multinível BRECVEMA propostos por Julin (2013)			
Mecanismo	Descrição	Emoções evocadas	Áreas do cérebro envolvidas
Reflexo do tronco encefálico	Emoções evocadas pelas características acústicas da música como forma de urgência pelo cérebro que desloca os recursos atencionais para esta atividade. Ocorrem principalmente com variações repentinhas de ritmo, dissonância ou volume.	Excitação e surpresa	Colículo inferior, trato retículo espinhal, trato retículo espinhal da formação reticular, núcleo intralaminar do tálamo.
Entretenimento rítmico	Emoções evocadas pelo ritmo da música no qual faz com que alguns parâmetros fisiológicos do corpo (frequência cardíaca e respiração) se sincronizem com as batidas da música.	Excitação	Network entre o cerebelo e a região sensório motora.
Avaliação condicionada	Emoções evocadas por experiências passadas ligadas a música ou parte dela.	Emoções básicas	Núcleo lateral da amigdala, núcleo interpositivo do cerebelo.
Contágio emocional	Emoções evocadas por meio de uma resposta mímica que copia a expressão emocional do tema de alguma parte da música.	Emoções básicas	Neurônios espelho nas regiões pré motora, frontal inferior direita e gânglio basal.
Imagen visual	Emoções evocadas quando se conjuga a ação de ouvir a música com a imaginação seja de episódios anteriores ou fictícios.	Todas as emoções possíveis	côrrix occipital, córrix de associação visual, regiões temporo-occipital esquerda.
Memória episódica	Emoções que ocorrem quando uma música evoca uma memória específica da vida pessoal do ouvinte.	Todas as emoções possíveis, especialmente nostalgia	Lobo temporal medial, hipocampo, córrix pré-frontal dorso medial
Expectativa musical	Emoções evocadas quando alguma parte da música atende ou não a expectativa do ouvinte.	Ansiedade, surpresa, esperança, desapontamento	Côrrix perisilviano, região dorsal do córrix cingulado anterior, córrix orbital fronto-lateral.

Uma vez que a música evoca emoções nas pessoas, é também destacado na literatura científica que existem efeitos fisiológicos no ouvinte, os quais tem grande importância para a saúde das pessoas, de modo que a música é utilizada como recurso no tratamento de doenças e desordens neurológicas como ansiedade, depressão, Alzheimer, esquizofrenia, transtorno de espectro autista, câncer e acidente vascular encefálico, além de auxiliar nas intervenções com pacientes pré e pós cirúrgicos, recém nascidos e idosos (Schaefer, 2017). Esta prática conhecida como musicoterapia tem seu embasamento em estudos que demonstraram que ouvir música pode promover efeitos benéficos à saúde, como redução dos níveis de cortisol (Khalfa et al., 2003), redução dos níveis de beta-endorfina (McKinney et al., 1997), redução da pressão arterial (AMARAL et al., 2016), redução da frequência respiratória (Koelsch; Jancke, 2015), redução da frequência cardíaca em repouso (Desai et al., 2015), além de efeitos na variabilidade de frequência cardíaca (Bigliassi et al., 2015; Bigliassi; León-Domínguez; Altimari, 2015; Kirk et al., 2022).

Estes efeitos fisiológicos são mediados a partir de reações no cérebro do ouvinte. Após a captação dos estímulos sonoros da música pelo sistema auditivo, que o converte em sinais neurais primariamente no córtex auditivo (localizado no lobo temporal), há um aumento do fluxo sanguíneo e alteração na atividade cortical de várias áreas do cérebro (Koelsch, 2020; Schaefer, 2017). Embora haja uma pequena variação que depende do tipo de emoção que a música evoca e de algumas características da música, as áreas envolvidas nesse processo incluem todo o sistema de recompensa: estriado ventral, núcleo accubens, estriado dorsal, núcleo caudado, amigdala, córtex cingulado anterior, córtex orbitofrontal, córtex pré-frontal, córtex insular, tálamo médio dorsal, córtex somato sensorial secundário (Chanda; Levitin, 2013) e também outras áreas como o hipocampo e a área motora pré-suplementar (Koelsch, 2014).

Nesse sentido, a música, principalmente a motivacional, ativa os sistemas mesolimbico e mesocortical de forma similar a outras recompensas como dinheiro, comida e sexo (Belfi; Loui, 2020; Chanda; Levitin, 2013). Apesar de não estar bem esclarecido o mecanismo que inicia este fenômeno, aparentemente a música aciona uma antiga via filogenética do sistema de recompensa que tem ligação com mecanismos de sobrevivência (Schaefer, 2017). Este pressuposto está baseado na existência de diferenças individuais na sensação de prazer causado pela música, inclusive, existindo pessoas que não sentem prazer algum devido a condição de

anedonia musical, que é causada por um déficit de conexão entre o sistema auditivo e o sistema de recompensa (Belfi; Loui, 2020; Zatorre, 2018).

Por outro lado, pessoas com esta função preservada tem a ativação do sistema de recompensa por meio da música e podem experimentar arrepios enquanto escutam a música (Koelsch, 2020). Os arrepios tratam-se de um efeito neuroquímico causado por uma descarga abundante de dopamina pelo sistema de recompensa (Chanda; Levitin, 2013). Esta descarga inicia de forma antecipada, por meio do efeito de expectativa, que antecipa alguns trechos da música, que causam fortes emoções no ouvinte, principalmente o prazer, permanecendo até o pico de emoção causado pelo trecho (Salimpoor et al., 2011). O resultado após os arrepios é o aumento dos recursos atencionais e melhoria do estado de alerta (Fleurian; Pearce, 2021). Estes arrepios podem ocorrer também quando há variações musicais inesperadas, como solos, harmonias, coro, ou instrumento adicional. Pessoas que trabalham com música sentem mais arrepios do que não músicos (Fleurian; Pearce, 2021), indicando que o mecanismo da emoção estética é um importante mediador deste processo.

Considerando esta gama de efeitos que a música pode proporcionar, recentemente, estudos na literatura científica vem testando como recurso ergogênico contra os efeitos da fadiga mental no desempenho cognitivo e no desempenho físico (Ding et al., 2025). Estes trabalhos aplicaram diferentes tipos de estímulos musicais em vários momentos e mostraram efeitos promissores.

A respeito do desempenho cognitivo, Guo et al. (2015) compararam o efeito de músicas relaxantes durante uma tarefa cognitiva de 60 minutos (AX-CPT) em um grupo de estudantes de graduação. Foi verificado que, apesar da música ser considerada um distrator durante a tarefa, o grupo que realizou somente a tarefa cognitiva teve piora significativa no tempo de reação do teste go/nogo, enquanto que o grupo que escutou música durante a tarefa manteve o desempenho comportamental após a fadiga mental. Este efeito foi associado a maiores níveis subjetivos de alerta, concentração, disposição, e confiança, além de menores níveis de irritação e ansiedade após a tarefa cognitiva no grupo música quando comparado ao controle.

Axelsen, Kirk e Staiano, (2020) também testaram o efeito da música no desempenho em teste cognitivo com pessoas mentalmente fadigadas. Neste trabalho, após 90 minutos de esforço cognitivo com AX-CPT, foi aplicado um protocolo de 12 minutos de música binaural e notou-se que, enquanto houve uma redução de 30,9% do percentual de sucesso “No-go” no teste de atenção sustentada no grupo controle

após a fadiga mental, houve um aumento de 3,8% no grupo que ouviu música. Entretanto, nesse trabalho não foi verificado diferença nas variáveis perceptuais. Em conjunto, estes dois estudos indicaram um possível efeito da música como atenuante da queda de desempenho cognitivo em condição de fadiga mental. Todavia, estes achados devem ser tratados com cautela já que a comparação foi feita com desenho experimental com delineamento de grupos paralelos.

No tocante ao desempenho físico, Jacquet et al. (2021) realizaram um experimento de grupos paralelos para avaliar o efeito de 15 minutos ouvindo música prazerosa auto selecionada no controle motor de adultos fisicamente ativos. Os resultados mostraram que, enquanto 32 minutos de tarefa cognitiva (TLDB – time load dual back task) causou uma redução no controle motor do grupo controle, o desempenho de controle motor não foi alterado no grupo que ouviu música, sem mudança na percepção subjetiva de fadiga mental.

Um pouco mais específico para o esporte, Wang et al. (2022), testaram o efeito de 10 minutos de músicas preferidas, antes da tarefa cognitiva (10 minutos de Stroop), no desempenho de tacadas de golfe simuladas com atletas amadores de golf. Neste estudo, não houve diferença no suingue da tacada, distância de voo, velocidade da bola, no ângulo de deslocamento da bola, no número de tacadas bem-sucedidas e na distância nos erros entre o alvo e a bola. Neste trabalho também foi avaliado o status de ansiedade, e da mesma maneira não foi encontrada diferença. Embora este estudo tenha sido realizado em modelo experimental com delineamento cruzado, o qual melhora a qualidade da comparação, alguns pontos devem ser considerados. Não é possível afirmar que houve fadiga mental neste estudo, pois não foi aplicado nenhum *manipulation check*, perceptual, comportamental ou fisiológico para confirmação, assim como, o tempo adotado na tarefa cognitiva pode ter sido insuficiente para causar fadiga mental.

Um outro estudo testou o efeito da música no desempenho de endurance de corredores recreacionais e homens treinados (Lam; Middleton; Phillips, 2022). Foi verificado neste estudo que na sessão de esforço cognitivo (30 minutos de Stroop) o desempenho foi 17% e 5%, respectivamente, menor na capacidade de corrida intermitente (ioiô teste) e na capacidade de corrida continua (5km contrarrelógio), quando comparado com a sessão em que foi utilizado 3 minutos de música motivacional auto selecionada antes do teste físico. Além deste efeito, a dimensão de

fadiga mensurada pelo BRUMS (*Brunel Mood Scale Fatigue*) foi moderadamente menor na sessão com música.

Estes achados, em conjunto, embora não sejam suficientes para fornecer um nível de evidência científica, já apontam para uma interessante linha de investigação a ser explorada. Para melhor entender como a música atua nos desfechos causados pela fadiga mental, alguns pontos metodológicos devem ser alinhados, incluindo o tipo de música (relaxante, motivacional, preferidas, binaural), o tempo de estímulo e o momento propício para aplicação da música (antes, durante ou após a tarefa cognitiva), sempre considerando os mecanismos neurofisiológicos apresentados na literatura científica especializada.

2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.2.1. Caracterização da Pesquisa

Os estudos foram desenvolvidos com desenho experimental de medidas repetidas, adotando delineamento cruzado controlado e randomizado.

2.2.2. Questões Éticas

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos do Centro de Ciências da Saúde do campus I da Universidade Federal da Paraíba (CAAE: 69653023.8.0000.5188). Todos os participantes da pesquisa foram informados acerca dos objetivos, riscos e benefícios da pesquisa e em seguida convidados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme a resolução 466/12 do conselho nacional de saúde.

2.2.3. Estudos

Para responder às perguntas deste projeto foram desenvolvidos dois estudos, conforme descrito a seguir:

Estudo 1 – A música motivacional auto selecionada contra atua os efeitos negativos da fadiga mental no desempenho de corrida de corredores recreacionais competitivos: um ensaio randomizado e controlado.

Estudo 2 – Melhorando o desempenho na corrida por meio da música preferida em atletas mentalmente fadigados: um ensaio randomizado e controlado.

2.2.4. Participantes

O estudo 1 foi conduzido com 18 corredores (9 homens; 9 mulheres; idade: 30 ± 5 anos, tempo de treino: 6 ± 5 anos, frequência semanal de: $3 \pm 0,5$ treinos/semana e recorde pessoal nos 5 km de 22 ± 3 minutos (homens: 20 ± 2 min; mulheres: 25 ± 3 min). Eles foram classificados como atletas recreacionais competitivos, de acordo com as características descritas por McCormick et al. (2019). O cálculo amostral a-priori foi realizado utilizando o software G*Power (versão 3.1.9.7), com base no tamanho de efeito $\eta_p^2 = 0,31$, encontrado por MacMahon et al. (2014), $\alpha = 0,05$, correlação entre medidas repetidas = 0,5, poder estatístico = 0,95, número de grupos (condições experimentais) = 4 e número de medidas = 4. Estimou-se um tamanho amostral mínimo de oito participantes para o teste Anova de medidas repetidas. Considerando a possibilidade de perda de participantes devido ao número de sessões experimentais, mais participantes foram recrutados para o estudo.

O estudo 2 foi desenvolvido com 15 corredores recreacionais do sexo masculino (idade: $28,9 \pm 6,8$ anos, altura: 171 ± 20 cm, peso: 69 ± 6 kg, tempo de treino: $3,5 \pm 3,1$ anos, rotina de treinos: $4,8 \pm 0,8$ sessões/semana e recorde pessoal nos 5 km de $19 \pm 2,0$ min). O cálculo do tamanho amostral a-priori foi baseado na comparação do desempenho de corredores recreacionais sob condições de fadiga mental e sem fadiga em um ensaio idêntico (Estudo 1). Os seguintes parâmetros foram utilizados: tamanho de efeito $d = 0,6$; $\alpha = 0,05$; poder estatístico = 0,80. O cálculo indicou um tamanho mínimo de amostra de 15 participantes para realização do teste t pareado. Esses procedimentos foram realizados utilizando o software G*Power, versão 3.1.9.7.

2.2.5. Critérios de inclusão

Todos os participantes participaram de competições de corrida no último ano, tinham tempo de prova de 5km menor do que 30 minutos para mulheres e menor do que 25 minutos para homens, tinham uma frequência de treinamento de, no mínimo, 3 sessões por semana, não apresentavam diagnóstico de transtornos neuropsicológicos ou psiquiátricos, não estavam em tratamento farmacológico nem fazendo uso de suplementos alimentares, não apresentaram problemas visuais que comprometessem a distinção de cores (por exemplo, daltonismo), tinham hábito de ouvir música e não eram músicos profissionais.

2.2.6. Critérios de exclusão

Os participantes foram descontinuados caso apresentassem qualquer lesão óssea, muscular ou articular que impossibilitasse a realização dos testes ou se não completassem todas as sessões experimentais.

2.2.7. Desenho do Estudo

Estudo 1: Os corredores completaram oito visitas ao laboratório (**Figura 1**). Na primeira visita, eles foram familiarizados com todos os instrumentos e procedimentos da pesquisa. As segunda e terceira visitas foram dedicadas às medições *baseline*, incluindo a realização do Stroop individualizado e a criação de playlists musicais personalizadas. Na quarta visita, foi realizado um teste incremental de corrida para determinar a velocidade máxima de corrida de endurance (Vmax) dos participantes. As quatro últimas visitas foram realizadas em ordem cruzada, randomizada, utilizando a técnica do quadrado latino e envolveram sessões experimentais com um teste de tempo até a exaustão (TCE) sob as seguintes condições: (1) controle (CON), na qual os participantes realizaram o TCE sem música e sem esforço cognitivo prévio; (2) fadiga mental com música (FMM), na qual após 60 minutos de esforço cognitivo, os participantes foram submetidos ao TCE com música motivacional auto selecionada durante o teste; (3) fadiga mental controle (FMC), na qual o mesmo procedimento da FMM foi adotado, mas sem música durante o TCE; (4) música (MUS), na qual o mesmo procedimento da condição CON foi utilizado, mas com as músicas durante o TCE. A fadiga mental foi induzida por meio de uma tarefa Stroop computadorizada com duração de 60 minutos e carga cognitiva individualizada (ajustada ao nível de complexidade/dificuldade de cada participante). Nas sessões controle, os participantes não realizaram nenhuma tarefa cognitiva antes do teste de corrida. O TCE foi realizado imediatamente após o esforço cognitivo ou o repouso, com velocidade de corrida correspondente a 85% da Vmax, até o ponto de exaustão (momento em que os participantes não conseguiam mais manter a velocidade exigida). Durante os testes físicos, os participantes foram questionados a cada minuto sobre a percepção subjetiva de esforço (PSE) e a escala de excitação percebida (*Felt Arousal Scale – FAS*). Após o TCE, foi avaliada a motivação intrínseca dos participantes por meio do inventário de motivação intrínseca (IMI). Todos os testes foram realizados em ambiente de laboratório com temperatura controlada (20–22°C).

e no mesmo intervalo de tempo (06:00 às 09:00) para minimizar a influência do ritmo circadiano nos resultados.

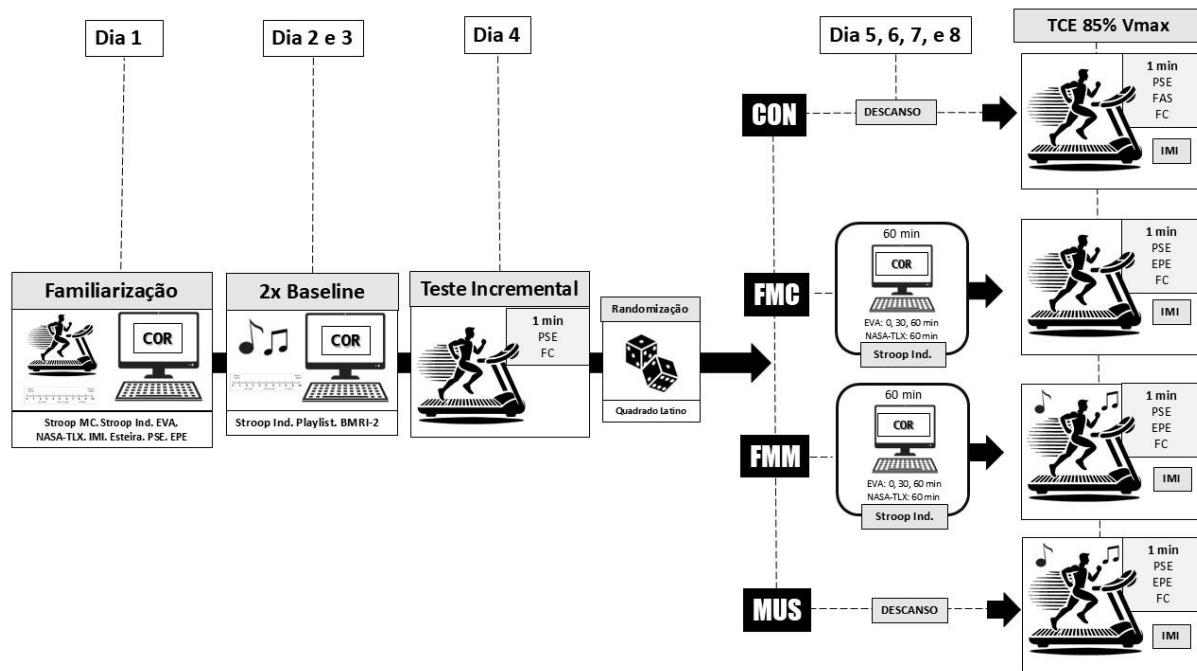


Figura 1. Desenho experimental do estudo 1.

MC – *manipulation check*, Ind – individualizado, EVA – escala visual análoga, IMI – inventário de motivação intrínseca, PSE – percepção subjetiva de esforço, EEP – escala de excitação percebida, BMRI-2 - *Brunel music rating inventory-2*, FC – frequência cardíaca, TCE – teste de corrida até a exaustão, Vmax – velocidade máxima em teste incremental, CON – controle, FMM – fadiga mental música, FMC – fadiga mental controle, MUS – música.

Estudo 2: Os participantes compareceram ao laboratório em três ocasiões distintas. Na primeira visita, os participantes foram familiarizados com todos os instrumentos e procedimentos da pesquisa. Foram realizadas as medidas *baseline* do Stroop computadorizado individualizado, foi criada uma playlist musical personalizada e foi realizado o teste incremental máximo para aferir a Vmáx. Nas visitas subsequentes, os participantes completaram um protocolo de indução de fadiga mental de 60 minutos utilizando o Stroop computadorizado com carga cognitiva individualizada (idêntico ao Estudo 1), seguido por um teste de corrida até a exaustão, realizado a uma velocidade correspondente a 85% da Vmax. Durante o TCE, foi reproduzida a *playlist* de músicas motivacional preferida (MMP) ou música não preferida (MNP). Durante o teste físico, foram registrados a cada minuto os níveis de excitação (EPE), frequência cardíaca e PSE. Após o TCE, foi feita a avaliação da motivação intrínseca (IMI). A randomização foi realizada por meio de uma técnica contrabalanceada. Todos os testes foram realizados em ambiente de laboratório com temperatura controlada (20–22°C).

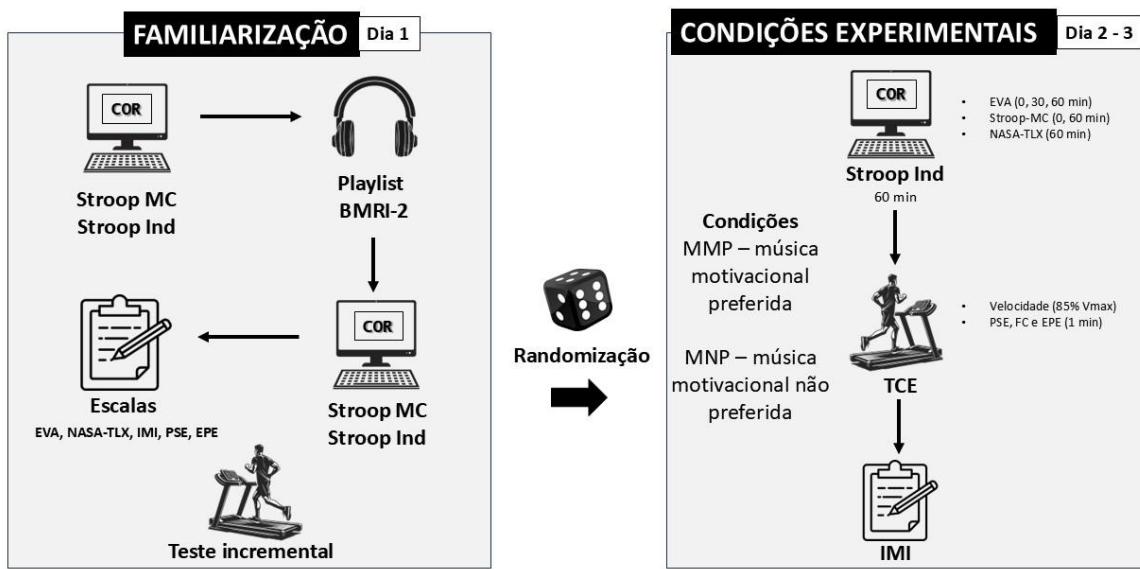


Figura 1. Desenho experimental do estudo 1.

MC – *manipulation check*, Ind – individualizado, EVA – escala visual análoga, IMI – inventário de motivação intrínseca, PSE – percepção subjetiva de esforço, EEP – escala de excitação percebida, BMRI-2 - *Brunel music rating inventory-2*, FC – frequência cardíaca, TCE – teste de corrida até a exaustão, Vmax – velocidade máxima em teste incremental, CON – controle, FMM – fadiga mental música, FMC – fadiga mental controle, MUS – música.

2.2.8. Medidas Baseline

Duas avaliações foram realizadas em dias distintos. Durante essas visitas, os participantes completaram dois testes de 5 minutos do Stroop computadorizado individualizado. Durante esse teste, os participantes foram instruídos a responder o mais rápido e correto possível. O tempo médio de resposta obtido nessas atividades foi utilizado como tempo limite durante o esforço cognitivo de 60 minutos nas condições experimentais. Além disso, foram criadas playlists musicais personalizadas para cada participante. Eles foram solicitados a selecionar músicas que consideravam motivadoras para correr. Após ouvir cada faixa selecionada, foi aplicado o *Brunel Music Rating Inventory-2* (BMRI-2) (Karageorghis et al., 2006). Este instrumento possuí consistência psicométrica para determinação de músicas com características motivacionais para utilizar durante o exercício (Anexo 1). Somente músicas com pontuação superior a 32 pontos foram incluídas na playlist de corrida. A playlist de músicas não preferidas foi criada pela equipe de pesquisa. Para isso, os participantes responderam ao STOMP (Short Test of Music Preferences), com o objetivo de identificar o gênero musical de menor preferência (Rentfrow; Gosling, 2003). Foi

utilizada a versão do instrumento traduzida para língua portuguesa por Gouveia *et al.*,(2008) (Anexo 2). Com base nas respostas, foi gerada uma playlist contendo músicas de ritmo acelerado (>120 bpm) pertencentes ao gênero musical com a menor pontuação no STOMP.

2.2.9. Preparação para os testes

Para minimizar os efeitos residuais de fadiga entre as sessões, foi estabelecido um intervalo mínimo de 72 horas após qualquer competição. Além disso, os participantes foram questionados sobre o horário e a composição do café da manhã e orientados a replicá-lo em todas as sessões experimentais, priorizando alimentos que costumam consumir antes de competições de corrida.

Os participantes foram instruídos também a seguir as seguintes orientações: realizar a última sessão de treino com, no máximo, 48 horas de antecedência de cada teste; evitar treinos intensos durante essas 48 horas; abster-se do consumo de álcool; não consumir cafeína ou qualquer substância com cafeína (por exemplo, bebidas energéticas) nos dias dos testes; não utilizar medicações; evitar atividades cognitivamente exigentes (por exemplo, estudar, ler, jogar videogame ou usar redes sociais no celular) antes do teste.

Eles também foram orientados a relatar quaisquer sintomas de doença, desconforto, dores musculares anormais ou baixa qualidade do sono. Para garantir o cumprimento dessas orientações, os participantes preenchiam um checklist antes de cada sessão experimental. Caso alguma das diretrizes não fosse seguida, a sessão era remarcada.

2.2.10. Fadiga mental

Para induzir a fadiga mental, os participantes realizaram uma tarefa Stroop computadorizada modificada com 60 minutos de duração e carga cognitiva individualizada. A tarefa foi apresentada em uma tela de computador de 17 polegadas (LG, 200MK400H-B). Os participantes utilizaram as teclas "A", "D", "J" e "L" para responder, respectivamente, às cores amarelo, azul, verde e vermelho. A tarefa consistia apenas em estímulos incongruentes incorporados a uma função de alternância nas respostas. A resposta correta dependia do modo de apresentação do estímulo na tela. As palavras podiam aparecer dentro de um retângulo ou fora dele. Quando as palavras apareciam dentro de um retângulo, a resposta correta

correspondia ao nome da cor (por exemplo, para a palavra "verde" escrita em cor vermelha, a resposta correta era "verde"); quando as palavras apareciam sem o retângulo, a resposta correta correspondia à cor que a palavra estava pintada (por exemplo, para a palavra "verde" em tinta vermelha, a resposta correta era "vermelho") (Figura 3). Cada participante recebeu um tempo-limite individualizado para responder a cada estímulo, com base no tempo médio de resposta obtido nos dois testes de linha de base. Os participantes foram instruídos a utilizar ambas as mãos para responder de forma rápida e precisa. Após cada estímulo, o feedback sobre a precisão e o tempo de resposta era exibido por 500 ms. A tarefa foi administrada utilizando o software PsychoPy, versão 2022.2.4 (licença pública GNU). Durante todo o protocolo, foram registrados os seguintes dados: tempo de resposta, precisão/acurácia e perda do tempo-limite.

Stroop Individualizado – Fadiga Mental



Resposta Correta: Azul (D)



Resposta Correta: Amarelo (A)

Figura 3. Configuração do Stroop Individualizado

Manipulation Checks

2.2.11. Cansaço Mental

A escala visual análoga (EVA) foi aplicada antes (0 min), na metade (30 min) e após o Stroop computadorizado individualizado (60 min). Utilizou-se uma escala impressa em papel com tamanho de 100 mm, na qual os participantes indicaram seus níveis subjetivos de cansaço mental. Os participantes responderam à pergunta “Qual é o seu nível de cansaço mental neste momento?”, marcando uma linha entre dois extremos rotulados como “nenhum” e “máximo” (Anexo 3). A pontuação foi determinada medindo-se a distância, em milímetros, do extremo esquerdo da escala até a marca feita pelo participante. Esta escala tem sido amplamente utilizada em estudos envolvendo fadiga mental (Kunasegaran et al 2023).

2.2.12. Controle inibitório

Um teste Stroop com 120 estímulos foi aplicado antes e imediatamente após o esforço cognitivo de 60 minutos, em um computador com tela de 17 polegadas (LG, 200MK400H-B) e teclado associado, com o objetivo de avaliar o controle inibitório. O teclado foi utilizado para a resposta motora, sendo que as teclas "A", "D", "J" e "L" estavam coloridas de amarelo, azul, verde e vermelho, respectivamente. Os estímulos variavam aleatoriamente entre congruentes (a palavra escrita na mesma cor de seu significado) e incongruentes (a palavra escrita em cor diferente de seu significado), em intervalos de 500 ms (Figura 4). Ao todo foram 60 estímulos incongruentes e 60 congruentes, apresentados de forma randomizada. Os participantes foram instruídos a usar ambas as mãos e responder a cada estímulo com o mais correto e rápido possível. O desempenho comportamental foi mensurado pelo tempo de resposta (ms). O aumento no tempo de resposta ao longo da tarefa Stroop tem sido sugerido como um indicador comportamental de fadiga mental (Fortes et al., 2022; Martin et al., 2016).

Stroop Manipulation Check



Resposta Correta: Verde (J)



Resposta Correta: Vermelho (L)

Figura 4. Configuração do Stroop Manipulation Check

2.2.13. Carga cognitiva

A escala NASA Task Load Index (NASA-TLX) foi utilizada para avaliar a carga mental subjetiva dos participantes após os 60 minutos de esforço cognitivo. O instrumento consistiu em seis questões específicas relacionadas aos seguintes domínios: (a) demanda mental; (b) demanda física; (c) demanda temporal; (d) desempenho; (e) esforço; e (f) frustração. Em se tratando de medidas repetidas, seguios recomendações de especialistas da psicometria e convertemos as subescalas da NASA-TLX para escala análoga visual de 100 mm, semelhante a EVA (Anexo 4).

Medidas

2.2.14. Teste incremental

Para avaliação da Vmax foi utilizado um protocolo semelhante ao aplicado por Kuipers et al. (2003). O teste iniciou-se com um aquecimento padronizado de 5 minutos a uma velocidade de 8 km/h para mulheres e 10 km/h para homens. Após o aquecimento, a velocidade da corrida foi aumentada em 1 km/h a cada minuto, até que o participante não conseguisse mais manter o ritmo exigido. A Vmax do corredor foi determinada como a velocidade do último estágio concluído (o estágio no qual o participante conseguiu correr durante todo o minuto). Durante o teste, os pesquisadores forneceram incentivos verbais aos participantes. A frequência cardíaca

foi monitorada por meio de um sensor Polar H10, e a PSE foi avaliada utilizando a escala CR-10 (Borg; Borg, 2002). O teste foi realizado em uma esteira Cosmed T170 (Roma, Itália) com inclinação fixa de 1%.

2.2.15. Teste de corrida até a exaustão

O teste foi realizado em uma esteira Cosmed T170 (Roma, Itália) com inclinação fixa em 1%. Os participantes iniciaram com um aquecimento de 5 minutos em velocidade auto selecionada. Após o aquecimento, a esteira foi ajustada para a velocidade correspondente a 85% da Vmax e os atletas foram instruídos a correr pelo maior tempo possível. O teste foi encerrado quando os participantes interromperam intencionalmente a corrida. Durante o teste, os corredores não receberam informações sobre velocidade, tempo ou distância percorrida. A frequência cardíaca (Polar H10), a PSE (escala CR-10) (Borg; Borg, 2002) e a excitação (EPE) (Brito, 2018) foram registradas a cada minuto. Os pesquisadores se abstiveram de fornecer estímulos verbais durante o teste. Para garantir a consistência, os participantes utilizaram o mesmo calçado em todas as avaliações.

As músicas foram reproduzidas em uma ordem aleatória, e a sequência da primeira sessão foi repetida nas demais sessões em que houve música. A reprodução do som foi feita por meio de uma caixa de som Mondial CM800 (Amazonas, Brasil), posicionada a 2 metros atrás da esteira, com o volume ajustado entre 70 e 90 decibéis (nível do alto-falante).

2.2.16. PSE

A PSE foi avaliada por meio da escala CR-10 (Borg, 1982) ao longo tanto do teste incremental e dos testes de corrida até a exaustão (Anexo 5). Os participantes informaram suas percepções de esforço a cada minuto. Diante das variações no desempenho de TCE entre as condições experimentais e os participantes, a PSE média foi analisada com base em segmentos de esforço equivalentes, correspondentes a percentuais específicos (i.e., técnica isotime de análise) do TCE de cada participante. Especificamente, os valores médios de PSE foram calculados para os seguintes intervalos em relação ao tempo total de exaustão: 25%, 26–50% (ponto médio), 51–75% e 76%, e 100%.

2.2.17. Excitação

O nível de excitação foi avaliado por meio da escala de excitação percebida (Felt Arousal Scale) proposta por Svebak; Murgatroyd., (1985). Este instrumento é uma escala do tipo Likert, variando de 1 (baixa excitação) a 6 (alta excitação). A escala foi validada para mensuração de excitação em praticantes recreacionais de exercício (Brito, 2018). O instrumento foi aplicado a cada minuto durante a TCE, e os atletas relataram verbalmente seu nível de excitação naquele exato momento (Anexo 6).

2.2.18. Motivação intrínseca

A motivação intrínseca foi avaliada por meio da versão esportiva do IMI, conforme proposto por McAuley et al. (1989). O instrumento consiste em um questionário com 18 afirmações, nas quais os participantes avaliam suas percepções sobre a sessão em uma escala Likert de 7 pontos (1 = discordo totalmente a 7 = concordo totalmente). Com base nas respostas, a motivação intrínseca dos participantes foi analisada a partir das seguintes dimensões: (a) interesse-prazer; (b) esforço-importância; (c) competência percebida; e (d) tensão-pressão. O IMI apresenta boa validade psicométrica, conforme relatado por McAuley et al. (1989). O questionário foi aplicado aos corredores após o TCE em todas as condições experimentais (Anexo 7).

2.2.19. Análise Estatística

A distribuição dos dados foi analisada por meio de inspeção visual de diagramas de dispersão e do teste de Shapiro-Wilk. Medidas repetidas (fadiga mental, controle inibitório, PSE, frequência cardíaca e excitação) foram comparadas utilizando um modelo misto generalizado (*Generalized Mixed Model – GMM*), com matriz de correlação não estruturada. Para as variáveis com distribuição normal, foi adotado o modelo com distribuição Gaussiana, enquanto o modelo com distribuição Gama foi aplicado aos dados não normais. A função de ligação utilizada em ambos os casos foi a função identidade. Na construção do modelo, a variável “participante” foi tratada como fator aleatório em todas as análises. Outros fatores (tempo e condição experimental) foram adicionados e mantidos no modelo caso melhorassem sua qualidade. A qualidade do modelo foi avaliada com base nos valores de AIC e na análise dos resíduos. Foram testados os efeitos principais de tempo, condição e a interação tempo × condição. A análise post-hoc foi realizada utilizando o teste de

Bonferroni. O tamanho do efeito (ES) das medidas repetidas foi calculado utilizando a fórmula de eta-quadrado parcial (η_p^2). As descrições qualitativas do tamanho do efeito seguiram a classificação de Cohen (2013): 0 a 0,01 = pequeno; 0,02 a 0,06 = médio; 0,06 a 0,14 = grande; >0,14 = muito grande. Os dados do NASA-TLX, o desempenho no TCE e o IMI no estudo 2 foram analisados por meio do teste t pareado. O d de Cohen foi calculado para medir o tamanho do efeito do NASA-TLX, seguindo a descrição qualitativa: 0 a 0,2 = pequeno; 0,3 a 0,5 = médio; 0,6 a 0,8 = grande; >0,8 = muito grande (Cohen, 2013). Os dados descritivos são apresentados como média e desvio padrão. Esses procedimentos foram realizados utilizando o software Jamovi (versão 2.6.19), com nível de significância estabelecido em $p < 0,05$.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

ARTIGO 1

Self-selected motivational music counteracts the negative effect of mental fatigue on running performance of competitive recreational runners: a randomized controlled trial.

Sports, Exercise, and Performance Psychology

Under Review

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de ouvir músicas motivacionais auto selecionadas sobre o desempenho na corrida de atletas recreacionais mentalmente fatigados. Dezoito corredores recreacionais (9 homens e 9 mulheres) participaram de um estudo experimental com delineamento cruzado randomizado. Inicialmente, os participantes realizaram um teste incremental para determinar a velocidade máxima de resistência (Vmax). Em seguida, foram realizadas quatro condições experimentais randomizadas envolvendo testes de corrida até a exaustão (TCE): (1) CON (repouso + TCE); (2) FMC (fadiga mental + TCE); (3) FMM (fadiga mental + TCE com música motivacional); (4) MUS (repouso + TCE com música motivacional). A intensidade do TCE foi de 85% da Vmax. Os participantes selecionaram por conta própria as faixas de música motivacional tocadas durante o TCE. A fadiga mental foi induzida por meio de um esforço cognitivo de 60 minutos, utilizando uma tarefa individualizada de Stroop. Frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço, excitação e motivação intrínseca foram avaliadas durante o TCE. O desempenho na corrida foi significativamente reduzido em FMC em comparação com CON ($p = 0,003$). Ouvir música motivacional melhorou o desempenho no TCE, tanto em MUS ($p = 0,047$) quanto em FMM ($p < 0,001$). Os níveis de excitação durante os testes de corrida foram maiores nas condições com música ($p < 0,001$). A música também aumentou a motivação intrínseca ($p < 0,001$). Ouvir música motivacional auto selecionada durante um teste de corrida melhora o desempenho de corredores recreacionais mentalmente fatigados.

Palavras-chave: resistência, carga cognitiva, excitação, motivação, música.

Introdução

O desempenho na corrida é regulado por uma complexa interação de sistemas que cooperam durante o exercício, incluindo os sistemas fisiológico, metabólico, cardiovascular, neuromuscular e neural (Joyner & Coyle, 2008; Trowell et al., 2020). Além desses sistemas, componentes cerebrais e psicológicos desempenham um papel crítico em esportes de resistência (McCormick et al., 2015). O modelo psicobiológico de desempenho de endurance postula que a percepção subjetiva de esforço (RPE) e a motivação potencial são fatores-chave que regulam as decisões baseadas em esforço e a tolerância ao exercício prolongado, como a corrida (Smirnau et al., 2013).

Reconhecendo a importância dos fatores psicológicos no desempenho de resistência, pesquisas têm se concentrado cada vez mais em compreender fenômenos prejudiciais que afetam o cérebro dos atletas (Wu et al., 2024). Nesse contexto, muitos estudos investigaram os efeitos da fadiga mental (Chen et al., 2023). A fadiga mental é caracterizada por sensações de cansaço, falta de energia e letargia, resultantes de períodos prolongados de esforço cognitivo sob alta carga mental (por exemplo, longos períodos de esforço cognitivo leve ou curtos períodos de esforço cognitivo intenso) (Kunasegaran et al., 2023; S. M. Marcra et al., 2009). Pesquisas demonstraram que a fadiga mental prejudica tanto o desempenho físico em atividades de resistência (Brown et al., 2020; Giboin & Wolff, 2019; Habay et al., 2021; McMorris et al., 2018) quanto o desempenho cognitivo (Boksem et al., 2005; Boksem & Tops, 2008; Lorist et al., 2000).

Hiposteniza-se que o prejuízo no desempenho físico causado pela fadiga mental ocorre devido a alterações na conectividade neural (Qi et al., 2019; Wylie et al., 2020), juntamente com uma redução na atividade dopaminérgica, causada pelo aumento dos níveis de neurotransmissão de adenosina em áreas cerebrais responsáveis pela regulação da RPE e da motivação (Martin et al., 2018; Van Cutsem et al., 2017). Essas alterações neurais levam ao aumento da RPE e à diminuição da motivação potencial durante atividades com mesma carga

de treino externa (por exemplo, intensidade e distância), resultando em regulação negativa da intensidade do exercício e/ou desengajamento precoce (Smirmaul et al., 2013).

Dado o efeito adverso da fadiga mental em tarefas físicas de resistência, pesquisas recentes têm explorado intervenções para combater ou minimizar o impacto do esforço cognitivo prévio no desempenho físico e cognitivo subsequente (Wu et al., 2024). Por exemplo, duas revisões sistemáticas (Proost et al., 2022; Sun et al., 2024) identificaram estudos que examinaram o efeito de diversas estratégias, incluindo intervenções psicológicas (por exemplo, mindfulness, “person-fit”, exposição à natureza), nutricionais (por exemplo, cafeína, carboidrato e creatina), fisiológicas (estimulação transcraniana por corrente contínua – tDCS) e comportamentais (por exemplo, atividade física, cochilo e música). Mais recentemente, outra revisão sistemática destacou a música como uma estratégia não invasiva, de fácil aplicação e altamente promissora para mitigar os efeitos negativos da fadiga mental sobre o desempenho físico e cognitivo (Ding et al., 2025).

A música pode evocar uma ampla variedade de emoções nos ouvintes (Juslin & Västfjäll, 2008), as quais estão associadas a alterações na atividade neuroelétrica e neuroquímica em diversas regiões cerebrais (Juslin, 2013; Koelsch, 2020). A música que evoca emoções positivas (por exemplo, prazer, euforia e motivação) pode modular a atividade do sistema de recompensa cerebral e promover a liberação de dopamina através da via mesolímbica (Chanda & Levitin, 2013). Esse efeito é proposto como um mecanismo potencial pelo qual a música contraria os efeitos negativos da fadiga mental sobre o desempenho físico e cognitivo (Ding et al., 2025). Além disso, foi demonstrado que ouvir música melhora o desempenho físico e reduz a percepção de esforço durante exercícios de resistência (Castañeda-Babarro et al., 2020; Terry et al., 2020).

Considerando os possíveis efeitos ergogênicos de ouvir música sobre o desempenho físico de resistência, especialmente em parâmetros influenciados pela fadiga mental, é razoável testar a hipótese que a música pode melhorar o desempenho de resistência em corredores

recreacionais mentalmente fatigados. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da música motivacional auto selecionada sobre o desempenho de resistência de corredores recreacionais mentalmente fatigados.

Métodos

Participantes

O estudo foi conduzido com 18 corredores (9 homens e 9 mulheres; idade: 30 ± 5 anos; tempo de experiência: 6 ± 5 anos; rotina de treinamento: $3 \pm 0,5$ sessões/semana; melhor tempo nos 5 km: 22 ± 3 minutos [homens: 20 ± 2 min; mulheres: 25 ± 3 min]). Eles foram classificados como atletas recreacionais competitivos, de acordo com as características descritas por McCormick et al. (2019). O cálculo amostral a priori foi realizado utilizando o software G*Power (versão 3.1.9.7), com base no tamanho de efeito $\eta^2 = 0,31$ (conforme MacMahon et al., 2014), $\alpha = 0,05$, poder estatístico = 0,95, número de grupos (condições experimentais) = 4 e número de medidas = 4. Foi estimado um tamanho mínimo de amostra de oito participantes. Considerando a possibilidade de perdas devido ao número de sessões experimentais, um número maior de participantes foi recrutado.

Como critérios de inclusão, os participantes deveriam: (1) ter participado de competições de corrida no último ano; (2) possuir frequência de treinamento de pelo menos 3 sessões por semana; (4) não apresentar diagnóstico de transtornos neuropsicológicos ou psiquiátricos; (5) não estar em tratamento farmacológico ou consumindo suplementos alimentares; (6) não apresentar problemas visuais que comprometessem a distinção de cores (por exemplo, daltonismo); (7) ter o hábito de ouvir música; (8) não serem músicos profissionais.

Desenho do estudo

Os corredores participaram de oito visitas ao laboratório (Figura 1). Na primeira visita, os participantes foram familiarizados com todos os instrumentos e procedimentos da pesquisa. As segunda e terceira visitas foram dedicadas às medições *baseline*, incluindo o teste Stroop individualizado e a criação de playlists musicais motivacionais individualizadas. Na quarta visita, foi realizado um teste incremental de corrida para determinar a velocidade máxima (Vmax) dos participantes. As quatro últimas visitas ocorreram em ordem aleatória cruzada, utilizando a técnica de quadrado latino, e consistiram nas sessões experimentais com teste de corrida até a exaustão (TCE), sob as seguintes condições: (1) controle (CON): TCE sem música e sem tarefa cognitiva prévia; (2) fadiga mental controle (FMC): TCE sem música, após 60 minutos de esforço cognitivo; (3) fadiga mental música (FMM): TCE com música motivacional, após 60 minutos de esforço cognitivo; (4) Música (MUS): TCE com música motivacional, sem tarefa cognitiva prévia. A fadiga mental foi induzida com uma tarefa Stroop de 60 minutos, com carga cognitiva individualizada (adaptada a capacidade de cada participante). Nas sessões controle, os participantes não realizaram nenhuma tarefa cognitiva antes do teste de corrida. O teste TCE foi iniciado imediatamente após o esforço cognitivo ou período de repouso, e consistiu em correr a uma velocidade correspondente a 85% da Vmax até a exaustão (momento em que o participante não conseguisse mais manter a velocidade exigida). Durante os testes físicos, foram coletadas, a cada minuto, as medidas de percepção subjetiva de esforço (RPE) e nível de excitação (Felt Arousal Scale – FAS). Todos os testes foram realizados em ambiente laboratorial com temperatura controlada (20–22°C) e sempre no mesmo período do dia (entre 06:00 e 09:00 da manhã), com o objetivo de minimizar a influência do ritmo circadiano nos resultados. O estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética institucional (CAAE: 69653023.8.0000.5188), de acordo com a Declaração de Helsinque. Todos os participantes foram informados sobre os procedimentos da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

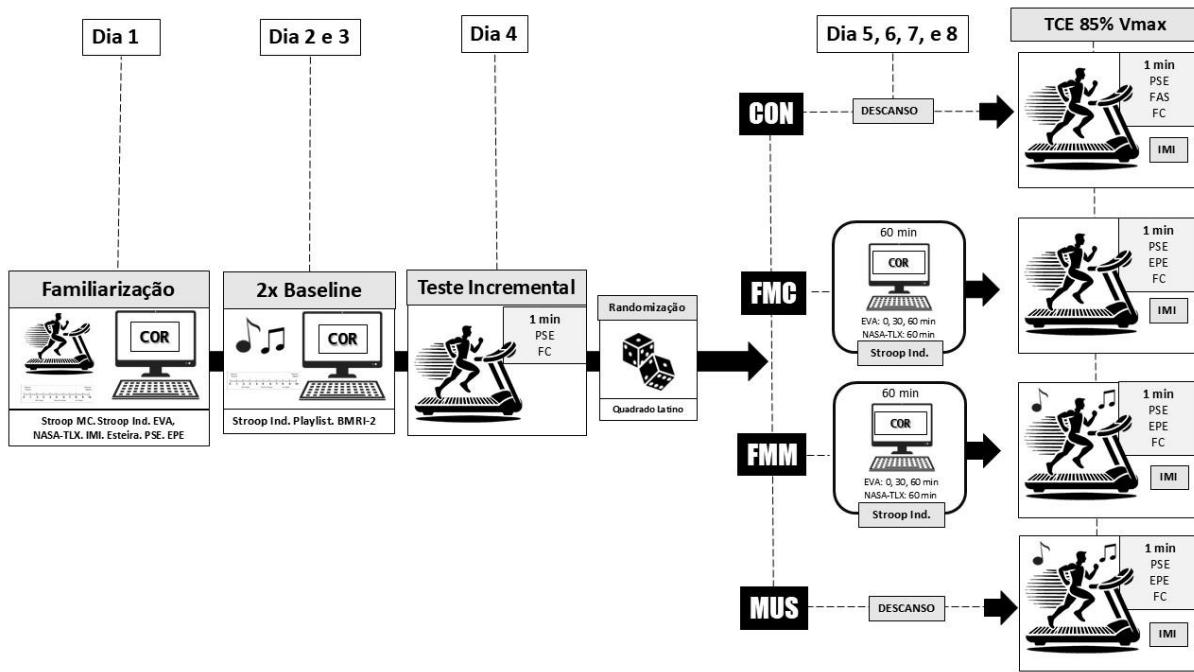


Figura 1. Condições experimentais do estudo

Nota. MC – manipulation check; IND – individualizado; EVA – escala visual análoga de cansaço mental; PSE – percepção subjetiva de esforço; EEP – escala de excitação percebida; BMRI-2 - Brunel Music Rating Inventory-2; CON – controle; FMC – fadiga mental controle; FMM – fadiga mental música; MUS – música.

Medidas baseline

Duas avaliações baseline foram realizadas em dias distintos. Durante essas visitas, os participantes completaram dois testes de 5 minutos da tarefa Stroop. Nessas tarefas, os participantes foram instruídos a responder o mais rápido e precisamente possível. O tempo médio de resposta obtido nessas atividades foi utilizado como limite de tempo individualizado durante o esforço cognitivo de 60 minutos.

Além disso, foram criadas playlists musicais personalizadas para cada participante. Eles foram orientados a selecionar músicas que considerassem motivadoras para correr e que eles acreditavam que poderia melhorar seu desempenho na prova. Após ouvir cada faixa selecionada, foi aplicado o Brunel Music Rating Inventory-2 (BMRI-2) (Karageorghis et al., 2006). Apenas músicas com pontuação superior a 32 pontos foram incluídas na playlist utilizada nos testes de corrida.

Preparação para os testes

Para minimizar os efeitos da fadiga residual entre as sessões, foi respeitado um intervalo mínimo de 72 horas após qualquer competição. Os participantes também foram questionados sobre o horário e a composição do café da manhã e orientados a replicá-lo em todas as sessões experimentais, priorizando alimentos que normalmente consomem antes de competições. Além disso, os participantes receberam as seguintes instruções: realizar o último treino ao menos 48 horas antes de cada teste; evitar treinos intensos nas 48 horas anteriores; abster-se do consumo de álcool e cafeína (incluindo bebidas energéticas) nos dias dos testes; evitar o uso de medicamentos nos dias dos testes; não realizar atividades cognitivamente exigentes (como estudar, ler, jogar videogame ou usar redes sociais no celular) no dia do teste. Eles também foram orientados a relatar sintomas de doença, desconforto, dor muscular anormal ou má qualidade do sono. Para garantir a adesão a essas orientações, os participantes preencheram um checklist antes de cada sessão experimental. Se alguma das diretrizes não fosse seguida, a sessão era remarcada.

Manipulações experimentais

Mental fatigue

Para induzir a fadiga mental, os participantes realizaram uma tarefa Stroop computadorizada modificada com 60 minutos de duração e carga cognitiva individualizada. A tarefa foi apresentada em uma tela de computador de 17 polegadas (LG, 200MK400H-B). Os participantes utilizaram as teclas "A", "D", "J" e "L" para responder, respectivamente, às cores amarelo, azul, verde e vermelho. A tarefa consistia apenas em estímulos incongruentes incorporados a uma função de alternância nas respostas. A resposta correta dependia do modo de apresentação do estímulo na tela. As palavras podiam aparecer dentro de um retângulo ou fora dele. Quando as palavras apareciam dentro de um retângulo, a resposta correta

correspondia ao nome da cor (por exemplo, para a palavra "verde" escrita em cor vermelha, a resposta correta era "verde"); quando as palavras apareciam sem o retângulo, a resposta correta correspondia à cor que a palavra estava pintada (por exemplo, para a palavra "verde" em tinta vermelha, a resposta correta era "vermelho") (Figura 3). Cada participante recebeu um tempo-limite individualizado para responder a cada estímulo, com base no tempo médio de resposta obtido nos dois testes de linha de base. Os participantes foram instruídos a utilizar ambas as mãos para responder de forma rápida e precisa. Após cada estímulo, o feedback sobre a precisão e o tempo de resposta era exibido por 500 ms. A tarefa foi administrada utilizando o software PsychoPy, versão 2022.2.4 (licença pública GNU). Durante todo o protocolo, foram registrados os seguintes dados: tempo de resposta, precisão/acurácia e perda do tempo-limite.

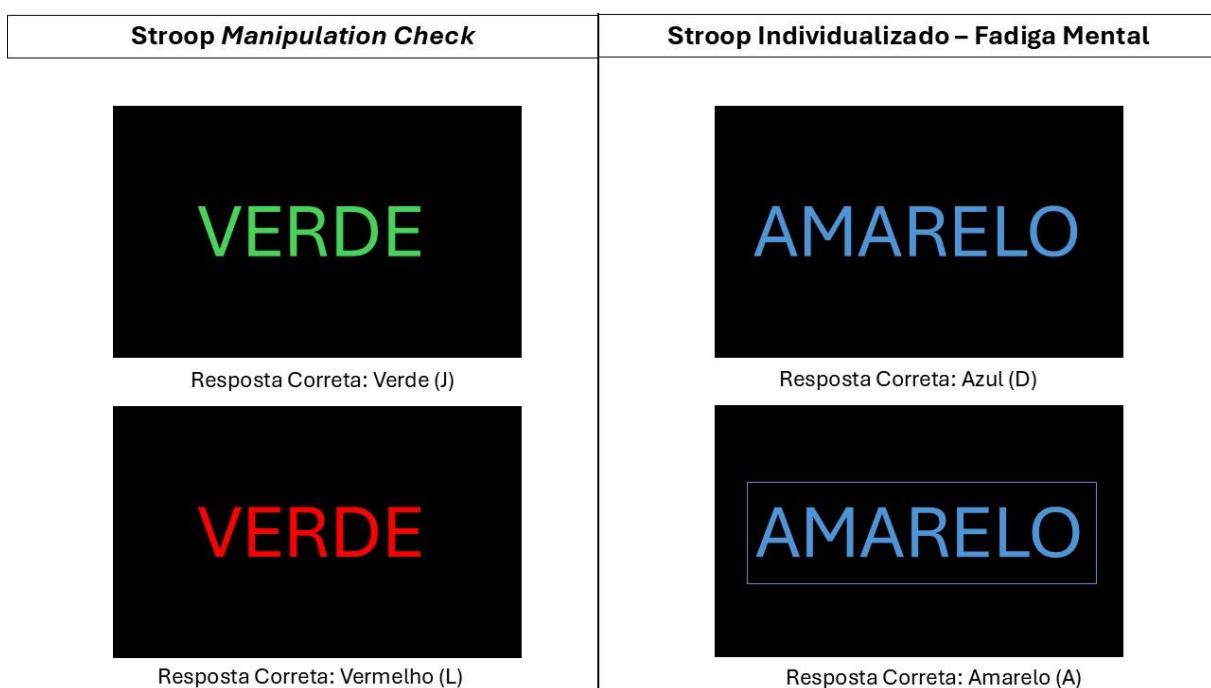


Figura 2. Configurações do Stroop

Música motivacional

As faixas das playlists foram reproduzidas em ordem aleatória, e essa sequência foi repetida nas duas sessões experimentais com música. A reprodução da música foi feita com uma caixa de som Mondial CM800 (Amazonas, Brasil), posicionada a 2 metros atrás da esteira, com o volume ajustado entre 70 e 90 decibéis (nível do alto-falante).

Manipulation checks

Cansaço mental

A Escala visual análoga de cansaço mental foi aplicada antes (0 min), na metade (30 min) e após (60 min) a tarefa Stroop individualizada. Utilizou-se uma escala de papel de 100 mm, na qual os participantes indicavam seu nível subjetivo de cansaço mental. A pergunta feita foi: “*Qual é o seu nível de cansaço mental neste exato momento?*”, e a resposta era marcada em uma linha entre os extremos “nenhum” e “máximo”. A pontuação foi determinada medindo-se a distância, em milímetros, do extremo esquerdo da escala até a marca feita pelo participante.

Controle inibitório

Uma tarefa Stroop com 120 estímulos foi aplicada antes e imediatamente após a tarefa Stroop de 60 minutos para avaliar o controle inibitório, utilizando um computador com tela de 17 polegadas (LG, modelo 200MK400H-B) e um teclado. As teclas "A", "D", "J" e "L" estavam coloridas de amarelo, azul, verde e vermelho, respectivamente (Figura 2). Os estímulos variavam aleatoriamente entre congruentes (a palavra escrita com a mesma cor do significado) e incongruentes (a palavra escrita com cor diferente de seu significado), em intervalos de 500 ms. Os participantes foram instruídos a usar ambas as mãos e responder com precisão e rapidez. O desempenho comportamental foi medido por meio do tempo de resposta (ms) e acurácia (%). O prejuízo nestes marcadores tem sido sugerido como um indicador comportamental de fadiga mental (Fortes et al., 2022; Martin et al., 2016).

Carga mental

A NASA-TLX (National Aeronautics and Space Administration Task Load Index) foi utilizada para avaliar a carga mental subjetiva após a tarefa Stroop individualizada. O instrumento contém seis questões específicas relacionadas aos seguintes domínios: (a) demanda mental; (b) demanda física; (c) demanda temporal; (d) desempenho; (e) esforço, e (f) frustração. Para facilitar o entendimento, os participantes forneceram suas respostas em uma linha horizontal de 100 mm, semelhante à EVA.

Medidas

Teste incremental

Foi utilizado um protocolo semelhante ao de Kuipers et al. (2003) para determinar a velocidade máxima (Vmax) dos corredores. O teste iniciou com um aquecimento padronizado de 5 minutos a 8 km/h para mulheres e 10 km/h para homens. Após o aquecimento, a velocidade da esteira aumentou em 1 km/h por minuto até que o participante não conseguisse mais manter o ritmo. A Vmax foi determinada como a velocidade do último estágio completamente finalizado. Durante o teste, os pesquisadores incentivavam verbalmente os participantes. A frequência cardíaca foi monitorada com o sensor Polar H10, e o esforço percebido (RPE) foi avaliado com a escala CR-10 (Borg & Borg, 2002). O teste foi conduzido em uma esteira Cosmed T170 (Roma, Itália), com inclinação fixa de 1%.

Teste de corrida até a exaustão

O teste foi conduzido em uma esteira Cosmed T170 com inclinação de 1%. Os participantes começaram com um aquecimento de 5 minutos em velocidade auto selecionada. Após isso, a esteira foi ajustada para 85% da Vmax do participante, e foi solicitado que corressem o máximo de tempo possível. O teste terminava quando o corredor decidia parar voluntariamente. Durante o teste, não eram fornecidas informações sobre velocidade, tempo ou distância. A frequência cardíaca (Polar H10), a RPE (CR-10) e a escala de excitação (EPE)

foram registrados a cada minuto. Os pesquisadores não ofereceram incentivo verbal. Os participantes utilizaram o mesmo calçado em todas as sessões para manter a consistência.

Perceção subjetiva de esforço (PSE)

A PSE foi monitorada com a escala CR-10 (Borg, 1982) durante os testes incremental e TCE. Os participantes relataram seu esforço percebido a cada minuto. Após detectar diferenças no desempenho entre as condições experimentais, os valores médios de PSE foram comparados em intervalos, ou seja, em porcentagens do TCE: 25% (0-24%), 50% (26–50%), 75% (51–75%), 100% (76–100%).

Escala de percepção de excitação (EPE)

A excitação foi medida com EPE (Felt Arousal Scale) (Svebak & Murgatroyd, 1985), uma escala Likert de 1 (baixa ativação) a 6 (alta ativação). Validada para praticantes recreativos (Brito, 2018), a escala foi aplicada a cada minuto durante o teste TCE, com relato verbal dos participantes.

Motivação intrínseca

A motivação intrínseca foi avaliada com a versão esportiva do Inventário de Motivação Intrínseca (IMI), conforme McAuley et al. (1989). O instrumento consiste em 18 afirmações avaliadas em uma escala Likert de 7 pontos (1 = discordo totalmente, 7 = concordo totalmente). A motivação intrínseca foi analisada nos seguintes domínios:(a) interesse-prazer; (b) esforço-importância; (c) competência percebida; (d) tensão-pressão. O questionário foi aplicado após o teste TCE em todas as condições experimentais. O IMI apresenta boa validade psicométrica conforme reportado anteriormente por McAuley et al., (1989). O questionário foi aplicado com os corredores sempre após o TCE.

Análise Estatística

A distribuição dos dados foi analisada por meio da inspeção de diagramas de dispersão e do teste de Shapiro-Wilk. As medidas repetidas (fadiga mental, controle inibitório, PSE, frequência cardíaca e excitação) foram comparadas utilizando um modelo misto generalizado (GMM) com matriz de correlação não estruturada. Para variáveis com distribuição normal, foi adotado o modelo com distribuição Gaussiana, enquanto o modelo com distribuição Gama foi aplicado às demais distribuições. A função de ligação utilizada em ambos os casos foi a identidade. Na construção do modelo, a variável de sujeito foi tratada como fator aleatório em todas as análises. Os demais fatores (tempo e condição experimental) foram adicionados e mantidos se melhorassem a qualidade do modelo. A qualidade do modelo foi avaliada com base nos valores de AIC e na análise dos resíduos. Foram testados os efeitos principais de tempo, condição e da interação (tempo × condição). A análise post-hoc foi realizada utilizando o teste de Bonferroni. O tamanho do efeito (TE) das medidas repetidas foi calculado utilizando a fórmula do eta-quadrado parcial (η_p^2). As descrições qualitativas do tamanho do efeito seguiram a classificação de Cohen (2013): 0 a 0,01 = pequeno, 0,02 a 0,06 = médio, 0,06 a 0,14 = grande; >0,14 = muito grande. Os dados do NASA-TLX foram analisados por meio do teste t pareado. O d de Cohen foi calculado para medir o TE das comparações pareadas, seguindo a descrição qualitativa: 0 a 0,2 = pequeno; 0,3 a 0,5 = médio; 0,6 a 0,8 = grande; >0,8 = muito grande (Cohen, 2013). Os dados descritivos são apresentados como média e desvio-padrão. Esses procedimentos foram realizados utilizando o software Jamovi (versão 2.6.19), com nível de significância estabelecido em $p<0,05$.

Resultados

Fadiga mental

Houve efeito principal de tempo ($\chi^2=22,63$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). Não houve efeito principal de condição ($\chi^2=0,385$; $p=0,385$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno) nem interação ($\chi^2=0,450$; $p=0,502$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc indicou uma redução no tempo de resposta dos primeiros 30 minutos para os últimos 30 minutos em todas as condições experimentais com fadiga mental ($p<0,001$). O mesmo ocorreu com a porcentagem de acerto e com o PTL, nas quais houve efeito principal do tempo ($\chi^2=4,321$; $p=0,038$; $\eta_p^2=0,01$; TE pequeno; $\chi^2=4,022$; $p=0,045$; $\eta_p^2=0,07$; TE grande, respectivamente), enquanto não houve efeito principal da condição ($\chi^2=0,062$; $p=0,803$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno; $\chi^2=0,261$; $p=0,609$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno, respectivamente) nem da interação ($\chi^2=0,038$; $p=0,859$; $\eta_p^2=0,000$; TE pequeno; $\chi^2=2,172$; $p=0,141$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno, respectivamente). No entanto, nenhuma diferença foi observada na análise post-hoc [Material suplementar].

Manipulation Checks

Cansaço mental

Houve efeito principal de tempo (Figura 3, $\chi^2=252,6$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,62$; TE muito grande), embora não tenha havido efeito principal de condição (Figura 3, $\chi^2=0,451$; $p=0,572$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno) nem de interação (Figura 3, $\chi^2=0,422$; $p=0,993$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc mostrou que os valores aumentaram 72% do pré para os 30 minutos nas condições experimentais FMC ($p<0,001$) e 67% em FMM ($p<0,001$). Do momento de 30 minutos até o pós-experimento, os valores aumentaram 27% em FMC ($p=0,005$) e 29% em FMM ($p=0,004$).

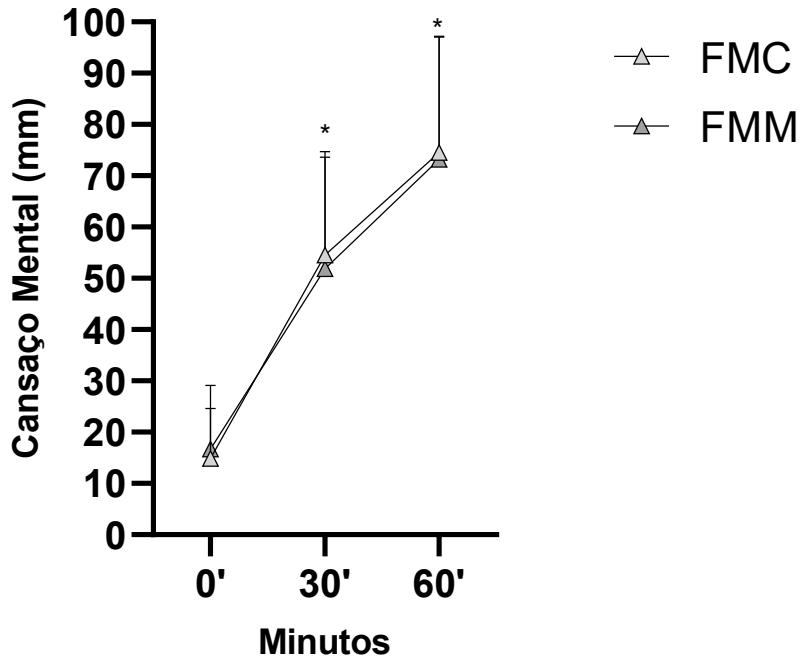


Figura 3. Percepção subjetiva de cansaço mental durante as condições

Nota. FMC – Fadiga mental controle; FMM – fadiga mental música; * diferença da janela anterior de tempo em ambas as sessões experimentais.

Controle inibitório

O tempo de resposta para estímulos congruentes apresentou efeito principal de tempo ($\chi^2=8,35$; $p=0,004$; $\eta_p^2=0,025$; TE médio) e efeito principal de condição ($\chi^2=4,60$; $p=0,032$; $\eta_p^2=0,01$; TE pequeno), contudo, não foi detectado efeito de interação ($\chi^2=1,12$; $p=0,290$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc indicou uma redução no tempo de resposta congruente nas condições FMC ($p=0,016$) e FMM ($p=0,002$). Para o tempo de resposta incongruente, houve efeito principal de tempo ($\chi^2=7,54$; $p=0,006$; $\eta_p^2=0,02$; TE médio), efeito principal de condição ($\chi^2=6,61$; $p=0,010$; $\eta_p^2=0,02$; TE médio) e efeito de interação ($\chi^2=23,67$; $p=0,001$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc revelou diferença entre as condições no momento pré-experimento ($p=0,003$) e uma redução do tempo de resposta do pré para o pós-experimento apenas na condição FMC ($p<0,001$). A acurácia apresentou efeito principal de tempo ($\chi^2=28,50$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,13$; TE grande) e de interação ($\chi^2=5,78$; $p=0,016$; $\eta_p^2=0,03$;

TE médio), embora nenhum efeito principal da condição tenha sido detectado ($\chi^2=0,15$; $p=0,689$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc indicou redução no pós-experimento em ambas as condições experimentais ($p<0,001$) [Material suplementar].

Carga Mental

Não houve diferenças na demanda mental ($p=0,870$; $d=0,0$; TE pequeno), demanda física ($p=0,488$; $d=0,1$; TE pequeno), demanda temporal ($p=0,317$; $d=0,2$; TE pequeno), desempenho ($p=0,415$; $d=0,1$; TE pequeno), esforço ($p=0,568$; $d=0,1$; TE pequeno) e frustração ($p=0,383$; $d=0,2$; TE pequeno) entre as condições experimentais FMC e FMM [Material suplementar].

Medidas

Tempo até a exaustão

Houve diferença significativa no TCE entre as condições experimentais (Figura 4, $\chi^2=27,3$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,03$; TE médio). O TCE foi 7% menor na condição FMC em comparação à CON (FMC = 419 ± 248 s; CON = 451 ± 143 s; $p=0,003$). Por outro lado, o desempenho de TCE na FMM foi 7% maior do que na FMC (FMM = 487 ± 197 s; $p<0,001$). O mesmo ocorreu na condição MUS, cujo desempenho foi 24% maior do que na FMC (MUS = 552 ± 195 s; $p<0,001$). O desempenho de TCE na MUS foi 18% maior do que na CON ($p=0,047$). Não houve diferença entre MUS e FMM ($p=0,179$).

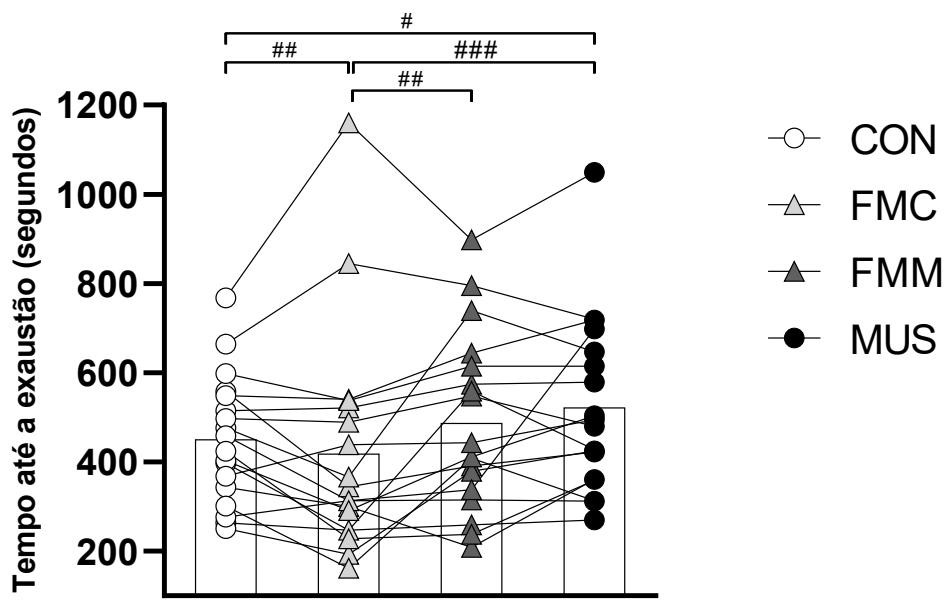


Figura 4. Tempo de corrida até a exaustão

Note. CON – controle; FMC – Fadiga mental controle; FMM – fatiga mental música; MUS – música. Diferença entre as condições correspondentes: #- p<0.05; ##- p<0.00; ###- P<0.001.

PSE

Houve efeito principal de tempo ($\chi^2=438,1$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,539$; TE muito grande), enquanto nenhum efeito principal de condição ($\chi^2=2,43$; $p=0,488$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno) ou de interação foi encontrado ($\chi^2=4,39$; $p=0,884$; $\eta_p^2=0,01$; TE pequeno). A análise post-hoc mostrou que, em todas as condições experimentais, a PSE aumentou progressivamente em comparação com a janela de tempo anterior ($p<0,001$) (Figura 5a).

Frequência Cardíaca

Houve efeito principal de tempo ($\chi^2=213,9$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,18$; TE muito grande) e efeito principal de condição ($\chi^2=41,67$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,04$; TE médio), embora não tenha sido observado efeito de interação ($\chi^2=5,61$; $p=0,077$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc indicou um aumento da frequência cardíaca ao longo do teste em todas as condições ($p<0,001$). A frequência cardíaca na condição MUS foi maior do que nas condições CON ($p<0,001$), FMM

($p=0,023$) e FMC ($p<0,001$). Na condição FMM, os valores foram maiores do que em FMC ($p=0,004$). Houve uma diferença específica entre MUS e FMC no ponto de 50% do teste ($p=0,050$) (Figura 5b).

Excitação

Houve efeito principal de tempo ($\chi^2=1,16$; $p=0,763$; $\eta_p^2=0,03$; TE médio) e efeito principal de condição ($\chi^2=57,16$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,06$; TE médio), enquanto nenhum efeito de interação foi observado ($\chi^2=5,52$; $p=0,785$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc mostrou que os níveis de excitação na condição MUS foram maiores do que nas condições CON ($p<0,001$), FMC ($p<0,001$) e FMM ($p=0,009$). Os valores de excitação na condição FMM foram maiores do que em CON ($p=0,031$) e FMC ($p=0,002$). Assim, foram observadas diferenças estatísticas entre MUS e CON nos pontos de 25% ($p=0,005$) e 50% ($p=0,018$), e entre MUS e MFC nos pontos de 75% ($p=0,012$) e 100% ($p=0,038$) (Figura 5c).

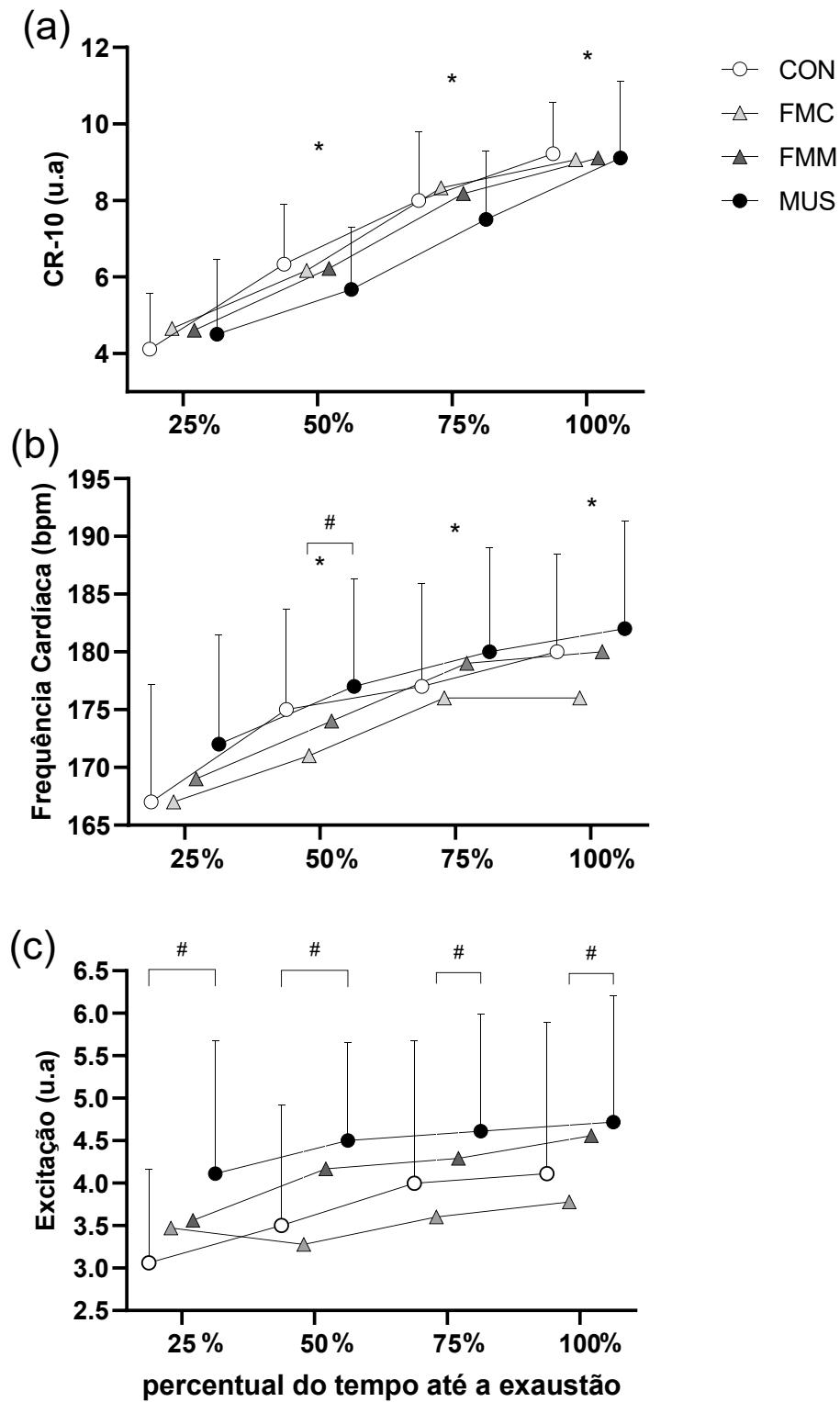


Figura 5. Percepção de esforço, frequência cardíaca e excitação durante o teste de corrida até a exaustão.

Note. CON – controle; FMC – Fadiga mental controle; FMM – fadiga mental música; MUS – música; u.a – unidade arbitrária; bpm – batimentos por minuto; *- diferença para o tempo anterior em todas as condições; #- diferença entre as condições.

Motivação intrínseca

Houve efeito principal de condição para as variáveis interesse-prazer ($p<0,001$; $\eta_p^2=0,10$; TE grande), esforço-importância ($p<0,001$; $\eta_p^2=0,16$; TE muito grande) e competência percebida ($p=0,003$; $\eta_p^2=0,05$; TE médio). No entanto, a tensão-pressão foi similar em todas as condições experimentais ($p=0,156$; $\eta_p^2=0,04$; TE médio) (Figura 6). A análise post-hoc mostrou que os valores de interesse-prazer na condição MUS foram maiores do que em CON ($p=0,043$) e FMC ($p<0,001$), enquanto os valores da condição FMM foram maiores do que em FMC ($p<0,001$). O esforço-importância foi maior na condição CON em comparação a FMM ($p<0,001$) e MUS ($p<0,001$), enquanto os valores de FMC foram maiores do que FMM ($p=0,007$) e MUS ($p=0,006$). A competência percebida foi maior na condição MUS do que em FMM ($p=0,003$) e FMC ($p=0,001$).

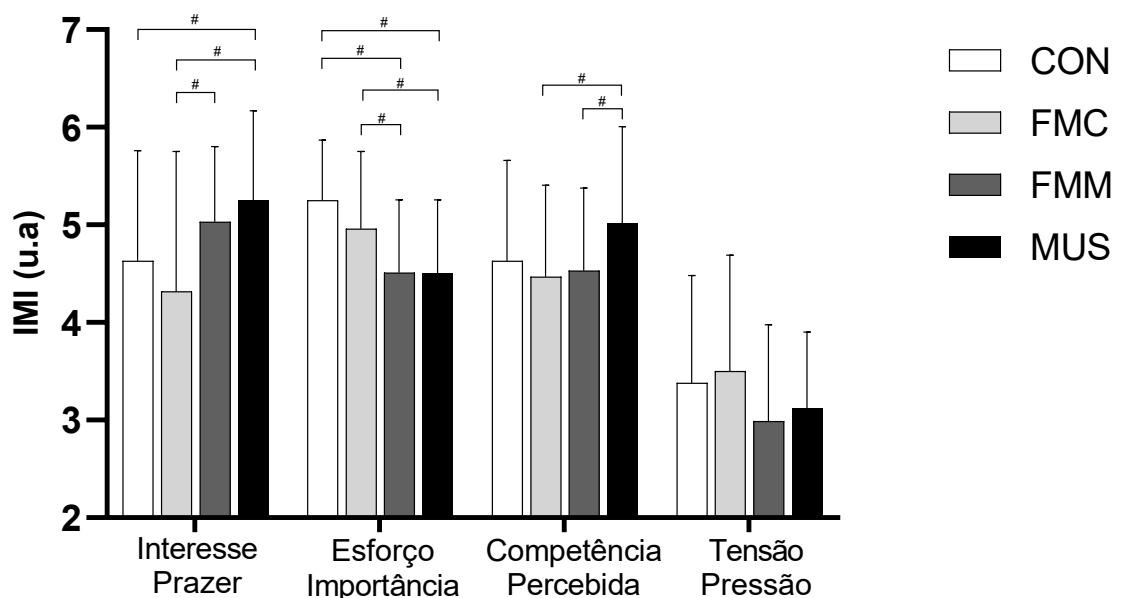


Figura 6. Motivação intrínseca após a corrida até a exaustão

Note. IMI – inventário de motivação intrínseca; CON – controle; FMC – fadiga mental controle; FMM – fadiga mental música; MUS – música; u.a – unida arbitrária; #- diferente entre as condições.

Discussão

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da escuta de música motivacional auto selecionada sobre o desempenho de corrida de atletas recreacionais sob fadiga mental. Nossa hipótese era de que a música motivacional poderia melhorar o desempenho de resistência em corredores recreacionais mentalmente fatigados. Nossos achados confirmaram essa hipótese, demonstrando que a fadiga mental reduziu o desempenho no teste de corrida até a exaustão (TCE), enquanto a música motivacional produziu um efeito ergogênico tanto em condições cognitivas normais quanto sob fadiga mental.

Sob condições de fadiga mental, os corredores apresentaram uma redução significativa no desempenho. Esse achado é consistente com estudos anteriores que relataram comprometimento do desempenho em corredores mentalmente fatigados (Gattoni et al., 2021; MacMahon et al., 2014; Pageaux et al., 2014), nadadores (Fortes et al., 2021; Penna et al., 2018), ciclistas (Filipas et al., 2019; Martin et al., 2015, 2016; Pires et al., 2018; Salam et al., 2018), canoístas (Staiano et al., 2019) e remadores (Filipas et al., 2018). Essa diminuição no desempenho de resistência devido à fadiga mental é frequentemente atribuída ao aumento da percepção subjetiva de esforço (RPE) (Pageaux & Lepers, 2016). No entanto, nossos dados não sustentam essa premissa, já que não foram observadas diferenças nas respostas de PSE dos corredores. Essa divergência em relação ao mecanismo proposto na literatura deve ser interpretada com cautela, uma vez que a maioria dos estudos que relataram queda no desempenho de resistência de corpo inteiro sob fadiga mental também não encontrou alterações significativas na RPE dos atletas (Filipas et al., 2018, 2019; Gattoni et al., 2021; MacMahon et al., 2014; Martin et al., 2015; Penna et al., 2018; Pires et al., 2018).

Por outro lado, a música melhorou o desempenho dos corredores, atuando como um recurso ergogênico tanto em condições com quanto sem fadiga mental. Notavelmente, essa melhora elevou os níveis de desempenho a patamares comparáveis aos testes realizados sem

esforço cognitivo prévio. Estudos anteriores investigaram o efeito da música como estratégia para mitigar os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho físico (Jacquet et al., 2021; Lam et al., 2022). Esses estudos demonstraram que a música melhorou o controle motor (Jacquet et al., 2021) e o desempenho na corrida (Lam et al., 2022). Contudo, diferentemente desses trabalhos, nos quais a música foi administrada antes dos testes físicos, como estratégia de *coping*, o presente estudo é o primeiro a avaliar o efeito da música durante tarefas físicas sob condições de fadiga mental.

A música tem o potencial de melhorar o desempenho físico por meio de alterações tanto psicológicas (ex.: melhora do humor, estados afetivos positivos, distração e estimulação) quanto psicofisiológicas (ex.: redução da PSE) (Terry et al., 2020; Terry et al., 2012). Nesse contexto, o desempenho aprimorado observado neste estudo pode ser atribuído a níveis elevados de excitação durante o teste de corrida com música. A teoria da excitação sugere que o desempenho em tarefas melhora à medida que os níveis de excitação aumentam, até certo ponto ótimo (Bandhu et al., 2024). Segundo essa teoria, a relação entre excitação e desempenho físico segue uma curva em U invertido, onde o desempenho decai tanto sob condições de baixa quanto de alta excitação (Bandhu et al., 2024). Assim, a música motivacional reproduzida durante a corrida pode ter elevado a excitação dos corredores a níveis ideais, otimizando seu desempenho. Essa interpretação é corroborada pelos maiores valores de frequência cardíaca registrados durante a tarefa com música, já que a excitação emocional está associada ao aumento da atividade simpática do sistema nervoso autônomo (Koelsch & Jancke, 2015).

Além disso, a motivação intrínseca dos participantes foi maior nas condições em que ouviram música motivacional durante o TCE. Esse achado é relevante, pois a redução da motivação é frequentemente apontada como um dos mecanismos explicativos para a queda no desempenho de resistência causada pela fadiga mental (Martin et al., 2018). Consequentemente, o aumento da motivação é considerado uma estratégia promissora para combater a fadiga

mental (Proost et al., 2022). A motivação é um determinante amplamente reconhecido do desempenho em esportes de *endurance* (McCormick et al., 2015), sendo que a exaustão pode ser adiada quando os níveis de motivação estão elevados (Smirmaul et al., 2013). A música, por sua vez, tem o potencial de aumentar a motivação (Dimitriadis et al., 2024), possivelmente ao desencadear a liberação de dopamina por meio de vias cerebrais associadas ao sistema de recompensa (Chanda & Levitin, 2013). Essas vias projetam-se ao córtex cingulado anterior, uma região cerebral em que a fadiga mental demonstrou reduzir os níveis de dopamina (Martin et al., 2018). Esse mecanismo pode ter contribuído fortemente para os resultados observados no presente estudo, embora não tenhamos mensurado a atividade periférica ou cerebral da dopamina. Estudos futuros podem explorar essa hipótese.

O protocolo de carga cognitiva individualizada foi eficaz para induzir fadiga mental, como evidenciado pelas respostas perceptuais e de desempenho dos participantes. Esse protocolo resultou em níveis elevados e consistentes de fadiga mental ao final da tarefa, que foram idênticos entre as condições com fadiga mental. Além disso, os marcadores da carga cognitiva indicados pela NASA-TLX foram consistentes entre as sessões. Esses achados sugerem que o esforço cognitivo foi tanto elevado quanto equivalente entre as condições. De acordo com a literatura científica, os marcadores comportamentais da fadiga mental geralmente incluem o aumento da fadiga mental subjetiva e redução do desempenho em tarefas que exigem atenção sustentada e controle inibitório (Kunasegaran et al., 2023). Enquanto as mudanças nos marcadores perceptuais e na acurácia estiveram alinhadas com essas proposições (Wu et al., 2024), um efeito oposto foi observado no tempo de resposta da tarefa Stroop-MC. Essa redução no tempo de resposta pode ser atribuída a um efeito de aprendizagem decorrente da natureza individualizada da tarefa Stroop (Behrens et al., 2022). Em conjunto, as evidências sugerem que os participantes experimentaram fadiga mental significativa ao final do protocolo.

Esses achados devem ser interpretados com cautela no contexto do desempenho na corrida. Competições de corrida são tarefas de circuito fechado, em que o ponto final é predeterminado e conhecido pelos corredores. Por outro lado, o teste de TCE é uma tarefa de circuito aberto, em que o ponto final é indefinido. Em ambos os cenários, PSE e motivação potencial são determinantes críticos do desempenho (Smirnau et al., 2013). No entanto, tarefas de circuito fechado envolvem fatores psicológicos adicionais que regulam a tomada de decisão baseada em esforço, como memória perceptual e consciência da distância percorrida/restante (Marcora, 2010). Nesse contexto, estudos futuros devem investigar se a música motivacional também pode atuar como contramedida em testes contrarrelógio. Ainda assim, corredores recreacionais podem se beneficiar dos efeitos da música motivacional durante sessões de treino de alta intensidade que exigem tolerância ao esforço prolongado, especialmente quando mentalmente fatigados. Outra limitação do presente estudo é que o ritmo de batidas das faixas de música motivacional selecionadas pelos participantes não foi controlado, permitindo a escolha de faixas com andamento rápido (>120 bpm) ou lento (<120 bpm). Estudos futuros poderiam investigar se o andamento da música influencia o desempenho de corredores mentalmente fatigados. Além disso, outros estilos musicais (ex.: relaxantes, agradáveis ou não preferidos) poderiam ser testados.

Conclusão

Ouvir música motivacional auto selecionada durante um teste de corrida sob condições de fadiga mental, melhora o desempenho de corredores recreacionais. A música motivacional é uma ferramenta culturalmente acessível e de baixo custo para combater os efeitos prejudiciais da fadiga mental no desempenho durante a corrida.

Referencias

- Behrens, M., Gube, M., Chaabene, H., Prieske, O., Zenon, A., Broscheid, K. C., Schega, L., Husmann, F., & Weippert, M. (2022). Fatigue and Human Performance: An Updated Framework. *Sports Medicine*, 1–25. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01748-2>
- Boksem, M. A. S., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. *Cognitive Brain Research*, 25(1), 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.04.011>
- Boksem, M. A. S., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: Costs and benefits. *Brain Research Reviews*, 59(1), 125–139. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001>
- Borg, E., & Borg, G. (2002). A comparison of AME and CR100 for scaling perceived exertion. *Acta Psychologica*, 109(2), 157–175. [https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(01\)00055-5](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(01)00055-5)
- Brito, H. (2018). Translation and Construct Validity of the Feeling Scale and the Felt Arousal Scale in Portuguese Recreational Exercisers. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 22(3), 103–113. <http://revistas.um.es/cpd>
- 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. In *Sports Medicine* (Vol. 50, Issue 3, pp. 497–529). Springer. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01204-8>
- Castañeda-Babarro, A., Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Viribay, A., León-Guereño, P., & Mielgo-Ayuso, J. (2020). Effect of listening to music on wingate anaerobic test performance. A systematic review and meta-analysis. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 17, Issue 12, pp. 1–20). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124564>
- Chanda, M. L., & Levitin, D. J. (2013). The neurochemistry of music. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(4), 179–193. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.02.007>
- Chen, X. X., Ji, Z. G., Wang, Y., Xu, J., Wang, L. Y., & Wang, H. B. (2023). Bibliometric analysis of the effects of mental fatigue on athletic performance from 2001 to 2021. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1019417>
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Dimitriadis, T., Della Porta, D., Perschl, J., Evers, A. W. M., Magee, W. L., & Schaefer, R. S. (2024). Motivation and music interventions in adults: A systematic review. In *Neuropsychological Rehabilitation* (Vol. 34, Issue 5, pp. 649–678). Routledge. <https://doi.org/10.1080/09602011.2023.2224033>
- Ding, C., Geok, S. K., Sun, H., Roslan, S., Cao, S., & Zhao, Y. (2025). Does music counteract mental fatigue? A systematic review. *PLoS ONE*, 20(1 JANUARY). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316252>

- Filipas, L., Gallo, G., Pollastri, L., & Torre, A. La. (2019). Mental fatigue impairs time trial performance in sub-elite under 23 cyclists. *PLoS ONE*, 14(6), 1–13.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218405>
- Filipas, L., Mottola, F., Tagliabue, G., & Torre, A. (2018). The effect of mentally demanding cognitive task on rowing performance in young athletes. *Psychology of Sports & Exercise*, 39(1), 52–62.
- Fortes, L. de S., Faro, H., de Lima-Junior, D., Albuquerque, M. R., & Ferreira, M. E. C. (2022). Non-invasive brain stimulation over the orbital prefrontal cortex maintains endurance performance in mentally fatigued swimmers. *Physiology and Behavior*, 250.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.113783>
- Fortes, L. S., Lima-Júnior, D. de, Gantois, P., Nascimento-Júnior, J. R. A., & Fonseca, F. S. (2021). Smartphone Use Among High Level Swimmers Is Associated With Mental Fatigue and Slower 100- and 200- but Not 50-Meter Freestyle Racing. *Perceptual and Motor Skills*, 128(1), 390–408. <https://doi.org/10.1177/0031512520952915>
- Fortes, L. S., Nakamura, F. Y., Lima-Junior, D., Ferreira, M. E. C., & Fonseca, F. S. (2022). Does Social Media Use on Smartphones Influence Endurance, Power, and Swimming Performance in High-Level Swimmers? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 93(1), 120–129.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1810848>
- Gattoni, C., O'Neill, B. V., Tarperi, C., Schena, F., & Marcora, S. M. (2021). The effect of mental fatigue on half-marathon performance: a pragmatic trial. *Sport Sciences for Health*, 17(3), 807–816. <https://doi.org/10.1007/s11332-021-00792-1>
- Giboin, L. S., & Wolff, W. (2019). The effect of ego depletion or mental fatigue on subsequent physical endurance performance: A meta-analysis. *Performance Enhancement and Health*, 7(1–2), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.peh.2019.100150>
- Habay, J., Van Cutsem, J., Verschueren, J., De Bock, S., Proost, M., De Wachter, J., Tassignon, B., Meeusen, R., & Roelands, B. (2021). Mental Fatigue and Sport-Specific Psychomotor Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 51(7), 1527–1548.
<https://doi.org/10.1007/s40279-021-01429-6>
- Jacquet, T., Poulin-Charronnat, B., Bard, P., Perra, J., & Lepers, R. (2021). Physical Activity and Music to Counteract Mental Fatigue. *Neuroscience*, 478, 75–88.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.09.019>
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: The physiology of champions. *Journal of Physiology*, 586(1), 35–44.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Juslin, P. N. (2013). From everyday emotions to aesthetic emotions: Towards a unified theory of musical emotions. *Physics of Life Reviews*, 10(3), 235–266.
<https://doi.org/10.1016/j.plrev.2013.05.008>
- Juslin, P. N., & Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, 31(5).
<https://doi.org/10.1017/S0140525X08005293>

- Karageorghis, C. I., Priest, D. L., Terry, P. C., Chatzisarantis, N. L. D., & Lane, A. M. (2006). Redesign and initial validation of an instrument to assess the motivational qualities of music in exercise: The Brunel Music Rating Inventory-2. *Journal of Sports Sciences*, 24(8), 899–909. <https://doi.org/10.1080/02640410500298107>
- Koelsch, S. (2020). A coordinate-based meta-analysis of music-evoked emotions. *NeuroImage*, 223. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117350>
- Koelsch, S., & Jancke, L. (2015). Music and the heart. *European Heart Journal*, 36(44), 3043–3048. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv430>
- Kuijps, H., Rietjens, G., Verstappen, F., Schoenmakers, H., & Hofman, G. (2003). Effect of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *International Journal of Sports Medicine*, 24(7), 486–491.
- Kunasegaran, K., Ismail, A. M. H., Ramasamy, S., Gnanou, J. V., Caszo, B. A., & Chen, P. L. (2023). Understanding mental fatigue and its detection: a comparative analysis of assessments and tools. *PeerJ*, 11. <https://doi.org/10.7717/peerj.15744>
- Lam, H. K. N., Middleton, H., & Phillips, S. M. (2022). The effect of self-selected music on endurance running capacity and performance in a mentally fatigued state. *Journal of Human Sport and Exercise*, 17(4), 894–908. <https://doi.org/10.14198/jhse.2022.174.16>
- Lorist, M. M., Klein, M., Nieuwenhuis, S., De Jong, R., Mulder, G., & Meijman, T. F. (2000). Mental fatigue and task control: Planning and preparation. *Psychophysiology*, 37(5), 614–625.
- MacMahon, C., Schücker, L., Hagemann, N., & Strauss, B. (2014). Cognitive fatigue effects on physical performance during running. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 36(4), 375–381. <https://doi.org/10.1123/jsep.2013-0249>
- Marcora, S. (2010). Counterpoint: afferent feedback from fatigued locomotor muscles is not an important determinant of endurance exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, 108(2), 454–456.
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857–864. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.91324.2008>
- Martin, K., Meeusen, R., Thompson, K. G., Keegan, R., & Rattray, B. (2018). Mental Fatigue Impairs Endurance Performance: A Physiological Explanation. *Sports Medicine*, 48(9), 2041–2051. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0946-9>
- Martin, K., Staiano, W., Menaspà, P., Hennessey, T., Marcora, S., Keegan, R., Thompson, K. G., Martin, D., Halson, S., & Rattray, B. (2016). Superior inhibitory control and resistance to mental fatigue in professional road cyclists. *PLoS ONE*, 11(7), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159907>
- Martin, K., Thompson, K. G., Keegan, R., Ball, N., & Rattray, B. (2015). Mental fatigue does not affect maximal anaerobic exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 115(4), 715–725. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3052-1>

- McAuley, E. D., Duncan, T., & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the intrinsic motivation inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 60*(1), 48–58.
<https://doi.org/10.1080/02701367.1989.10607413>
- McCormick, A., Meijen, C., Anstiss, P. A., & Jones, H. S. (2019). Self-regulation in endurance sports: theory, research, and practice. In *International Review of Sport and Exercise Psychology* (Vol. 12, Issue 1, pp. 235–264). Routledge.
<https://doi.org/10.1080/1750984X.2018.1469161>
- McCormick, A., Meijen, C., & Marcra, S. (2015). Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. *Sports Medicine, 45*(7), 997–1015.
- McMorris, T., Barwood, M., Hale, B. J., Dicks, M., & Corbett, J. (2018). Cognitive fatigue effects on physical performance: A systematic review and meta-analysis. *Physiology and Behavior, 188*(2), 103–107. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.01.029>
- Pageaux, B., & Lepers, R. (2016). Fatigue induced by physical and mental exertion increases perception of effort and impairs subsequent endurance performance. *Frontiers in Physiology, 7*, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00587>
- Pageaux, B., Lepers, R., Dietz, K. C., & Marcra, S. M. (2014). Response inhibition impairs subsequent self - paced endurance performance. *European Journal of Applied Physiology, 114*(5), 1095–1105. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2838-5>
- Penna, E. M., Filho, E., Wanner, S. P., Campos, B. T., Quinan, G. R., Mendes, T. T., Smith, M. R., & Prado, L. S. (2018). Mental fatigue impairs physical performance in young swimmers. *Pediatric Exercise Science, 30*(2), 208–215. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0128>
- Pires, F. O., Silva-Júnior, F. L., Brietzke, C., Franco-Alvarenga, P. E., Pinheiro, F. A., de França, N. M., Teixeira, S., & Santos, T. M. (2018). Mental fatigue alters cortical activation and psychological responses, impairing performance in a distance-based cycling trial. *Frontiers in Physiology, 9*, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00227>
- Proost, M., Habay, J., De Wachter, J., De Pauw, K., Rattray, B., Meeusen, R., Roelands, B., & Van Cutsem, J. (2022). How to Tackle Mental Fatigue: A Systematic Review of Potential Countermeasures and Their Underlying Mechanisms. In *Sports Medicine* (Vol. 52, Issue 9, pp. 2129–2158). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.
<https://doi.org/10.1007/s40279-022-01678-z>
- Qi, P., Ru, H., Gao, L., Zhang, X., Zhou, T., Tian, Y., Thakor, N., Bezerianos, A., Li, J., & Sun, Y. (2019). Neural Mechanisms of Mental Fatigue Revisited: New Insights from the Brain Connectome. *Engineering, 5*(2), 276–286. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.11.025>
- Salam, H., Marcra, S. M., & Hopker, J. G. (2018). The effect of mental fatigue on critical power during cycling exercise. *European Journal of Applied Physiology, 118*(1), 85–92.
<https://doi.org/10.1007/s00421-017-3747-1>
- Smirnau, B., Dantas, J., Nakamura, F., & Pereira, G. (2013). The psychobiological model: a new explanation to intensity regulation and (in)tolerance in endurance exercise. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte, 2*(27), 333–340.

- Staiano, W., Bosio, A., Piazza, G., Romagnoli, M., & Invernizzi, P. L. (2019). Kayaking performance is altered in mentally fatigued young elite athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(7), 1253–1262. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.09051-5>
- Sun, H., Geok Soh, K., Mohammadi, A., & Toumi, Z. (2024). The counteractive effects of interventions addressing mental fatigue on sport-specific performance among athletes: A systematic review with a meta-analysis. In *Journal of Sports Sciences*. Routledge. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2317633>
- Svebak, S., & Murgatroyd, S. (1985). Metamotivational dominance: A multimethod validation of reversal theory constructs. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48(1), 107–116. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.48.1.107>
- Terry, P., Karageorghis, C., Curran, M., & Martin, O. (2020). Effects of Music in Exercise and Sport: A Meta-Analytic Review. *Psychological Bulletin*, 20(2), 91–117. <https://doi.org/10.1037/bul0000216.supp>
- Terry, PC., Karageorghis, C., Saha, A., & D'Auria, S. (2012). Effects of synchronous music on treadmill running among elite triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(1), 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.06.003>
- Trowell, D., Vicenzino, B., Saunders, N., Fox, A., & Bonacci, J. (2020). Effect of Strength Training on Biomechanical and Neuromuscular Variables in Distance Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 50(1), 133–150. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01184-9>
- Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(8), 1569–1588. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0672-0>
- Wu, C. H., Zhao, Y. Di, Yin, F. Q., Yi, Y., Geng, L., & Xu, X. (2024). Mental Fatigue and Sports Performance of Athletes: Theoretical Explanation, Influencing Factors, and Intervention Methods. In *Behavioral Sciences* (Vol. 14, Issue 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/bs14121125>
- Wylie, G. R., Yao, B., Genova, H. M., Chen, M. H., & DeLuca, J. (2020). Using functional connectivity changes associated with cognitive fatigue to delineate a fatigue network. *Scientific Reports*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78768-3>

Material Suplementar

Tabela 1. Desempenho no Stroop individualizado durante o esforço cognitivo

	FMC		FMM	
	0 – 30'	30 – 60'	0 – 30'	30 – 60'
Tempo de resposta (ms)	796±136	775±133*	787±139	767±130*
Acurácia (%)	92.4±7.5	93.5±3.4	92.8±3.5	94.2±2.6
PTL (%)	5.7±3.9	3.5±2.9	4.9±4.2	3.2±2.3

Nota. FMC- fadiga mental controle; MFM- fadiga mental música; ‘-minutos; PTL – perda de tempo limite. p = interação tempo x condição. * - diferença ao tempo anterior.

Tabela 2. Desempenho no Stroop antes e após a fadiga mental

	FMC		FMM	
	Pré	Pós	Pré	Pós
TR Congruente (ms)	717±139	673±108	685±104	660±92
TR Incongruente (ms)	792±136 [#]	738±118*	737±94	721±97*
Acurácia (%)	98.9±1.2	97.2±1.7*	98.3±1.5	97.7±1.7*

Nota. FMC – fadiga mental controle; FMM- fadiga mental música; TR – tempo de resposta; p – interação tempo x condição. [#]- diferença entre as condições no mesmo tempo.
*- diferença do pré-experimento na mesma condição.

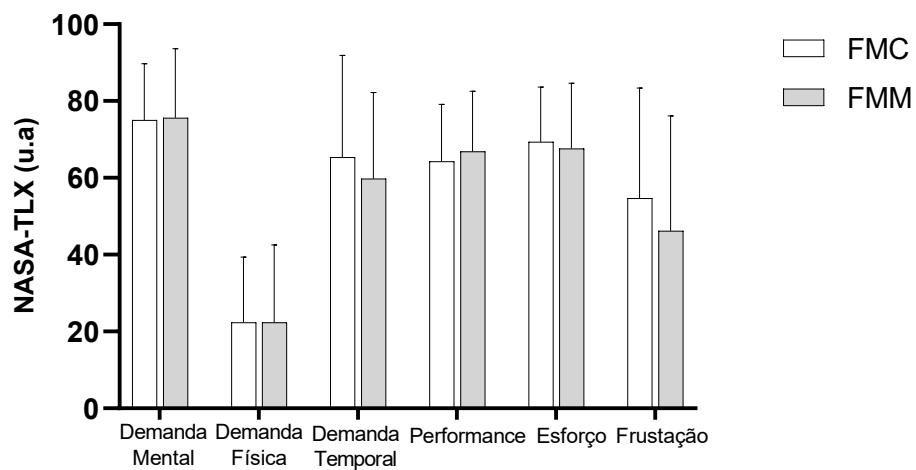


Figura 1. Resultados da NASA-TLX após as condições de fadiga mental

Nota. FMC – fadiga mental controle; FMM – fadiga mental música; u.a- unidade arbitrária

ARTIGO 2

Enhancing Running Performance Through Preferred Music in Mentally Fatigued Athletes: A randomized controlled trial**International Journal of Sports and Exercise Psychology**

Under Review

Resumo

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos de ouvir música motivacional preferida (MMP) versus música não preferida (MNP) sobre o desempenho de corrida de atletas recreacionais mentalmente fatigados. Quinze corredores recreacionais do sexo masculino ($28,9 \pm 6,8$ anos, 171 ± 20 cm de altura, 69 ± 6 kg de peso) participaram de um ensaio cruzado randomizado. Após completar uma tarefa de Stroop individualizada de 60 minutos para induzir fadiga mental, os participantes realizaram um teste de corrida até a exaustão (TCE) a 85% da velocidade máxima determinada no teste incremental. Durante o teste, os participantes ouviram aleatoriamente músicas motivacionais preferidas e não preferidas. O desempenho na corrida, a motivação intrínseca, os níveis de excitação, a frequência cardíaca e o esforço percebido foram avaliados. O tempo até a exaustão na corrida foi significativamente maior na condição experimental com músicas preferidas do que com músicas não preferidas (MMP = 633 ± 265 s vs. MNP = 508 ± 184 s, $p=0,001$). Os níveis de excitação também foram mais altos na condição MMP em comparação com MNP ($p=0,001$, $d=0,44$), enquanto a motivação intrínseca não apresentou diferença entre as condições experimentais ($p>0,05$). Não foram encontradas diferenças significativas na frequência cardíaca e no esforço percebido. Ouvir música motivacional preferida durante um teste de corrida até a exaustão melhora o desempenho de corrida em atletas recreacionais mentalmente fatigados por meio do aumento da excitação, e não da motivação intrínseca.

Palavras-chave: carga cognitiva, excitação, motivação, música, resistência

Introdução

A literatura científica demonstrou extensivamente que um alto esforço cognitivo pode induzir fadiga mental (Behrens et al., 2022; Hopstaken et al., 2015), levando a prejuízos cognitivos (Boksem & Tops, 2008) e à redução do desempenho físico (Van Cutsem et al., 2017). A fadiga mental parece alterar a atividade de áreas do cérebro responsáveis pela regulação de componentes neurofisiológicos (esforço percebido) e psicológicos (motivação) (Martin et al., 2018), ambos importantes para o desempenho em atividades de resistência (McCormick et al., 2015). Isso pode explicar por que tarefas de resistência são particularmente suscetíveis aos efeitos da fadiga mental (Brown et al., 2020).

Por outro lado, diversos recursos ergogênicos voltados para melhorar o desempenho em atividades de resistência têm sido testados como possíveis estratégias para combater a queda de desempenho induzida pela fadiga mental. Uma meta-análise recente de Sun et al. (2024) revisou estudos que investigaram a suplementação de glicose (Boat et al., 2017), bochecho de cafeína (Boat et al., 2021) e estimulação transcraniana por corrente contínua (Fortes et al., 2022; Nikooharf Salehi et al., 2022; Penna et al., 2021) como estratégias para mitigar os efeitos prejudiciais da fadiga mental sobre o desempenho. No entanto, os resultados indicaram que essas intervenções foram ineficazes em neutralizar os efeitos negativos da fadiga mental. Portanto, é crucial explorar outros recursos ergogênicos de baixo custo e acessíveis que possam ajudar a mitigar o impacto da fadiga mental sobre o desempenho em atividades de resistência.

Enquanto isso, estudos têm demonstrado resultados promissores quanto ao uso da música para melhorar o desempenho em atividades de resistência, especialmente em indivíduos mentalmente fatigados (Lam et al., 2022). Lam et al. (2022) investigaram a música como uma estratégia de *coping* e descobriram que ouvir música motivacional antes de um teste físico melhorou significativamente o desempenho em uma prova de corrida de 5 km entre corredores mentalmente fatigados. Mais recentemente, pesquisas mostraram que ouvir música

motivacional auto selecionada durante a corrida pode aumentar o desempenho até a exaustão em atletas recreativos mentalmente fatigados (Anonymous 2025). Esse estudo sugeriu que o efeito ergogênico da música está relacionado a níveis mais altos de motivação intrínseca e aumento da excitação durante a corrida. A teoria da motivação intrínseca apoia essa descoberta, propondo que os indivíduos têm maior probabilidade de se engajar e dedicar energia a tarefas que estejam alinhadas com seus interesses pessoais (Bandhu et al., 2024; Deci, 1972). A música preferida, em particular, demonstrou melhorar o humor e aumentar a motivação durante o exercício (Ballmann, 2021). Portanto, é plausível que a música motivacional utilizada em um estudo anterior (Anonymous 2025) tenha elevado a motivação intrínseca dos atletas, já que a seleção musical foi adaptada às suas preferências pessoais. Esse alinhamento entre preferência musical e exercício pode ter contribuído para as melhorias observadas no desempenho.

A música tem a capacidade de aumentar a excitação do ouvinte (Ballmann, 2021). No entanto, no contexto do movimento, a excitação é um fenômeno multidimensional que envolve duas manifestações distintas, porém interconectadas: autonômica e afetiva (Satpute et al., 2019). A excitação autonômica refere-se às respostas fisiológicas impulsionadas por alterações no sistema nervoso autonômico, caracterizadas principalmente pelo aumento da atividade simpática (Chee et al., 2024). Em contraste, a excitação afetiva é um processo psicológico que envolve a modulação da intensidade emocional, determinando se as emoções são vivenciadas como mais ou menos intensas (Storbeck & Clore, 2008). Essas duas manifestações não são mutuamente exclusivas; a excitação autonômica pode ser desencadeada por estímulos ambientais, que também podem provocar respostas emocionais (Storbeck & Clore, 2008). No contexto da música, a excitação autonômica pode ser influenciada independentemente por características acústicas, como volume mais alto e ritmo acelerado (Coutinho & Cangeli, 2011; Edworthy & Waring, 2006). Por outro lado, a excitação afetiva está frequentemente ligada às emoções evocadas por preferências pessoais, incluindo fatores como gênero musical, instrumentos ou memórias associadas a músicas específicas (Juslin & Västfjäll, 2008). Assim,

a música pode engajar simultaneamente vias fisiológicas e emocionais, tornando-se uma ferramenta poderosa para modular a excitação durante o movimento.

Dante desse contexto, os resultados de um estudo anterior (Anonymous 2025) não esclarecem se os aumentos observados na motivação intrínseca e na excitação durante um teste de corrida até a exaustão foram impulsionados principalmente pelas propriedades acústicas da música ou pelas preferências pessoais dos atletas recreacionais. Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar o desempenho na corrida de atletas recreativos mentalmente fatigados enquanto ouviam música motivacional preferida versus não preferida durante o teste. A hipótese inicial foi de que a música motivacional preferida, em comparação com a música não preferida, melhoraria o desempenho de resistência de corpo inteiro em atletas recreacionais mentalmente fatigados. Espera-se que a melhoria seja explicada pelo aumento da excitação autonômica (por exemplo, frequência cardíaca elevada) e da excitação afetiva (por exemplo, respostas emocionais intensificadas) na condição experimental com música motivacional preferida.

Métodos

Participantes

Este estudo foi conduzido com 15 corredores recreacionais do sexo masculino (idade: $28,9 \pm 6,8$ anos, altura: 171 ± 20 cm, peso: 69 ± 6 kg, tempo de experiência: $3,5 \pm 3,1$ anos, rotina de treinamento: $4,8 \pm 0,8$ sessões/semana e melhor tempo nos 5 km: $19 \pm 2,0$ min). O cálculo do tamanho amostral a priori foi baseado na comparação do desempenho dos corredores sob condições de fadiga mental e ausência de fadiga, conforme observado em Anonymous (2025). Os seguintes parâmetros foram utilizados: tamanho do efeito $d=0,6$; $\alpha=0,05$; poder = 0,80. O cálculo indicou um tamanho amostral mínimo de 15 participantes. Esses procedimentos foram realizados utilizando o software G*Power versão 3.1.9.7.

Os critérios de inclusão foram: (a) ausência de diagnóstico de comorbidades, transtornos psicológicos ou transtornos neuropsiquiátricos; (b) ausência de tratamentos farmacológicos; (c) não utilizar suplementos alimentares (isto é, creatina, cafeína, whey protein); (d) participação em competições de corrida no último ano; (e) frequência de treinamento superior a três sessões de treinamento por semana; (f) não ser músico profissional; e (g) não apresentar qualquer problema visual que comprometa a distinção de cores (isto é, daltonismo). Os participantes foram excluídos caso sofressem lesões ósseas, musculares ou articulares durante o experimento ou não completassem todas as visitas.

Desenho do estudo

Este estudo foi desenvolvido em modelo experimental randomizado, cruzado com medidas repetidas. A randomização foi realizada por meio de técnica contrabalanceada. Os participantes visitaram o laboratório em três ocasiões distintas. Na primeira visita, foram familiarizados com todos os instrumentos e procedimentos da pesquisa. Nesta ocasião também foram realizadas medidas *baseline* da tarefa individualizada Stroop, criada uma playlist musical personalizada e conduzido o teste incremental. Nas visitas subsequentes, os participantes completaram um protocolo de indução de fadiga mental de 60 minutos utilizando a tarefa Stroop individualizada, seguido por um teste de corrida até a exaustão (TCE) em uma velocidade correspondente a 85% da velocidade máxima atingida no teste incremental (Vmax). Durante o teste TCE, foi reproduzida música motivacional preferida (MMP) ou música não preferida (MNP), com a ordem das sessões randomizada. A excitação dos participantes (Escala de excitação percebida), frequência cardíaca e esforço percebido (escala de percepção de esforço) foram registrados a cada minuto durante o teste físico. Após o TCE, foi aplicado o inventário de motivação intrínseca (IMI) para avaliar a motivação dos atletas durante a corrida. Todos os testes foram realizados em ambiente laboratorial com temperatura controlada (20–22°C). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética Institucional (CAAE: 69653023.8.0000.5188) e está em conformidade com a Declaração de Helsinque. Todos os participantes foram informados

sobre os procedimentos experimentais e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

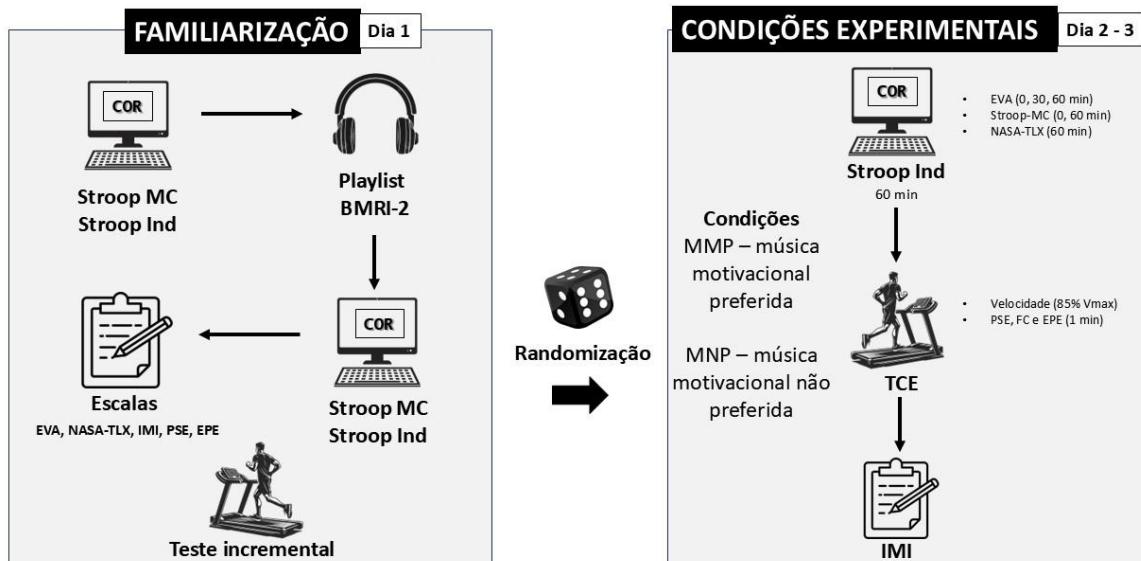


Figura 1. Desenho experimental do estudo 1.

MC – manipulation check, Ind – individualizado, EVA – escala visual análoga, IMI – inventário de motivação intrínseca, PSE – percepção subjetiva de esforço, EEP – escala de excitação percebida, BMRI-2 - Brunel music rating inventory-2, FC – frequência cardíaca, TCE – teste de corrida até a exaustão, Vmax – velocidade máxima em teste incremental, CON – controle, FMM – fadiga mental música, FMC – fadiga mental controle, MUS – música.

Manipulação experimental

Fadiga mental

Os participantes realizaram dois testes de 5 minutos da tarefa Stroop individualizada de para avaliar sua carga cognitiva basal. Para induzir fadiga mental, eles então completaram uma tarefa Stroop individualizada de 60 minutos, ajustada à carga cognitiva individual, seguindo o protocolo estabelecido por Anonymous (2025). A tarefa foi exibida em uma tela de computador de 17 polegadas (LG, 200MK400H-B), com as respostas registradas por meio de teclas específicas do teclado ("A", "D", "J" e "L") correspondentes às cores amarelo, azul, verde e vermelho. A tarefa consistia exclusivamente de estímulos incongruentes e incluía uma funcionalidade de alternância de resposta. Os participantes foram instruídos a responder com

base na apresentação do estímulo: se a palavra aparecesse dentro de um retângulo, deveriam identificar o significado da palavra (por exemplo, se "verde" fosse exibido na cor vermelha, a resposta correta seria "verde"). Se a palavra aparecesse sem retângulo, deveriam identificar a cor da palavra (por exemplo, "verde" escrito em vermelho exigia a resposta "vermelho"). O tempo limite de resposta de cada participante foi personalizado com base na média de tempo de resposta dos dois testes iniciais. Foram dadas instruções para que os voluntários respondessem cada estímulo com melhor precisão quanto a velocidade possível, exigindo o uso de ambas as mãos. Após cada tentativa, o feedback sobre precisão e tempo de resposta era exibido por 500 ms. A tarefa foi administrada utilizando o software PsychoPy (versão 2022.2.4, licença pública GNU).

Playlist musical

Ao chegar ao laboratório, foram criadas playlists musicais individuais. Para a música motivacional preferida (MMP), as quais os participantes selecionaram músicas que consideravam motivacionais para correr e apresentar o melhor desempenho em um teste máximo. Após ouvir cada faixa, eles preencheram o Brunel Music Rating Inventory-2 (BMRI-2) (Karageorghis et al., 2006). A playlist de música não preferida (MNP) foi criada pela equipe de pesquisa. Para isso, os participantes completaram o Short Test of Music Preferences (STOMP) para identificar o gênero musical menos preferido (Rentfrow & Gosling, 2003). Com base nas respostas, foi criada uma playlist com músicas de ritmo acelerado (>120 bpm) do gênero com menor pontuação no STOMP. Os participantes então ouviram essas músicas e as avaliaram usando o BMRI-2. Apenas músicas com pontuação inferior a 32 pontos foram incluídas na playlist MNP.

Manipulation checks

Controle inibitório

Para confirmar a eficácia do protocolo de fadiga mental, os participantes completaram uma tarefa Stroop com 120 estímulos antes e após a tarefa computadorizada de 60 minutos. O teste foi realizado em um computador com tela de 17 polegadas (LG, 200MK400H-B) e teclado com as cores ("A", "D", "J" e "L" correspondendo a amarelo, azul, verde e vermelho, respectivamente). Os estímulos foram apresentados aleatoriamente como congruentes (significado da palavra igual à cor da tinta) ou incongruentes (significado da palavra diferente da cor da tinta), com intervalo de 500 ms entre as tentativas. Os participantes responderam o mais rápido e precisamente possível, utilizando ambas as mãos.

Escala Visual Análoga

Os níveis subjetivos de fadiga mental foram medidos utilizando a escala visual análoga de cansaço mental em três momentos: antes (0 min), no meio (30 min) e após (60 min) a tarefa Stroop individualizado. Os participantes marcaram sua percepção em uma escala de papel de 100 mm, variando de "nenhum" a "máximo", com os escores calculados com base na distância a partir da borda esquerda.

NASA-TLX

A carga mental foi avaliada utilizando o índice NASA Task Load Index (NASA-TLX) após a tarefa Stroop. Os participantes avaliaram seis domínios — demanda mental, demanda física, demanda temporal, desempenho, esforço e frustração — em uma escala de 100 mm, seguindo o mesmo formato da escala visual análoga.

Preparação para as condições experimentais

Para minimizar os efeitos do ritmo circadiano, todos os testes foram realizados no mesmo horário do dia. Foi respeitado um período de recuperação de 72 horas após competições para evitar efeitos residuais, e os participantes completaram sua última sessão de treinamento pelo menos 48 horas antes dos testes. Durante esse período, os atletas foram instruídos a evitar exercícios físicos intensos, álcool, cafeína, bebidas energéticas e medicamentos. Também foram orientados a manter sua dieta habitual e relatar qualquer doença, desconforto, dor muscular ou má qualidade do sono antes de cada sessão. A conformidade foi verificada por meio de um checklist pré-sessão, e as sessões foram reagendadas caso fossem identificadas irregularidades.

Medidas

Incremental test.

Os participantes iniciaram com um aquecimento de 5 minutos a 10 km/h, seguido por aumentos incrementais de velocidade de 1 km/h por minuto até a exaustão. A maior velocidade mantida por um minuto completo foi registrada como Vmax. Os pesquisadores forneceram incentivo verbal durante o teste. A frequência cardíaca (Polar H10) e a PSE foram registrados durante o teste. O teste foi realizado em esteira Cosmed T170 (Roma, Itália) com inclinação de 1%.

Teste de corrida até a exaustão

Este teste foi realizado em esteira Cosmed T170 (Roma, Itália) com inclinação de 1%. Os participantes iniciaram com um aquecimento de 5 minutos em ritmo auto selecionado, seguido por corrida a 85% do Vmax previamente determinado até a exaustão voluntária. Nenhum feedback em tempo real sobre tempo, distância ou velocidade foi fornecido. A frequência cardíaca, a PSE e os níveis de excitação foram registrados a cada minuto. Não foi dado incentivo verbal, e os participantes utilizaram o mesmo calçado em todas as sessões.

Faixas musicais aleatórias foram reproduzidas entre 70–90 decibéis usando um alto-falante Mondial CM800 (Amazonas, Brasil) posicionado a 2 metros atrás da esteira.

PSE

A percepção subjetiva de esforço foi avaliada utilizando a escala CR-10 (Borg, 1982) durante o teste incremental e o teste TCE. Os participantes relataram de forma verbal suas PSE em intervalos de um minuto. Como foram observadas variações no desempenho TCE entre as condições experimentais e os participantes, a PSE média foi analisado com base em segmentos de esforço equivalente, correspondentes a percentuais específicos do TCE de cada participante. Especificamente, os valores médios de PSE foram calculados para os seguintes intervalos relativos ao TCE total: 25%, 26–50% (meio), 51–75% e 76–100%

FAS

Os níveis de excitação foram medidos utilizando a escala de excitação percebida (Svebak & Murgatroyd, 1985), um instrumento do tipo Likert que varia de 1 (indicando baixa excitação) a 6 (indicando alta excitação). Esta escala foi validada na língua portuguesa para uso com praticantes recreativos (Brito, 2018). Durante o teste TCE, os participantes foram solicitados a relatar verbalmente seu nível de excitação a cada minuto, refletindo como se sentiam naquele momento específico.

IMI

A motivação intrínseca foi avaliada utilizando o Inventário de motivação intrínseca específico para esportes (IMI; McAuley et al., 1989). O questionário de 18 itens, avaliado em escala Likert de 7 pontos (1 = discordo totalmente a 7 = concordo totalmente), avalia quatro dimensões: (a) interesse-prazer, (b) esforço-importância, (c) competência percebida e (d) tensão-pressão. Sua validade é bem estabelecida (McAuley et al., 1989). O IMI foi aplicado após o teste de corrida até a exaustão em todas as condições experimentais.

Análise estatística

A distribuição dos dados foi analisada por meio da inspeção de gráficos de dispersão e do teste de Shapiro-Wilk. As medidas repetidas foram analisadas utilizando um modelo misto generalizado (GMM) com matriz de correlação não estruturada. Para variáveis com distribuição normal, foi adotado o modelo com distribuição Gaussiana, enquanto o modelo com distribuição Gama foi aplicado aos dados não normais. A função de ligação identidade foi utilizada em ambos os casos. Na construção do modelo, a variável de sujeito foi tratada como fator aleatório em todas as análises. Outros fatores (tempo e condição) foram adicionados e mantidos se melhorassem a qualidade do modelo. A qualidade do modelo foi avaliada com base nos valores de AIC e na análise dos resíduos. Foram testados os efeitos principais de tempo, condição e interação (tempo × condição). A análise post-hoc foi realizada utilizando o teste de Bonferroni. O tamanho do efeito (TE) foi calculado utilizando a fórmula do eta-quadrado parcial (η_p^2). As descrições qualitativas do TE seguiram a classificação de Cohen (2013): 0 a 0,01 = pequeno; 0,02 a 0,06 = médio; 0,06 a 0,14 = grande; >0,14 = muito grande. Os dados do NASA-TLX, desempenho TTE e IMI foram analisados por meio do teste t pareado. O d de Cohen foi calculado para medir o TE, seguindo a descrição qualitativa: 0 a 0,2 = pequeno; 0,3 a 0,5 = médio; 0,6 a 0,8 = grande; >0,8 = muito grande (Cohen, 2013). Os dados descritivos são apresentados como média e desvio padrão. Esses procedimentos foram realizados utilizando o software Jamovi (versão 2.6.19), com nível de significância estabelecido em $p<0,05$.

Resultados

Playlist Musical

A Tabela 1 mostra que o ritmo das playlists musicais foi semelhante ($p=0,285$; $d=0,2$; ES pequeno). No entanto, a pontuação do BMRI-2 foi maior na condição experimental com MMP em comparação à MNP ($p=0,001$; $d=3,7$; TE muito grande).

Tabela 2. Características da playlists

	MNP	MMP	p
Music tempo (bpm)	134±7.6	126±25	0.285
BMRI-2 (a.u)	13±8.8	38±3.5	0.001

MNP – non-preferred music; PMM – preferred motivational music; bpm – beats per minute; BMRI-2 – Brummel music rating inventory-2; a.u – arbitrary units. p- comparison among condition

Manipulation checks

Stroop individualizado

Para o tempo de resposta, não foi observado efeito principal de tempo ($\chi^2=0,58$; $p=0,444$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno), condição ($\chi^2=5,60$; $p=0,981$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno) e interação ($\chi^2=2,07$; $p=0,150$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). O mesmo ocorreu na porcentagem de acerto e no PTL, nas quais não houve efeito principal de tempo ($\chi^2=0,02$; $p=0,875$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno; $\chi^2=1,82$; $p=0,177$; $\eta_p^2=0,01$; TE pequeno, respectivamente), condição ($\chi^2=0,00$; $p=0,939$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno; $\chi^2=0,47$; $p=0,492$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno) e interação ($\chi^2=1,39$; $p=0,237$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno; $\chi^2=0,00$; $p=0,949$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno) (Material Suplementar).

Cansaço mental

Houve efeito principal de tempo ($\chi^2=36,46$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,37$; TE muito grande), embora não tenha sido observado efeito principal de condição ($\chi^2=0,322$; $p=0,570$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno) nem interação ($\chi^2=0,24$; $p=0,884$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc mostrou um aumento na fadiga mental de 0 min para 30 min ($p=0,003$) e de 30 min para 60 min ($p=0,007$). Na condição MNP, os valores aumentaram 49% de 0 min para 30 min ($p=0,021$) e aumentaram 20% de 30 min para 60 min ($p=0,064$). O aumento na condição MMP foi de 47% de 0 min para 30 min ($p=0,017$) e de 20% de 30 min para 60 min ($p=0,058$).

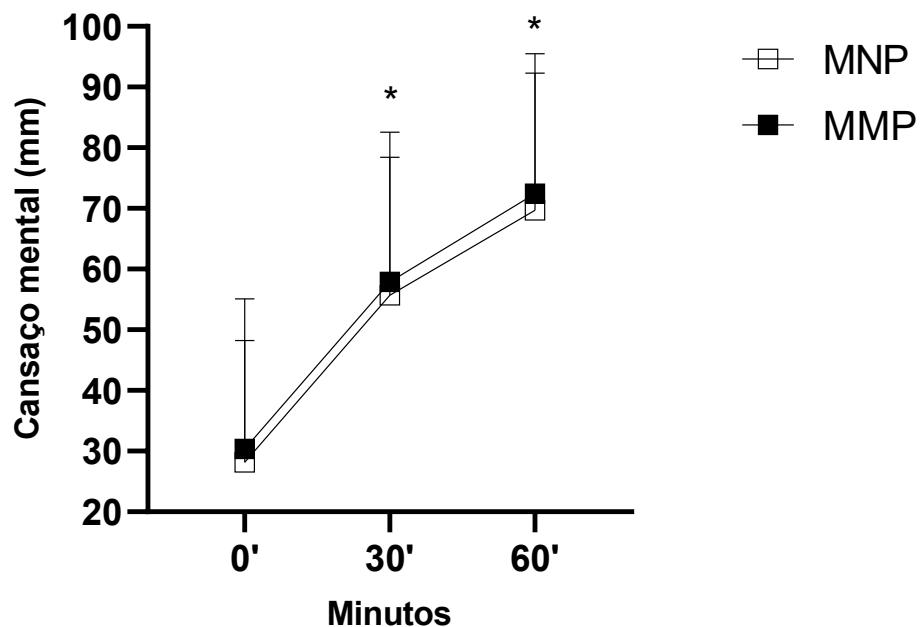


Figura 2. Percepção subjetiva de cansaço mental durante a fadiga mental

Nota. MNP – música não preferida; MMP – música motivacional preferida; *- diferença do tempo anterior Stroop-MC

Stroop manipulation check

No tempo de resposta para estímulos congruentes, houve efeito principal de tempo ($\chi^2=8,35$; $p=0,004$; $\eta_p^2=0,02$; ES pequeno) e de condição ($\chi^2=4,60$; $p=0,032$; $\eta_p^2=0,01$; TE pequeno), enquanto nenhum efeito de interação foi detectado ($\chi^2=1,12$; $p=0,290$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc mostrou uma redução apenas na condição MNP ($p=0,016$) e uma

diferença no pós-experimento quando comparada à condição experimental MMP ($p=0,002$). No tempo de resposta para estímulos incongruentes, houve efeito principal de tempo ($\chi^2=7,54$; $p=0,006$; $\eta_p^2=0,02$; TE pequeno), de condição ($\chi^2=6,61$; $p=0,001$; $\eta_p^2=0,02$; TE pequeno) e efeito de interação ($\chi^2=23,87$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc mostrou uma diferença no pré-experimento ($p=0,003$) e uma redução apenas na condição MNP ($p<0,001$). Quanto à acurácia, houve efeito principal de tempo ($\chi^2=28,50$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,13$; TE grande) e interação ($\chi^2=5,76$; $p=0,016$; $\eta_p^2=0,03$; TE médio), embora não tenha sido observado efeito principal de condição ($\chi^2=0,151$; $p=0,698$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). Houve redução na acurácia apenas na condição MNP ($p<0,001$) (Material Suplementar).

NASA-TLX

Não houve diferença entre as condições experimentais quanto à demanda mental ($p=0,771$; $d=0,0$; TE pequeno), demanda física ($p=0,418$; $d=0,2$; TE pequeno), demanda temporal ($p=0,728$; $d=0,0$; TE pequeno), desempenho ($p=0,358$; $d=0,2$; TE pequeno), esforço ($p=0,532$; $d=0,1$; TE pequeno) e frustração ($p=0,664$; $d=0,1$; TE pequeno) (Material Suplementar).

Desempenho na Corrida

O tempo de corrida até a exaustão foi 20% maior em MMP em comparação com MNP ($MMP=633\pm265$; $MNP=508\pm184$; $p=0,001$; $d=0,9$; muito grande).

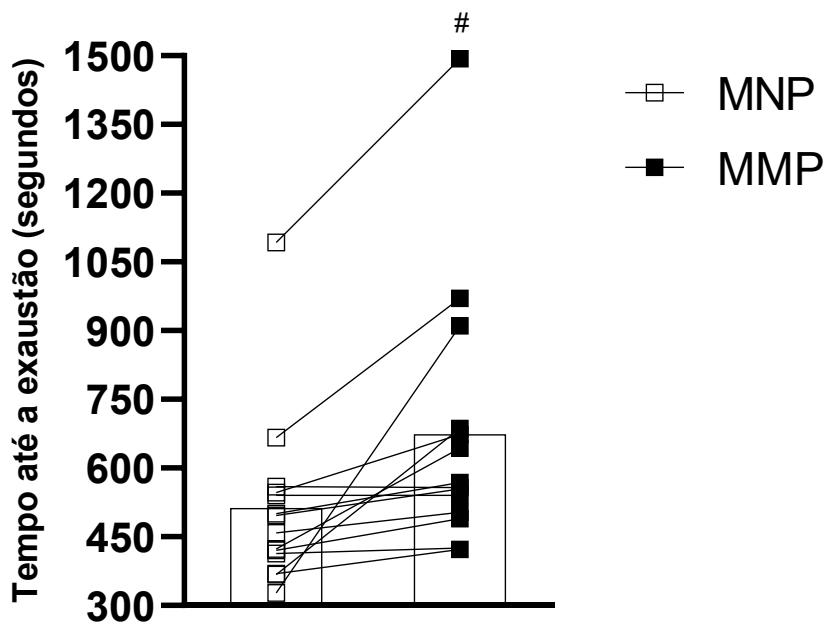


Figura 3. Tempo de corrida até a exaustão

Nota. MNP – música não preferida; MMP- música motivacional preferida; #- diferença entre as condições experimentais.

PSE

Houve efeito principal de tempo ($\chi^2=707,0$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,60$; TE muito grande), enquanto não foi detectado efeito principal de condição ($\chi^2=0,14$; $p=0,703$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno) nem de interação ($\chi^2=6,11$; $p=0,106$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc indicou que o PSE aumentou ao longo do teste TCE ($p<0,001$) (Figura 4a).

Frequência cardíaca

Houve efeito principal de tempo ($\chi^2=89,49$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,23$; TE muito grande), embora não tenha sido observado efeito principal de condição ($\chi^2=4,54$; $p=0,051$; $\eta_p^2=0,01$; TE pequeno) nem de interação ($\chi^2=0,67$; $p=0,568$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). A análise post-hoc mostrou um aumento da frequência cardíaca ao longo de todo o teste TCE ($p<0,001$) (Figura 4b).

Excitação

Não houve efeito principal de tempo ($\chi^2=4,56$; $p=0,205$; $\eta_p^2=0,02$; TE pequeno), porém foi observado efeito principal de condição ($\chi^2=10,27$; $p=0,001$; $\eta_p^2=0,44$; TE muito grande) e de interação ($\chi^2=9,78$; $p=0,021$; $\eta_p^2=0,00$; TE pequeno). Houve um aumento nos níveis de excitação de 25% para 50%, com diferença entre as condições experimentais ($p=0,024$). A análise post-hoc mostrou níveis de excitação maiores em 50% ($p=0,030$) e ($p=0,006$) na condição MMP.

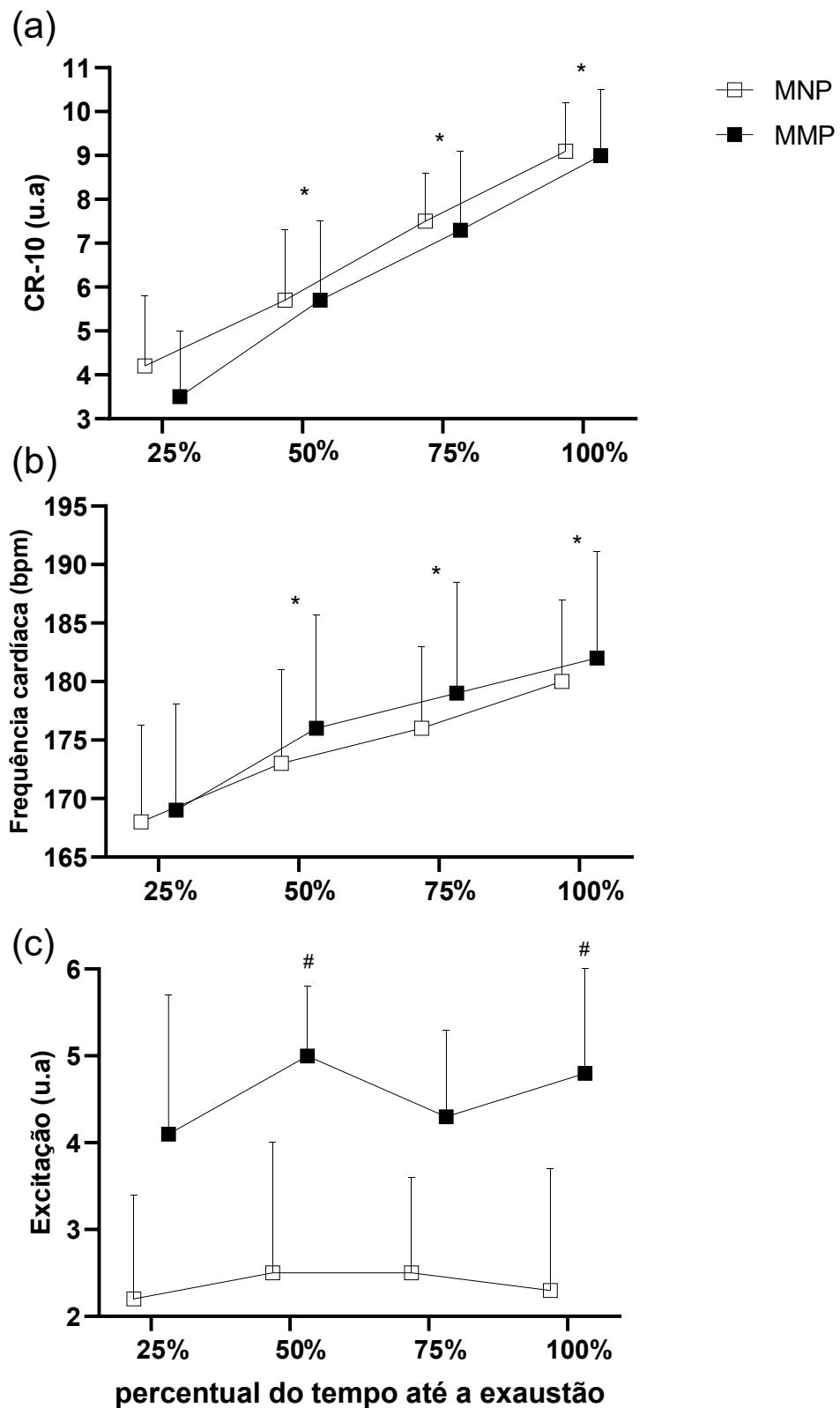


Figura 4. Percepção subjetiva de esforço, frequência cardíaca, excitação durante o teste de corrida até a exaustão.

Nota. MNP – música não preferida; MMP- música motivacional preferida; *- diferença do tempo anterior em ambas as condições; #- diferença entre as condições.

Motivação

Os dados de interesse-prazer ($p=0,499$; $d=0,1$; TE pequeno), esforço-importância ($p=0,354$; $d=0,2$; ES pequeno), competência percebida ($p=0,439$; $d=0,4$; TE médio) e tensão-pressão ($p=0,433$; $d=0,2$; TE pequeno) foram semelhantes entre as condições experimentais (Material Suplementar).

Discussão

Este estudo testou a hipótese de que ouvir música motivacional preferida melhora o desempenho de corrida até a exaustão sob condições de fadiga mental ao aumentar a motivação intrínseca e a excitação. Os achados apoiam parcialmente essa hipótese, pois, embora a música preferida tenha aumentado o tempo até a exaustão e elevado os níveis de excitação, não alterou significativamente a motivação intrínseca.

Pesquisas anteriores demonstraram que a fadiga mental reduz o desempenho na corrida em 7% sob protocolo idêntico ao do presente estudo (Anonymous 2025). Esse estudo mostrou que ouvir música motivacional restaurou o desempenho a níveis semelhantes ao estado mentalmente descansado (Anonymous 2025). O mecanismo proposto para esse efeito é que os benefícios ergogênicos psicológicos da música (aumento da motivação e da excitação) são responsáveis por essas melhorias. O presente estudo complementa essa linha de pesquisa ao demonstrar que as preferências musicais pessoais dos atletas contribuem para o efeito compensatório da música sobre a fadiga mental.

Já foi demonstrado anteriormente que música preferida melhora o desempenho sob condições cognitivas normais (Ballmann, 2021). Especificamente na corrida, músicas favoritas melhoraram o desempenho no teste de Cooper de 12 minutos (Cole & Maeda, 2015), em prova de tempo de 6 minutos (Jebabli et al., 2020) e em teste incremental (Rasteiro et al., 2020). Nossa estudo é o primeiro a explorar esse efeito sob condições de fadiga mental, com resultados que

se alinham aos achados anteriores sobre desempenho físico. A literatura sugere que a música melhora o desempenho por meio de efeitos dissociativos e mecanismos psicológicos, como aumento da motivação e respostas afetivas positivas (Ballmann, 2021). A música reduz o foco atencional dos atletas no desconforto relacionado ao esforço (Terry et al., 2020), diminuindo o esforço percebido (Karageorghis & Priest, 2012). Músicas favoritas podem amplificar esse efeito dissociativo (Nakamura et al., 2010), embora nosso estudo não tenha encontrado diferença no esforço percebido entre as condições. Isso sugere que a dissociação induzida pela música nem sempre influencia o esforço percebido. Como o foco atencional não foi medido, pesquisas futuras devem investigar essa possibilidade. De forma geral, os efeitos psicológicos da música favorita, combinados aos resultados de desempenho físico, ajudam a explicar nossos achados.

Entre os mecanismos psicológicos que explicam o efeito ergogênico da música sobre o desempenho de atletas mentalmente fatigados, a motivação intrínseca não parece ser um fator-chave. A literatura sugere que a fadiga mental reduz a motivação e a percepção de recompensa (Martin et al., 2018; Schiphof-Godart et al., 2018). Anonymous (2025) demonstrou que a motivação intrínseca foi maior em testes nos quais música motivacional foi reproduzida. Como a motivação intrínseca reflete a satisfação pessoal com a atividade (Bandhu et al., 2024), esperávamos diferenças entre as condições. No entanto, a simples presença da música, independentemente da preferência pessoal, pode ser suficiente para aumentar a motivação intrínseca e melhorar o desempenho. Essa hipótese não pode ser confirmada com base no presente estudo devido à ausência de uma condição controle sem música. Estudos futuros devem explorar essa possibilidade.

Por outro lado, a excitação foi maior no teste com música motivacional preferida, confirmando nossa hipótese de que fatores pessoais influenciam componentes psicológicos e, consequentemente, o desempenho na corrida. A música motivacional utilizada neste estudo consistia em faixas de ritmo acelerado (>120 bpm), conhecidas por aumentar a excitação

(Coutinho & Cangelosi). No entanto, apesar do mesmo ritmo musical em ambas as condições, a excitação foi maior ao ouvir a música preferida. Essa excitação elevada parece ser de natureza afetiva, já que a frequência cardíaca, que é um marcador de excitação autonômica, não diferiu entre as condições. A excitação afetiva está ligada às emoções (Storbeck & Clore, 2008), e a música pode evocar uma ampla gama de respostas emocionais (Juslin & Västfjäll, 2008). Emoções, definidas como um sistema de processamento de informações em múltiplos níveis que guia o comportamento com base em experiências passadas (Lang, 1995), são moldadas por vivências individuais (Kuppens & Tong, 2010). Assim, o aumento da excitação durante o teste de corrida provavelmente decorre das emoções evocadas pela música. Esses achados sugerem que fatores pessoais, mais do que a música em si, desempenham papel fundamental no aumento da excitação e na melhora do desempenho sob fadiga mental.

Uma observação importante deste estudo, combinada aos dados de Anonymous (2025), é que a excitação parece ser um fator-chave no desempenho de atletas mentalmente fatigados. Esse achado é relevante para compreender a interação entre fadiga mental e desempenho de endurance, já que o aumento da motivação tem sido proposto como forma de combater os efeitos negativos da fadiga mental (Proost et al., 2022). No entanto, no presente estudo, a motivação não diferiu entre as condições, enquanto a excitação foi maior nas sessões em que os atletas tiveram melhor desempenho em ambos os estudos. A excitação desempenha papel crucial em tarefas físicas, com níveis ótimos de excitação levando à melhora do desempenho, conforme sugerido pela teoria da excitação (Bandhu et al., 2024). Nossos achados indicam que a excitação pode ajudar a mitigar os efeitos prejudiciais da fadiga mental sobre o desempenho em resistência. Estudos futuros devem explorar outras intervenções que aumentem a excitação para testar essa hipótese.

Como no estudo anterior, o protocolo de esforço cognitivo individualizado levou a diferenças no desempenho comportamental, enquanto as respostas perceptuais (EVA e NASA-TLX) permaneceram semelhantes nas condições de fadiga mental (Anonymous 2025).

Nenhuma diferença de desempenho foi observada ao longo da tarefa Stroop individualizada de 60 minutos. Esses resultados sugerem que o protocolo induziu um efeito de aprendizagem (Behrens et al., 2022), resultando em tempos de resposta mais rápidos no teste posterior. Apesar disso, os participantes relataram altos níveis de fadiga mental, indicando que o esforço cognitivo foi substancial durante toda a tarefa.

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidas. A ausência de uma condição controle (sem música) limita comparações diretas das variáveis de interesse. Além disso, o desenho de teste em circuito aberto não permite extração direta dos resultados para o desempenho em competições de circuito fechado. Estudos futuros devem abordar essas limitações incorporando testes de prova e comparações adicionais (por exemplo, controle, música de ritmo lento).

Conclusão

Ouvir música motivacional preferida durante um teste de corrida até a exaustão aumenta a excitação e melhora o desempenho de corredores recreacionais mentalmente fatigados. Esses achados destacam a importância das preferências musicais pessoais na mitigação dos efeitos negativos da fadiga mental sobre o desempenho em atividades de resistência.

Agradecimentos

Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba – FAPESQ

Disponibilidade dos dados

Os dados que suportam os achados do presente estudo estão disponíveis em: [OSFHOME – Center of Open Science] at <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/QEPRB>.

Reference

- Anonymous. (2025). Self-selected motivational music counteracts the negative effect of mental fatigue on running performance of competitive recreational runners: a randomized controlled trial. [Manuscript submitted for publication]. Physical Education. Universidade Federal da Paraíba. Disponible at:
https://osf.io/t83ug/?view_only=9162305c9ea7459591edcea865b91166
- Ballmann, C. G. (2021). The influence of music preference on exercise responses and performance: a review. In *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* (Vol. 6, Issue 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/jfmk6020033>
- Bandhu, D., Mohan, M. M., Nittala, N. A. P., Jadhav, P., Bhaduria, A., & Saxena, K. K. (2024). Theories of motivation: A comprehensive analysis of human behavior drivers. In *Acta Psychologica* (Vol. 244). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104177>
- Behrens, M., Gube, M., Chaabene, H., Prieske, O., Zenon, A., Broscheid, K. C., Schega, L., Husmann, F., & Weippert, M. (2022). Fatigue and Human Performance: An Updated Framework. *Sports Medicine*, 1–25. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01748-2>
- Boat, R., Taylor, I. M., & Hulston, C. J. (2017). Self-control exertion and glucose supplementation prior to endurance performance. *Psychology of Sport and Exercise*, 29, 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2016.12.007>
- Boat, R., Williamson, O., Read, J., Jeong, Y. H., & Cooper, S. B. (2021). Self-control exertion and caffeine mouth rinsing: Effects on cycling time-trial performance. *Psychology of Sport and Exercise*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101877>
- Boksem, M. A. S., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: Costs and benefits. *Brain Research Reviews*, 59(1), 125–139. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001>
- Brito, H. (2018). Translation and Construct Validity of the Feeling Scale and the Felt Arousal Scale in Portuguese Recreational Exercisers. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 22(3), 103–113. <http://revistas.um.es/cpd>
- 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>
- Chee, Z. J., Chang, C. Y. M., Cheong, J. Y., Malek, F. H. B. A., Hussain, S., de Vries, M., & Bellato, A. (2024). The effects of music and auditory stimulation on autonomic arousal, cognition and attention: A systematic review. In *International Journal of Psychophysiology* (Vol. 199). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2024.112328>
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Cole, Z., & Maeda, H. (2015). Effects of listening to preferential music on sex differences in endurance running performance. *Perceptual and Motor Skills*, 121(2), 390–398. <https://doi.org/10.2466/06.PMS.121c20x9>
- Coutinho, E., & Cangelosi, A. (2011). Musical Emotions: Predicting Second-by-Second Subjective Feelings of Emotion From Low-Level Psychoacoustic Features and Physiological Measurements. *Emotion*, 11(4), 921–937. <https://doi.org/10.1037/a0024700>

- Deci, E. L. (1972). Intrinsic motivation, extrinsic reinforcement, and inequity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 22(1), 113–120. <https://doi.org/10.1037/h0032355>
- Edworthy, J., & Waring, H. (2006). The effects of music tempo and loudness level on treadmill exercise. *Ergonomics*, 49(15), 1597–1610. <https://doi.org/10.1080/00140130600899104>
- Fortes, L. de S., Faro, H., de Lima-Junior, D., Albuquerque, M. R., & Ferreira, M. E. C. (2022). Non-invasive brain stimulation over the orbital prefrontal cortex maintains endurance performance in mentally fatigued swimmers. *Physiology and Behavior*, 250. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.113783>
- Hopstaken, J. F., van der Linden, D., Bakker, A. B., & Kompier, M. A. J. (2015). A multifaceted investigation of the link between mental fatigue and task disengagement. *Psychophysiology*, 52(3), 305–315. <https://doi.org/10.1111/psyp.12339>
- Jebabli, N., Granacher, U., Selmi, M. A., Al-Haddabi, B., Behm, D. G., Chaouachi, A., & Sassi, R. H. (2020). Listening to preferred music improved running performance without changing the pacing pattern during a 6 minute run test with young male adults. *Sports*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/sports8050061>
- Juslin, P. N., & Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, 31(5). <https://doi.org/10.1017/S0140525X08005293>
- Karageorghis, C. I., & Priest, D. L. (2012). Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part I). In *International Review of Sport and Exercise Psychology* (Vol. 5, Issue 1, pp. 44–66). <https://doi.org/10.1080/1750984X.2011.631026>
- Karageorghis, C. I., Priest, D. L., Terry, P. C., Chatzisarantis, N. L. D., & Lane, A. M. (2006). Redesign and initial validation of an instrument to assess the motivational qualities of music in exercise: The Brunel Music Rating Inventory-2. *Journal of Sports Sciences*, 24(8), 899–909. <https://doi.org/10.1080/02640410500298107>
- Kuppens, P., & Tong, E. M. W. (2010). An Appraisal Account of Individual Differences in Emotional Experience. *Social and Personality Psychology Compass*, 4(12), 1138–1150. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2010.00324.x>
- Lam, H. K. N., Middleton, H., & Phillips, S. M. (2022). The effect of self-selected music on endurance running capacity and performance in a mentally fatigued state. *Journal of Human Sport and Exercise*, 17(4), 894–908. <https://doi.org/10.14198/jhse.2022.174.16>
- Lang, P. J. (1995). The Emotion Probe Studies of Motivation and Attention. *American Psychologist*, 50(2), 372.
- Martin, K., Meeusen, R., Thompson, K. G., Keegan, R., & Rattray, B. (2018). Mental Fatigue Impairs Endurance Performance: A Physiological Explanation. *Sports Medicine*, 48(9), 2041–2051. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0946-9>
- McAuley, E. D., Duncan, T., & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the intrinsic motivation inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1), 48–58. <https://doi.org/10.1080/02701367.1989.10607413>
- McCormick, A., Meijen, C., & Marcra, S. (2015). Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. *Sports Medicine*, 45(7), 997–1015.

- Nakamura, P. M., Pereira, G., Papini, C. B., Nakamura, F. Y., & Kokubun, E. (2010). Effects of preferred and nonpreferred music on continuous cycling exercise performance. *Perceptual and Motor Skills*, 110(1), 257–264. <https://doi.org/10.2466/PMS.110.1.257-264>
- Nikoooharf Salehi, E., Jaydari Fard, S., Jaberzadeh, S., & Zoghi, M. (2022). Transcranial Direct Current Stimulation Reduces the Negative Impact of Mental Fatigue on Swimming Performance. *Journal of Motor Behavior*, 54(3), 327–336. <https://doi.org/10.1080/00222895.2021.1962238>
- Penna, E. M., Filho, E., Campos, B. T., Ferreira, R. M., Parma, J. O., Lage, G. M., Coswig, V. S., Wanner, S. P., & Prado, L. S. (2021). No Effects of Mental Fatigue and Cerebral Stimulation on Physical Performance of Master Swimmers. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.656499>
- Proost, M., Habay, J., De Wachter, J., De Pauw, K., Rattray, B., Meeusen, R., Roelands, B., & Van Cutsem, J. (2022). How to Tackle Mental Fatigue: A Systematic Review of Potential Countermeasures and Their Underlying Mechanisms. In *Sports Medicine* (Vol. 52, Issue 9, pp. 2129–2158). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01678-z>
- Rasteiro, F. M., Messias, L. H. D., Scariot, P. P. M., Cruz, J. P., Cetein, R. L., Gobatto, C. A., & Manchado-Gobatto, F. B. (2020). Effects of preferred music on physiological responses, perceived exertion, and anaerobic threshold determination in an incremental running test on both sexes. *PLoS ONE*, 15(8 August). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310>
- Rentfrow, P. J., & Gosling, S. D. (2003). The Do Re Mi's of Everyday Life: The Structure and Personality Correlates of Music Preferences. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84(6), 1236–1256. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.84.6.1236>
- Satpute, A. B., Kragel, P. A., Barrett, L. F., Wager, T. D., & Bianciardi, M. (2019). Deconstructing arousal into wakeful, autonomic and affective varieties. In *Neuroscience Letters* (Vol. 693, pp. 19–28). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.01.042>
- Schiphof-Godart, L., Roelands, B., & Hettinga, F. J. (2018). Drive in sports: How mental fatigue affects endurance performance. *Frontiers in Psychology*, 9(AUG). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01383>
- Storbeck, J., & Clore, G. L. (2008). Affective Arousal as Information: How Affective Arousal Influences Judgments, Learning, and Memory. *Social and Personality Psychology Compass*, 2(5), 1824–1843. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2008.00138.x>
- Sun, H., Geok Soh, K., Mohammadi, A., & Toumi, Z. (2024). The counteractive effects of interventions addressing mental fatigue on sport-specific performance among athletes: A systematic review with a meta-analysis. In *Journal of Sports Sciences*. Routledge. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2317633>
- Svebak, S., & Murgatroyd, S. (1985). Metamotivational dominance: A multimethod validation of reversal theory constructs. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48(1), 107–116. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.48.1.107>
- Terry, P., Karageorghis, C., Curran, M., & Martin, O. (2020). Effects of Music in Exercise and Sport: A Meta-Analytic Review. *Psychological Bulletin*, 20(2), 91–117. <https://doi.org/10.1037/bul0000216.supp>

Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(8), 1569–1588. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0672-0>

Material Suplementar

Tabela 1. Desempenho comportamental (acurácia e tempo de resposta) no Stroop individualizado durante o esforço cognitivo.

	MNP	MMP			
	0 – 30'	30 – 60'	0 – 30'	30 – 60'	p
Tempo de resposta (ms)	808±124	803±132	805±142	787±137	0,150
Acurácia (%)	90,8±9,5	91,2±6,7	90,1±13	90,3±12	0,237
LTL (%)	5,3±6,1	4,3±3,7	4,5±6,5	3,4±3,2	0,949

MNP – música não preferida; MMP –música motivacional preferida; ‘-minutos; PTL – perda de tempo limite. p = interação tempo x condição

Tabela 2. Desempenho comportamental após a indução de fadiga mental

	MNP		MMP		p
	Pré	Pós	Pré	Pós	
TR Congruente (ms)	717±139	673±108*	685±104	660±92 [#]	0,290
TR Incongruente (ms)	792±136 [#]	738±118*	737±95	721±97	0,006
Acurácia (%)	98,9±1,2	97,2±1,7*	98,3±1,5	97,7±1,7	0,001

Nota. TR -tempo de resposta. p – interação tempo x condição. [#]- diferença entre as condições no mesmo tempo. *- diferença do pré-experimento na mesma condição. .

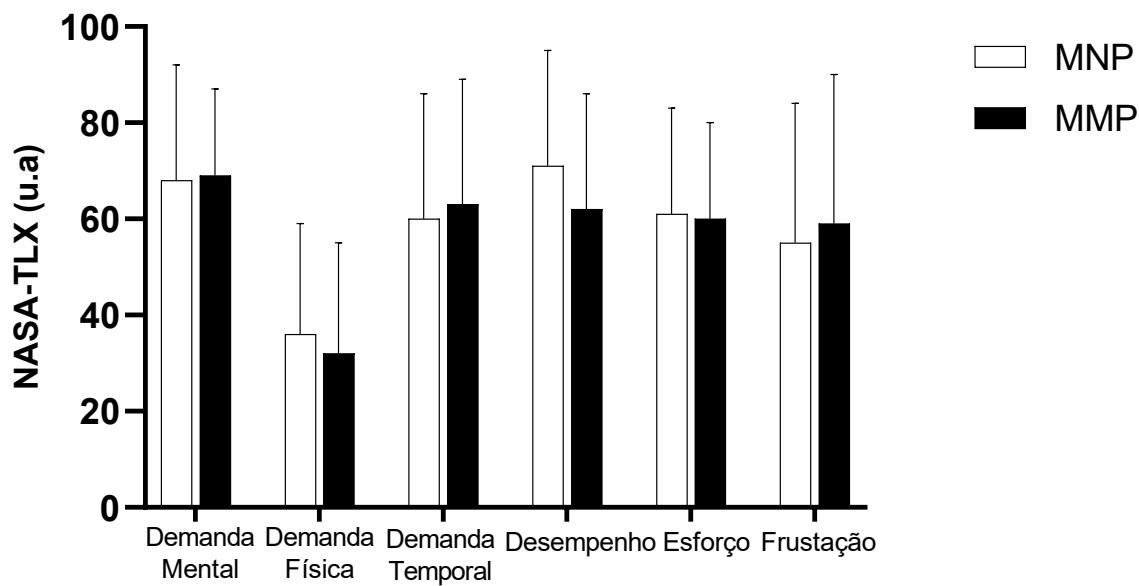


Figura. Resultados da NASA-TLX

Nota. FMC – fadiga mental controle; FMM – fadiga mental música; u.a- unidade arbitrária

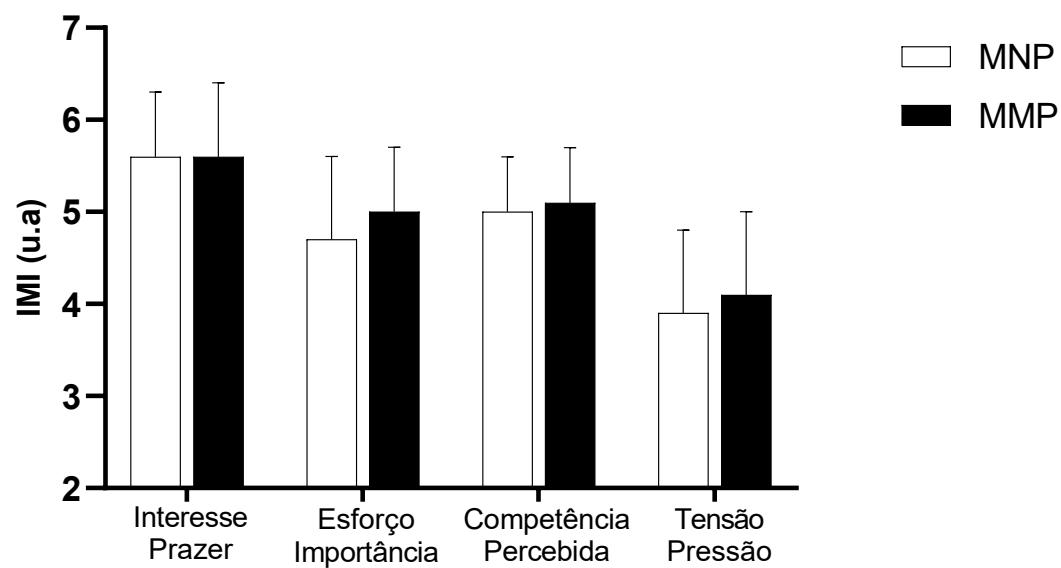


Figura. Motivação intrínseca após o tempo de corrida até a exaustão

Nota. IMI – inventário de motivação intrínseca; MNP – música não preferida; MMP – música motivacional preferida; u.a – unidade arbitrária.

3. CONCLUSÃO

A fadiga mental causou redução do tempo de corrida até a exaustão em atletas recreacionais. A música motivacional, por outro lado, melhorou o desempenho não somente em estado cognitivo normal, mas também em condição de fadiga mental. Esta melhoria foi capaz de recuperar os resultados para valores similares a condição sem esforço cognitivo. Tal fenômeno foi marcado por maiores valores de motivação e excitação nos testes em que as músicas motivacionais foram tocadas.

Embora os achados científicos possam sugerir que as características acústicas da música possam colaborar com a motivação e com os efeitos distratores da música durante o exercício, as preferências pessoais foram determinantes para o efeito da música sob o desempenho de corredores recreacionais mentalmente fadigados. Com base em nossos achados, é razoável assumir que os interesses dos atletas causam um efeito positivo na excitação durante o esforço, o que pode explicar como as músicas motivacionais preferidas podem contra atuar aos efeitos deletérios da fadiga mental no desempenho de corrida.

Nesse contexto, corredores recreacionais podem utilizar de músicas motivacionais de preferência em sessões de treino ou competições de alta intensidade para não ter o desempenho prejudicado pela fadiga mental. Tal comportamento pode ser de grande valia para a população estudada, visto que ao dividir suas rotinas diárias de trabalho/estudo estão expostos a situações de fadiga mental.

É importante ponderar os resultados pelo ineditismo da proposta de intervenção. Neste sentido, mais estudos devem ser realizados para confirmar estes achados e explorar outras possibilidades de músicas e em situações mais ecológicas de investigação.

4. REFERÊNCIAS

- A história da São Silvestre. **Gazeta Esportiva**. São Paulo, 2019. Disponível em :< <https://www.gazetaesportiva.com/sao-silvestre/historia/>>. Acesso em: 01/12/2022.
- Anonymous. Self-selected motivational music counteracts the negative effect of mental fatigue on running performance of competitive recreational runners: a randomized controlled trial. **Manuscript submitted for publication**. 2025.
- ABBISS, C. R.; LAURSEN, P. B. Describing and Understanding Pacing Strategies during Athletic Competition. **Sports Med**, v. 38, n. 3, p. 239–252, 2008.
- AMARAL, M. A. S. et al. Effect of music therapy on blood pressure of individuals with hypertension: A systematic review and Meta-analysis. **International Journal of Cardiology**, v. 214, p. 461–464, 2016.
- ATAKA, S. et al. Effects of oral administration of caffeine and D-ribose on mental fatigue. **Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 233–238, 2008.
- AXELSEN, J. L.; KIRK, U.; STAIANO, W. On-the-Spot Binaural Beats and Mindfulness Reduces the Effect of Mental Fatigue. **Journal of Cognitive Enhancement**, v. 4, n. 1, p. 31–39, 2020.
- BALLMANN, C. G. The influence of music preference on exercise responses and performance: a review. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 6, n. 2, p. 33, 2021.
- BAILEY, S. P. et al. Impact of a carbohydrate mouth rinse on corticomotor excitability after mental fatigue in healthy college-aged subjects. **Brain Sciences**, v. 11, n. 8, p. 972, 2021.
- BANDHU, D. et al. Theories of motivation: A comprehensive analysis of human behavior drivers. **Acta Psychologica**, v. 244, p. 104177, 2024.
- BEATON, D. E. et al. Guidelines for the Process of Cross-Cultural Adaptation of Self-Report Measures. **SPINE**, v. 25, n. 24, p. 3186–3191, 2000.
- BEHRENS, M. et al. Fatigue and Human Performance: An Updated Framework. **Sports Medicine**, p. 1–25, 1 jan. 2022.
- BELFI, A. M.; LOUI, P. Musical anhedonia and rewards of music listening: current advances and a proposed model. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1464, n. 1, p. 99–114, 2020.
- BERKE, J. D. What does dopamine mean? **Nature Neuroscience**, v. 21, n. 6, p. 787–793, 2018.
- BIGLIASSI, M. et al. How motivational and calm music may affect the prefrontal cortex area and emotional responses: A functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. **Perceptual and Motor Skills**, v. 120, n. 1, p. 202–218, 2015.
- BIGLIASSI, M. Corollary discharges and fatigue-related symptoms: the role of attentional focus. **Frontiers in Psychology**, v. 6, p. 1002, 2015.

- BIGLIASSI, M. Neural basis of attentional focus during endurance exercise. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, v. 14, n. 1, p. 74–101, 2021.
- BIGLIASSI, M.; LEÓN-DOMÍNGUEZ, U.; ALTIMARI, L. R. How does the prefrontal cortex “listen” to classical and techno music? A functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. **Psychology and Neuroscience**, v. 8, n. 2, p. 246–256, 2015.
- BOAT, R.; TAYLOR, I. M.; HULSTON, Carl J. Self-control exertion and glucose supplementation prior to endurance performance. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 29, p. 103-110, 2017.
- BOAT, R. et al. Self-control exertion and caffeine mouth rinsing: Effects on cycling time-trial performance. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 53, p. 101877, 2021.
- BOKSEM, M. A. S.; MEIJMAN, T. F.; LORIST, M. M. Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. **Cognitive Brain Research**, v. 25, n. 1, p. 107–116, 2005.
- BOKSEM, M. A. S.; TOPS, M. Mental fatigue: Costs and benefits. **Brain Research Reviews**, v. 59, n. 1, p. 125–139, nov. 2008.
- BORG, E.; BORG, G. A comparison of AME and CR100 for scaling perceived exertion. **Acta psychologica**, v. 109, n. 2, p. 157–175, 2002.
- BORRAGÁN, G. et al. Transcranial direct current stimulation does not counteract cognitive fatigue, but induces sleepiness and an inter-hemispheric shift in brain oxygenation. **Frontiers in Psychology**, v. 9, p. 2351, 2018.
- BRADLEY, M. M.; LANG, P. J. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. **Journal of behavior therapy and experimental psychiatry**, v. 25, n. 1, p. 49–59, 1994.
- BREHM, J. W.; SELF, E. A. The intensity of Motivation. **Annals of Review in Psychology**, v. 40, p. 109–140, 1989.
- BRIETZKE, C. et al. Carbohydrate mouth rinse mitigates mental fatigue effects on maximal incremental test performance, but not in cortical alterations. **Brain Sciences**, v. 10, n. 8, p. 1–15, 2020.
- BRITO, H.; TEIXEIRA, D.; ARAÚJO, D. Translation and construct validity of the feeling scale and the felt arousal scale in Portuguese recreational exercisers. **Cuadernos de Psicología del Deporte**, v.22, n.3, p. 103-113, 2022.
- BROWN, D. M. Y. et al. Effects of Prior Cognitive Exertion on Physical Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 50, n. 3, p. 497–529, 2020.
- CASTAÑEDA-BABARRO, A. et al. Effect of listening to music on Wingate anaerobic test performance. A systematic review and meta-analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 12, p. 4564, 2020.
- CHANDA, M. L.; LEVITIN, D. J. The neurochemistry of music. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 17, n. 4, p. 179–193, 2013.

- CHEN, X. et al. Bibliometric analysis of the effects of mental fatigue on athletic performance from 2001 to 2021. **Frontiers in Psychology**, v. 13, n.41, p.3404-3419, 2023.
- CHEE, Z.J. et al. The effects of music and auditory stimulation on autonomic arousal, cognition and attention: a systematic review. **International Journal of Psychophysiology**, p. 112328, 2024.
- CLARK, I. E. et al. Time-trial performance is not impaired in either competitive athletes or untrained individuals following a prolonged cognitive task. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 1, p. 149–161, 2019.
- COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. routledge, 2013.
- COLE, Z.; MAEDA, H.. Effects of listening to preferential music on sex differences in endurance running performance. **Perceptual and motor skills**, v. 121, n. 2, p. 390-398, 2015.
- COOLS, R. Role of dopamine in the motivational and cognitive control of behavior. **Neuroscientist**, v. 14, n. 4, p. 381–395, 2008.
- COUTINHO, E.; CANGELOSI, A. Musical emotions: predicting second-by-second subjective feelings of emotion from low-level psychoacoustic features and physiological measurements. **Emotion**, v. 11, n. 4, p. 921, 2011.
- CRONBACH, L. J.; MEEHLI, P. E. Psychological Bulletin CONSTRUCT VALIDITY IN PSYCHOLOGICAL TESTS. **Psychological bulletin**, v. 52, n. 281, p. 281, 1955.
- DECI, E. L. Intrinsic motivation, extrinsic reinforcement, and inequity. **Journal of personality and social psychology**, v. 22, n. 1, p. 113, 1972.
- DESAI, R. et al. Effect of music on post-exercise recovery rate in young healthy individuals. **International Journal of Research in Medical Sciences**, v. 3, n. 4, p. 896, 2015.
- DIMITRIADIS, T. et al. Motivation and music interventions in adults: A systematic review. **Neuropsychological rehabilitation**, v. 34, n. 5, p. 649-678, 2024.
- DING, C. et al. Does music counteract mental fatigue? A systematic review. **PLoS one**, v. 20, n. 1, p. e0316252, 2025.
- DUTCHER, J. M.; CRESWELL, J. D. The role of brain reward pathways in stress resilience and health. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 95, p. 559–567, 2018.
- EDWORTHY, J.; WARING, H. The effects of music tempo and loudness level on treadmill exercise. **Ergonomics**, v. 49, n. 15, p. 1597-1610, 2006.
- FILIPAS, L. et al. The effect of mentally demanding cognitive task on rowing performance in young athletes. **Physchology of Sports & Exercise**, v. 39, n. 1, p. 52–62, 2018.
- FILIPAS, L. et al. Mental fatigue impairs time trial performance in sub-elite under 23 cyclists. **PLoS ONE**, v. 14, n. 6, p. 1–13, 2019.

- FILIPAS, L. et al. Effects of mental fatigue on soccer-specific performance in young players. **Science and Medicine in Football**, v. 5, n. 2, p. 150–157, 2021.
- FLEURIAN, R.; PEARCE, M. T. Chills in Music: A Systematic Review. **Psychological Bulletin**, v. 147, n. 9, p. 890–920, 2021.
- FORTES, L. S. et al. Smartphone Use Among High Level Swimmers Is Associated With Mental Fatigue and Slower 100- and 200- but Not 50-Meter Freestyle Racing. **Perceptual and Motor Skills**, v. 128, n. 1, p. 390–408, 2021.
- FORTES, L. S. et al. Smartphone use among high level swimmers is associated with mental fatigue and slower 100-and 200-but not 50-meter freestyle racing. **Perceptual and Motor Skills**, v. 128, n. 1, p. 390-408, 2021.
- FORTES, L.S. et al. Non-invasive brain stimulation over the orbital prefrontal cortex maintains endurance performance in mentally fatigued swimmers. **Physiology & Behavior**, v. 250, p. 113783, 2022.
- FORTES, L. S. et al. Does social media use on smartphones influence endurance, power, and swimming performance in high-level swimmers?. **Research quarterly for exercise and sport**, v. 93, n. 1, p. 120-129, 2022.
- FORTES, L. S. et al. Brain Stimulation Over the Motion-Sensitive Midtemporal Area Reduces deleterious Effects of Mental Fatigue on Perceptual–Cognitive Skills in Basketball Players. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, v. 44, n. 4, p. 272–285, 2022.
- GAMBASSI, B. B. et al. Original Article A validation study of a smartphone application for heart rate variability assessment in asymptomatic adults. **Am J Cardiovasc Dis**, v. 10, n. 3, p. 219–229, 2020.
- GATTONI, C. et al. The effect of mental fatigue on half-marathon performance: a pragmatic trial. **Sport Sciences for Health**, v. 17, n. 3, p. 807–816, 2021.
- GIBOIN, L. S.; WOLFF, W. The effect of ego depletion or mental fatigue on subsequent physical endurance performance: A meta-analysis. **Performance Enhancement and Health**, v. 7, n. 1–2, 2019.
- GIBSON, A. S. C. et al. The Role of Information Processing Between the Brain and Peripheral Physiological Systems in Pacing and Perception of Effort. **Sports Medicine**, v. 36, n. 8, p. 705–722, 2006.
- GUO, W. et al. Effects of relaxing music on mental fatigue induced by a continuous performance task: Behavioral and ERPs evidence. **PLoS ONE**, v. 10, n. 8, 2015.
- GOUVEIA, V. V. et al. Escala abreviada de preferência musical (STOMP): evidências de sua validade fatorial e consistência interna. **Psico**, v. 39, n. 2, 2008.
- HABAY, J. et al. Mental Fatigue and Sport-Specific Psychomotor Performance: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 51, n. 7, p. 1527–1548, 2021.
- HART, S. G. Nasa-Task Load Index (Nasa-Tlx); 20 Years Later. In: **Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meetin**. SAGE, Los Angeles, p.904-908, 2006.

- HOPSTAKEN, J. F. et al. A multifaceted investigation of the link between mental fatigue and task disengagement. **Psychophysiology**, v. 52, n. 3, p. 305–315, 1 mar. 2015.
- HYLAND-MONKS, R. et al. The role of executive function in the self-regulation of endurance performance: A critical review. **Progress in Brain Research**, v. 240, p. 353–370, 2018.
- JACQUET, T. et al. Persistence of Mental Fatigue on Motor Control. **Frontiers in Psychology**, v. 11, p. 1–14, 2021a.
- JACQUET, T. et al. Physical Activity and Music to Counteract Mental Fatigue. **Neuroscience**, v. 478, p. 75–88, 2021b.
- JEBABLI, N. et al. Listening to preferred music improved running performance without changing the pacing pattern during a 6 minute run test with young male adults. **Sports**, v. 8, n. 5, p. 61, 2020.
- JEUKENDRUP, A. et al. A new validated endurance performance test. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 28, n. 2, p. 266–270, 1996.
- JONES A et al. **Sport and exercise physiology testing guidelines: the British Association of Sport and Exercise Sciences Guide**. Routledge, 2016.
- JOYNER, M. J.; COYLE, E. F. Endurance exercise performance: The physiology of champions. **Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p. 35–44, 2008.
- JUSLIN, P. N. From everyday emotions to aesthetic emotions: Towards a unified theory of musical emotions. **Physics of Life Reviews**, v. 10, n. 3, p. 235–266, 2013.
- JUSLIN, P. N.; VÄSTFJÄLL, D. Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 31, n. 5, 2008.
- KARAGEORGHIS, C. I.; PRIEST, D. Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part I). **International review of sport and exercise psychology**, v. 5, n. 1, p. 44-66, 2012.
- KARAGEORGHIS, C. L. et al. Redesign and initial validation of an instrument to assess the motivational qualities of music in exercise: The Brunel Music Rating Inventory-2. **Journal of sports sciences**, v. 24, n. 8, p. 899-909, 2006.
- KENNEDY, D. O. et al. Improved cognitive performance and mental fatigue following a multi-vitamin and mineral supplement with added guaraná (*Paullinia cupana*). **Appetite**, v. 50, n. 2–3, p. 506–513, 2008.
- KENNEDY, D. O.; SCHOLEY, A. B. A glucose-caffeine “energy drink” ameliorates subjective and performance deficits during prolonged cognitive demand. **Appetite**, v. 42, n. 3, p. 331–333, 2004.
- KHALFA, S. et al. Effects of Relaxing Music on Salivary Cortisol Level after Psychological. **Annals of the New York Academy Sciences**, v. 999, n. 1, p. 374–376, 2003.
- KIRK, U. et al. Effects of Three Genres of Focus Music on Heart Rate Variability and Sustained Attention. **Journal of Cognitive Enhancement**, v. 6, n. 2, p. 143–158, 2022.

- KOELSCH, S. Brain correlates of music-evoked emotions. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 15, n. 3, p. 170–180, 2014.
- KOELSCH, S. Music-evoked emotions: Principles, brain correlates, and implications for therapy. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1337, n. 1, p. 193–201, 2015.
- KOELSCH, S. A coordinate-based meta-analysis of music-evoked emotions. **NeuroImage**, v. 223, 2020.
- KOELSCH, S.; JANCKE, L. Music and the heart. **European Heart Journal**, v. 36, n. 44, p. 3043–3048, 2015.
- KOK, A. Cognitive control, motivation and fatigue: A cognitive neuroscience perspective. 2022.
- KONING, J. J. et al. Regulation of pacing strategy during athletic competition. **PLoS ONE**, v. 6, n. 1, 2011.
- KUIPERS, H. et al. Effect of stage duration in incremental running tests on physiological variables. **International journal of sports medicine**, v. 24, n. 7, p. 486–491, 2003.
- KUNASEGARAN, K. et al. Understanding mental fatigue and its detection: a comparative analysis of assessments and tools. **PeerJ**, v. 11, p. e15744, 2023.
- KUPPENS, P.; TONG, E.. An appraisal account of individual differences in emotional experience. **Social and Personality Psychology Compass**, v. 4, n. 12, p. 1138–1150, 2010.
- LAM, H. K. N.; MIDDLETON, H.; PHILLIPS, S. M. The effect of self-selected music on endurance running capacity and performance in a mentally fatigued state. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 17, n. 4, p. 894–908, 2022.
- LANG, P. J. The Emotion Probe Studies of Motivation and Attention. **America Psychologist**, v. 50, n. 2, p. 372, 1995.
- LAURSEN, P. B. et al. Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 8, p. 1374–1379, 2007.
- LIU, H. et al. Toward whole-brain dopamine movies: a critical review of PET imaging of dopamine transmission in the striatum and cortex. **Brain Imaging and Behavior**, v. 13, n. 2, p. 314–322, 2019.
- LIU, X. et al. Common and distinct networks underlying reward valence and processing stages: A meta-analysis of functional neuroimaging studies. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 35, n. 5, p. 1219–1236, 2011.
- LOPES, T. R.; et al. Mental fatigue and sport: from the lab to the field. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 5, p. 1213019, 2023.
- LOPES, T. R.; PEREIRA, H. M.; SILVA, B. M. Perceived Exertion: Revisiting the History and Updating the Neurophysiology and the Practical Applications. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 21, p. 14439, 2022.

- LORIST, M. M. et al. Mental fatigue and task control: Planning and preparation. **Psychophysiology**, v. 37, n. 5, p. 614–625, 2000.
- MACMAHON, C. et al. Cognitive fatigue effects on physical performance during running. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 36, n. 4, p. 375–381, 2014.
- MAGNUSON, J. R.; DOESBURG, S. M.; MCNEIL, C. J. Development and recovery time of mental fatigue and its impact on motor function. **Biological Psychology**, v. 161, p. 1–7, 2021.
- MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 857–864, 2009.
- MARCORA, S. Counterpoint: afferent feedback from fatigued locomotor muscles is not an important determinant of endurance exercise performance. **Journal of applied physiology**, v. 108, n. 2, p. 454-456, 2010.
- MARTIN, K. et al. Mental fatigue does not affect maximal anaerobic exercise performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 4, p. 715–725, 1 2015.
- MARTIN, K. et al. Superior inhibitory control and resistance to mental fatigue in professional road cyclists. **PLoS ONE**, v. 11, n. 7, 2016.
- MARTIN, K. et al. Mental Fatigue Impairs Endurance Performance: A Physiological Explanation. **Sports Medicine**, v. 48, n. 9, p. 2041–2051, 2018.
- MCAULEY, E.; DUNCAN, T.; TAMMEN, V. V. Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. **Research quarterly for exercise and sport**, v. 60, n. 1, p. 48-58, 1989.
- MCCORNICK, A.; MEIJEN, C.; MARCORA, S. Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. **Sports Medicine**, v. 45, n. 7, p. 997–1015, 2015.
- MCCORMICK, A. et al. Self-regulation in endurance sports: Theory, research, and practice. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, v. 12, n. 1, p. 235-264, 2019.
- MCKINNEY, C. H. et al. The Effect of Selected Classical Music and Spontaneous Imagery on Plasma B-Endorphin. **Journal of Behavioral Medicine**, v. 20, n. 1, p. 85–99, 1997.
- MCMORRIS, T. et al. Cognitive fatigue effects on physical performance: A systematic review and meta-analysis. **Physiology and Behavior**, v. 188, n. 2, p. 103–107, 2018.
- MOYA-RAMON, M. et al. Validity and reliability of different smartphones applications to measure HRV during short and ultra-short measurements in elite athletes. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 217, p. 1–6, 2022.
- NAKAMURA, P. M. et al. Effects of preferred and nonpreferred music on continuous cycling exercise performance. **Perceptual and motor skills**, v. 110, n. 1, p. 257-264, 2010.

- NIKOOHARF SALEHI, E. et al. Transcranial direct current stimulation reduces the negative impact of mental fatigue on swimming performance. **Journal of Motor Behavior**, v. 54, n. 3, p. 327-336, 2022.
- PAGEAUX, B. et al. Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 5, p. 1095–1105, 2014.
- PAGEAUX, B.; LEPERS, R. Fatigue induced by physical and mental exertion increases perception of effort and impairs subsequent endurance performance. **Frontiers in Physiology**, v. 7, p. 1–9, 29, 2016.
- PASQUALI, L. Validade dos Testes Psicológicos: Será Possível Reencontrar o Caminho? **Psicologia: teoria e pesquisa**, v. 23, p. 99–107, 2007.
- PENNA, E. M. et al. Mental fatigue impairs physical performance in young swimmers. **Pediatric Exercise Science**, v. 30, n. 2, p. 208–215, 2018.
- PIRES, F. O. et al. Mental fatigue alters cortical activation and psychological responses, impairing performance in a distance-based cycling trial. **Frontiers in Physiology**, v. 9, 2018.
- POULET, J. F. A.; HEDWIG, B. New insights into corollary discharges mediated by identified neural pathways. **Trends in Neurosciences**, v. 30, n. 1, p. 14–21, 2007.
- PROOST, Matthias et al. How to tackle mental fatigue: a systematic review of potential countermeasures and their underlying mechanisms. **Sports Medicine**, v. 52, n. 9, p. 2129-2158, 2022.
- QI, P. et al. Neural Mechanisms of Mental Fatigue Revisited: New Insights from the Brain Connectome. **Engineering**, v. 5, n. 2, p. 276–286, 2019.
- RASTEIRO, F. M. et al. Effects of preferred music on physiological responses, perceived exertion, and anaerobic threshold determination in an incremental running test on both sexes. **PLoS one**, v. 15, n. 8, p. e0237310, 2020.
- RENTFROW, P.J.; GOSLING, S. D. The do re mi's of everyday life: the structure and personality correlates of music preferences. **Journal of personality and social psychology**, v. 84, n. 6, p. 1236, 2003.
- RICHTER, M.; GENDOLLA, G. H. E.; WRIGHT, R. A. Three Decades of Research on Motivational Intensity Theory: What We Have Learned About Effort and What We Still Don't Know. Em: **Advances in Motivation Science**. Elsevier Ltd, 2016. v. 3p. 149–186.
- ROBERTS, G. C.; NERSTAD, C. G. L.; LEMYRE, P. N. Motivation in Sport and Performance. Em: **Oxford Research Encyclopedia of Psychology**. Oxford University Press, 2018.
- ROELANDS, B. et al. The effects of acute dopamine reuptake inhibition on performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 5, p. 879–885, 2008.

- ROELANDS, B. et al. A dopamine/noradrenaline reuptake inhibitor improves performance in the heat, but only at the maximum therapeutic dose. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 22, n. 5, p. 93–98, 2012.
- SALAM, H.; MARCORA, S. M.; HOPKER, J. G. The effect of mental fatigue on critical power during cycling exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 1, p. 85–92, 2018.
- SALIMPOOR, V. N. et al. Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. **Nature Neuroscience**, v. 14, n. 2, p. 257–264, 2011.
- SATPUTE, A. B. et al. Deconstructing arousal into wakeful, autonomic and affective varieties. **Neuroscience letters**, v. 693, p. 19-28, 2019.
- SCHAEFER, H. E. Music-evoked emotions-Current studies. **Frontiers in Neuroscience**, v. 9, p. 1–27, 2017.
- SCHIPHOF-GODART, L.; ROELANDS, B.; HETTINGA, F. J. Drive in sports: How mental fatigue affects endurance performance. **Frontiers in Psychology**, v. 9, n. AUG, 2018.
- SCHLICHTA, C. et al. Exploring the Impact of Mental Fatigue and Emotional Suppression on the Performance of High-Intensity Endurance Exercise. **Perceptual and Motor Skills**, v. 129, n. 4, p. 1053–1073, 2022.
- SCHÜCKER, L.; MACMAHON, C. Working on a cognitive task does not influence performance in a physical fitness test. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 25, p. 1–8, 2016.
- SCHULTZ, W. Neuronal Reward and Decision Signals: From Theories to Data. **Physiological Reviews**, v. 95, n. 3, p. 853–951, 2015.
- SESCOUSSE, G. et al. Processing of primary and secondary rewards: A quantitative meta-analysis and review of human functional neuroimaging studies. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 37, n. 4, p. 681–696, 2013.
- SILVA-CAVALCANTE, M. D. et al. Mental fatigue does not alter performance or neuromuscular fatigue development during self-paced exercise in recreationally trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 11, p. 2477–2487, 2018.
- SMIRMAUL, B. P. C. et al. The psychobiological model: a new explanation to intensity regulation and (in) tolerance in endurance exercise. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 27, p. 333-340, 2013.
- SMITH, M. R. et al. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 2, p. 267–276, 2016.
- SMITH, M. R. et al. Mental Fatigue and Soccer: Current Knowledge and Future Directions. **Sports Medicine**, v. 48, n. 7, p. 1525–1532, 2018.

- STAIANO, W. et al. Kayaking performance is altered in mentally fatigued young elite athletes. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 59, n. 7, p. 1253–1262, 2019.
- STORBECK, J.; CLORE, G. L. Affective arousal as information: How affective arousal influences judgments, learning, and memory. **Social and personality psychology compass**, v. 2, n. 5, p. 1824–1843, 2008.
- SUN, H. et al. The counteractive effects of interventions addressing mental fatigue on sport-specific performance among athletes: A systematic review with a meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, p. 1-13, 2024.
- SVEBAK, S.; MURGATROYD, S. Metamotivational dominance: a multimethod validation of reversal theory constructs. **Journal of personality and social psychology**, v. 48, n. 1, p. 107, 1985.
- TERRY, P. C. et al. Effects of music in exercise and sport: A meta-analytic review. **Psychological bulletin**, v. 146, n. 2, p. 91, 2020.
- TERRY, P. C. et al. Effects of synchronous music on treadmill running among elite triathletes. **Journal of science and medicine in sport**, v. 15, n. 1, p. 52-57, 2012.
- TROWELL, D. et al. Effect of Strength Training on Biomechanical and Neuromuscular Variables in Distance Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 50, n. 1, p. 133–150, 2020.
- TUMILTY, L. et al. Oral tyrosine supplementation improves exercise capacity in the heat. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 12, p. 2941–2950, 2011.
- VAN CUTSEM, J. et al. The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 47, n. 8, p. 1569–1588, 2017.
- VAN CUTSEM, J. et al. Can creatine combat the mental fatigue-associated decrease in visuomotor skills? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 52, n. 1, p. 120–130, 2020.
- WANG, H. T. et al. The effect of listening to preferred music after a stressful task on performance and psychophysiological responses in collegiate golfers. **PeerJ**, v. 10, p. 1–19, 2022.
- WATANABE, A.; KATO, N.; KATO, T. Effects of creatine on mental fatigue and cerebral hemoglobin oxygenation. **Neuroscience Research**, v. 42, n. 4, p. 280–285, 2002.
- WATSON, P. et al. Acute dopamine/noradrenaline reuptake inhibition enhances human exercise performance in warm, but not temperate conditions. **The Journal of Physiology**, v. 565, n. 3, p. 873–883, 2005.
- WU, C. et al. Mental Fatigue and Sports Performance of Athletes: Theoretical Explanation, Influencing Factors, and Intervention Methods. **Behavioral Sciences**, v. 14, n. 12, p. 1125, 2024.
- WYLIE, G. R. et al. Using functional connectivity changes associated with cognitive fatigue to delineate a fatigue network. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–12, 2020.

YAMAMOTO, M.; NAGA, S.; SHIMIZY, J. Positive musical effects on two types of negative stressful conditions. **Psychology of Music**, v. 35, n. 2, p. 249–275, 2007.

ZATORRE, R. J. Why Do We Love Music? **em: Cerebrum: the Dana forum on brain science.**, 2018.

ANEXOS

ANEXO 1 – BRUNEL MUSIC RATING INVENTORY 2 – BMRI-2

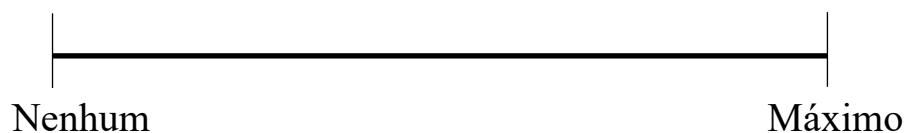
		Discordo totalmente			Neutro			Concordo totalmente
1	O ritmo dessa música me motivaria durante a corrida	1	2	3	4	5	6	7
2	O estilo dessa música (ex. rock, jazz, dance, jazz, hip-hop) me motivaria durante a corrida	1	2	3	4	5	6	7
3	A melodia dessa música me motivaria durante a corrida	1	2	3	4	5	6	7
4	O tempo (velocidade) dessa música me motivaria durante a corrida	1	2	3	4	5	6	7
5	O som dos instrumentos usados (ex. violão, teclado, saxofone) me motivaria durante a corrida	1	2	3	4	5	6	7
6	A batida dessa música me motivaria durante a corrida	1	2	3	4	5	6	7

ANEXO 2 – SHORT TEST OF MUSIC PREFERENCES – STOMP

		Discordo totalmente			Neutro			Concordo totalmente
1	Música clássica	1	2	3	4	5	6	7
2	Blues	1	2	3	4	5	6	7
3	Country (Sertaneja)	1	2	3	4	5	6	7
4	Dance / Eletrônica	1	2	3	4	5	6	7
5	Folk	1	2	3	4	5	6	7
6	Rap / Hip Hop	1	2	3	4	5	6	7
7	Soul / Funk	1	2	3	4	5	6	7
8	Cânticos (Gospel)	1	2	3	4	5	6	7
9	Alternativa	1	2	3	4	5	6	7
10	Jazz	1	2	3	4	5	6	7
11	Rock	1	2	3	4	5	6	7
12	Pop	1	2	3	4	5	6	7
13	Heavy metal	1	2	3	4	5	6	7
14	Músicas temas de filme	1	2	3	4	5	6	7

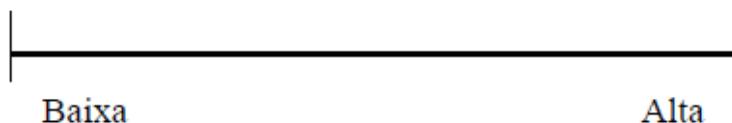
ANEXO 3 – ESCALA VISUAL ANÁLOGA – EVA

Qual o seu nível de cansaço mental nesse exato momento?



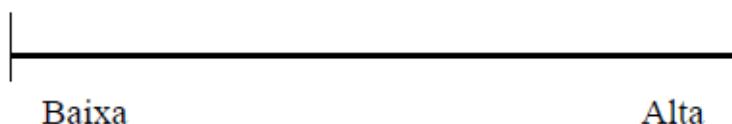
ANEXO 4 - NASA Task Load Index - NASA-TLX

Quanto de **atividade mental** foi necessário para realizar esta tarefa?



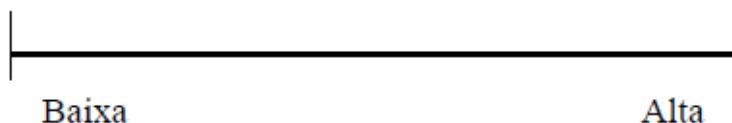
A horizontal scale consisting of two vertical tick marks at the ends and a single horizontal line in the middle. Below the left tick mark is the word "Baixa". Below the right tick mark is the word "Alta".

Quanto de **atividade física** foi necessário para realizar esta tarefa?



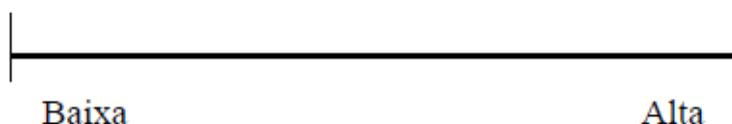
A horizontal scale consisting of two vertical tick marks at the ends and a single horizontal line in the middle. Below the left tick mark is the word "Baixa". Below the right tick mark is the word "Alta".

Quanto de **pressão de tempo** você sofreu para realizar esta tarefa?



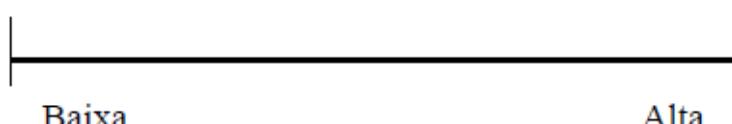
A horizontal scale consisting of two vertical tick marks at the ends and a single horizontal line in the middle. Below the left tick mark is the word "Baixa". Below the right tick mark is the word "Alta".

Quão **bem sucedido** você foi ao realizar esta tarefa



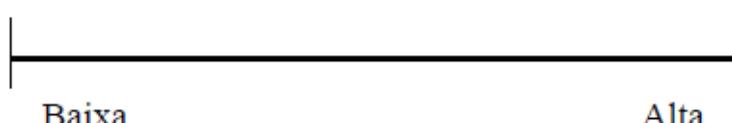
A horizontal scale consisting of two vertical tick marks at the ends and a single horizontal line in the middle. Below the left tick mark is the word "Baixa". Below the right tick mark is the word "Alta".

Que quantidade de **esforço total** (mental + físico) você precisou aplicar para realizar esta tarefa?



A horizontal scale consisting of two vertical tick marks at the ends and a single horizontal line in the middle. Below the left tick mark is the word "Baixa". Below the right tick mark is the word "Alta".

Quão **irritado, estressado e aborrecido** você se sentiu ao realizar esta tarefa?



A horizontal scale consisting of two vertical tick marks at the ends and a single horizontal line in the middle. Below the left tick mark is the word "Baixa". Below the right tick mark is the word "Alta".

ANEXO 5 – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (CR10)

Classificação	Descriptor
0	Repouso
1	Muito Fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Um Pouco Difícil
5	Difícil
6	-
7	Muito Difícil
8	-
9	-
10	Máximo

ANEXO 6 – ESCALA DE EXCITAÇÃO PERCEBIDA

Classificação	Descriptor
1	Baixa Excitação
2	-
3	-
4	-
5	-
6	Alta Excitação

ANEXO 7 – INVENTÁRIO DE MOTIVAÇÃO INTRÍNSECA – IMI

		Discordo totalmente			Neutro			Concordo totalmente
1	Eu gostei muito desta corrida	1	2	3	4	5	6	7
2	Acredito que sou muito bom na corrida	1	2	3	4	5	6	7
3	Eu me esforcei muito nesta corrida	1	2	3	4	5	6	7
4	Foi importante para mim correr bem neste teste	1	2	3	4	5	6	7
5	Me senti tenso enquanto corrida	1	2	3	4	5	6	7
6	Tive muitas dificuldades durante essa corrida	1	2	3	4	5	6	7
7	Esta corrida foi divertida	1	2	3	4	5	6	7
8	Descreveria essa corrida como muito interessante	1	2	3	4	5	6	7
9	Estou satisfeito com meu desempenho nesta corrida	1	2	3	4	5	6	7
10	Senti pressão enquanto corrida	1	2	3	4	5	6	7
11	Estava ansioso enquanto corrida	1	2	3	4	5	6	7
12	Não me esforcei muito nessa corrida	1	2	3	4	5	6	7
13	Enquanto corrida, eu pensei o quanto eu gosto disso	1	2	3	4	5	6	7
14	Após correr por um tempo, me senti muito competente	1	2	3	4	5	6	7
15	Estava relaxado enquanto corria	1	2	3	4	5	6	7
16	Eu sou muito habilidoso correndo	1	2	3	4	5	6	7
17	Essa corrida não prendeu minha atenção	1	2	3	4	5	6	7
18	Eu não pude correr muito bem	1	2	3	4	5	6	7