

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURÍ
PROGRAMA MULTICÊNTRICO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS
NEUMIR SALES DE LIMA

IMPACTO DO TREINAMENTO DE CORRIDA INTERVALADA VERSUS
TREINAMENTO CONTÍNUO SOBRE AS FUNÇÕES COGNITIVAS E BDNF SÉRICO DE
INDIVÍDUOS ADULTOS SEDENTÁRIOS E SOBREPESOS

Diamantina/MG

2018

**IMPACTO DO TREINAMENTO DE CORRIDA INTERVALADA VERSUS
TREINAMENTO CONTÍNUO SOBRE AS FUNÇÕES COGNITIVAS E BDNF SÉRICO DE
INDIVÍDUOS ADULTOS SEDENTÁRIOS E SOBREPESOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Cardoso Cassilhas

Diamantina/MG

2018

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

L732i

Lima, Neumir Sales de

Impacto do treinamento de corrida intervalada versus treinamento contínuo sobre as funções cognitivas e BDNF sérico de indivíduos adultos sedentários e sobrepesos / Neumir Sales de Lima, 2019.

78 p. : il

Orientador: Ricardo Cardoso Cassilhas

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

1. Exercício físico. 2. Cognição. 3. Memória. 4. BDNF.
5. Neuroplasticidade. I. Cassilhas, Ricardo Cardoso. II. Título.
III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 613.71

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Nádia Santos Barbosa, CRB6 – 3468.

NEUMIR SALES DE LIMA

**Titulo da defesa IMPACTO DO TREINAMENTO DE CORRIDA
INTERVALADA VERSUS TREINAMENTO CONTÍNUO SOBRE AS
FUNÇÕES COGNITIVAS E BDNF SÉRICO DE POLICIAIS MILITARES DO
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM CIÊNCIAS
FISIOLÓGICAS, nível de MESTRADO
como parte dos requisitos para
obtenção do título de MESTRE EM
CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS

Orientador (a): Prof. Dr. Ricardo
Cardoso Cassilhas

Data da aprovação : 14/12/2018



Prof.Dr. RICARDO CARDOSO CASSILHAS - UFVJM



Prof.Dr. HÉRCULES RIBEIRO LEITE - UFVJM



Prof.Dr. FREDERICO SANDER MANSUR MACHADO - UFVJM

DIAMANTINA

EPÍGRAFE

“Feliz o homem que entende que é preciso mudar
muito, para ser sempre o mesmo”.

(Dom Hélder Câmara)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, Pai de infinita misericórdia, que ao longo desta jornada e de toda a minha vida tem me dado sabedoria, serenidade, e acima de tudo saúde, sem Deus eu nada seria.

A meus pais... meus queridos Pais, que lá do céu olham por mim, que são meu chão, o alicerce de tudo que sou, minhas referências de vida sempre.

Ao meu “Mestre” Dr. Ricardo, meu orientador, pela atenção, paciência, e como teve que ter paciência..., mas sobretudo profissionalismo e pela competência. A relação, aluno/orientador, acaba por se tornar uma relação de família, onde todo e qualquer puxãozinho de orelha é um pequeno grande ensinamento, obrigado pelo aprendizado que me propiciou meu amigo.

A Luana meu grande amor, ai de mim se não fosse você meu anjo, a paciência de perder finais de semana, e muitas vezes noites em que depois de eu trabalhar o dia inteiro, seria o momento para estarmos juntos, entretanto era preciso abrir mão, ou conceder um pouco do tempo que seria dedicado a nós, aos estudos. Sei que foi um momento difícil, sobretudo por essa fase coincidir com nossos dois primeiros anos de casados, sou eternamente grato por tudo meu amor.

Minha família, ahh minha família... Agradeço a todos os meus irmãos, sim, todos os 15 rsrs, pela presença, mesmo que não física em alguns momentos, mas principalmente pelo exemplo e pelo ensinamento de vida que sempre foram. Em especial a Heder por ser fonte de inspiração, e exemplo de busca incessante ao conhecimento que representa para mim. A Kássio, pelo companheirismo e presença sempre. A Kátia, pela referência de busca incondicional pelo conhecimento, e a Cláudia e Chico, esses anjos de irmã e cunhado, que além de ser uma das minhas principais referências foram companheiros de estudos rsrs, sim de estudos. Obrigado pela acolhida na casa de vocês quando tive que fazer minhas disciplinas no Rio de Janeiro, pela companhia, por me ensinar o ponto de ônibus, pelo pãozinho toda manhã, sobretudo pela paciência. E finalmente a minha amada sobrinha e afilhada Gabi, nosso anjo fonte de inspiração sempre dos meus estudos. A minhas irmãs de coração Nayara e Dany, pela acolhida.

Agradeço especialmente ao meu amigo Dr. Fernando Gripp. Fostes a mola propelente de todo esse processo, meu amigo. Sou grato pela confiança, atenção, paciência e, sobretudo, consideração que tiveste comigo durante todo esse período, sem você jamais chegaria até aqui.

Ao meu colega e amigo Caíque que percorreu praticamente todo esse caminho comigo, pela atenção, paciência, pelos papos na estrada indo a BH fazer disciplina, e, sobretudo, por ter sido tão essencial no período das coletas.

Aos meus amigos, Lucas Lemos, Samuel Henrique, Paula pelo grande apoio durante os momentos das coletas.

Aos meus amigos, Dr. Fabiano Amorim, e Dr. Marco Fabrício meus primeiros professores de fisiologia, ali nasceu tudo, obrigado por terem sido a fonte de inspiração e exemplo. Fabiano, mesmo tão distante fisicamente, foi fonte de inspiração para os estudos, obrigado.

Aos voluntários que com tanta paciência e dedicação se doaram para ali estarem formando conosco uma nova família, e nos incentivando a cada dia ir além.

À Polícia Militar, ao meu Comandante, minhas sinceras e respeitosa continência! Sem a parceria, e profissionalismo com que a Polícia Militar do Estado de Minas Gerais tem tratado a pesquisa científica no 3º Batalhão, jamais seria possível chegar até aqui.

Por fim, a todos professores e amigos que estiveram comigo em toda essa jornada, muito obrigado a todos.

RESUMO

Vários métodos de treinamento vêm se mostrando eficientes ao longo dos anos para produzir melhoras significativas na saúde humana. Já é sabido dos benefícios do Treinamento contínuo de Intensidade Moderada na saúde geral e cerebral, entretanto quanto ao Treinamento Intervalado de Alta intensidade, embora seus efeitos na saúde geral estejam bem consolidados, mas quantos aos efeitos sobre a saúde cerebral pouco ainda se sabe.

Objetivo: Analisar os efeitos de dois protocolos de treinamento de corrida, Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT) e Treinamento Contínuo de Intensidade Moderada (MICT) nas funções cognitivas e fator de crescimento derivado do cérebro (BDNF) sérico de indivíduos adultos. **Metodologia:** 25 indivíduos adultos foram distribuídos em dois grupos, (HIIT/ n= 13 e Contínuo/ n=12). O treinamento teve duração de 8 semanas, sendo as seções realizadas 3 vezes por semana, sendo que o grupo HIIT treinou em média entre 15 e 20 minutos e o MICT treinou por 30 minutos. Uma semana antes e após o treinamento, os voluntários foram submetidos a avaliação neuropsicológica e dosagem sérica de BDNF. **Resultados:** Após 8 semanas, ambos o grupos melhoraram o desempenho nos testes neuropsicológicos (Memória lógica; Números ordem direta e inversa; Números e letras; Semelhanças; Teste de trilhas; e Figura complexa de Rey). Assim como foi observado aumento nos níveis do BDNF sérico. Surpreendentemente, os efeitos neuropsicológicos observados em resposta ao treinamento foram similares para os diferentes protocolos (HIIT x MICT). **Conclusões:** Os protocolos de corrida HIIT e Contínuo foram eficazmente similares no aperfeiçoamento das funções cognitivas e aumentar os níveis séricos de BDNF de indivíduos adultos.

Palavras-Chave: exercício físico; cognição; memória, BDNF; neuroplasticidade, HIIT, Saúde Cerebral.

ABSTRACT

Objective: To analyze the effects of two protocols, high intensity interval training (HIIT) and continuous training on cognitive functions and blood serum derived brain growth factor (BDNF) in adult subjects. **Methodology:** 25 adult subjects were distributed into two groups, (HIIT / n=13 and Continuo / n=12). The training lasted 8 weeks, 3 times a week. Before and after the training, the volunteers were submitted to neuropsychological evaluation and serum BDNF measurement. **Results:** After 8 weeks, both groups improved performance in the neuropsychological tests (Logical Memory, Digital spam (direct and inverse), Numbers and Letters, Similarities, Trial making test, and Rey Complex Figure), as well as increased levels of Serum BDNF. However, there was no difference between the two groups comparing the post-training period. **Conclusions:** The HIIT and Continuous training protocols were effectively similar to improve cognitive functions and increase serum BDNF levels in adult subjects.

Keywords: physical exercise; cognition; memory, BDNF; neuroplasticity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aumento do número de estudos e publicações contendo o assunto: Treinamento Intervalado de Alta Intensidade.	14
Figura 2 - Esquema de classificação do treinamento intervalado baseado na intensidade do exercício	15
Figura 3 - Comparativo de três sessões de treino	16
Figura 4 - Representação gráfica de uma típica sessão de treinamento intervalado de alta intensidade	16
Figura 5 - Ilustração esquemática das nove variáveis de estruturação de uma sessão do HIIT	17
Figura 6 - Mecanismos de sinalização celular induzidos pelo exercício intervalado de alta via biogênese mitocondrial	21
Figura 7 - Prevalência de obesidade entre mulheres e homens no período de 2006-2016.	23
Figura 8 - Prevalência de diabetes entre mulheres e homens no período de 2006-2016.	23
Figura 9 - Prevalência de hipertensão entre mulheres e homens no período de 2006-2016.	23
Figura 10 - Vias de sinalização dos receptores de pro-BDNF e mBDNF.	30
Figura 11 - Delineamento experimental: Recrutamento, amostragem e fases da coleta de dados do estudo	32
Figura 12 - Esquema do teste multiestágio de vai e vem (<i>beep</i> teste) em uma pista de 20 metros. ..	34
Figura 13 - Efeitos do HIIT sobre a saúde geral e cerebral.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos variados tipos de treinamento aeróbio.....	15
Tabela 2 - Planejamento do treinamento para o grupo HIIT e MICT	34
Tabela 3 - Variáveis descritivas dos grupos HIIT e MICT no período pré-intervenção.....	38
Tabela 4 - Descrição dos resultados dos testes neuropsicológicos e BDNF sérico	39

LISTA DE SIGLAS

AIT- Aerobic interval Training
BIOEX -Biologia do Exercício
BDNF - Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro
DCNT - Doenças Crônico Não-Transmissíveis
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
HIIT - High-Intensity Interval Training - Treinamento Intervalado de Alta Intensidade
HIIE - High-Intensity Intermitente Exercise
IMC - Índice de Massa Corporal
LAFIEX - Laboratórios de Fisiologia do Exercício
MICT - Moderate-Intensity continuous Training
SIT - Sprint interval training low volume high-intensity interval training
UFVJM - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
VO₂pico – Consumo pico de Oxigênio
CDC – Centers For Disease Control and Prevention
FC_{max} – Frequência Cardíaca Máxima
CDC - Centro de Controle de Doenças
G% - Percentual de gordura
FC_{rep} - Frequência Cardíaca de repouso
DAC - Doença Arterial Coronariana
AVE - Acidente Vascular Encefálico
VO₂max - Volume máximo de oxigênio
PA - Pressão Arterial
OMS - Organização Mundial de Saúde
ACSM - Colégio Americano de Medicina do Esporte
UFVJM - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
IMC - Índice de Massa Corporal
MLIRI - Memória lógica estória I recordação imediata
MLSRI - Memória lógica soma das estórias recordação imediata
MLIRT - Memória lógica estória I recordação Tardia
MLIIRT- Memória lógica estória II recordação imediata
MLSRT - Memória lógica soma das estórias recordação Tardia
NOD - Números ordem direta
NOI - Números ordem inversa
NL - Números e letras
TTA – Teste de trilhas A
TTB – Teste de trilhas B
FCRRI – Figura complexa de Rey Recordação Imediata
FCRRT – Figura complexa de Rey Recordação Tardia
SNC – Sistema Nervoso Central

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.2 Objetivos	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Histórico do treinamento intervalado.....	13
2.2 Terminologia do treinamento intervalado.....	14
2.3 Segurança, riscos e desvantagens do HIIT.....	22
2.4 Sedentarismo e Saúde	23
2.5 Treinamento aeróbio (MICT e HIIT) e Saúde	24
2.6 MICT, HIIT, Saúde cerebral, funções cognitivas e BDNF	27
3 METODOLOGIA	31
3.1 Cuidados éticos	31
3.2 Delineamento Experimental.....	31
3.3 Amostra.....	31
3.4 Procedimentos experimentais	33
3.5 Fase de treinamento	33
3.6 AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA	34
Teste de números ordem direta e indireta.....	37
Figura complexa de Rey - Forma A.....	38
Figura complexa de Rey - Forma B.....	39
Figura complexa de Rey - Cópia	40
Figura complexa de Rey - Recordação Imediata	41
Figura complexa de Rey - Recordação tardia....	42
Trilha A - Treino	43
Trilha A - Teste.....	44
Trilha B - Treino	45
Trilha B - Teste.....	46
Memória lógica estória A e B.....	47
Teste de semelhanças.....	48
3.7 Coleta de sangue e dosagem de BDNF.....	49
3.8 Análise estatística.....	49
4 RESULTADOS	50
5 DISCUSSÃO	52

6 CONCLUSÕES	57
7 REFERÊNCIAS	58
8 APÊNDICES	69
8.1 Apêndice A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	69
8.2 Apêndice B: Questionário de prontidão para atividade física.....	71
8.3 Apêndice C: Questionário de fatores de risco coronariano.....	73
8.4 Apêndice D: Ficha do teste multiestágio de vai e vem de 20 metros.....	75

1 INTRODUÇÃO

Hipócrates (460-77 a.C.) propunha que uma boa saúde e qualidade de vida estariam diretamente ligadas a prática de atividades físicas, tendo proposto a teoria do equilíbrio humoral, o qual dizia: “se pudéssemos dar a cada indivíduo a quantidade certa de nutrição e atividade física, nem pouco, nem muito, encontraríamos o caminho mais seguro para a saúde” (Kritikos *et al.*, 2009). Dentro desta perspectiva, o exercício físico pode ser considerado uma forma eficiente e segura para melhorar e manter a saúde geral e cerebral, assim como no tratamento e prevenção das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) de acordo com a Organização Mundial de Saúde OMS.

Porém, mesmo sabendo dos benefícios do exercício físico para a saúde, se observou ao longo do tempo um processo de sedentarização da sociedade moderna. O baixo nível de atividade física está associado a uma série de DCNT e morte prematura na maioria dos países, o que permite afirmar que se vivencia atualmente uma pandemia global do sedentarismo (Rowe *et al.*, 2014). De acordo com Murray e Lopes (2013), o sedentarismo está entre os 5 maiores fatores de risco de mortalidade por doenças cardiovasculares e cerebrovasculares de acordo com a Organização Mundial de Saúde. Para se entender melhor os efeitos benéficos da atividade física e do exercício físico é preciso esclarecer melhor o papel de cada variável de cada tipo de exercício (volume, intensidade, frequência e duração), pensando em otimizar os seus efeitos à saúde. Tal conhecimento permitirá que conste nos manuais de exercício físico, formas alternativas da sua realização com foco na melhora da saúde geral e cerebral.

Os benefícios do exercício físico à saúde cerebral vêm se acumulando ao longo do tempo, entretanto é preciso aprofundar mais nos estudos uma vez que os mecanismos fisiológicos envolvidos nas benesses do treinamento, mas ainda permanecem pouco entendidos. Sabe-se que o exercício físico aeróbio (de maneira contínua e intensidade moderada), também conhecido como o método de treinamento contínuo de intensidade moderada (MICT) (Gibala *et al.*, 2014), melhora a cognição e neuroplasticidade no adulto, mostrados em estudos humanos e em modelos animais (Cassilhas *et al.*, 2016). Dentre as funções cognitivas mais estudadas e que são melhoradas por este tipo de exercício estão as memórias de curto e longo prazo, funções executivas, entre outras; além da melhora da neuroplasticidade (neurogênese hipocampal, plasticidade sináptica, angiogênese, entre outras) (Cassilhas *et al.*, 2016, Aimone *et al.* 2014). Diferentes moléculas são responsáveis pela indução da neuroplasticidade e consequente melhoras cognitivas, sendo o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) uma das mais estudadas (Matthews *et al.*, 2009).

Devido ao fato do BDNF ser um importante indutor da neuroplasticidade e estar relacionado à melhora da cognição, sendo todas estas melhoradas pela prática de exercício físico aeróbio,

entender melhor as suas diferentes formas e variações, se faz necessário, tais como: volume, intensidade. O treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) é uma forma de treinamento aeróbio comum e de grande aceitação na atualidade. Uma série de estudos aponta que o HIIT também seria capaz de provocar adaptações equivalentes ou superiores ao MICT, em parâmetros relacionados à saúde de indivíduos saudáveis ou com DCNT (Keating *et al.*, 2014; Gibala *et al.*, 2014; Gibala *et al.*, 2012; Bartlett *et al.*, 2011). A principal característica do HIIT é a realização do exercício aeróbio em baixo volume, alta intensidade e curta duração, diferentemente do MICT que se caracteriza por sessões de longa duração, de maneira contínua e intensidade de baixa a moderada (Gibala *et al.*, 2014).

Comparado ao MICT, evidências atuais têm indicado que o HIIT promove equivalentes benefícios à saúde (cardiovascular, metabólica, vascular). Surpreendentemente não observamos diferenças entre os métodos, entretanto o HIIT se apresentou tão eficiente quanto o MICT, o que denota ao HIIT uma estratégia tempo-eficiente melhor para atingir os referidos benefícios (Batacan *et al.*, 2017; Gibala e Hawley, 2017). O estudo de Reichert *et al.* (2007) demonstrou que a falta de tempo foi apontada como a principal justificativa de não adesão aos programas de exercício físico, prejudicando a sua eficiência; o que reforça a necessidade de maiores investigações do HIIT sobre os aspectos da saúde em geral e cerebral.

Sugere-se então, que o HIIT possa ser capaz de estimular a cognição e o BDNF de maneira equivalente ao MICT, apesar da sua menor duração. Importante destacar que uma vasta literatura mostra os benefícios do MICT na melhora da cognição e BDNF, mas são escassos os estudos sobre os benefícios do HIIT nas variáveis citadas acima. Vale-se testar se a hipótese tempo-eficiência se aplica às variáveis relacionadas com a saúde cerebral, por exemplo, as funções cognitivas e biomarcadores de neuroplasticidade, tais como o BDNF.

1.2 Objetivo

Avaliar o Impacto do treinamento de corrida intervalada versus treinamento contínuo sobre as funções cognitivas e BDNF sérico de Indivíduos adultos sedentários e sobrepesos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico do treinamento intervalado

Sob uma perspectiva histórica, Tschakert e Hofman (2013) mostraram que o treinamento intervalado vem sendo utilizado desde o início do século passado por corredores europeus que obtiveram grandes êxitos em provas olímpicas, tais como os finlandeses Hannes Kolehmainen, três medalhas de ouro nas Olimpíadas de 1912, em Estocolmo, Suécia; e Pavo Nurmi, nove vezes campeão olímpico no período de 1920 a 1928. Em seus treinamentos esses atletas utilizavam o método intervalado para treinar em velocidades próximas àsquelas específicas de suas provas. Dentre os atletas daquela época, o mais popular e maior divulgador do método intervalado foi o corredor tcheco Emil Zatopek, conhecido como a “locomotiva humana, até hoje o único vencedor das provas de 5000, 10000 e a maratona de uma mesma Olimpíada, em Helsinque, na Finlândia, em 1952. Há registros de que Zatopek chegava a executar por dia cerca de 100 x 400 metros de intervalos de corrida, intercalados por pausas ativas de 200 metros. Naquela época, era comum os treinadores submeterem seus atletas a corridas em velocidades específicas das provas de 800 e 5000 metros.

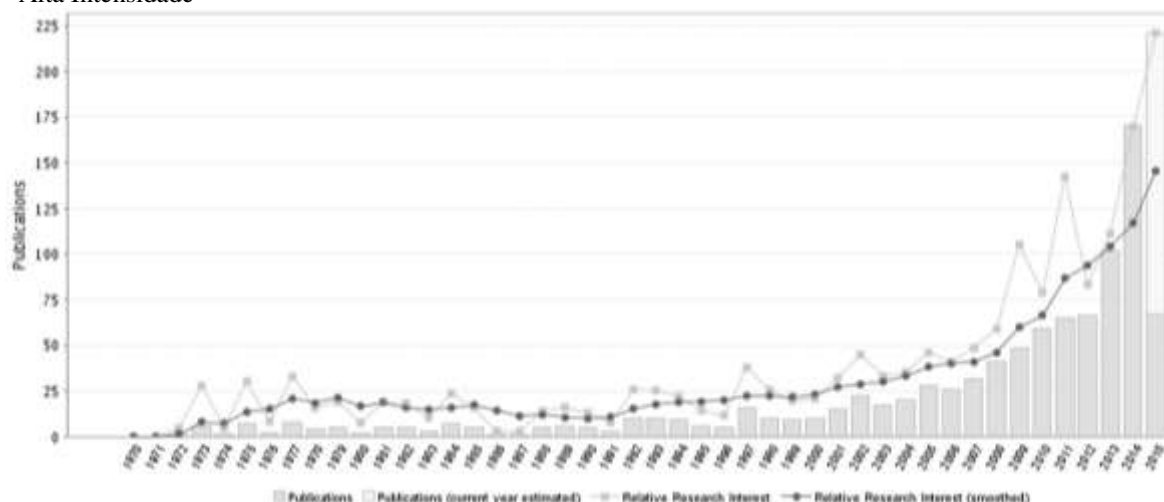
Segundo Billat (2001), apesar dos grandes resultados alcançados com a sua aplicação no esporte e rendimento, a primeira descrição do treinamento intervalado na literatura científica foi feita por Reindell e Roskmamm (1959). Em 1960, um importante grupo de pesquisadores suecos, liderados por Per Olaf Astrand, publicou os primeiros estudos sobre os aspectos fisiológicos do treinamento intervalado, especialmente o consumo de oxigênio, a frequência cardíaca e o nível de lactato durante a sua aplicação.

Desde então, a pesar destes novos conhecimentos fisiológicos sobre as suas características, o treinamento intervalado sempre esteve mais próximo do universo do treinamento esportivo de alto rendimento, muito distante da prevenção e reabilitação da saúde. Para exemplificar este distanciamento, Weston *et al.* (2013) citam como exemplo que até a década de 1950 a reabilitação de pacientes cardíacos se resumia à abstenção de qualquer tipo de exercício físico e que somente no início da década de 1970 foi publicado o primeiro estudo propondo a utilização do exercício intervalado para esses indivíduos (Smodlaka, 1972).

Nos últimos vinte anos o treinamento intervalado passou a ser também utilizado também por indivíduos que praticam atividade física em busca de saúde e lazer. Mais recentemente, na última década, observamos um aumento significativo de estudos sobre o treinamento intervalado, particularmente sobre os benefícios deste tipo de exercício na prevenção e no tratamento de algumas doenças. Este maior interesse pode ser ilustrado pela figura 1 que mostra o número de trabalhos

publicado com o descritor “*interval training*” nas principais bases de dados científicos da área da saúde.

Figura 1: Aumento do número de estudos e publicações contendo o assunto: Treinamento Intervalado de Alta Intensidade

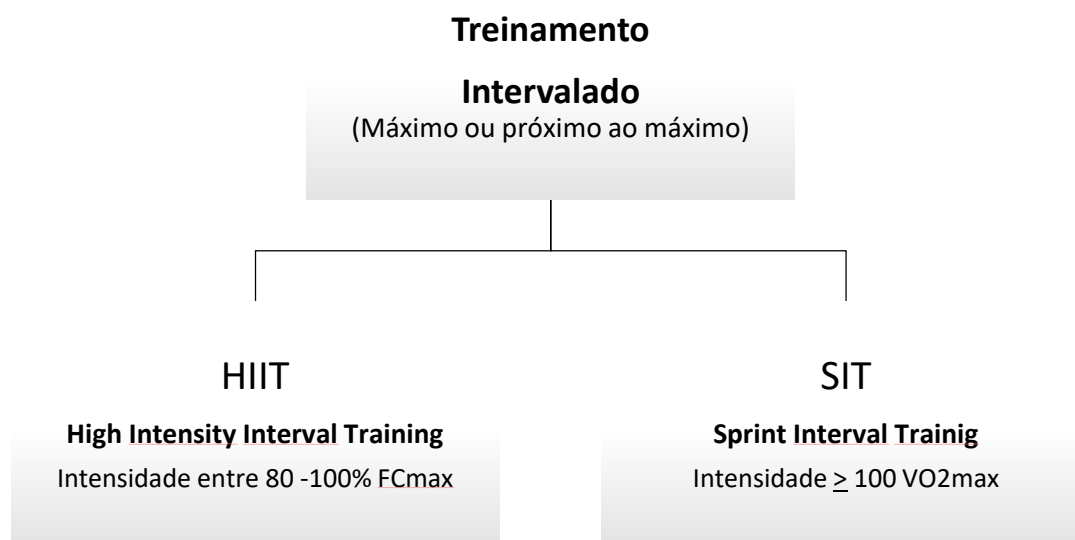


Fonte: Extraído do www.gopbumed.org em 27 de março de 2015

2.2 Terminologia do treinamento intervalado

O recente aumento no número de estudos sobre o treinamento intervalado e a grande variedade de protocolos de treinos estabelecidos pelos pesquisadores criou certa inconsistência na terminologia do exercício. Weston *et al.* (2013) e Tschakert e Hofman (2013) identificaram diversas contradições nas terminologias utilizadas: “*aerobic interval training*” (AIT); *Sprint interval trainig* (SIT); *high-intensity interval training (HIIT)*; *high-intensity intermitente exercise (HIIE)*; *low volume high-intensity interval trainig*. Diante dessa inconsistência Weston *et al.* (2013) apresentaram uma proposta de classificação esquematizada na figura abaixo e que será adotada no presente estudo. Nesta classificação fica clara a tentativa de separar os protocolos baseados no modelo supra máximos (SIT) em relação aos exercícios próximos ao submáximo

Além disso, para estudos comparativos com o método contínuo, os autores sugerem que o termo utilizado seja o “*moderate-intensity continuous training (MICT)*”. Gibala *et al.* (2014), um dos grupos mais importantes da atualidade sobre o treinamento intervalado, reconhecem a importância das tentativas padronização da terminologia proposta por Weston *et al.* (2013).



Fonte: Adaptado de Weston; Wisloff e Coombes (2014).

Figura 2 - Esquema de classificação do treinamento intervalado baseado na intensidade do exercício

Sendo assim, Gibala *et al.* (2014) esquematiza e exemplifica as diferenças entre três protocolos na figura acima: um típico exercício MICT com duração de 50 minutos a aproximadamente 35% potência pico que corresponde a cerca de 70% da frequência cardíaca máxima; um exercício HIIT composto de 10 repetições por 1 minuto de pausa, em uma intensidade aproximada de 75% da potência máxima, correspondente a cerca de 85 a 90% da frequência cardíaca máxima, intercalados por pausas passivas de 1 minuto; e um exercício SIT de 4 x 30 segundos “all-out” equivalente a 175% da potência da potência máxima, intercalados por 4 minutos de recuperação, que corresponderia a 90 a 95% da frequência cardíaca máxima.

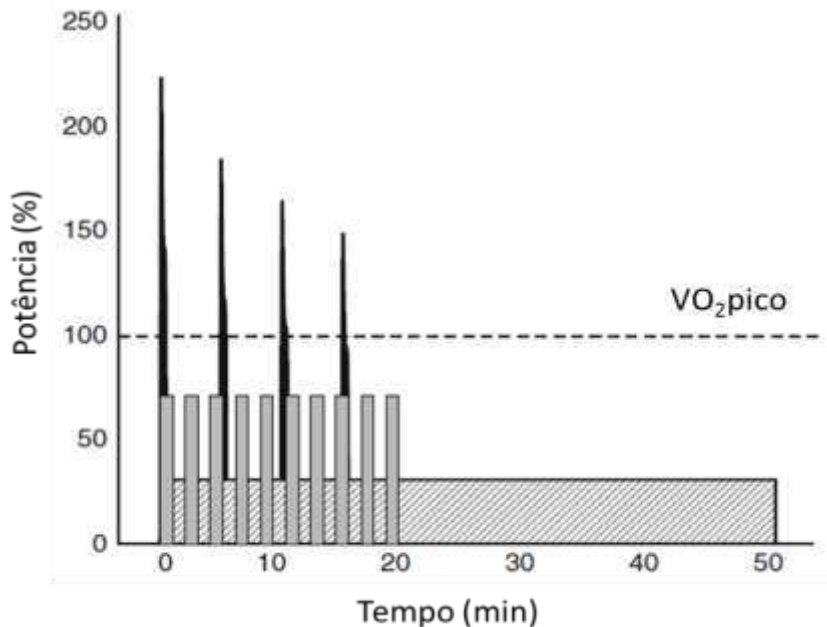
Enfatizando as principais características do treinamento intervalado que são o seu baixo volume, alta intensidade e menor duração, Gibala *et al.* (2014) esquematizam na figura 2 as diferenças de três tipos de sessão de treino:

Tabela 1: Caracterização dos variados tipos de treinamento aeróbio.

SIGLA	CARACTERÍSTICA
MICT	Longa duração, aproximadamente 50 minutos a cerca de 70% da frequência cardíaca máxima.
HIIT:	Estímulos em alta intensidade 80 a 100% da intensidade, intercalados por pausas passivas de 1 minuto.
SIT	Spints de 30 segundos, com intensidade equivalente a 175% da potência máxima, intercalados por 4 minutos de recuperação.

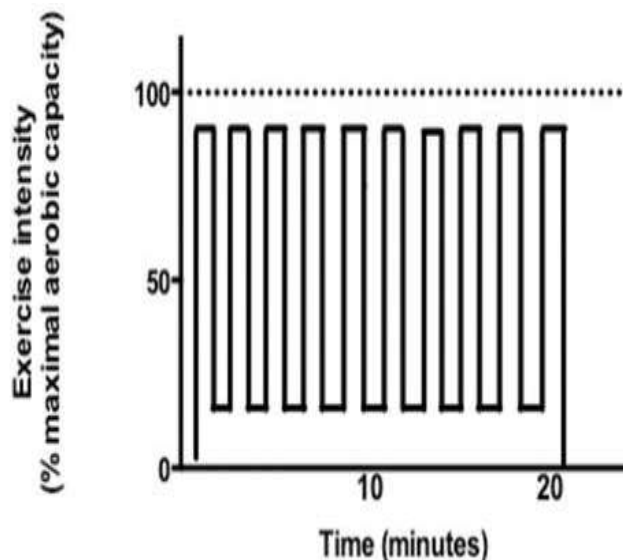
Na Figura 3: O comparativo de três sessões de treino: SIT (4 x 30 segundos 'all-out', ~175% da potência máxima; barra escura); HIIT (10 x 60 segundos, ~90 % FCmax, ~75% da potência máxima, barra cinza) e MICT (50 min, 70% da FCmax, ~35% da potência pico; caixa hachurada).

Figura 3: Comparativo de três sessões de treino



Fonte: (Francois e Little, 2015).

Figura 4: Representação gráfica de uma típica sessão de treinamento intervalado de alta intensidade



Fonte: (Francois e Little, 2015).

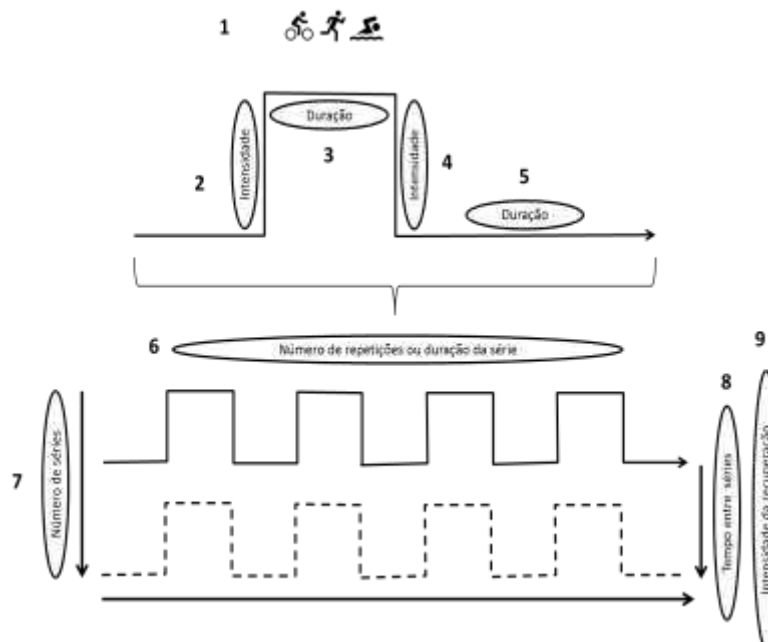
De acordo com (GIBALA, 2012), o Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT) caracteriza-se por breves estímulos de atividade vigorosa, intercalado por pausas de descanso ativas ou passivas, conforme esquema na figura abaixo.

Detalhando ainda mais, podemos ver na figura 6 que o treinamento intervalado se caracteriza pela possibilidade de manipulação de nove variáveis estruturais (Buchheit e Laursen, 2013a; 2013b):

- O tipo de exercício (1);
- A intensidade do estímulo (2);
- A duração do estímulo (3);
- A intensidade da pausa (4);
- A duração da pausa (5);
- O número de repetições da série de exercício (6);
- O número de séries do exercício (7);
- A intensidade da pausa entre as séries (8);
- A duração da pausa entre as séries (9).

A quantidade de variáveis intervenientes pode chegar a dez se levarmos em consideração a sua frequência semanal. Portanto, as possíveis combinações dessas variáveis são amplas e complexas, um quebra-cabeça a ser montado para tentar definir a dose ideal ou mínima para a maior efetividade deste tipo de exercício. Sob esta perspectiva, comparando-o com o MICT, parece-nos que a sua complexidade é maior.

Figura 5: Ilustração esquemática das nove variáveis de estruturação de uma sessão do HIIT



Fonte: (Buchheit e Laursen, 2013b).

Esta maior complexidade e o aumento do número de estudos sobre o método intervalado produziu uma grande variedade de protocolos de treinos estabelecidos pelos pesquisadores e conseqüentemente uma falta de padronização ou inconsistências na sua terminologia. Weston *et al.* (2014) e Tschakert e Hofmann (2013) citam diferentes termos que se sobrepõe para se referir ao treinamento intervalado: “*aerobic interval training*” (AIT); *Sprint interval trainig* (SIT); **high-intensity interval training** (HIIT); *high-intensity intermitente exercise* (HIIE); *low volume high-intensity interval trainig*.

Os benefícios do exercício físico para a saúde são amplamente conhecidos, porém ainda há controvérsias sobre a combinação ideal do tipo, do formato do estímulo e da organização do treino que podem proporcionar melhores resultados para os indivíduos (Wisløff, 2007). As combinações possíveis de prescrição do exercício físico podem ser agrupadas nos diferentes métodos de treinamento, aplicados com o objetivo de melhorar o desempenho esportivo ou promover a saúde. Dentre estes métodos, os mais utilizados são o contínuo e o intervalado de alta intensidade. De um modo geral, o método contínuo se caracteriza por exercícios aeróbios de intensidade baixa a moderada que são praticados sem intervalos. No método intervalado os exercícios são estruturados de forma intermitente, com estímulos mais intensos, próximos à capacidade máxima, intercalados por pausas passivas ou ativas de baixa intensidade (Kessler *et al.*, 2012).

Tradicionalmente, o treinamento contínuo de intensidade moderada visa promover a resistência aeróbia e vem sendo amplamente difundido entre indivíduos não-atletas e no ambiente clínico para o tratamento e prevenção de doenças. Uma das características principais de sua prescrição é manutenção da atividade física por um tempo aproximado de 20 a 60 minutos, sendo o método mais comumente prescrito em ambiente clínico e para aqueles que buscam a melhora na aptidão física relacionada à saúde (Gaesser e Angadi, 2011). Tal fórmula está em consonância com as principais diretrizes para a saúde pública, como a indicada pelo Colégio Americano de Medicina Esportiva (Garber, 2011), que visa definir a quantidade e a qualidade de exercício para desenvolver e manter a aptidão física relacionada à saúde. Uma destas recomendações indica que grande parte dos adultos deve se engajar ao menos em 30 minutos diários, durante cinco dias da semana, isto é, 150 minutos por semana em uma atividade física com intensidade moderada. Além dos benefícios para a saúde, a maior difusão do método contínuo moderado provavelmente pode ser explicada pela menor intensidade exigida e, conseqüentemente, pelo menor risco de complicações provocadas pelo exercício físico (Gibala e Little, 2010).

Em relação ao impacto da do treinamento aeróbio contínuo na cognição, humor e qualidade de vida, já existe uma série de estudos, da última década, mostrando os seus efeitos benéficos. Os estudos epidemiológicos mostram que as pessoas moderadamente ativas têm menor risco de serem

acometidas por distúrbios mentais do que as sedentárias. Isso mostra que a participação em programas de exercício físico exerce benefícios físicos e psicológicos Dustman et al. (1984), e que indivíduos fisicamente ativos provavelmente possuem um processamento cognitivo mais rápido (Chodzko,1991; Heyn e Col. 2004), em uma recente meta-análise, também encontraram um significativo aumento dos desempenhos físico e cognitivo, e uma alteração positiva no comportamento das pessoas idosas com déficit cognitivo e demência, confirmando que a prática de exercício físico pode ser um importante protetor contra o declínio cognitivo e a demência nos indivíduos idosos Laurin *et al.* 2001.

No entanto, deve-se considerar que, a magnitude do efeito do exercício físico na função cognitiva, depende da natureza da tarefa cognitiva que está sendo avaliada e do tipo de exercício físico que foi aplicado. De acordo com Weingarten (1973), o condicionamento físico pode ter um impacto positivo no desempenho cognitivo de tarefas complexas, mas não influencia no desempenho das tarefas simples. Gutin (1973), por exemplo, sugeriu que os efeitos do exercício são mediados pela complexidade da tarefa cognitiva e pela duração do exercício.

Hill e col.(1993), ao submeterem 87 idosos sedentários a um programa de treinamento aeróbio, também relacionaram o desempenho cognitivo com a capacidade aeróbia. Eles observaram efeitos positivos na memória lógica e na Escala Wechsler de Memória (WMS) no grupo treinado, quando comparado com o controle que não treinou. Outro trabalho observou uma melhora da função cognitiva (tempo de reação e amplitude de memória), do estado de humor e das medidas de bem estar, no grupo de idosos que, durante 48 semanas, participou de um programa com exercício aeróbio.

De acordo com Blanton *et al.* (2012) muitos estudos apresentam uma relação positiva do treinamento aeróbio contínuo, no entanto, resultados diferentes foram observados quanto exercício agudo na função cognitiva. Estudos como os de Pesce & Audiffren (2011) e Pesce *et al.* (2007), sugerem que o exercício agudo aumenta função cognitiva, porém outros como McMorris *et al.* (2009); (Del Giorno *et al.* (2010), sugerem que pode diminuir ou não alterar a função cognitiva. Em adição existem estudos que sugerem que a taxa de hormônios do estresse pode ser elevada em atividades de alta intensidade o que poderia produzir menor efeito ou adaptação nas funções cognitivas (Reynolds e Nicolson 2007).

Desde o início do século passado, treinadores de esportes de rendimento utilizam de forma empírica o método intervalado de alta intensidade. Um dos pioneiros em seu desenvolvimento foi o treinador alemão de atletismo Waldemar Gerschler que a partir da década de trinta obteve grandes êxitos com seus atletas (Buchheit e Laursen, 2013). Porém, sua disseminação se deu no âmbito esportivo após os resultados alcançados pelo corredor tcheco de longa distância Emil Zátopek,

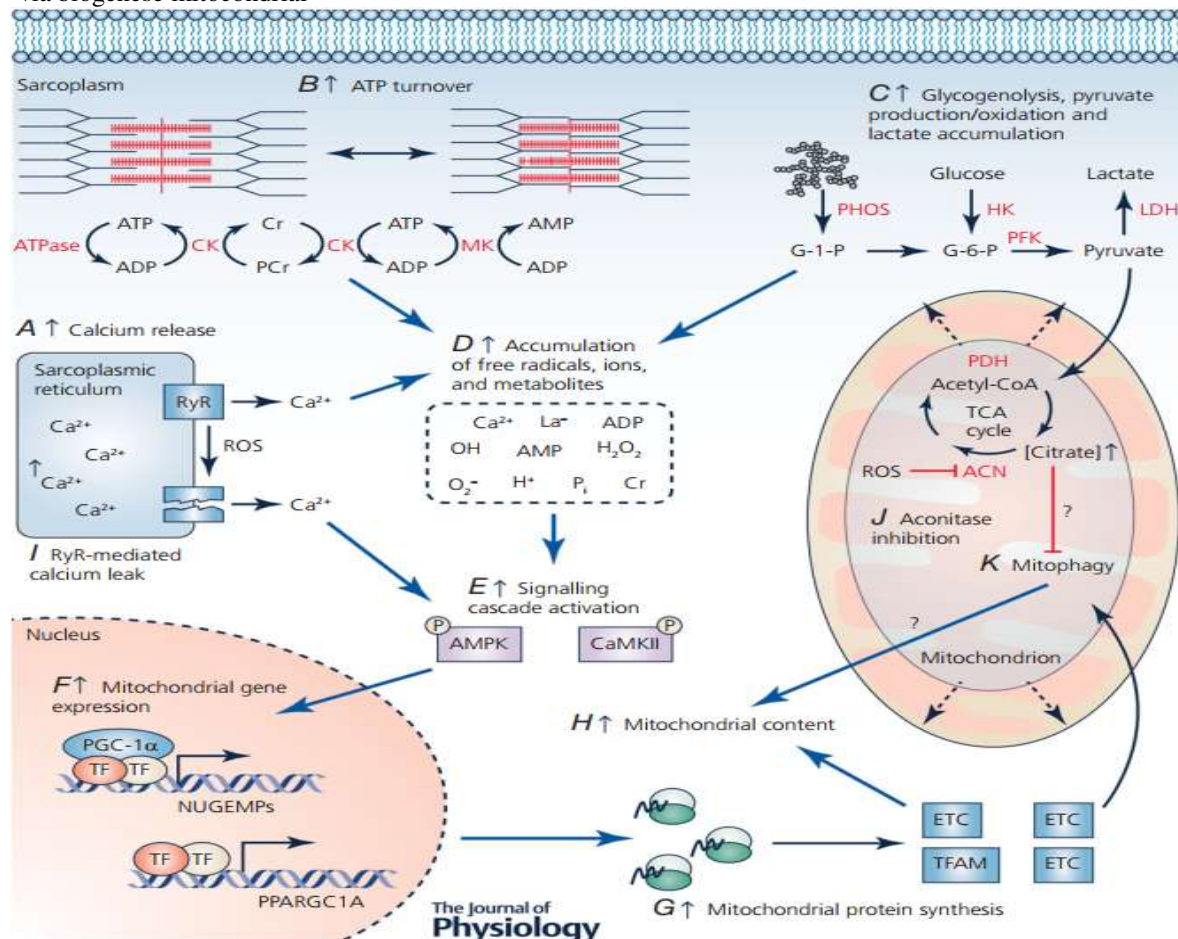
grande adepto ao treinamento intervalado e único atleta a vencer as provas de 5000 metros, 10000 metros e a maratona em uma única edição de jogos olímpicos, em Helsinque, Finlândia, 1952. Porém, conforme Meyer *et al.* (2013), o treinamento intervalado de alta intensidade somente foi descrito na literatura científica por Reindell e Roskamm (1959), em um periódico suíço de medicina esportiva. Desde então, esta forma de organização do treinamento manteve-se mais restrita ao ambiente esportivo de alto rendimento.

Contudo, na última década, surgiram diferentes estudos que com evidências de que o HIIT, comparado ao tradicional método contínuo de intensidade moderada seria capaz de provocar uma série de adaptações equivalentes ou superiores em parâmetros cognitivos em indivíduos saudáveis. Sugere-se que este modelo seja capaz de estimular uma série de adaptações fisiológicas benéficas para o cérebro, comparáveis as mudanças consequentes do tradicional exercício contínuo, apesar da sua menor duração. Estudo realizado por Lucas *et al.* (2015) visando investigar os benefícios do HIIT para o cérebro foi mostrado que, embora o HIIT possa apresentar adaptações cardiovasculares semelhantes ou superiores ao contínuo, que poderia se especular uma melhora da perfusão cerebral, ainda se desconhece os seus efeitos na cognição.

Resumidamente, há fortes evidências que sugerem que a intensidade do exercício é fator fundamental na ativação de PGC-1 α (Egan *et al.*, 2010); os intensos estímulos intervalados seriam o mecanismo disparador desta ativação via alterações na taxa de AMP/ATP (Chen *et al.*, 2000), bem como na ativação da proteína quinase ativada por AMP (AMPK) e p38 MAPK (Gibala *et al.*, 2009; Little *et al.*, 2011). Conforme podemos ver na figura 9, o exercício a uma intensidade mais elevada aumenta a liberação de cálcio (A), requer maior volume de ATP (B) e a maior utilização de carboidratos para combustível (C), em comparação com o exercício a uma menor intensidade. Como resultado, há uma maior acumulação de metabólitos, íons e radicais livres (D), que aumentam a ativação da sinalização de proteínas (E), incluindo as quinases Ca²⁺/calmodulina dependente de proteína quinase II CaMKII e AMPK. A atividade aumentada destas proteínas quinases provoca maiores taxas de expressão gênica para PGC-1 α , que por sua vez atua como um co-ativador de transcrição para genes nucleares codificando proteínas mitocondriais (F). As taxas de síntese de proteína mitocondrial são maiores para exercício de alta intensidade (G), levando a um maior aumento do conteúdo mitocondrial (H), em relação ao exercício de menor intensidade. Dois mecanismos adicionais mediados por espécies reativas de oxigênio (ROS) já foram relatados. Em primeiro lugar, através de um mecanismo dependente de ROS, o SIT de baixo volume levou à fragmentação do Rianodina (RyR) do retículo sarcoplasmático e aumentou a concentração intracelular de cálcio (I), um sinal para a biogênese mitocondrial. Do mesmo modo, duas semanas de SIT de baixo volume foram associadas com a inibição de aconitase no ciclo do ácido tricarboxílico

(TCA) e um aumento da concentração de citrato intracelular, que foi como possível sinal para aumentar o conteúdo mitocondrial através de uma redução na mitófagia (J) (Macinnis e Gibala, 2017).

Figura 6 - Mecanismos de sinalização celular induzidos pelo exercício intervalado de alta via biogênese mitocondrial



Fonte: (Macinnis e Gibala, 2017).

Adicionalmente, Drigny *et al.* (2014) investigaram o efeito do HIIT sobre o funcionamento cognitivo e oxigenação cerebral em pacientes obesos entre 40 e 56 anos e concluiu que o HIIT melhorou a o funcionamento cognitivo (função executiva) e oxigenação cerebral após quatro meses de treinamento. Esses resultados corroboram com os apresentados por Colcombe e Kramer (2003), os quais mostraram que as funções executivas são mais sensíveis ao nível de aptidão do que outras funções cognitivas.

Costigan *et al.* (2016) verificaram a interferência do HIIT sobre a saúde cognitiva e mental de adolescentes e detectaram melhoras nas suas funções cognitivas, tais como, função executiva e bem-estar psicológico. Isso sugere que o HIIT pode ser incluído na rotina escolar com o objetivo de melhorar a saúde cerebral.

2.3 Segurança, riscos e desvantagens do HIIT

Apesar das muitas adaptações fisiológicas promovidas pelo treinamento intermitente de alta intensidade, encontramos na literatura uma discussão sobre as suas características que poderiam ser consideradas como riscos e desvantagem para a saúde de quem o pratica. A preocupação com a segurança da implementação do HIIT justifica-se pelo fato do exercício de alta intensidade ser associado ao aumento do risco de eventos cardiovasculares agudos (Francois e Little, 2015). Shiraev e Barclay (2012) acrescentam também que devem ser considerados os aspectos de segurança, especialmente em indivíduos que apresentam maiores fatores de risco para complicações cardíacas e distúrbios metabólicos. A preocupação com as lesões musculoesqueléticas também deve ser considerada quando indivíduos são submetidos ao exercício físico mais intenso, especialmente os sedentários, obesos e idosos.

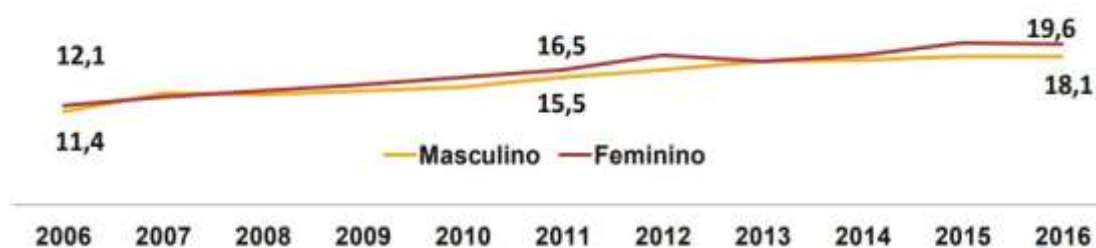
Outro aspecto a ser ressaltado é a necessidade de maior envolvimento e maior motivação do praticante em suportar intensidades maiores. Em um artigo que analisou a relação entre a intensidade do exercício e o sentimento de prazer e envolvimento do praticante, Ekkekakis *et al.* (2011) afirmam que os exercícios intensos, principalmente aqueles realizados acima do limiar ventilatório, de lactato ou no início da acumulação de lactato sanguíneo, são menos prazerosos para quem o pratica. Por outro lado, Stork *et al.* (2017), relataram que o prazer e o envolvimento dos indivíduos com exercícios intermitentes de alta intensidade são equivalentes ou maiores do que para o exercício contínuo.

Alguns críticos ao HIIT também acrescentam que ele tem um baixo nível de adesão. Segundo os autores muitas pessoas sentem dificuldades para se engajar em um programa HIIT, e mesmo entre aqueles que participam, a permanência é baixa diante do alto desgaste físico e psicológico (Biddle e Batterham, 2015). Novos estudos precisam ser feitos nesse sentido, pois os dados ainda são incipientes e contraditórios. Tais desvantagens podem ser minimizadas com a adequada escolha do tipo de exercício, a supervisão profissional e a individualização na sua prescrição e aplicação. Em recente pesquisa retrospectiva envolvendo cerca de 4846 pacientes com doenças coronarianas, acompanhados durante sete anos de reabilitação cardíaca em quatro hospitais da Noruega, relatou-se uma taxa de ocorrência de complicação cardíacas de apenas 1 evento não letal a cada 23.182 horas de HIIT. Os autores concluíram que, considerando as significativas adaptações cardiovasculares associadas ao exercício de alta intensidade, o HIIT deve ser considerado como uma possível estratégia segura, positiva e tempo-eficiente para o tratamento destes pacientes.

2.4 Sedentarismo e Saúde

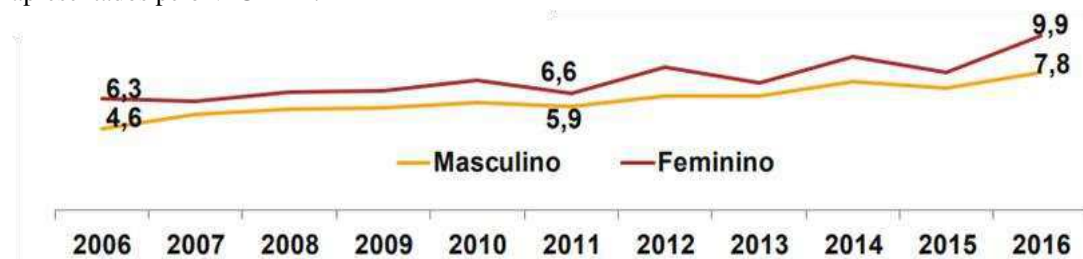
Dados do programa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL) mostraram avanço das doenças cardiometabólicas na população brasileira nos últimos dez anos (Brasil, 2016). Por exemplo, a obesidade entre os brasileiros cresceu 60% nos últimos dez anos, de 12% para 19% (Figura 7). No mesmo período o diagnóstico de diabetes aumentou de 5,5% para 9% (Figura 8). O número de pessoas diagnosticadas com hipertensão arterial aumentou de 22% para 26%, no mesmo período (figura 9) (Brasil, 2016).

Figura 7: Prevalência de obesidade entre mulheres e homens no período de 2006-2016, segundo dados apresentados pelo VIGITEL.



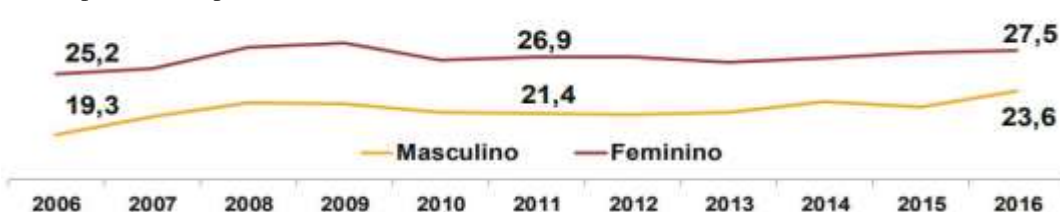
Fonte: Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL), (Brasil, 2016).

Figura 8: Prevalência de diabetes entre mulheres e homens no período de 2006-2016, segundo dados apresentados pelo VIGITEL.



Fonte: Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL), (Brasil, 2016).

Figura 9: Prevalência de hipertensão entre mulheres e homens no período de 2006-2016, segundo dados apresentados pelo VIGITEL.



Fonte: Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL), (Brasil, 2016).

Dados governamentais indicam que no ano de 2013, o percentual da população brasileira que não praticava nenhuma atividade física chegava a 53,8% (BRASIL, 2016). Este mesmo levantamento mostrou que a principal causa apontada pelos brasileiros para o abandono das atividades físicas é a falta de tempo, sendo citada por 70,1% dos entrevistados (BRASIL, 2016). Dados coletados em outros países também têm indicado que a falta de tempo é uma das causas mais citadas como barreira para a adoção e permanência em um estilo de vida ativo, conforme Gaesser e Angadi (2011) e Trost *et al.* (2002).

A questão do sedentarismo vai muito além dos problemas de saúde pública. A economia mundial também sofre seus efeitos negativos. Ding *et al.* (2016), conduziram um estudo, envolvendo 142 países, sobre os custos diretos dos cuidados em saúde, produtividade e incapacidade relacionadas ao sedentarismo. Foi indicado que os custos do sedentarismo aos sistemas nacionais de saúde chegaram a aproximadamente 54 bilhões de dólares por ano e 14 bilhões em perdas da produtividade. Os dados do Brasil também são alarmantes, cerca de 48% dos custos do setor público com saúde estão relacionados ao sedentarismo. No setor privado e no orçamento familiar estes números chegam a aproximadamente 22 e 30%, respectivamente.

2.5 Treinamento aeróbio (MICT e HIIT) e saúde

Evidências apontam que o exercício físico, praticado de forma regular, pode contribuir de forma eficaz para a redução de DCNT (Blair *et al.* 1995; CDC 1990). Constatou-se a partir dos resultados de diversos estudos que exercício físico além de poder prevenir pode servir como tratamento para a obesidade e, portanto, possibilitar inúmeros benefícios à saúde e também na qualidade de vida de indivíduos. (Santos; Santos e Maia 2009). Nas últimas décadas muitos estudos têm investigado os possíveis efeitos do exercício físico sobre a saúde, e seus resultados apontam como respostas positivas ao exercício inúmeros benefícios como redução do percentual de gordura (G%), diminuição da frequência cardíaca de repouso, FC_{rep} entre outras (McGuire *et al.* 2001; Nottin *et al.* 2002).

Realizado de forma regular, o exercício físico, aliado a uma boa alimentação, pode produzir uma redução significativa do %G e muitas das comorbidades associadas ao excesso de peso (Schmidt 2012). Adicionalmente Hauser *et al.* (2004) afirmaram que o exercício físico é uma importante ferramenta para produzir o chamado balanço calórico negativo o que possibilita ao indivíduo um balanço energético adequado levando a um menor risco de diversas doenças.

A American Heart Association emitiu uma recomendação de que para promoção da saúde, exercícios físicos devem ser realizados, mas de uma vez por semana, preferencialmente em todos os

dias, podendo ter uma intensidade moderada ou alta, de acordo com a individualidade biológica de cada indivíduo, e com duração que não seja menor que 30 minutos (Pearson *et al.* 2002).

Vários fatores de risco podem ser reduzidos por uma prática regular de atividade física, que se apresenta como ferramenta não medicamentosa à prevenção da saúde. Sessões de exercício físico são capazes de controlar a obesidade, melhorar a sensibilidade insulínica, a hipertensão arterial entre outros fatores de risco frequentemente associados à mortalidade (Grundy *et al.* 2005).

Entre os fatores de risco que podem ser influenciados pela prática regular da atividade física podemos destacar a Hipertensão Arterial. Índícios apontam que indivíduos hipertensos de meia-idade possivelmente seriam os mais beneficiados pelos efeitos do exercício físico. Em contrapartida parece não haver diferenças significativas quando se analisam os benefícios numa comparação entre os gêneros (Whelton *et al.* 2002).

Um estudo de revisão, realizado por Chakravarthy *et al.* (2009), destacou que aqueles indivíduos que realizam atividades físicas moderadas de acordo com as recomendações mínimas (30 minutos por dia, na maioria dos dias da semana), tem uma redução de 30% no risco para Doença Arterial Coronariana (DAC), Acidente Vascular Encefálico (AVE), Diabetes mellitus tipo 2 e Câncer de cólon, as quatro maiores causas de morte nos Estados Unidos, na atualidade.

O MICT, método de treinamento aeróbio que consiste em estímulos contínuos com duração longa e intensidade de moderada a baixa, é tradicionalmente recomendado para prescrição de exercício em pessoas saudáveis como método preventivo bem como em indivíduos portadores DCNT como meio de tratamento não medicamentoso. (Tanzilli *et al.* 2003; ACSM 2004; Haskell *et al.* 2007).

Estudos recentes tem destacado que o MICT pode ser eficiente para melhora da capacidade e aptidão funcional em idosos, e inúmeros benefícios à saúde de indivíduos (Chen, Li, Chang, Huang, & Cheng, 2015; Gallon *et al.*, 2011; Granacher *et al.*, 2013; Vaughan, Morris, Shum, O'Dwyer, e Polit, 2012).

Da mesma maneira, Sousa e Virtuoso Jr. (2005) relataram que um programa de exercício aeróbio baseado no modelo MICT pode ser uma importante ferramenta para o controle do peso corporal e na diminuição do tecido adiposo e seu percentual de gordura. Dias *et al.* (2006) ainda relatam que, protocolos de exercício físico baseados no método MICT, realizados com intensidade leve (30%-50% VO₂max) e uma duração acima de 45 minutos, seria capaz de promover alterações significativas e benéficas à saúde de indivíduos. Adicionalmente, estudo realizado por Ishibashi *et al.* (2006), avaliou os efeitos do MICT em oito indivíduos portadores da obesidade durante 5 meses. Os voluntários realizaram três sessões semanais com duração de 60 minutos, um grupo de

treinamento aeróbio e outro de treinamento aeróbio aliado ao treinamento resistido e observaram uma melhora significativa da resistência à insulina de ambos os grupos.

Roddy, Zhang, & Doherty (2005) em seus estudos, identificaram uma melhoria considerável após a submissão a um protocolo de MICT de caminhada em indivíduos do fortalecimento bem como uma redução da dor. Em complemento autores como (Hatta *et al.*, 2013b; Jancey *et al.*, 2008) reafirmaram que o exercício físico de MICT apresenta-se como ferramenta eficiente para benefícios à saúde para serem utilizados como recomendações para a prática de exercício aeróbio.

Hatta *et al.* (2013a) destaca que no caso de treinamento de MICT de caminhada, também a longo prazo, se observam efeitos positivos em população idosa, na redução de diversos fatores de risco. Um dos exemplos é a diminuição da pressão arterial uma vez o efeito hipotensivo do exercício possibilitaria uma diminuição da PA apresentando-se então como importante ferramenta para melhora e manutenção da saúde (Nogueira *et al.*, 2010). Sendo assim, a atividade física aeróbia baseada no método MICT é essencial para melhora de vários parâmetros de saúde podendo assim melhorar a saúde e a qualidade de vida de idosos (Moraes *et al.*, 2007).

Já se encontra praticamente consolidado na literatura que o MICT contribui significativamente para melhorias à saúde, porém observamos que há indícios substanciais de que exercícios de HIIT (alta intensidade e curta duração) possam gerar efeitos positivos tanto quanto o MICT ou até ainda mais importantes sobre o perfil lipídico, podendo apresentar inclusive reduções das taxas de mortalidade em 50% (Kraus *et al.*, 2002; Paffenbarger RS e Lee IM, 1996).

Analisando-se sessões isoladas de treino, o HIIT tem se apresentado como ferramenta eficaz na promoção de maior gasto calórico, o que poderia auxiliar de forma crucial para a redução do peso corporal (Almeida e Pires, 2008). Ainda nessa perspectiva, Santos *et al.* (2003) alegam que o método de treinamento intervalado pode proporcionar um aperfeiçoamento da capacidade cardiorrespiratória para os indivíduos obesos, apresentando-se inclusive como mais eficaz, fazendo com que o gasto calórico seja superior ao treinamento contínuo e de intensidade baixa. Baseando-se nesse princípio, Keating *et al.* (2014), sugerem que, visando benefícios à saúde, o HIIT pode ser defendido como uma eficiente estratégia para quando comparado com o MICT em indivíduos sedentários adultos com sobrepeso. Paralelamente, Boutcher, (2011) realizaram estudo de revisão, a fim de avaliar os resultados de pesquisas que utilizaram diferentes formas de HIIT e seus efeitos sobre o VO₂, perda de gordura abdominal, entre outros. A partir de seus achados eles relatam que o HIIT pode reduzir de forma eficiente o %G melhorando assim a composição corporal e a saúde de indivíduos. HIIT, é capaz de produzir resultados positivos em pessoas saudáveis que fazem exercícios intensos em um programa de treinamento intervalado (Gibala e Mcgee, 2008).

Neste contexto, partindo-se do pressuposto que tanto MICT quanto HIIT seriam capazes de produzir efeitos benéficos à saúde, quando faz-se um comparativo entre os dois métodos, existem evidências atuais que indicam que o HIIT promoveria benefícios equivalentes aos já consolidados do MICT na literatura, e ainda observa-se que não há diferenças significativas no que diz respeito aos resultados entre os métodos. Entretanto como o HIIT propicia menor dispêndio de tempo para realização de uma sessão de treino, ele parece ser uma estratégia tempo-eficiente mais eficiente para se atingir os mesmos benefícios do MICT, inclusive na saúde cerebral (Batacan *et al.*, 2017; Gibala e Hawley, 2017; Guiraud *et al.* 2012).

2.6 MICT, HIIT, saúde cerebral, funções cognitivas e BDNF

A cognição humana pode ser entendida como as funções como: percepção, memória, atenção, aprendizagem tempo de reação, raciocínio entres outras (Antunes *et al.* 2006).

Como já discutimos anteriormente, níveis mínimos recomendáveis de atividade física são capazes de produzir melhoras significativas à saúde cerebral e, portanto, seriam fatores de proteção e manutenção de funções cognitivas (Haskell *et al.*, 2007)

De acordo com Dumith *et al.* (2011), a sociedade atual apresenta uma predisposição cada dia maior para diminuição dos níveis de atividade física e aumento do sedentarismo. O sedentarismo nos dias atuais é responsável por algo em torno de 6% das mortes no mundo, sendo então considerado o quarto maior entre os fatores de riscos (OMS 2009).

Visando uma melhor saúde cerebral e, portanto, cognitiva, e fazer uma possível correlação com o treinamento aeróbio, muito tem se discutido na literatura atual sobre as interferências de uma vida fisicamente ativa sobre a vida dos indivíduos (Cotman *et al.*, 2007). Neste sentido, de acordo com Meeusen R. ,(2005), a maioria dos estudos apontam que existe evidências de que o exercício físico possa ser uma importante ferramenta para preservar a saúde do cérebro, evitando inclusive as perdas cognitivas produzidas pelos efeitos deletérios do envelhecimento.

Entre os efeitos deletérios do envelhecimento, que de acordo com Ferreira *et al.* (2010) caracteriza-se pelo processo progressivo onde um conjunto de mudanças e alterações morfológicas, fisiológicas, e psicológicas ocorrem e desencadeiam uma perda de várias das capacidades do indivíduo, estão também as perdas cognitivas.

A atividade física aeróbia aparentemente se apresenta como uma possível ferramenta para retardar muitos dos efeitos que se apresentam na saúde do indivíduo em decorrência do processo natural de envelhecimento, podendo reduzir o surgimento ou até minimizar os efeitos de várias DCNT. Desta maneira, os exercícios físicos aeróbios, entre eles o MICT e HIIT, tem relação positiva

com a saúde, a qualidade de vida e o envelhecimento (Nelson et al. 2007 in ACSM). Idosos não sedentários apresentam melhores funções cognitivas como por exemplo memória e também apresentam menores riscos de doenças que acometem o sistema cognitivo (Wiles *et al.*, 2007).

Estudos conduzidos por Larson *et al.* (2006), com idosos que realizavam atividade física aeróbia, 3 vezes por semana, constatou que idosos que possuíam um estilo de vida ativo tinham uma redução considerável nos efeitos deletérios do envelhecimento com perdas cognitivas do declínio cognitivo. Adicionalmente dados similares foram observados anteriormente por Weuve *et al.* (2004).

A atividade física, como alguns estudos sugere, resulta em vários benefícios à saúde cerebral, interferindo positivamente na memória por exemplo, e que exercícios aeróbios seriam capazes de reduzir o declínio cognitivo quando comparado com indivíduos que não praticavam nenhum tipo de atividade física. (Richards, Hardy & Wadsworth, 2003).

Visando relacionar o nível de atividade física e funções cognitivas, Nieto, Albert, Morrow e Saxton (2008), realizaram estudo onde detectaram que idosos que tinha menor índices de memória e funções executivas tinha também funções ligadas à atividade física quatro vezes menores do que indivíduos fisicamente ativos.

Newson e Kemps (2006) realizaram estudo onde testes cognitivos de diferentes complexidades foram aplicados a idosos. Da análise dos resultados observa-se que aqueles indivíduos que realizavam atividades físicas tinham melhor desempenho nas tarefas mais complexas, o que fortalece a ideia de que o exercício físico está diretamente associado à melhora ou manutenção das atividades cognitivas.

Corroborando com aqueles resultados estudo realizado por Kara *et al.* (2005), com mulheres com idade entre 60 e 80 anos que realizaram exercício físico aeróbio por quatro meses, apresentaram melhora considerável na cognição. Do mesmo modo Fabre *et al.* (2002) realizou estudo semelhante, no entanto com duração de dois meses também observando melhora nas funções cognitivas dos idosos.

Willians e Lord, (1997), em um estudo com 23 mulheres idosas, que foram submetidas a um treinamento de MICT, com duração de 60 minutos com frequência de 3 vezes por semana, por um ano, constataram que ao final do programa as idosas apresentaram melhoras em várias funções cognitivas como: memória, e tempo de reação, e concluíram que o MICT pode ser uma ferramenta não medicamentosa para manutenção de proteção de funções cognitivas de idosas.

Na mesma linha, Antunes *et al.* (2001) observaram em seus estudos que o MICT também foi capaz de melhorar o humor, a memória e a qualidade de idosas submetida e um programa de caminhada por 24 semanas em comparação a um grupo de mulheres sedentárias.

Analisando as possíveis interferências da atividade física aeróbia MICT, sobre as funções cognitivas observa-se que as alterações podem ocorrer através de diversos mecanismos, como por exemplo: a melhora na circulação cerebral e aumento de fatores de crescimento, como o BDNF, responsável pela neuroplasticidade cerebral e aumento da sobrevivência dos neurônios, e a angiogênese cerebral (Colombe *et al.* 2003; Thomas *et al.*, 2012).

Radak *et al.* (2006) relataram que o treinamento de MICT está relacionado com melhoras das funções: memória e a coordenação do equilíbrio, por induzir um aumento significativo de BDNF no hipocampo. E também que a realização de treinamento de MICT por roedores em roda, em dias alternados da semana são responsáveis pelo aumento da concentração de BDNF no hipocampo (Berchtold *et al.*, 2005). Foi identificado que 2 semanas de realização de exercício no protocolo MICT, são suficientes para aumento dos níveis de BDNF, que já apresentam queda significativa após 4 semanas sem o treinamento. Foi observado também que o funcionamento a longo prazo com intensidade moderada MICT, tem relação direta com aumento dos índices de BDNF (Lau *et al.*, 2011; Groover *et al.*, 2013; Berchtold *et al.*, 2010).

De acordo com Knaepen *et al.*, (2010), existem vários fatores que podem desencadear a plasticidade hipocampal, estando entre eles o exercício físico de intensidade moderada, MICT.

Diversos estudos apontaram que o treinamento de corrida em esteira ou roda, seria capaz de produzir a neurogênese hipocampal em animais, bem como a proliferação celular (Praag *et al.*, 2005; Stranahan *et al.*, 2006; Praag *et al.*, 1999).

Embora já esteja consolidado na literatura que os protocolos de MICT possam produzir melhoras significativas na cognição e saúde cerebral, por aumento das concentrações de BDNF, sobretudo no hipocampo. (Lau *et al.*, 2011; Groover *et al.*, 2013; Berchtold *et al.*, 2005; Radak *et al.*, 2006) no que se refere ao exercício aeróbio em alta intensidade HIIT, os efeitos sobre o BDNF ainda não foram bem estabelecidos.

Do pouco que se tem observa-se que o HIIT pode apresentar as mesmas possibilidades de melhoras cognitivas se comparado com o MICT (COOPER *et al.* 2016; Afzalpour *et al.* 2015). Entretanto esses estudos ou foram realizados em roedores ou não avaliaram a influência da intensidade do treinamento sobre os níveis séricos do BDNF em indivíduos.

Já se é sabido que o exercício físico é capaz de produzir melhoras na saúde cerebral de indivíduos (Radak *et al.*, 2016). Tais melhoras estão relacionadas à neuroplasticidade do hipocampal em animais jovens saudáveis e e adicionalmente o exercício físico pode prevenir a morte de células do hipocampo após lesões, pelo aumento da expressão do BDNF (Serrano e Klann 2004; Macêdo *et al.*, 2017; Morgan e Liu 2011).

O BDNF é uma proteína da família das neurotrofinas. Estudos recentes têm investigado seus efeitos uma vez que essa proteína está diretamente ligada à melhora da plasticidade sináptica de uma região do cérebro ligada a memória e ao aprendizado, o hipocampo (Vaynman; Ying; Go, 2004).

Dentre os fatores de crescimento encontrados no Sistema Nervoso Central (SNC), o BDNF é o fator com maior expressão, sendo que sua concentração se encontra aumentada principalmente no hipocampo, córtex, hipotálamo em humanos (MURER; YAN; RAISMAN-VOZARI, 2001).

Com papel essencial na regulação da plasticidade neuronal, o BDNF é fundamental na sobrevivência, diferenciação e crescimento de neuritos (HUANG; REICHARDT, 2001). Adicionalmente observa-se que ele está relacionado a melhoras das funções do cérebro ligadas à memória e ao aprendizado (TYLER et al., 2002).

As vias de sinalização do BDNF estão relacionadas com a síntese de uma forma imatura ou precursora, conhecida como pro-BDNF, que após clivagem da origem ao BDNF maduro (mBDNF). O proBDNF que inicialmente estaria relacionado a apoptose celular quando ativado pelo receptor p75, ao atingir a forma de mBDNF é ativado pelo receptor TrkB e produz neuroplasticidade (YANG et al., 2009).

A figura ? abaixo indica as vias de sinalização do BDNF por ativação dos receptores (p75) e (TrkB).

Figura 10: Vias de sinalização dos receptores de pro-BDNF e mBDNF.

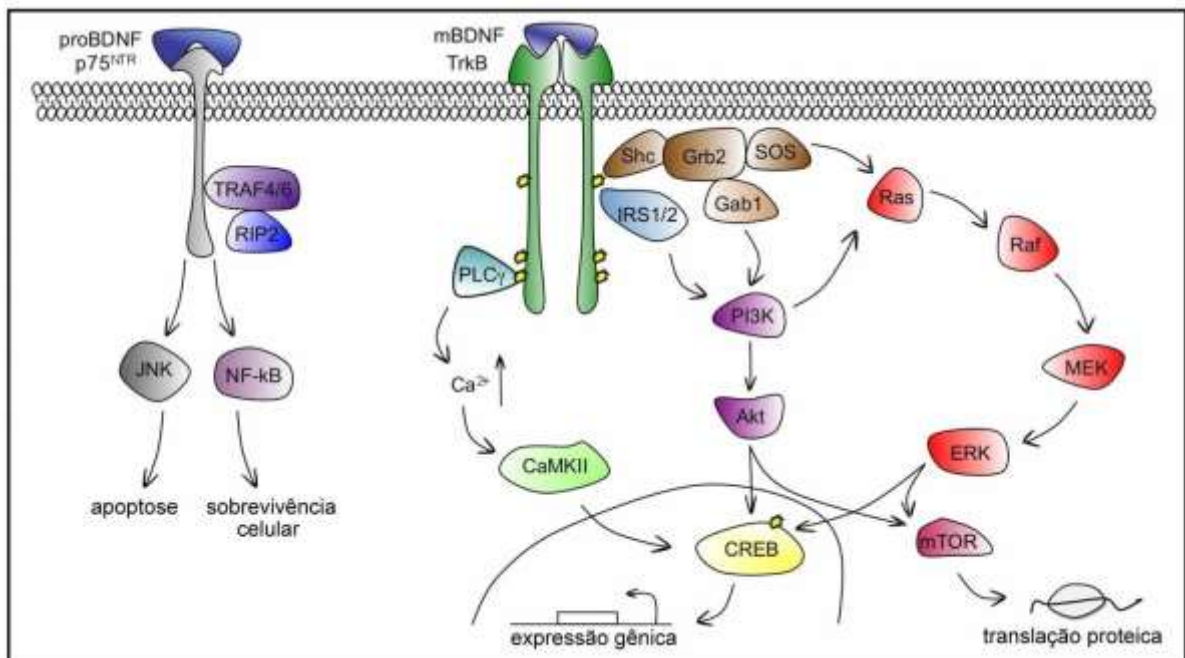


Figura 10: Receptores de BDNF e suas vias de sinalização. Adaptado de (CUNHA; BRAMBILLA; THOMAS, 2010).

3 METODOLOGIA

3.1 Cuidados éticos

Este estudo foi aprovado Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, conforme parecer nº 667.788 de 25/07/2014. Ao apresentarem-se como voluntários, os indivíduos foram informados sobre os objetivos e procedimentos metodológicos do estudo, bem como sobre os possíveis riscos, desconfortos e benefícios relacionados com a sua participação na pesquisa. Apenas após a assinatura do termo de consentimento livre esclarecido (Apêndice A) pelo voluntário que os procedimentos experimentais se iniciaram.

3.2 Delineamento Experimental

Como pode ser observado na figura 10 se trata de um estudo longitudinal no qual as variáveis dependentes foram comparadas antes e após a aplicação de dois tipos de programa de treinamento de corrida durante de oito semanas. 27 homens sedentários e sobrepesos foram pareados em dois grupos, sendo que inicialmente feito teste de anova de uma via para garantir que os grupos eram homogêneos sendo então os participantes sorteados para compor o grupo MICT e o grupo HIIT. Uma semana antes do inícios dos treinamentos todos os voluntários foram submetidos a uma avaliação de VO_2 e velocidade máxima pelo beep teste, bem como submetidos à bateria de testes cognitivos e coleta de sangue para dosagem do BDNF. Após esse momento os indivíduos treinaram por oito semanas, realizando três sessões de treino a cada semana, e. Todos os procedimentos descritos abaixo foram executados nas dependências do 3º Batalhão de Polícia Militar de Minas Gerais, nos Laboratórios de Fisiologia do Exercício (LAFIEX), Biologia do Exercício (BIOEX) e no Departamento de Educação Física da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), na cidade de Diamantina, Minas Gerais.

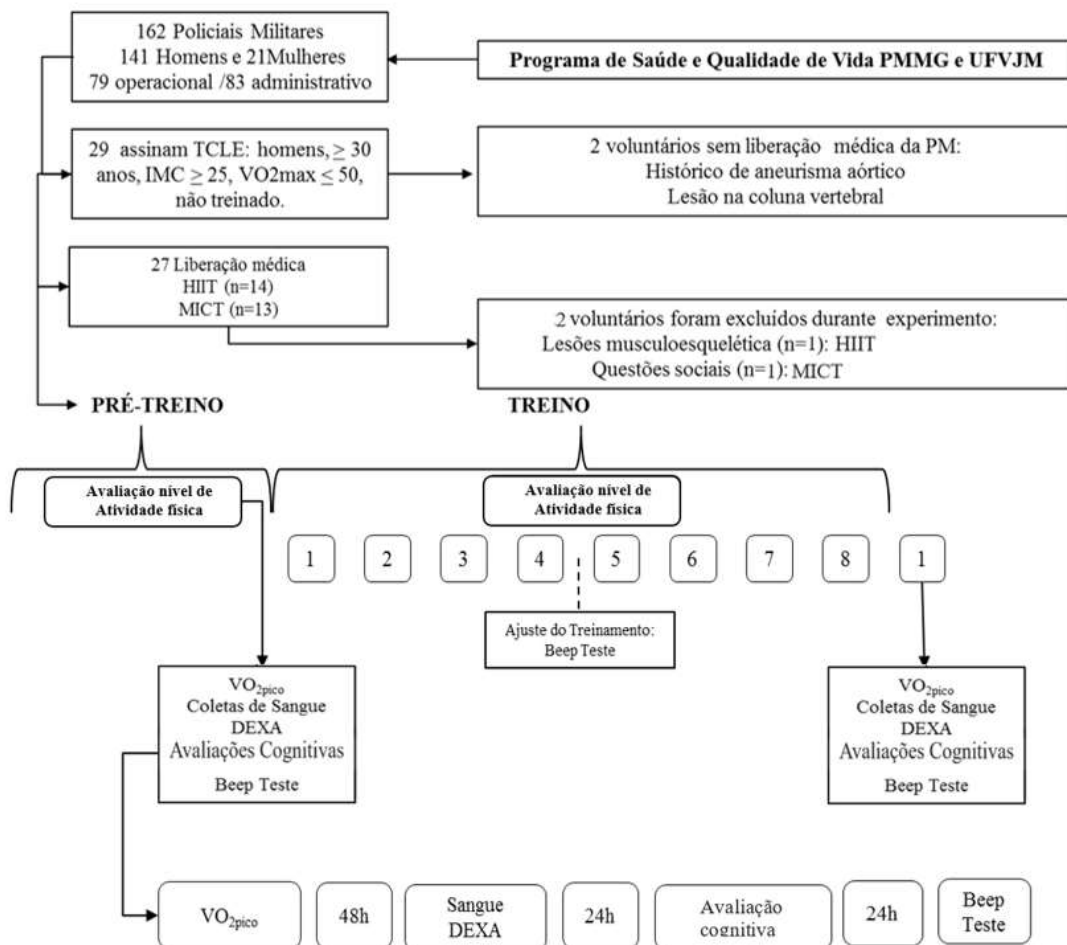
3.3 Amostra

Inicialmente, 162 policiais militares (141 homens e 21 mulheres) do 3º Batalhão da Polícia Militar de Minas Gerais, situado na cidade de Diamantina (PMMG) foram submetidos a um processo de recrutamento e seleção, no. Dentre estes, 27 foram incluídos no estudo, por atenderem os critérios de inclusão iniciais. Dois voluntários foram excluídos por terem atendido os critérios de exclusão.

Para serem incluídos na amostra os indivíduos deveriam ser do sexo masculino; ter idade entre 30 e 50 anos; possuíse índice de massa corporal maior ou igual a 25 kg/m^2 ; ter respondido negativamente a todas as perguntas do questionário de prontidão para a atividade física - PARQ (Apêndice B); ter respondido negativamente as perguntas do questionário de risco cardíaco (Apêndice C); tivesse consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) inferior a $50 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; não tivesse envolvimento com em atividades físicas em mais de dois dias por semana nos últimos três meses; não fosse tabagista; ter atuado, predominantemente, em atividades administrativas na Polícia Militar.

CrITÉRIOS de exclusão: Para fins de conclusão foram adotados critérios como: a ausência ou o não surgimento de lesões durante a fase de treinos, não ter concluído todo o treinamento, ou seja, não completar 100% das sessões de treino, apresentar qualquer problema de saúde que interfira nos treinos.

Figura 11: Delineamento experimental: recrutamento, amostragem e fases de coleta de dados do estudo.



Foram excluídos da amostra voluntários que, por motivos externos ao processo de treinamento não puderam concluir a fase de treinamento, bem como os que durante o período de treinos se lesionaram em atividades extras e por esta razão não possuíam condições de completar nos treinamentos.

3.4 Procedimentos experimentais

3.5 Fase de treinamento

Os voluntários foram separados em dois grupos de forma pareada conforme idade, índice de massa corporal (IMC) e consumo pico de oxigênio (VO_2^{pico}) detectado em um teste ergométrico progressivo na esteira, a ser descrito posteriormente. Após o pareamento, um sorteio foi feito para definir o tipo de treinamento de cada grupo. O plano de treinamento dos dois grupos foi feita a partir do desempenho dos voluntários no teste progressivo de corrida de vai-e-vem, também conhecido como beeptest ou teste shuttlerun multi estágio de 20 metros (Leger e Lambert, 1982; Leger, Mercier *et al.*, 1988). A ideia original para o desenvolvimento desta metodologia de treinamento surgiu a partir do estudo de (Delahunt *et al.*, 2013), que utilizaram o Yo-Yo teste de recuperação intermitente (Bangsbo *et al.*, 2008) como ferramenta para o planejamento, prescrição e o controle do treino intervalado em mulheres jovens saudáveis.

O teste teve como objetivo estimar o consumo máximo de oxigênio do avaliado. Para isso ele deve percorrer em uma pista de 20 metros delimitada por cones com intensidade progressiva controlada por sinais sonoros (figura 9). A cada sinal sonoro emitido pelo sistema de som o avaliado deve atingir um dos cones que delimitam o início ou o fim da pista. A velocidade inicial é de 8,5 km/h, sendo incrementada progressivamente em 0,5 km/h a cada estágio, conforme descrito na ficha de controle do teste (APÊNDICE D). O teste é encerrado pelo avaliador quando o avaliado não consegue alcançar um dos cones pela segunda vez consecutiva antes do respectivo sinal sonoro. Todo o controle de aplicação deste teste foi feito de forma informatizada pelo software Team Beep Test 20 metres (Bitworks, versão 4.0, Inglaterra) e supervisionado por um avaliador devidamente familiarizado com os procedimentos do teste.

Figura 12: Esquema do teste multiestágio de vai e vem (*beep* teste) em uma pista de 20 metros.



Fonte: Extraído do www.tfp.org/a_shuttle.php em janeiro de 2018

A partir do resultado no teste foi elaborado um programa de treinamento de corrida com intensidade individualizada de acordo com o percentual da velocidade máxima alcançada pelo voluntário. O planejamento do treinamento dos grupos MICT e HIIT foi feita conforme a tabela 2 abaixo. Para efeito de comparação, o grupo HIIT se exercitou com um volume correspondente a 40% da distância percorrida pelo grupo MICT na respectiva semana de treinamento, com variação da carga como observamos na tabela 1.

Tabela 2: Planejamento do treinamento para os grupos HIIT MICT.

SEMANAS	HIIT (N=13)	MICT (N=12)
1	7 x 200m - 85%* - 1 min pausa	3500m contínuos - 60%*
2	8 x 200m - 85% - 1 min pausa	4000m contínuos - 60%
3	8 x 200m - 90% - 1 min pausa	4000m contínuos - 65%
4	9 x 200m - 90% - 1 min pausa	4500m contínuos - 65%
5	9 x 200m - 90% - 1 min pausa	4500m contínuos - 65%
6	10 x 200m - 90% - 1 min pausa	5000m contínuos - 65%
7	10 x 200m - 95% - 1 min pausa	5000m contínuos - 70%
8	10 x 200m - 100% - 1 min pausa	5000m contínuos - 75%

Grupo treinamento contínuo (Contínuo); Grupo treinamento intervalado (HIIT).

(m=metros), (min=minutos). *Percentual da velocidade máxima no beep teste.

O controle da velocidade de corrida foi feito por meio de estímulos sonoros que são reproduzidos em um fone de ouvido a ser usado pelo voluntário durante o seu treino. Os intervalos entre os sinais sonoros foram individualizados de acordo com a velocidade de treino de cada voluntário e indicavam os momentos de sua passagem pelos pontos de controle de velocidade indicado por cones de sinalização. Para garantir que os voluntários estejam se exercitando na velocidade prescrita, um membro da equipe de pesquisa fez um controle do tempo de cada volta por meio da cronometragem digital.

Diante da possibilidade de melhora do desempenho consequente do treinamento, na quarta semana os voluntários foram submetidos novamente ao teste de vai-e-vem de 20 metros para que sejam feitos possíveis ajustes necessários na intensidade dos exercícios, isto é, na velocidade da corrida.

3.6 AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA

A bateria cognitiva será aplicada por um único avaliador, entre (8h e 11h), em sala individual, silenciosa e climatizada (23°C e 70% humidade). A bateria cognitiva será composta por sete testes com seus subtestes (Lezak *et al.*, 2004), com tempo total de aplicação de 40 a 50 min.

1) Números ordem direta: para avaliar memória de curto-prazo, capacidade de atenção concentrada e de controle mental aos estímulos áudio-verbais. Este teste é composto por sete sequências de números aleatórios, com maior quantidade de números a cada sequência. O avaliador lê os números pausadamente e o indivíduo os repete imediatamente após, em ordem direta. A pontuação varia de 0 a 2, o que depende do número de acertos em cada sequência de números. O máximo de pontos alcançados pelo indivíduo é de 14.

2) Números ordem indireta: para avaliar memória de curto-prazo, capacidade de atenção concentrada e de controle mental aos estímulos áudio-verbais. Este teste é composto por 7 sequências de números aleatórios, com uma maior quantidade de números a cada sequência. O avaliador lê os números pausadamente e o indivíduo os repete imediatamente após, em ordem inversa. A pontuação varia de 0 a 2, o que depende do número de acertos em cada sequência de números. O máximo de pontos alcançados pelo indivíduo é de 14 .

3) Figura complexa de Rey (teste com a figura A e B): para avaliar o planejamento, aptidão organizacional, estratégias para a solução de problemas, funções perceptuais, motoras e habilidade de construção visuo-espacial. Neste teste, o avaliador entrega a figura ao indivíduo, que deve copiá-la sem tempo determinado. A pontuação se dá pelo maior número de acertos quanto ao tracejado, a habilidade espacial e a destreza motora. Rey Osterrieth Figure Immediate Recall Test (A and B): para avaliar o planejamento, aptidão organizacional, estratégias para a solução de problemas, funções perceptuais, motoras, habilidade de construção visuo-espacial e a memória visual. Neste teste, o indivíduo deve desenhar a figura que copiou há 15 minutos atrás, em um papel em branco entregue pelo avaliador. A pontuação se dá pelo maior número de acertos quanto ao tracejado, a habilidade espacial e a destreza motora. Rey Osterrieth Figure Delayed Recall Test (A and B): para avaliar o planejamento, aptidão organizacional, estratégias para a solução de problemas, funções perceptuais, motoras, memória episódica de longo prazo, habilidade de construção visuo-espacial e a memória visual. Neste teste, o indivíduo deve desenhar a figura que copiou há 30 minutos atrás, em um papel em branco entregue pelo avaliador. A pontuação se dá pelo maior número de acertos quanto ao tracejado, a habilidade espacial e a destreza motora.

4) Teste de trilha A: para avaliar a atenção, velocidade e flexibilidade mental. Este teste é considerado um dos principais testes frente à mensuração da atenção e das funções executivas. O teste contém 25 números dispostos aleatoriamente em uma folha. O avaliador o entrega ao indivíduo, que deve ligar os números em ordem crescente, enquanto o tempo é cronometrado pelo avaliador. Teste de trilha B: para avaliar a atenção, velocidade e flexibilidade mental. Este teste é considerado um dos principais testes frente à mensuração da atenção e das funções executivas. O teste contém números de 1 a 13 e letras de A a L, dispostos aleatoriamente. O avaliador o entrega ao indivíduo, que deve ligar números e letras de maneira crescente, intercalando-os. O tempo é cronometrado pelo avaliador.

5) Sequencia de números e letras de Wechsler: para avaliar a memória declarativa auditiva, bem como habilidades da memória operacional. Este teste é composto por sete blocos de números e letras dispostos aleatoriamente. A quantidade de números e letras aumenta respectivamente à sequência de blocos. O avaliador lê as sequências de forma pausada e o indivíduo deve repeti-las imediatamente após. A pontuação se dá pelo número de acertos .

6) Teste de histórias de Wechsler – história I e II: para avaliar a habilidade de retenção do conteúdo de duas histórias, as quais são apresentadas pelo avaliador. Neste teste, cada história é lida pelo avaliador separadamente e de forma pausada, seguida de evocação imediata pelo indivíduo, que deve reproduzir os textos o mais fielmente possível. Após trinta minutos, solicita-se a evocação das mesmas histórias. A pontuação se dá pelo número de palavras corretas que o indivíduo declara .

7) Teste de semelhanças: para avaliar o raciocínio abstrato e as habilidades de conceituação. Neste teste, o avaliador apresenta ao indivíduo 19 duplas de palavras. Cada dupla de palavras é lida a ele, que deve interpretá-las e conceitua-las à sua maneira. A pontuação é feita pelo avaliador, que considera os conceitos e similaridades atribuídos a cada dupla de palavras apresentada.

TESTE NÚMEROS ORDEM DIRETA E ORDEM INDIRETA

PROJETO: _____

AVALIADOR: _____ PERÍODO: _____

NOME: _____

DATA SEXO M F IDADE ANOS

NÚMEROS - WAIS-R			
ORDEM DIRETA	PONTOS	ORDEM INVERSA	PONTOS
5-8-2		2-4	
6-9-4		5-8	
6-4-3-0		6-2-9	
7-2-8-6		4-1-5	
4-2-7-3-1		8-2-7-9	
7-5-8-3-6		4-9-6-8	
6-1-9-4-7-3		1-5-2-8-6	
3-9-2-4-8-7		6-1-8-4-3	
5-9-1-7-4-2-8		5-3-9-4-1-8	
4-1-7-9-3-8-6		7-2-4-8-5-6	
5-8-1-9-2-6-4-7		8-1-2-9-3-6-5	
3-8-2-9-5-1-7-4		4-7-3-9-1-2-8	
2-7-5-8-6-2-5-8-4		9-4-3-7-6-2-5-8	
7-1-3-9-4-2-5-6-8		7-2-8-1-9-6-5-3	
SOMA D _____		+I _____ = _____	

SEQUÊNCIA DE NÚMEROS E LETRAS - WAIS-III				
Tentativa		Itens / Respostas	Pontos na tentativa (0 ou 1)	Pontos no Item (0, 1, 2 ou 3)
1.	1	L - 2 (2 - L)		
	2	B - 5 (5 - B)		
	3	6 - P (6 - P)		
2.	1	H - 1 - 8 (1 - 8 H)		
	2	R - 4 - D (4 - D - R)		
	3	F - 7 - L (7 - F - L)		
3.	1	V - 1 - J - 5 (1 - 5 - J - V)		
	2	T - 9 - A - 3 (3 - 9 - A - T)		
	3	7 - N - 4 - L (4 - 7 - L - N)		
4.	1	5 - P - 3 - Y - 9 (3 - 5 - 9 - P - Y)		
	2	8 - D - 6 - G - 1 (1 - 6 - 8 - D - G)		
	3	K - 2 - C - 7 - S (2 - 7 - C - K - S)		
5.	1	W - 8 - H - 5 - F - 3 (3 - 5 - 8 - F - H - W)		
	2	6 - G - 9 - A - 2 - S (2 - 6 - 9 - A - G - S)		
	3	M - 4 - E - 7 - Q - 2 (2 - 4 - 7 - E - M - Q)		
6.	1	5 - T - 9 - J - 2 - X - 7 (2 - 5 - 7 - 9 - J - T - X)		
	2	E - 1 - H - 8 - R - 4 - D (1 - 4 - 8 - D - E - H - R)		
	3	R - 3 - B - 4 - Z - 1 - C (1 - 3 - 4 - B - C - R - Z)		
7.	1	5 - H - 9 - S - 2 - N - 6 - A (2 - 5 - 6 - 9 - A - H - N - S)		
	2	D - 1 - R - 9 - B - 4 - K - 3 (1 - 3 - 4 - 9 - B - D - K - R)		
	3	7 - M - 2 - T - 6 - F - 1 - Z (1 - 2 - 6 - 7 - F - M - T - Z)		
			Total de Pontos (Máximo = 21)	

FIGURA COMPLEXA DE REY FORMA A

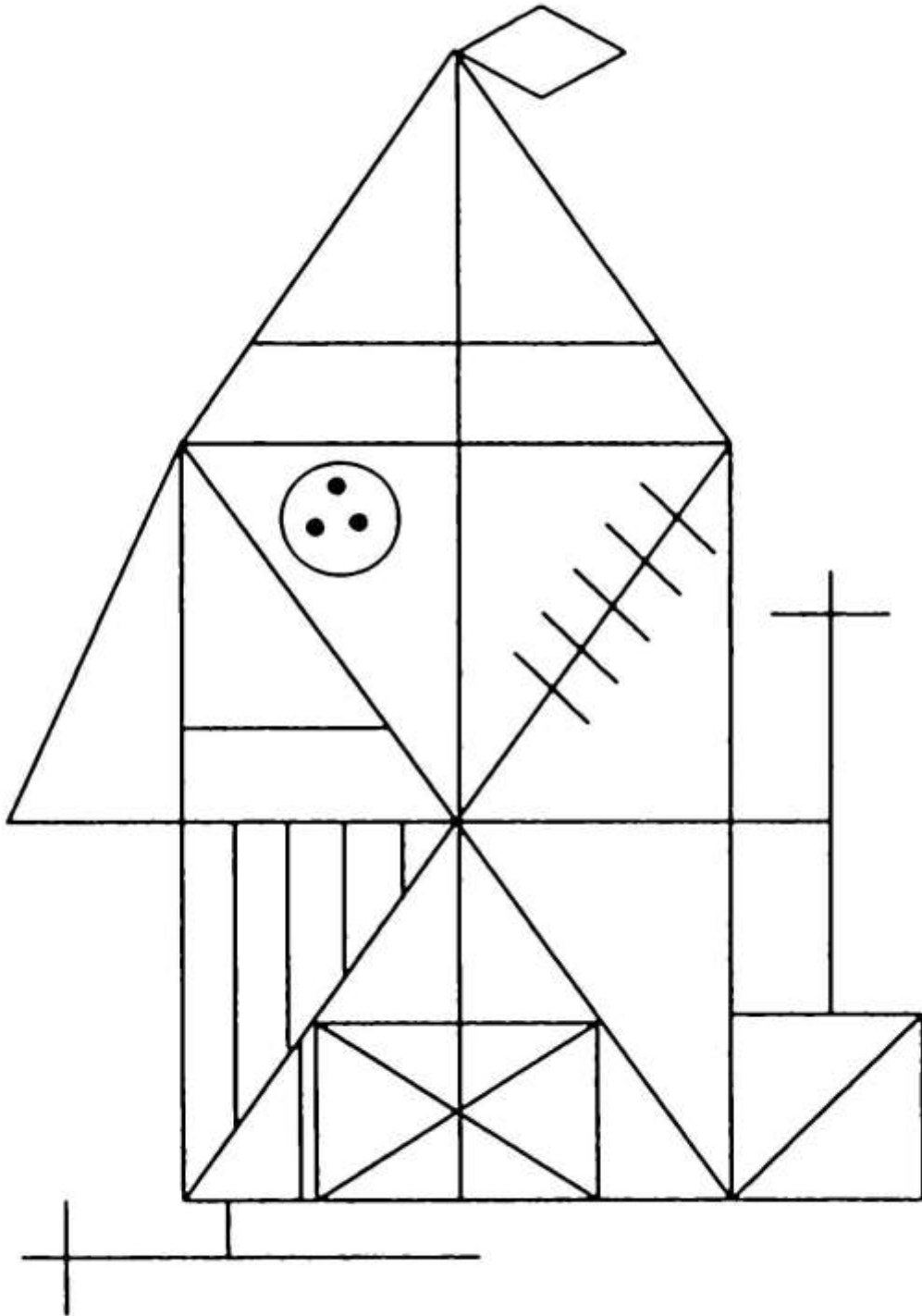


FIGURA COMPLEXA DE REY FORMA B

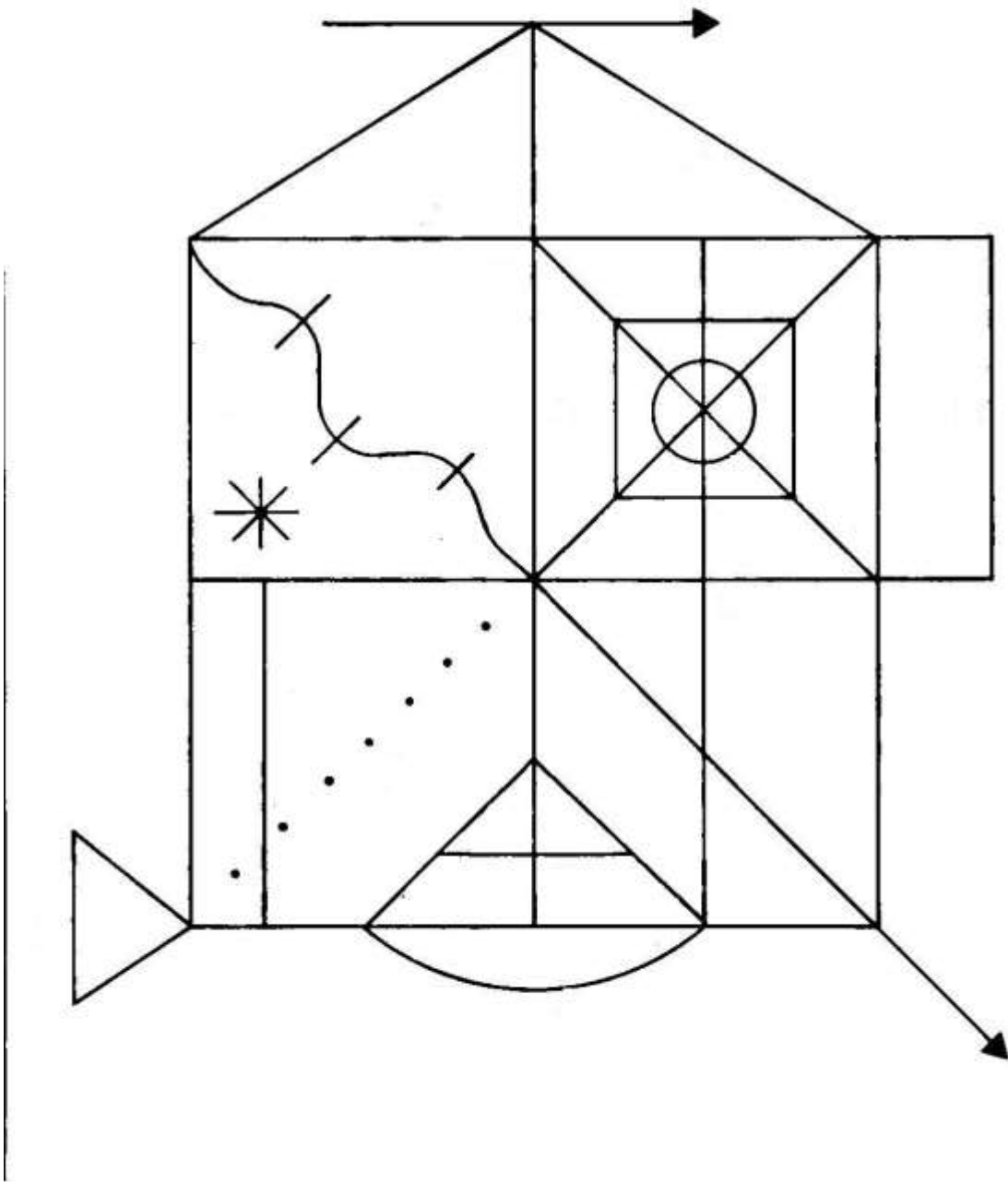


FIGURA COMPLEXA DE REY CÓPIA

PROJETO: _____

AVALIADOR: _____ PERÍODO: _____

NOME: _____ FORMA A () FORMA B ().

DATA

--	--	--

 SEXO M () F () IDADE

--	--

 ANOS

FIGURA COMPLEXA DE REY

Parte I: CÓPIA:

FIGURA COMPLEXA DE REY RECORDAÇÃO IMEDIATA

PROJETO: _____

AVALIADOR: _____ PERÍODO: _____

NOME: _____ FORMA A () FORMA B ().

DATA

--	--	--

 SEXO M () F () IDADE

--	--

 ANOS

FIGURA COMPLEXA DE REY

Parte II: RECORDAÇÃO IMEDIATA:

FIGURA COMPLEXA DE REY RECORDAÇÃO TARDIA

PROJETO: _____

AVALIADOR: _____ PERÍODO: _____

NOME: _____ FORMA A () FORMA B ().

DATA

--	--	--

 SEXO M () F () IDADE

--	--

 ANOS

FIGURA COMPLEXA DE REY

Parte III: RECORDAÇÃO TARDIA:

TRILHA A - TREINO

PROJETO: _____

AVALIADOR: _____ PERÍODO: _____

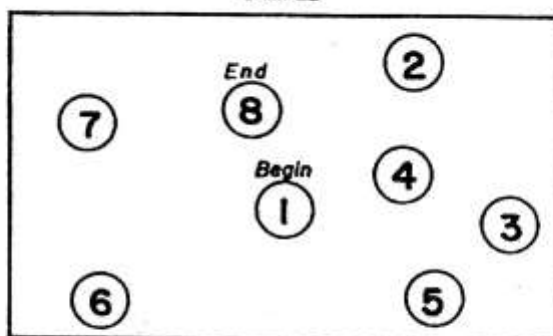
NOME: _____

DATA SEXO M FIDADE ANOS

TRAIL MAKING

Part A

SAMPLE

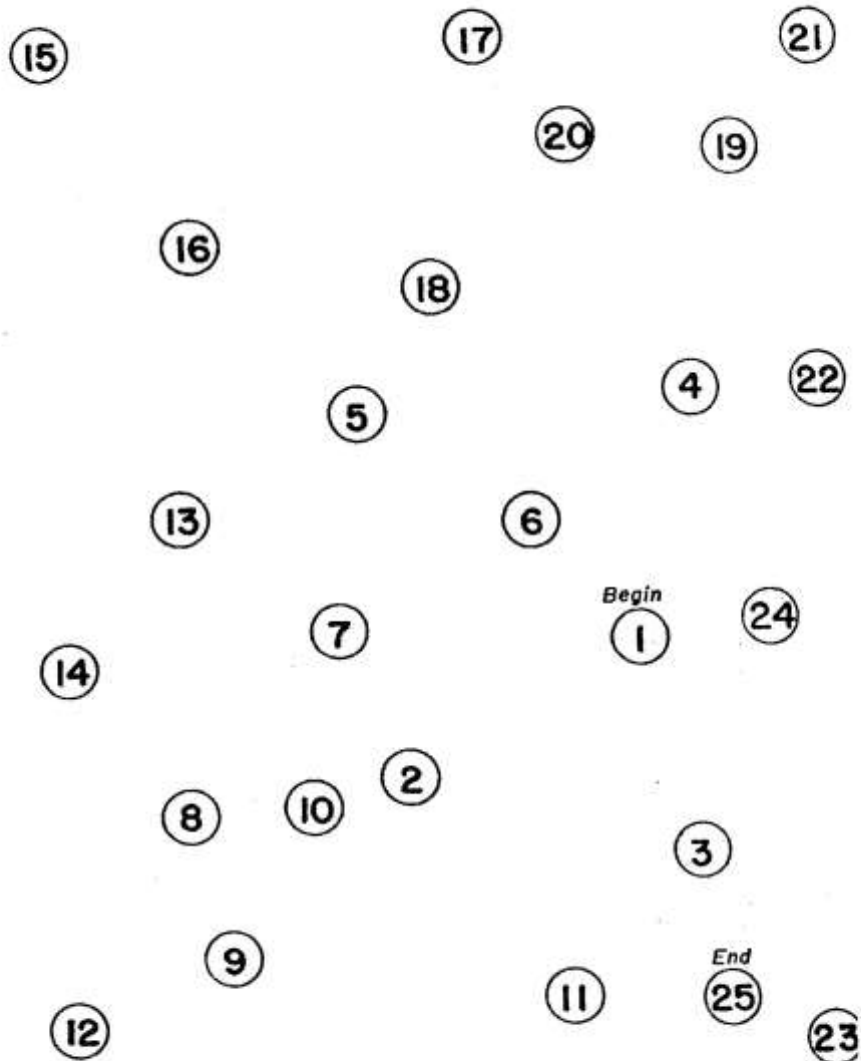


TRILHA A TESTE

PROJETO: _____

AVALIADOR: _____ PERÍODO: _____

NOME: _____

DATA SEXO M F IDADE ANOS

TRILHA B TREINO

PROJETO: _____

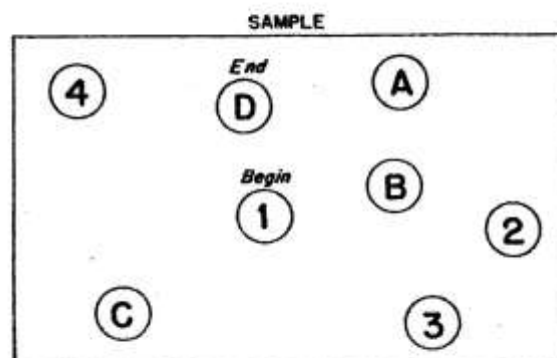
AVALIADOR: _____ PERÍODO: _____

NOME: _____

DATA SEXO M FIDADE ANOS

TRAIL MAKING

Part B



TRILHA B TESTE

PROJETO: _____

AVALIADOR: _____ PERÍODO: _____

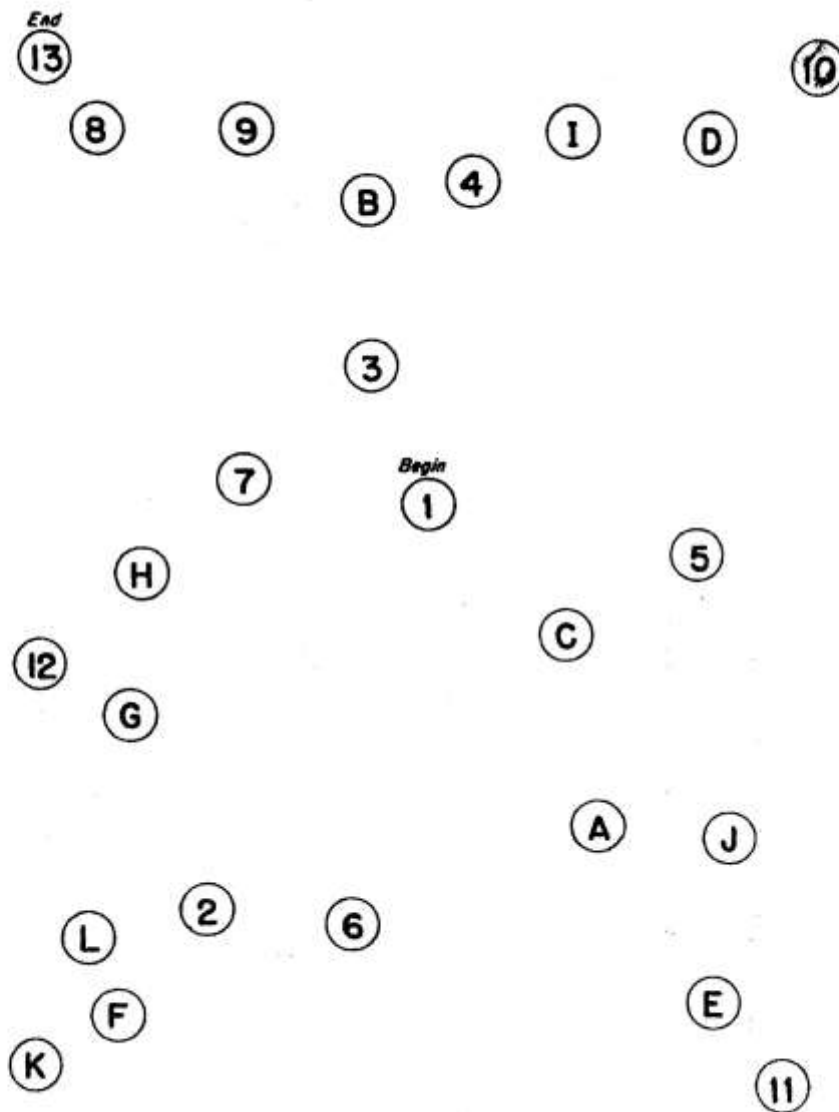
NOME: _____

DATA

--	--	--

SEXO M FIDADE

--	--

 ANOS

MEMÓRIA LÓGICA ESTÓRIA A e B

PROJETO: _____

AVALIADOR: _____ PERÍODO: _____

NOME: _____

DATA SEXO M () F () IDADE ANOS

MEMÓRIA LÓGICA

ESTÓRIA A

Ana/ Soares/ do sul/ do Paraná/ empregada/ como faxineira/ num prédio/ de escritórios./ contou/ na delegacia/ de policia/ que tinha sido assaltada./ na noite anterior/ na rua Tiradentes/ e roubada/ em 150 reais./ Ela disse que tinha 4/ filhinhos./ o aluguel/ não tinha sido pago/ e eles não comiam/ há dois dias./ Os policiais/ com pena da história da mulher./ deram dinheiro/ para ela/.

Pontos: _____**ESTÓRIA B**

Roberto/ Mota/ estava dirigindo/ um caminhão/ Mercedes/ numa estrada/ à noite/ no Vale/ do Paraíba/ levando ovos/ para São Paulo./ quando o eixo do caminhão/ quebrou./ O caminhão derrapou/ caindo num buraco/ fora da estrada./ Ele foi jogado/ contra o painel/ e se assustou muito./ Não tinha trânsito/ e ele duvidou que pudesse ser socorrido./ Naquele instante o seu rádio amador/ tocou./ Ele respondeu imediatamente/ "Aqui fala Tubarão"/.

ESTÓRIA A- RECORDAÇÃO

Ana/ Soares/ do sul/ do Paraná/ empregada/ como faxineira/ num prédio/ de escritórios./ contou/ na delegacia/ de policia/ que tinha sido assaltada./ na noite anterior/ na rua Tiradentes/ e roubada/ em 150 reais./ Ela disse que tinha 4/ filhinhos./ o aluguel/ não tinha sido pago/ e eles não comiam/ há dois dias./ Os policiais/ com pena da história da mulher./ deram dinheiro/ para ela/.

*Pista: Sobre uma mulher que foi roubada.**Pontos:* _____**ESTÓRIA B - RECORDAÇÃO**

Roberto/ Mota/ estava dirigindo/ um caminhão/ Mercedes/ numa estrada/ à noite/ no Vale/ do Paraíba/ levando ovos/ para São Paulo./ quando o eixo do caminhão/ quebrou./ O caminhão derrapou/ caindo num buraco/ fora da estrada./ Ele foi jogado/ contra o painel/ e se assustou muito./ Não tinha trânsito/ e ele duvidou que pudesse ser socorrido./ Naquele instante o seu rádio amador/ tocou./ Ele respondeu imediatamente/ "Aqui fala Tubarão"/.

TESTE DE SEMELHANÇAS

PROJETO: _____
 AVALIADOR: _____ PERÍODO: _____
 NOME: _____

DATA SEXO M () F () IDADE ANOS

SEMELHANÇAS – WAIS III

	PONTOS
1 – Meias – Sapatos	0 ou 2
2 – Laranja – Banana	0, 1, 2
3 – Amarelo – Vermelho	0 ou 2
4 – Barco – Automóvel	0, 1, 2
5 – Piano – Tambor	0, 1, 2
6 – Cachorro – Leão	0, 1, 2
7 – Casaco – Terno	0, 1, 2
8 – Olho – Ouvido	0, 1, 2
9 – Garfo – Colher	0, 1, 2
10 – Ovo – Semente	0, 1, 2
11 – Mesa – Cadeira	0, 1, 2
12 – Democracia – Monarquia	0, 1, 2
13 – Poema – Estátua	0, 1, 2
14 – Trabalho – Diversão	0, 1, 2
15 – Vapor – Neblina	0, 1, 2
16 – Mosca – Árvore	0, 1, 2
17 – Elogio – Punição	0, 1, 2
18 – Inimigo – Amigo	0, 1, 2
19 – Hibernação – Imigração	0, 1, 2
	Total de Pontos (Máximo = 38)

3.7 Coleta de sangue e dosagem do BDNF

Amostras de sangue foram coletadas no início da manhã após, entre 7 e 9h, um período de jejum de 12 horas. Aproximadamente 30 mL de sangue foram coletados da veia antecubital e distribuídos em tubo seco. As amostras foram centrifugadas (2000 g) durante 10 minutos e posteriormente retirados o soro e armazenados em freezer -80°C até o momento da análise. A concentração sérica de BDNF (amostras em duplicata) foi medida usando o kit comercial para o ensaio imunoabsorvente da ligação das enzimas (enzyme linked immunosorbent assay, ELISA) (SEA011Hu BDNF kit, Cloud-Clone Corporation, Houston, USA) de acordo com as orientações do fabricante.

3.8 Análise estatística

Para a análise estatística utilizou-se o software STATISTICA versão 10.0. A normalidade dos dados foi verificada pelo Teste de Shapiro-Wilk. Utilizou-se o teste de ANOVA de uma via para comparação das variáveis entre os grupos no período pré-intervenção. Os possíveis efeitos das intervenções propostas nas variáveis dependentes foram testados por meio da análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, com post hoc de Tukey, quando apropriado. Os dados foram apresentados como média, desvio padrão e o intervalo de confiança de 95%. O nível de significância adotado foi de $\alpha \leq 0,05$.

4 RESULTADOS

A tabela 3 apresenta as variáveis descritivas da amostra no período pré-intervenção. Após o teste de ANOVA de uma via, não se constatou diferença entre os grupos para as variáveis estudadas no referido período (idade, $F(5, 19)=0,59139$, $p=0,70670$; escolaridade, $F(5, 19)=0,59139$, $p=0,70670$; IMC, $F(5, 19)=0,59139$, $p=0,70670$; VO_2O máx, $F(5, 19)=,59139$, $p= 0,70670$; estatura, $F(5, 19)=,59139$, $p= 0,70670$).

Tabela 3: Variáveis descritivas dos grupos HIIT e MICT no período pré-intervenção.

VARIÁVEL	PRÉ-INTERVENÇÃO			
	CONTÍNUO (n=12)		HIIT (n=13)	
	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Idade (anos)	40,50	5,63	39,46	5,44
Escolaridade (anos)	13,00	2,09	12,84	2,07
IMC (MCT/Estatura ²)	29,38	3,62	27,77	2,68
Vo ₂ máx	44,02	5,00	45,48	4,18
Estatura	1,70	0,070	1,73	0,05

Dados apresentados em média e desvio padrão (DP). Grupo treinamento contínuo (Contínuo); Grupo treinamento intervalado (HIIT). Teste de Anova de uma via para testar diferença entre os grupos. ^a Diferença entre os períodos pré e pós-intervenção para o mesmo grupo ($p<0,05$).

De acordo com a tabela 3, a ANOVA mostrou os efeitos para as seguintes variáveis: MLIRI (efeito tempo, $F(2, 46)=9,4115$, $p=0,00037$); MLIIRI (efeito tempo, $F(2, 46)=15,147$, $p=0,00001$); MLSRI (efeito tempo: $F(2, 46)=16,278$, $p=0,00000$); MLIRT (efeito tempo: $F(2, 46)=16,072$, $p=0,00001$); MLIRT (efeito tempo, $F(2, 46)=16,072$, $p=0,00001$); MLIIRT (efeito tempo: $F(2, 46)=16,072$, $p=0,00001$); MLSRT (efeito tempo: $F(2, 46)=21,580$, $p=0,00$); Números ordem direta (efeito tempo: $F(2, 46)=7,2651$, $p=0,00181$); Números ordem inversa (efeito tempo: $F(2, 46)=7,5067$, $p=0,00151$); Números e letras (efeito tempo: $F(2, 46)=8,2577$, $p=0,00086$); Semelhanças (efeito tempo: $F(2, 46)=10,812$, $p=0,00014$); TTA (efeito tempo: $F(2, 46)=17,352$, $p=0,00$); TTB (efeito tempo: $F(2, 46)=43,723$, $p=0,00$); FCRRI (efeito tempo: $F(2, 46)=10,329$, $p=0,00020$); FCRRT (efeito tempo: $F(2, 46)=40,560$, $p=0,00$); e BDNF (efeito tempo: $F(2, 46)=3,4511$, $p=0,04013$).

Tabela 4: Descrição dos resultados dos testes neuropsicológicos e BDNF sérico.

VARIÁVEL	PRÉ-INTERVENÇÃO				PÓS-INTERVENÇÃO				PODER DO TESTE (POWER)	
	CONTÍNUO (n=12)		HIIT (n=13)		CONTÍNUO (n=12)		HIIT (n=13)			
	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP		
TESTES NEUROPSICOLÓGICOS	MLIRI (escore)	8,00	1,95	8,69	2,32	10,25 ^a	2,22	11,15 ^a	3,74	0,97
	MLIIRI (escore)	4,92	2,39	5,69	1,49	8,33 ^a	1,72	9,31 ^a	3,54	0,99
	MLSRI (escore)	12,92	3,87	14,38	2,96	18,58 ^a	2,35	20,46 ^a	6,54	0,99
	MLIRT (escore)	4,67	1,61	6,08	3,62	8,50 ^a	2,20	9,38 ^a	3,25	0,99
	MLIIRT (escore)	3,25	1,48	3,38	1,61	7,08 ^a	1,88	7,77 ^a	3,09	0,99
	MLSRT (escore)	7,92	2,68	9,38	3,95	15,58 ^a	3,18	16,77 ^a	5,75	0,99
	Números OD (escore)	5,00	1,48	5,38	1,71	5,92	1,31	6,69 ^a	1,84	0,92
	Números OI (escore)	5,42	1,78	5,15	1,95	6,83 ^a	2,04	6,85 ^a	2,08	0,92
	Números e Letras (escore)	7,58	2,47	8,08	1,61	9,83 ^a	1,40	10,38 ^a	2,29	0,95
	Semelhanças (escore)	19,00	4,31	19,62	4,96	23,33 ^a	2,42	22,23 ^a	4,00	0,98
	Teste de Trilhas A (segundos)	36,21	8,11	40,24	10,90	29,77 ^a	8,04	29,44 ^a	9,13	0,99
	Teste de Trilhas B (segundos)	120,76	38,83	130,80	43,89	67,15 ^a	12,85	61,59 ^a	15,30	1,00
	FCRRI (escore)	17,83	7,18	22,38	7,02	28,33 ^a	5,28	30,15 ^a	3,98	0,98
	FCRRT (escore)	17,96	6,37	21,92	6,96	29,58 ^a	4,52	29,42 ^a	4,41	1,00
BDNF SÉRICO (pg/mL)	1114,10	134,66	1187,48	180,38	1840,45 ^a	279,94	1992,78 ^a	255,31	1,00	

Dados apresentados em média e desvio padrão (DP). Grupo treinamento contínuo (Contínuo); Grupo treinamento intervalado (HIIT). Memória lógica I recordação imediata (MLRI); memória lógica II recordação imediata (MLIIRI); memória lógica soma recordação imediata (MLSRI); Memória lógica I recordação tardia (MLRT); memória lógica II recordação tardia (MLIIRT); memória lógica soma recordação tardia (MLSRT); Números ordem direta (OD); Números ordem inversa (OI); Figura complexa de Rey recordação imediata (FCRRI); Figura complexa de Rey recordação tardia (FCRRT); Fatos Neurotrófico Derivado do Cérebro; Teste de Anova para medidas repetidas, com teste *post hoc* de Tukey. ^aDiferença entre os períodos pré e pós-intervenção para o mesmo grupo ($p < 0,05$).

5 DISCUSSÃO

O exercício físico é uma importante ferramenta de promoção e manutenção da saúde, uma vez que pode propiciar diversos benefícios para o cérebro, melhorando e mantendo a cognição funcionando de maneira saudável e diminuindo as chances de acometimento por declínio cognitivo e doenças neurodegenerativas (Bouchard C, *et al.* 1994, Cassilhas *et al.*, 2016). Isto porque, estudos têm se acumulado ao longo dos anos e mostrado que o MICT é capaz de melhorar funções cognitivas, tornando-o uma eficaz maneira de melhorar a neuroplasticidade hipocampal (Fardell *et al.* 2012, Cassilhas *et al.*, 2012, Cassilhas *et al.*, 2016).

Apesar de serem consensuais os benefícios do MICT para a saúde geral e cerebral, o HIIT, uma variação comum do treinamento aeróbio, ainda apresenta poucos dados sobre os seus benefícios na cognição e a neuroplasticidade. O presente estudo comparou o efeito dos treinamentos aeróbios HIIT e MICT sobre a cognição e o BDNF, um marcador de neuroplasticidade, em indivíduos adultos. Após oito semanas de intervenção, ambos os protocolos de treinamento se mostraram eficientes para melhorar os escores nos testes neuropsicológicos e aumentar os níveis séricos do BDNF. Tais resultados inéditos mostram que um treinamento com menor volume e maior intensidade também é capaz de produzir efeitos positivos na cognição humana e neuroplasticidade em adultos jovens.

Cordeiro *et al.* 2014 mostraram que entre os indivíduos fisicamente ativos houve um desempenho significativamente melhor na memória declarativa, em comparação aos sedentários. No presente estudo, ambos os grupos também melhoraram a função de memória de longo prazo declarativa, como figura complexa de Rey, números e letras, memória lógica e semelhanças.

Adicionalmente, observando os resultados de memória de trabalho, que relatamos com o teste de números ordem direta e inversa, FCR e números e letras, destaca-se que no comparativo dos grupos não houve diferença significativa entre os grupos após a intervenção, indicando que o exercício físico, tanto o MICT quanto o HIIT, podem se apresentar como ferramentas eficazes para melhorar esta função cognitiva.

Em outro estudo, Drignv *et al.* (2014) realizaram um estudo com indivíduos adultos obesos, submetendo-os a um protocolo de treinamento misto de HIIT e MICT por 4 semanas, três vezes por semana. Após a intervenção, houve melhora no desempenho dos voluntários nos testes de números ordem direta e inversa, teste números e letras e teste de trilhas. Em crianças com déficit de atenção e hiperatividade, Gapin e Etner 2010 investigaram a relação entre a aptidão física e a cognição (função executiva e memórias de curto prazo). Observou-se uma correlação positiva entre o aumento do nível de atividade física e a melhora destas funções cognitivas.

Um ponto a destacar neste momento é que o HIIT foi igualmente benéfico e efetivo ao melhorar a cognição em adultos, após oito semanas de treinamento. A literatura aponta um efeito da intensidade na cognição como um “U” invertido, no qual a intensidade moderada seria mais eficiente que a intensidade leve ou alta (McMorris e Hale 2012). A hipótese se baseia no fato de que a intensidade alta comprometeria a ativação do córtex pré-frontal e outras áreas subcorticais relacionadas à memória (hipocampo) em detrimento de um desvio e maior ativação das áreas motoras, o que resultaria em impactos negativos na cognição. Outra hipótese sugere que a produção de neurotransmissores pela intensidade moderada promoveria a melhora da cognição, mas em níveis mais intensos, a produção das catecolaminas prejudicaria o adequado funcionamento das referidas áreas, prejudicando o funcionamento cognitivo (McMorris e Hale 2012). Em recentes estudos com a análise do fluxo sanguíneo cerebral por Doppler ou Ressonância magnética, foi mostrado que em intensidades acima de 70% do $VO_{2máx}$ ocorre uma maior ativação cerebral de regiões associadas com as áreas motoras, em detrimento das regiões subcorticais relacionadas às funções cognitivas, como o hipocampo, o que reforça que em altas intensidades ocorreria um redirecionamento sanguíneo para áreas motoras (Smith *et al.* 2014).

No entanto, um dos componentes mais importantes do exercício físico na saúde cerebral é que ocorre um aumento na ativação cerebral com a geração do próprio movimento. Com um aumento da intensidade do exercício e conseqüentemente a elevação do movimento, ocorre uma maior perfusão sanguínea cerebral para atingir a demanda metabólica o que resulta em maiores adaptações vasculares, ativando a expressão de genes associados com a neuroplasticidade, neurogênese e fatores de crescimento, tais como o BDNF (Cotman e Berchtold 2013). O BDNF sérico foi aumentado no presente estudo em ambos os protocolos, o que denota igual eficiência do HIIT em aumentar um importante biomarcador de neuroplasticidade. Tais fenômenos são os mais primordiais para justificar o impacto positivo na melhora da saúde cerebral pelo MICT e HIIT, mas que podem ser diferentes, de acordo com os diferentes parâmetros do exercício físico, que influencia a magnitude da ativação neural e que culmina das adaptações resultantes conjuntas (vascular e neural) (Cotman e Berchtold 2002).

Parece então que, apesar de o HIIT ser considerado de alta intensidade, se poderia esperar uma piora da cognição, dentro do raciocínio em “U” invertido. No entanto, como a sessão é intervalada e não contínua, esta relação linear se perde, não podendo basear o impacto do HIIT na cognição que, no presente estudo, melhorou a cognição de maneira eficaz (quando comparado ao MICT). Apesar de o HIIT envolver alta intensidade, a mesma é feita em períodos curtos e com intervalos de descanso para recuperação, preservando a relação correta volume-intensidade, o que talvez se enquadre na demanda metabólica cerebral/ catecolaminas e não promova redirecionamento

aos centros motores e prejuízo do funcionamento do córtex pré-frontal e áreas correlatas com a cognição. Tais evidências confirmam que o HIIT pode ser também um protocolo tempo-eficiente para a melhora da cognição e BDNF, tendo em vista que o volume (distância percorrida e tempo de sessão) foi de apenas 40% do protocolo MICT. Do ponto de vista de saúde pública, estes achados são ainda mais importantes, uma vez que a “falta de tempo” é uma razão comumente reportada para não realizar exercícios físicos (Bauman *et al.* 2002).

Entender as bases celulares e moleculares da indução dos efeitos benéficos do exercício físico aeróbico, tanto contínuo quanto intervalado é vital para se otimizar o exercício físico para a promoção da saúde cerebral. Devido ao fato de no presente estudo, de maneira inédita, ter-se mensurado e comparado os níveis séricos de BDNF em dois protocolos de exercício aeróbico (MICT e HIIT), a discussão sobre os mecanismos pelos quais as melhoras cognitivas ocorreram, passa a ser possível. Diferentes estudos (ensaios clínicos e modelos animais) já mostraram que o exercício aeróbico do tipo MICT aumentam os níveis séricos e cerebrais (especialmente no hipocampo) (Cassilhas *et al.*, 2016).

Cassilhas *et al.*, 2012 verificaram que o treinamento aeróbico em esteira melhorou a memória espacial de curto e longo prazo, uma memória que, em humanos, se assemelharia com as memórias de curto e longo prazo. Pereira *et al.* 2007 realizaram estudo com camundongos, submetendo-os a duas semanas de atividade física voluntária a fim de investigar os efeitos do exercício sobre a angiogênese no giro denteado do hipocampo, e posteriormente, com 11 indivíduos que foram submetidos a um protocolo de exercício aeróbico por 12 semanas, com uma frequência de 4 vezes por semana e duração de uma hora, sendo aplicado antes e pós treino, como ferramenta de avaliação cognitiva o teste de memória declarativa de Rey. Os resultados foram comparados com um banco de imagens produzidos a partir dos resultados dos camundongos e por correlação confirmaram os efeitos positivos do exercício físico nas funções cognitivas, indicando que a atividade física foi capaz de induzir neurogênese hipocampal.

De acordo com Shinder *et al.* (2000), muitas das formas de plasticidade no hipocampo, região do cérebro diretamente ligada a formação das memórias declarativas, dependem diretamente do aumento do BDNF. Sendo assim, alterações a regulação desta neurotrofina seria importante para induzir neuroplasticidade e a consequente melhora na cognição, como vista no presente estudo. Estudo recente em ratos, Afzalpour *et al.* 2015 investigaram o efeito de seis semanas de MICT ou HIIT no BDNF e outras neurotrofinas. Os autores verificaram, ao contrário do presente estudo, que o HIIT causou maior aumento do BDNF cerebral quando comparado ao MICT, mas vale destacar que o BDNF foi medido de cérebro total, que impossibilita extrapolar os resultados do BDNF para as áreas associadas com os processos de aprendizagem e memória. Os autores discutem que o maior

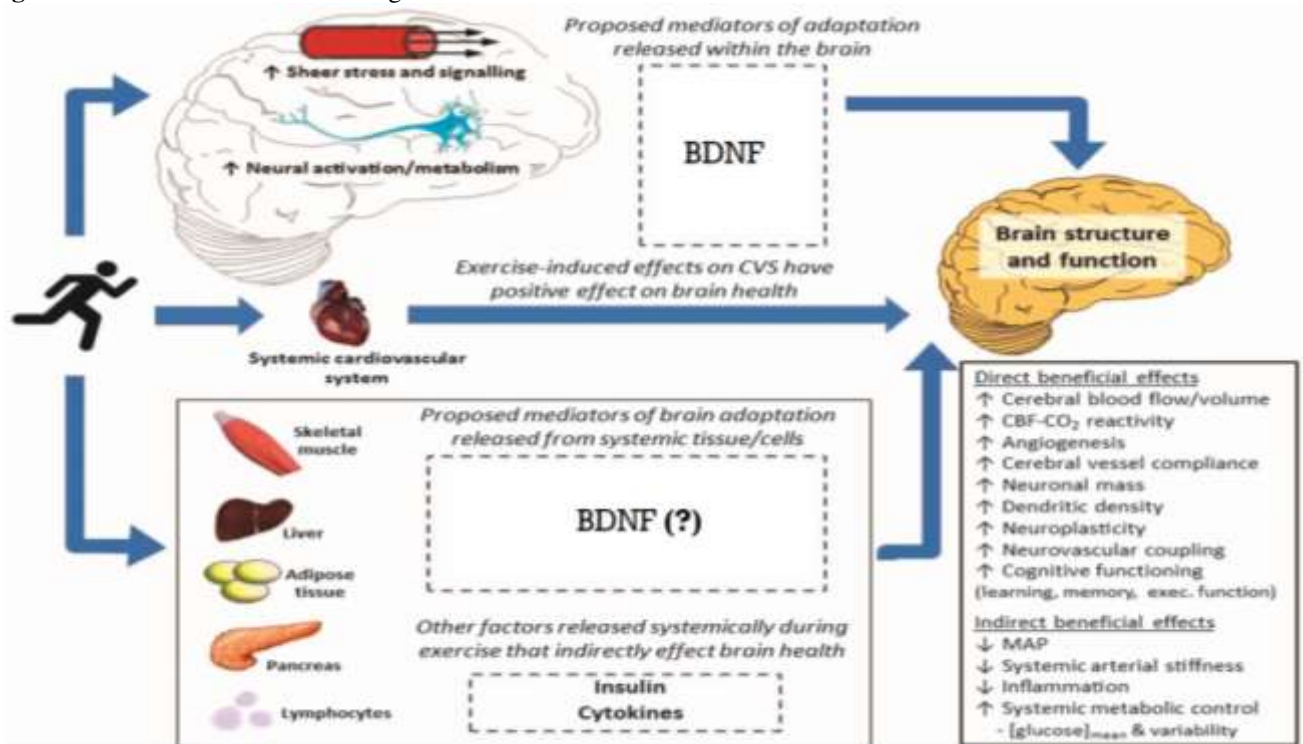
aumento do BDNF no grupo HIIT pode estar associado a uma maior indução de inflamação e estresse oxidativo pelo HIIT, em detrimento de uma maior hipóxia cerebral pela alta intensidade de demanda energética (Siamilis *et al.*, 2009; Cavaleiro, *et al.*, 2006; Rasmussem *et al.*, 2009).

Adicionalmente Jeon e Ha, (2017) realizaram estudo com adolescentes durante 12 semanas a fim de investigar os possíveis efeitos do exercício físico aeróbio contínuo sobre os níveis séricos de BDNF; observaram que a intervenção foi capaz de melhorar significativamente os níveis séricos do BDNF. Da mesma maneira Chae *et at.* (2014) mostraram que um protocolo de natação por oito semanas foi capaz de estimular a neurogênese no cérebro em comparação com o grupo controle. Tais resultados corroboram com os achados no presente estudo com o aumento do BDNF sérico para o grupo MICT.

Comparado com o tradicional MICT, o HIIT promove efeitos metabólicos, cardíacos e vasculares equivalentes, mas não superiores (Batacan *et al.*, 2017; Gibala e Hawley, 2017). O presente estudo também acrescenta à literatura científica dados que mostram o HIIT e o MICT com iguais efeitos sobre a cognição e BDNF. Somados a estes achados, evidências de ordem epidemiológicas e experimentais denotam uma importância maior para a intensidade do que para a duração, mostrando maior tempo-eficiência do HIIT para a prevenção das DCNT Guiraud *et al.*, 2012; Little *et al.*, 2010; Westn *et al.*, (2014), e aprimoramento da saúde cerebral (Lucas *et al.*, 2015).

Vários estudos sobre os efeitos do treinamento físico seja de MICT ou HIIT demonstraram a eficácia do exercício aeróbio para a saúde em geral. Entretanto os efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade sobre a saúde cerebral precisam ser mais investigados e ainda permanecem não esclarecidos, como quais os possíveis efeitos (Lucas *et al.*, 2015). A figura 12 abaixo, indica os eventuais benefícios causados pelo HIIT com base nos achados do presente estudo.

Figura 13: Efeitos do HIIT na saúde geral e cerebral.



Fonte: (Adaptado de Lucas et al., 2015).

6 CONCLUSÕES

Conclui-se que os treinamentos HIIT e MICT tiveram impactos semelhantes nas funções cognitivas e BDNF sérico em Policiais Militares do Estado de Minas Gerais, os quais se mostraram melhorados após a intervenção. Adicionalmente, o HIIT obteve os mesmos resultados do MICT, mas com um volume 40% menor nas sessões de treinamento, o que denota um tempo-eficiência maior, quando comparado ao MICT.

7 REFERÊNCIAS

A.L. GROOVER, J.M. RYALS, B.L. GUILFORD, N.M. WILSON, J.A. CHRISTIANSON, D.E. Wright, Exercise-mediated improvements in painful neuropathy associated with prediabetes in mice, *Pain* 154 (2013) 2658–2667.

AFZALPOUR ME, CHADORNESHIN HT, FOADODDINI M & EIVARI HÁ (2015). Comparing interval and continuous exercise training regimens on neurotrophic factors in rat brain. *PhysiolBehav* 147, 78–83.

AHMADIZAD S, AVANSAR AS, EBRAHIM K, AVANDI M, GHASEMIKARAM M. The effects of short-term high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on plasma levels of nesfatin-1 and inflammatory markers. *Horm Mol Biol Clin Invest* 2015; 21: 165–173.

ALMEIDA, A.A., GOMES DA SILVA, S., FERNANDES, J., PEIXINHO-PENA, L.F., SCORZA, F.A., CAVALHEIRO, E.A., ARIDA, R.M., 2013. Differential effects of exercise intensities in hippocampal BDNF, inflammatory cytokines and cell proliferation in rats during the postnatal brain development. *Neurosci. Lett.* 553, 1–6.

AMREIN, IRMGARD & ISLER, KARIN & LIPP, HANS-PETER. (2011). Comparing adult hippocampal neurogenesis in mammalian species and orders: Influence of chronological age and life history stage. *The European journal of neuroscience.* 34. 978-87. 10.1111/j.1460-9568.2011.07804.x.and physiological aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance.* V. 8, p. 600-10, 2013.

ANTUNES HK, SANTOS RF, CASSILHAS RC, SANTOS RT, BUNO W, DE MELLO MT. Reviewing on physical exercise and the cognitive function. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12(2):108-14.

ANTUNES HK, SANTOS RF, HEREDIA RAG, BUENO OFA, MELLO MT. Alterações cognitivas em idosas decorrentes do exercício físico sistematizado. *Revista da Sobama* 2001;6:27-33.

BANGSBO, J., F. M. IAIA, et. al. The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, v.38, n.1, p.37-51. 2008.

BARTLETT JD, CLOSE GL, MACLAREN DP, et al. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *J Sports Sci.* 2011;29:547–53.

BATACAN, R. B., Jr., M. J. DUNCAN, et. al. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med*, v.51, n.6, Mar, p.494-503. 2017.

BERCHTOLD, N. C, C.W. COTMAN, Exercise and time-dependent benefits to learning and memory, *Neuroscience* 167 (2010) 588–597.

BERCHTOLD, N. C CHINN, M. CHOU, J.P. KESSLAK, C.W. COTMAN, Exercise primes a molecular memory for brain-derived neurotrophic factor protein induction in the rat hippocampus, *Neuroscience* 133 (2005) 853–861.

BIDDLE, S. J. e A. M. BATTERHAM. High-intensity interval exercise training for public health: a big HIT or shall we HIT it on the head? *Int J Behav Nutr Phys Act*, v.12, Jul 18, p.95. 2015.

BLAIR SN, KOHL 3RD HW, BARLOW CE, PAFFENBARGER RS, GIBBONS LW, MACERA CA. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA* 1995;273:1093-8. 2.

BLANTON, E., HONERLAW, K., KILIAN, R., & SEPE, J. (2012). *The Effects of Acute Aerobic Exercise on Cognitive Function in Young Adults*. Madison, WI: University of Wisconsin-Madison.

BONDOLFI L, ERMINI F, LONG JM, INGRAM DK, JUCKER M. Impact of age and caloric restriction on neurogenesis in the dentate gyrus of C57BL/6 mice. *Neurobiol. Aging*. 2004;25:333–340.

BONSU, B. e E. TERBLANCHE. The training and detraining effect of high-intensity interval training on post-exercise hypotension in young overweight/obese women. *Eur J Appl Physiol*, v.116, n.1, Jan, p.77-84. 2016.

BOUCHARD C, SHEPHARD RJ, STEPHENS T, editors. *Physical Activity, Fitness, and Health. International Proceedings and Consensus Statement*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1994.

BOUCHARD C, SHEPHARD RJ. Physical activity fitness and health: the model and key concepts. In: Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T, editors. *Physical activity fitness and health: International proceedings and consensus statement*. Champaign (IL): Human Kinetics; 1994. p. 77-88.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle - Part I: Cardiopulmonary Emphasis. *Sports Med*, v. 43, p. 313–38, 2013.

BURGOMASTER KA, HOWARTH KR, PHILLIPS SM, RAKOBOWCHUK M, MACDONALD MJ, MCGEE SL et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 2008; 586: 151–160.

CASPERSEN, C. J.; CHRISTENSON, G. M. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Rep*, v. 31, n. April, p. 100:126, 1985.

CASSILHAS, R. C., TUFIK, S. & DE MELLO, M. T. Physical exercise, neuroplasticity, spatial learning and memory. *Cell. Mol. Life Sci.*73, 975–983 (2016).

CASSILHAS, RC, ATTUX, C, CORDEIRO, Q, GADELHA, AL, TELLES, BA, et al. A 20-week program of resistance or concurrent exercise improves symptoms of schizophrenia: results of a blind, randomized controlled trial. *Rev Bras Psiquiatr* 2015; 37: 271–9.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL. Coronary heart disease attributable to sedentary life-style – selected states, 1988. *JAMA* 1990;264:1390-2

CHEN, Z. P., G. K. MCCONELL, et. al. AMPK signaling in contracting human skeletal muscle: acetyl-CoA carboxylase and NO synthase phosphorylation. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, v.279, n.5, Nov, p.E1202-6. 2000.

CHODZKO-ZAJKO WJ. Physical fitness, cognitive performance, and aging. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23(7):868-872.

COLCOMBE SJ, KRAMER AF, MCAULEY E, ERICKSON KI, SCALF P. Neurocognitive aging and cardiovascular fitness: recent findings and future directions. *J Mol Neurosci*. 2004;24(1):9-14.

COLCOMBE S, KRAMER AF. Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*. 2003;14(2):125-30.

COLCOMBE SJ, ERICKSON KI, SCALF PE, Kim JS, Prakash R, McAuley E, et al. Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *J Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci* 2003;58:176-80.

CORDEIRO J, DEL CASTILLO BL, FREITAS CS, GONÇALVES MP. [Effects of physical activity in declarative memory, functional capacity and quality of life in elderly]. *Rev Bras Geriatr Gerontol* [internet]. 2014

COSTIGAN SA, EATHER N, PLOTNIKOFF RC, HILLMAN CH, LUBANS DR. High-intensity interval training for cognitive and mental health in adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(10):1985-1993.

COTMAN CW, BERCHTOLD NC. Physical activity and the maintenance of cognition: learning from animal models. *Alzheimers Dement* 2007 Apr;3(2 Suppl):S30-S37.

COTMAN, C. W.; BERCHTOLD, N. C.; CHRISTIE, L.-A. Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends in neurosciences*, v. 30, n. 9, p. 464–72, set. 2007.

CURRIE KD, DUBBERLEY JB, MCKELVIE RS, MACDONALD MJ. Low-volume, high intensity interval training in patients with CAD. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45: 1436–1442.

DEL GIORNO, J. M., HALL, E. E., O'LEARY, K. C., BIXBY, W. R., & MILLER, P. C. (2010). Cognitive function during acute exercise: A test of transient hypofrontality theory. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 32, 312-323.

DESLANDES, A. et al. Exercise and mental health: many reasons to move. *Neuropsychobiology*, v. 59, n. 4, p. 191–8, jan. 2009.

DIAMOND, M. C. Response of the brain to enrichment. *An Acad Bras Cienc*, v. 73, p. 211–220,2001.

DING, D., K. D. LAWSON, et. al. The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. *The Lancet*, v.388, n.10051, p.1311-1324. 2016.

DRIGNY, JOFFREY & GREMEAUX, VINCENT & DUPUY, OLIVIER & GAYDA, MATHIEU & BHERER, LOUIS & JUNEAU, MARTIN & NIGAM, ANIL. (2014). Effect of

interval training on cognitive functioning and cerebral oxygenation in obese patients: A pilot study. *Journal of rehabilitation medicine*. 46. 10.2340/16501977-1905.

DUMITH SC, HALLAL PC, REIS RS, KOHL HW, III. Worldwide prevalence of physical inactivity and its association with human development index in 76 countries. *Prev Med* 2011 Mar 1.

DUSTMAN RE, RUHLING RO, RUSSELL EM, SHEARER DE, BONEKAT HW, SHIGEOKA JW et al. Aerobic exercise training and improved neuropsychological function of older individuals. *Neurobiol Aging* 1984; 5(1):35-42.

EGAN, B. e J. R. ZIERATH. Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metab*, v.17, n.2, Feb 05, p.162-84. 2013.

EGAN, B., CARSON, B.P., GARCIA-ROVES, P.M., CHIBALIN, A.V., SARSFIELD, F.M., BARRON, N., MCCAFFREY, N., MOYNA, N.M., ZIERATH, J.R., and O’Gorman, D.J. (2010). Exercise intensity-dependent regulation of peroxisome proliferator-activated receptor coactivator-1 mRNA abundance is associated with differential activation of upstream signalling kinases in human skeletal muscle. *J. Physiol*. 588, 1779–1790.

EKKEKAKIS, P., G. PARFITT, et. al. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. *Sports Med*, v.41, n.8, Aug 01, p.641-71. 2011.

FABRE, C., CHAMARI, K., MUCCI, P., MASSÉ-BIRON, J., & PRÉFAUT C. (2002). Improvement of cognitive function by mental and/ or individualized aerobic training in healthy elderly subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 23 (6), 415-421.

FARDELL JE, VARDY J, SHAH JD & JOHNSTON IN (2012). Cognitive impairments caused by oxaliplatin and 5-fluorouracil chemotherapy are ameliorated by physical activity. *Psychopharmacology (Berl)* 220, 183–193.

FERREIRA OGL, MACIEL SC, SILVA AO, SANTOS WS, MOREIRA MASP. O envelhecimento ativo sob o olhar de idosos funcionalmente independentes. *Rev Esc Enferm USP* 2010;44(4):1065-69.

FRANCOIS, M. E. e J. P. LITTLE. Effectiveness and safety of high-intensity interval training in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Spectr*, v.28, n.1, Jan, p.39-44. 2015.

F. SERRANO, E. KLANN, Reactive oxygen species and synaptic plasticity in the aging hippocampus, *Ageing Res. Rev.* 3 (2004) 431–443.

GAESSER, G.; ANGADI, S. High-intensity interval training for health and fitness: can less be more? *J Appl Physiol*, v. 111, p. 1540-41, 2011.

GAESSER, G. A. e S. S. ANGADI. High-intensity interval training for health and fitness: can less be more? *J Appl Physiol* (1985), v.111, n.6, Dec, p.1540-1. 2011.

GAPIN J., ETNIER J. L., The Relationship Between Physical Activity and Executive Function Performance in Children With Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 2010, 32, 753-763 © 2010 Human Kinetics, Inc.

GARBER, C. E., B. BLISSMER, et. al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*, v.43, n.7, Jul, p.1334-59. 2011.

GIBALA, M. J. e J. A. HAWLEY. Sprinting Toward Fitness. *Cell Metab*, v.25, n.5, May 02, p.988-990. 2017.

GIBALA, M. J., J. B. GILLEN, et. al. Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: influences of nutrition and sex. *Sports Med*, v.44 Suppl 2, Nov, p.S127-37. 2014.

GIBALA, M. J., J. P. LITTLE, et. al. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*, v.590, n.5, Mar 01, p.1077-84. 2012.

GIBALA, M. J. e J. P. LITTLE. Just HIT it! A time-efficient exercise strategy to improve muscle insulin sensitivity. *J Physiol*, v.588, n. 18, Sep 15, p.3341-2. 2010.

GIBALA, M. Molecular responses to high-intensity interval exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*, v.34, n.3, Jun, p.428-32. 2009.

GIBALA, M. J. High-intensity interval training: a time-efficient strategy for health promotion? *Curr Sports Med Rep*, v.6, n.4, Jul, p.211-3. 2007.

GILLEN, J.; GIBALA, M. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Appl Physiol Nutr Metab*, 2014 Mar; v. 39, n. 3, p. 409-12, 2014

GRAY, S. R., C. FERGUSON, et. al. High-intensity interval training: key data needed to bridge the gap from laboratory to public health policy. *Br J Sports Med*, v.50, n.20, Oct, p.1231-1232. 2016.

GRUNDY SM, CLEEMAN JI, DANIELS SR et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute scientific statement: Executive Summary. *Crit Pathw Cardiol* 2005;4(4):198-203.

GUIRAUD T, NIGAM A, GREMEAUX V, MEYER P, JUNEAU M, BOSQUET L. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports Med* 2012; 42: 587–605.

GUTIN B. Exercise-induced activation and human performance: a review. *Research Quarterly* 1973; 44:256-268.

HASKELL WL, LEE IM, PATE RR, POWELL KE, BLAIR SN, FRANKLIN BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 2007 Aug;39(8):1423-34.

HEYN P, ABREU BC, OTTENBACHER KJ. The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85(10):1694-1704.

HILL RD, Storandt M, Malley M. The impact of long-term exercise training on psychological function in older adults. *J Gerontol* 1993; 48(1):12-17.

IZQUIERDO I. Memória. Porto Alegre: Artmed; 2002.

KARA, B., PINAR, L., UĞUR, F., & OĞUZ, M. (2005). Correlations between aerobic capacity, pulmonary and cognitive functioning in the older women. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (3), 220-224

KESSLER, H. S., S. B. SISSON, et. al. The potential for high-intensity interval training to reduce cardioMetabolic disease risk. *Sports Med*, v.42, n.6, Jun 01, p.489-509. 2012.

KESSLER, H.; SISSON, S.; SHORT, K. The potential for high-intensity interval training
Knaepen K, Goekint M, Heyman EM, Meeusen R. Neuroplasticity - exerciseinduced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: a systematic review of experimental studies in human subjects. *Sports Med* 2010 Sep 1;40(9):765-801.

KRAMER AF, HAHN S, COHEN NJ, BANICH MT, MCAULEY E, HARRISON CR, CHASON J, VAKIL E, BARDELL L, BOILEAU RA, COLCOMBE A. Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*. 1999; 400:418–419. [PubMed: 10440369] X. Ma, M.J. Hamadeh, B.R. Christie, J.A. Foster, M.A. Tarnopolsky, Impact of treadmill running and sex on hippocampal neurogenesis in the mouse model of amyotrophic lateral sclerosis, *PLoS One* 7 (2012) e36048.

KRAUS WE, HOUMARD JA, DUSCHA BD, KNETZGER KJ, WHARTON MB, MCCARTNEY JS, et al. Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med* 2002;347:1483-92.

KRITIKOS, A., A. BEKIARI, et. al. Hippocrates' counselling with regard to physical exercise, gymnastics, dietetics and health. *Ir J Med Sci*, v.178, n.3, Sep, p.377-83. 2009.

LARSON, E. B., WANG, L., BOWEN, J. D., MCCORMICK, W. C., TERI, L., CRANE, P., & KUKULL, W. (2006). Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Annals of Internal Medicine*, 144 (2), 73-81.

LAURIN D, VERREAULT R, LINDSAY J, MACPHERSON K, ROCKWOOD K. Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Arch Neurol* 2001; 58(3):498-504.

LEE, K. Y. et al. Cognition-enhancing and neuroprotective activities of the standardized extract of *Betula platyphylla* bark and its major diarylheptanoids. *Phytomedicine*, v. 19, p. 1315–1320, 2012.

LEE, S. W.; CLEMENSON, G. D.; GAGE, F. H. New neurons in an aged brain. *Behav Brain Res*, v. 227, p. 497–507, 2012.

LEGER, L. A. e J. LAMBERT. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v.49, n.1, p.1-12. 1982.

LEGER, L. A., D. MERCIER, et. al. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, v.6, n.2, Summer, p.93-101. 1988.

LEZAK MD, HOWIESON DB, LORING DW. NEUROPSYCHOLOGICAL ASSESSMENT. 4 ed. 2004.

LITTLE, J. P., A. SAFDAR, et. al. An acute bout of high-intensity interval training increases the nuclear abundance of PGC-1alpha and activates mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, v.300, n.6, Jun, p.R1303-10. 2011.

LITTLE, J. P., J. B. GILLEN, et. al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol* (1985), v.111, n.6, Dec, p.1554-60. 2011.

LITTLE JP, SAFDAR A, WILKIN GP, TARNOPOLSKY MA, GIBALA MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol* 2010; 588: 1011–1022.

LUCAS SJ, COTTER JD, BRASSARD P, BAILEY DM. High-intensity interval exercise and cerebrovascular health: curiosity, cause, and consequence. *J Cerebr Blood Flow Metab* 2015; 35: 902–11.

MCGUIRRE DK, LEVINE BD, WILLIAMSON JW, SNELL PG, BLOMQUIST CG, SALTIN B, ET AL. A 30-year follow-up of the Dallas Bed Rest and Training Study. The effect of age on the cardiovascular response to exercise. *Circulation* 2001;104:1350-7.

MCMORRIS, T., DAVRANCHE, K., JONES, G., HALL, B., CORBETT, J., & MINTER, C. (2009). Acute incremental exercise, performance of a central executive task, and sympathoadrenal system and hypothalamic-pituitary-adrenal axis activity. *International Journal of Psychophysiology*, 73, 334-340.

MEEUSEN R. EXERCISE AND THE BRAIN: insight in new therapeutic modalities. *Ann Transplant* 2005;10(4):49-51.

MEYER, P.; GAYDA, M.; JUNEAU, M.; NIGAN, A. High-intensity aerobic interval exercise in chronic heart failure. *Current Heart Failure Reports*, v.10, p. 130-38, 2013.

M.J. MORGAN, Z.-G. LIU, Crosstalk of reactive oxygen species and NF-κB signaling, *Cell Res*. 21 (2011) 103.

MORRIS, J. N., J. A. HEADY, et. al. Coronary heart-disease and physical activity of work. *Lancet*, v.265, n.6795, Nov 21, p.1053-7; contd. 1953.

MURRAY CJL, LOPEZ AD. Measuring the global burden of disease. *New Engl J Med* 2013; 369: 448–457.

NAJJAR, S.; SKJÆRPE, T. Superior Cardiovascular Effect of Aerobic Interval Training Versus Moderate Continuous Training in Heart Failure Patients. *Circulation*, v. 115, p. 3086-94, 2007.

NEEPER, S. A. et al. Physical activity increases mRNA for brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in rat brain. v. 726, p. 49–56, 1996.

NELSON ME, REJESKI JW, BLAIR SN, DUNCAN PW, JUDGEJO, KING AC, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(8):1435-45

- NEWSON, R. S., & KEMPS, E. B. (2006). The influence of physical and cognitive activities on simple and complex cognitive tasks in older adults. *Experimental aging research*, 32 (3), 341- 362.
- NIETO, M. L., ALBERT, S.M., MORROW, L. A., & SAXTON, J. (2008). Cognitive status and physical function in older african Americans. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56 (11), 2014-2019.
- NOTTIN S, VINET A, STECKEN F, N'GUYEN LD, OUNISSI F, LECOQ AM, OBERT P. Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance-trained children. *Acta Physiol Scand* 2002;175:85-92.
- PAFFENBARGER RS, LEE IM. Physical activity and fitness for health and longevity. *Res Q Exerc Sport* 1996;67:11-28
- PEARSON TA, BLAIR SN, DANIELS SR, ECKEL RH, FAIR JM, FORTMANN SP, et al. AHA guidelines for primary prevention of cardiovascular disease and stroke: 2002 update. Consensus panel guide to comprehensive risk reduction for adult patients without coronary or other atherosclerotic vascular diseases. *Circulation* 2002;106:388-91.
- PEDERSEN BK, SALTIN B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports* 2006; 16: 3–63)
- PEREIRA AC, HUDDLESTON DE, BRICKMAN AM, Sosunov AA, Hen R, McKhann GM, Sloan R, Gage FH, Brown TR, Small SA. An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proc Natl AcadSci U S A*. 2007; 104:5638–5643. [PubMed: 17374720].
- PESCE, C. & AUDIFFREN, M. (2011). Does acute exercise switch off switch costs? A study with younger and older athletes. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 33, 609-626.
- PESCE, C. R., TESSITORE, A., CASELLA, R., PIRRITANO, M., & CAPRANICA, L. (2007). Focusing of visual attention at rest and during physical exercise in soccer players. *Journal of Sports Science*, 25, 1259-1270.
- P.F.C.D. MACÊDO, J.S.V. DE MELO, L.A.R. COSTA, G.R.F. BRAZ, S.M. DE SOUSA, C.J. LAGRANHA, et al., Fish oil and treadmill exercise have age-dependent effects on episodic memory and oxidative state of the hippocampus, *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 42 (2017) 503–510.
- PRESSLEY, J. C. et al. Dementia in community-dwelling elderly patients: A comparison of survey data, medicare claims, cognitive screening, reported symptoms, and activity limitations. *J Clin Epidemiol*, v. 56, p. 896–905, 2003.
- RASMUSSEM, PBRASSARD, H. ADSER, M.V. PEDERSEN, L. LEICK, E. HART, et al., Evidence 485 for a release of brain-derived neurotrophic factor from the brain during exercise, 486 *Exp. Physiol.* 94 (2009) 1062–1069.)
- RAZ, N. et al. Trajectories of brain aging in middle-aged and older adults: regional and individual differences. *Neuroimage*, v. 51, p. 501–511, 2010.
- READY, A. E., R. B. EYNON, et. al. Effect of interval training and Detraining on anaerobic fitness in women. *Can J Appl Sport Sci*, v.6, n.3, Sep, p.114-8. 1981.

REICHERT, F. F.; BARROS, A. J.; DOMINGUES, M. R.; HALLAL, P. C. The role of perceived personal barriers to engagement in leisure-time physical activity. *American journal of public health*, v. 97, n. 3, p. 515-519, 2007.. Reichert FF, Barros AJ, Domingues MR, Hallal PC. The role of perceived personal barriers to engagement in leisure-time physical activity. *Am J Public Health* 2007;97:515-9.

REINDELL, H.; ROSKAMM, H. Ein Beitrag zu den physiologischen Grundlagen des Intervalltrainings unter besonderer Berücksichtigung des Kreislaufes. *Schweiz Z Sportmed*, v. 7, 1–8, 1959.

REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA DO ESPORTE, v. 12, n. 2, p. 108-114, 2006.

Reynolds, D., & Nicolson, R. (2007). Follow-up of an exercise-based treatment for children with reading difficulties. *Dyslexia*, 13, 78–96.

RICHARDS, M., HARDY, R., & WADSWORTH, M. E. (2003). Does active leisure protect cognition? Evidence from a national birth cohort. *Social Science & Medicine*, 56 (4): 785-792.

ROWE, G. C., A. SAFDAR, et. al. Running forward: new frontiers in endurance exercise biology. *Circulation*, v.129, n.7, Feb 18, p.798-810. 2014.

SCHINDER AF, BERNINGER B, POO M. Postsynaptic target specificity of neurotrophin-induced presynaptic potentiation. *Neuron* 2000 Jan;25(1):151-63.

SHIRAEV, T. e G. BARCLAY. Evidence based exercise - clinical benefits of high intensity interval training. *Aust Fam Physician*, v.41, n.12, Dec, p.960-2. 2012.

SMODLAKA, V. Use of interval work capacity test in the evaluation of severely disable patients. *J Chronic Dis* ; v 25; 345-52; 1972.

STECKLING, F. M., J. B. FARINHA, et. al. High Intensity Interval Training Reduces the Levels of Serum Inflammatory Cytokine on Women with Metabolic Syndrome. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*, v.124, n.10, Nov, p.597-601. 2016.

STORK, M. J., L. E. BANFIELD, et. al. A scoping review of the psychological responses to interval exercise: Is interval exercise a viable alternative to traditional exercise? *Health Psychol Rev*, May 02, p.1-47. 2017.

STRANAHAN AM, KHALIL D, GOULD E. Social isolation delays the positive effects of running on adult neurogenesis. *Nat Neurosci* 2006 Apr;9(4):526-33.

S.V. BIEDERMANN, J. FUSS, J. STEINLE, M.K. AUER, C. DORMANN, C. FALFÁN-MELGOZA, et al., The hippocampus and exercise: histological correlates of MR-detected volume changes, *Brain Struct. Funct.* 221 (2016) 1353–1363.

THOMAS AG, DENNIS A, BANDETTINI PA, JOHANSENBERG H. The effects of aerobic activity on brain structure. *Front Psychol* 2012;3:1-23 to reduce cardiometabolic disease risk. *Sport Med*. Jun.,v. 1; n. 42(6), 489-509, 2012.

TROST, S. G., N. OWEN, et. al. Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Med Sci Sports Exerc*, v.34, n.12, Dec, p.1996-2001. 2002.

TSCHAKERT, G.; HOFMANN, P. High-intensity intermittent exercise: methodological van Praag H, Christie BR, Sejnowski TJ, Gage FH. Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1999 Nov 9;96(23):13427-31.

VAN PRAAG H, SHUBERT T, ZHAO C, GAGE FH. Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *J Neurosci* 2005 Sep 21;25(38):8680-5.

VAYNMAN, S.; YING, Z.; GO, F. Exercise Induces BDNF and Synapsin I to Specific Hippocampal Subfields. v. 362, n. January, p. 356–362, 2004.

VAYNMAN, S.; YING, Z.; GO, F. Exercise Induces BDNF and Synapsin I to Specific Hippocampal Subfields. v. 362, n. January, p. 356–362, 2004.

WARBURTON DER, NICOL CW, BREDIN SSD. Health benefits of physical activity: the evidence. *Can Med Ass J*, 2006;174.6:801-9.

WEINGARTEN G. Mental performance during physical exertion: the benefit of being physically fit. *International Journal of Sports Psychology* 1973; 4:16-26.

WESTON KS, WISLØFF U, COOMBES JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2014; 48: 1227–1234.

WESTON KS, WISLØFF U, COOMBES JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2013. doi: 10.1136/bjsports-2013-092576.

WEUVE, J., KANG, J. H., MANSON, J. E., BRETELER, M. M., WARE, J. H., & GRODSTEIN, F. (2004). Physical activity, including walking, and cognitive function in older women. *Journal of the American Medical Association*, 292 (12), 1454-1461.

WILES, N. J., HAASE, A. M., GALLACHER, J., LAWLOR, D. A., & LEWIS, G. (2007). Physical activity and common mental disorder: results from the Caerphilly study. *American Journal of Epidemiology*, 165 (8), 946-954

WILLIAMS P, LORD SR. Effects of group exercise on cognitive functioning and mood in older women. *Aust N Z J Public Health* 1997 Feb;21(1):45-52.

WISLØFF U, ELLINGSEN Ø, KEMI OJ. High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exerc Sport Sci Rev* 2009; 37: 139–146).

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data 2009.

Y.S. LAU, G. PATKI, K. DAS-PANJA, W.D. Le, S.O. Ahmad, Neuroprotective effects and mechanisms of exercise in a chronic mouse model of Parkinson's disease with moderate neurodegeneration, *Eur. J. Neurosci*. 33 (2011) 1264–1274.

Z. RADAK, TOLDY, Z. SZABO, S. SIAMILIS, C. NYAKAS, G. SILYE, et al., The effects of training and detraining on memory, neurotrophins and oxidative stress markers in rat brain, *Neurochem. Int.* 49 (2006) 387–392. 378.

Z. RADAK, F. IHASZ, E. KOLTAI, S. GOTO, A. TAYLOR, I. BOLDOGH, The redox-associated adaptive response of brain to physical exercise, *Free Radic. Res.* 48 (2014) 84–92.

8 APÊNDICES

8.1 APÊNDICE A - **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Você está sendo convidado para participar como voluntário da pesquisa **“IMPACTO DO TREINAMENTO DE CORRIDA INTERVALADA VERSUS TREINAMENTO CONTÍNUO SOBRE AS FUNÇÕES COGNITIVAS E BDNF SÉRICO DE POLICIAIS MILITARES DO ESTADO DE MINAS GERAIS”**. Você foi escolhido por ser do sexo masculino, ter idade entre 25 e 50 anos, não praticar atividade física regularmente e não fumar.

O objetivo do estudo é comparar os efeitos de dois programas de exercícios físicos por meio do treinamento de corrida durante oito semanas. Antes, durante e depois das fases de treinamento você será submetido a avaliações para estudarmos as adaptações fisiológicas em seu organismo.

Sua participação na pesquisa consistirá na realização de testes de corrida na esteira ergométrica, nos quais você terá que correr distâncias predeterminadas no menor tempo possível. Em seguida, para avaliar a quantidade de gordura em seu corpo, você deitará em uma maca vestindo apenas um calção e seu corpo será escaneado por um aparelho que emite raios indolores e inofensivos para sua saúde. Também serão feitas medidas do seu peso, altura e circunferências corporais. Você também será submetido a exames de sangue em um laboratório de análises clínicas de Diamantina. Você não terá nenhum gasto com os exames, e eles ocorrerão em datas e horários combinados de acordo com sua disponibilidade. Você deverá comparecer ao laboratório após fazer um jejum de 12 horas. Será feita a coleta de uma pequena quantidade de sangue com você em jejum. Posteriormente, você receberá uma bebida rica em açúcar e após tomar essa bebida serão coletadas pequenas quantidades de sangue a cada 30 minutos durante um período de 2 horas. Dessa forma, serão realizadas 5 coletas de sangue nesse dia.

Para analisar o funcionamento do seu coração você será submetido a uma avaliação ecocardiográfica feita por um cardiologista em uma clínica especializada de Diamantina. Seu coração será escaneado por um aparelho para medir o volume de sangue ejetado e o tamanho das cavidades cardíacas. Também será avaliada a sua pressão arterial e o comportamento da sua frequência cardíaca durante o repouso e após o exercício físico.

Durante toda a sua participação no estudo você será supervisionado por uma nutricionista que registrará a sua dieta alimentar. Este acompanhamento será feito por meio da aplicação de questionários específicos.

Estas avaliações serão feitas antes, durante e após a fase da pesquisa. A fase consiste em um programa de exercícios físicos de corrida com duração de oito semanas onde você passará por um período no qual o exercício físico será interrompido.

Todos os dados coletados serão confidenciais e sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma. Somente os pesquisadores envolvidos no projeto terão acesso aos dados, que serão utilizados apenas para fins de pesquisa e divulgação científica em congressos, livros e revistas.

Os possíveis riscos deste estudo estão relacionados com o exercício físico: lesões nos músculos e ossos, náuseas, vertigens, dores musculares e articulares após o exercício. Estas situações são raras e você será acompanhado todo o tempo por profissionais treinados. Qualquer desconforto durante e após os exercícios deverá ser avisado aos pesquisadores para que estes possam tomar as providências devidas (interromper o treinamento, encaminhar você para o médico ou fisioterapeuta). Também existe risco de hematomas decorrentes da coleta de sangue e de desmaio ou tontura durante o procedimento, de desconforto durante e após a biopsia e do desenvolvimento de uma pequena cicatriz no local da biopsia. A coleta de sangue será realizada em ambiente adequado, com materiais descartáveis, e por médico devidamente treinado. As avaliações serão feitas em salas especificamente reservadas para tal fim e estarão presentes somente pessoas da equipe de pesquisa necessárias naquele momento.

Com a participação no estudo você será beneficiado com informações sobre a sua saúde e com a melhora de sua condição física devido ao programam de exercícios de corrida. Não está prevista qualquer forma de remuneração (pagamento) para você. Você também não terá nenhum gasto com sua participação nesta pesquisa (todos os exames/consultas serão arcados pelo projeto).

Você poderá recusar e/ou deixar de participar deste estudo a qualquer momento, sem nenhum constrangimento, sem prejuízo em sua relação com a UFVJM e os pesquisadores. Os pesquisadores responsáveis por este projeto podem decidir sobre a sua exclusão do estudo por razões científicas, a respeito das quais você deverá ser devidamente informado.

Em caso de qualquer dúvida você poderá entrar em contato a qualquer hora com o pesquisador responsável ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade.

8.2 APÊNDICE B: *Termo de livre consentimento pós-informado*

Eu discuti os riscos e benefícios da minha participação no estudo intitulado “**IMPACTO DO TREINAMENTO DE CORRIDA INTERVALADA VERSUS TREINAMENTO CONTÍNUO SOBRE AS FUNÇÕES COGNITIVAS E BDNF SÉRICO DE POLICIAIS MILITARES DO ESTADO DE MINAS GERAIS**” com os pesquisadores envolvidos.

Eu li e compreendi todos os procedimentos que envolvem esta pesquisa e tive tempo suficiente para considerar a minha participação no estudo. Eu perguntei e obtive as respostas para todas as minhas dúvidas. Eu sei que posso me recusar a participar deste estudo ou que posso abandoná-lo a qualquer momento sem qualquer constrangimento. Eu também compreendo que os pesquisadores podem decidir a minha exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais eu serei devidamente informado. Tenho uma cópia deste formulário, o qual foi assinado em duas vias idênticas e rubricadas.

Portanto, aqui forneço o meu consentimento para participar do estudo intitulado “**IMPACTO DO TREINAMENTO DE CORRIDA INTERVALADA VERSUS TREINAMENTO CONTÍNUO SOBRE AS FUNÇÕES COGNITIVAS E BDNF SÉRICO DE POLICIAIS MILITARES DO ESTADO DE MINAS GERAIS**” durante todos os testes realizados.

Diamantina, ____ de _____ de 2017.

Assinatura do voluntário: _____

Assinatura do Responsável Civil: _____

Testemunha: _____

Testemunha: _____

Declaro que expliquei todos os objetivos, benefícios e riscos deste estudo ao voluntário, dentro dos limites de meus conhecimentos científicos.

Pesquisador responsável: _____

Comitê de Ética em Pesquisa

Campus JK - Rodovia MGT 367 - Km 583 - nº 5000 - Alto da Jacuba

CEP 39100-000

Diamantina - MG

Telefone: 55 (38) 3532-1240

Prof.^a Dr.^a Thais Peixoto Gaiad Machado (Coordenadora)

Prof.^a Dr.^a Rosamary Aparecida Garcia Stuchi. (Vice coordenadora)

Dione Conceição de Paula (secretária)

Tel.: 55 (38) 3532-1240 e 3532-1200

Ramal 1240E-mail: cep.secretaria@ufvjm.edu.br

8.4 APÊNDICE C: Questionário de prontidão para atividade física

Voluntário: _____ ID _____

PAR Q & VOCÊ

O PAR Q foi elaborado para auxiliar você a se autoajudar. Os exercícios praticados regularmente estão associados a muitos benefícios de saúde. Completar o PAR Q representa o primeiro passo racional a ser tomado, caso você esteja interessado a aumentar a quantidade de atividade física em sua vida. Para a maioria dos indivíduos, a atividade física não deve trazer qualquer problema ou prejuízo. O PAR Q foi elaborado para ajudar a identificar o pequeno número de adultos, para quem a prática de exercícios pode ser inadequada ou aqueles que devem buscar aconselhamento médico acerca do tipo de atividade que seria mais apropriado para eles. O bom senso é a melhor tática a ser adotada para responder a estas perguntas. Por favor, leia-as com atenção e marque SIM ou NÃO nos parênteses correspondentes que antecedem cada pergunta, caso esta se aplique a você.

SIM NÃO

 O seu médico já lhe disse alguma vez que você apresenta um problema cardíaco? Você apresenta dores no peito com frequência? Você apresenta episódios frequentes de tonteira ou sensação de desmaio? Seu médico já lhe disse alguma vez que sua pressão sanguínea era muito alta? Seu médico já lhe disse alguma vez que você apresenta algum problema ósseo ou articular como uma artrite, que tenha sido agravado pela prática de exercícios, ou que possa ser por eles agravado? Existe alguma boa razão física, não mencionada aqui, para que você não siga um programa de atividade física, se desejar fazê-lo? Você tem mais de 65 anos e não está acostumado a se exercitar vigorosamente?

Assinatura: _____

Data: ___/___/_____

8.5 APÊNDICE D: Questionário de fatores de risco coronariano

QUESTIONÁRIO DE FATORES DE RISCO CORONARIANO

Possui pai, irmão ou filho com menos de 55 anos e que teve infarto do miocárdio (infarto no coração), revascularização coronariana (cirurgia de pontes de safena e/ou mamária) ou morte súbita (morte inesperada e rápida)

Sim Não

Possui mãe, irmã ou filha com menos de 65 anos e que teve infarto do miocárdio (infarto no coração), revascularização coronariana (cirurgia de pontes de safena e/ou mamária) ou morte súbita (morte inesperada e rápida)

Sim Não

É fumante ou deixou de fumar há menos de 6 meses

Sim Não

Pressão arterial sistólica ≥ 140 ou diastólica ≥ 90 mmHg, confirmadas por mensurações feitas em duas ocasiões diferentes, ou sob medicação anti-hipertensiva

Sim Não

Colesterol total (limite ≥ 200 mg/dl) (+)

Colesterol HDL (“bom”: < 35 mg/dl) (+)

Tem colesterol LDL (“ruim”: ≥ 130 mg/dl) (+)

Está usando remédio para redução de colesterol

Sim Não

Tem glicose de jejum ≥ 110 mg/dl em duas medidas diferentes. Sabendo o valor exato, favor informar no campo ao lado.

Sim Não

IMC ≥ 30 Kg/m² ou circunferência da cintura ≥ 102 cm/homens e ≥ 88 cm/mulheres

Sim Não

Não participa de programa regular de exercícios ou não acumula o mínimo de 30 minutos de atividade física por dia, no mínimo 5 dias por semana?

Sim Não

IMC ≥ 30 Kg/m² ou circunferência da cintura ≥ 102 cm/homens e ≥ 88 cm/mulheres ou RCQ $\geq 0,95$ homens e $\geq 0,86$ mulheres.

Sim Não

Colesterol HDL sérico alto > 60 mg/dL

Sim Não

8.6 APÊNDICE E – Ficha do Teste multiestágio de vai e vem de 20 metros

Voluntário: _____ ID: _____

Data: ___/___/___ - Hora: _____

FCinicial: _____ bpm - FCfinal: _____ bpm

Distância total percorrida: _____ m

VO₂max: _____ mL/Kg/min

Km/h	Nível	Número de voltas																
8.5	1	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦										
9.0	2	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧									
9.5	3	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧									
10.0	4	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧									
10.5	5	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨								
11.0	6	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨								
11.5	7	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩							
12.0	8	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩							
12.5	9	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩							
13.0	10	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪						
13.5	11	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪						
14.0	12	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫					
14.5	13	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫					
15.0	14	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬				
15.5	15	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬				
16.0	16	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬				
16.5	17	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭			
17.0	18	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭			
17.5	19	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮		
18.0	20	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	

