



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS**

**IMPACTO DA INTENSIDADE DA SESSÃO DE CROSSFIT NA RESPOSTA DA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA.**

Daniel Crisfe Pereira Ferreira

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS**

**IMPACTO DA INTENSIDADE DA SESSÃO DE CROSSFIT NA RESPOSTA DA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA.**

Daniel Crisfe Pereira Ferreira

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Desenvolvimento Humano e Tecnologias .

**Rio Claro – SP
2022**

F383i Ferreira, Daniel Crisfe Pereira

Impacto da intensidade da sessão de crossfit na resposta da
variabilidade da frequência cardíaca. / Daniel Crisfe Pereira Ferreira.
-- Rio Claro, 2022
42 p.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado Profissional em
Educação Física em Rede Nacional – ProEF da Universidade Estadual
Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Cassiano Merussi Neiva

1. Variabilidade da Frequência Cardíaca. 2. Sistema Nervoso
Autônomo. 3. Exercício Aeróbio. 4. CrossFit. 5. Título. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Rio Claro



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: IMPACTO DA INTENSIDADE DA SESSÃO DE CROSSFIT NA RESPOSTA DA VARIABILIDADE DA FREQUENCIA CARDIACA

AUTOR: DANIEL CRISFE PEREIRA FERREIRA

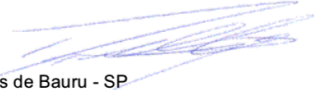
ORIENTADOR: CASSIANO MERUSSI NEIVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CASSIANO MERUSSI NEIVA (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP

Prof. Dr. DANIEL GOTTARDO DE SOUZA (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNIFRAN - Universidade de Franca - SP

Prof. Dr. DALTON MULLER PESSÔA FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP



Rio Claro, 05 de abril de 2022.

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS

A meu Deus e único Senhor YAHUAH, a quem devo obediência e gratidão por tudo realizado em minha vida;

Aos meus pais, Edson Ferreira e Márcia Cristina da Silva Pereira que sempre me ensinaram o valor do trabalho duro;

A Aline Raniero, mãe do meu presente divino que é minha filha Maria, que é quem me dá forças e motivos para seguir com ânimo;

Ao meu amigo e orientador Cassiano Merussi Neiva, por ter me ajudado a superar tantas dificuldades, por ter me guiado, tido paciência e me ofertado tantas oportunidades de crescimento intelectual e profissional.

RESUMO

O presente estudo analisou se o uso da Variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é sensível às modulações no Sistema Nervoso Autônomo (ANS) provocados por sessões de treinamento CrossFit. Dezesete voluntários (onze homens e seis mulheres), com mais de 12 meses de treinamento foram submetidos ao protocolo de treinamento, distribuídos com 4 sessões de CrossFit e 2 sessões de exercício aeróbio de baixa intensidade, com medidas diárias de VFC pela manhã. Os resultados mostraram que a VFC não foi sensível para identificar modulações frente às diferentes sessões de treinamento quando as análises foram feitas através da média do grupo. Os achados sugerem que a VFC para análise de grupos heterogêneos através do uso de média não foi sensível para analisar modulações frente a sessões de treinamento CrossFit e exercício aeróbio de baixa intensidade.

Palavras-chave: VFC. SNA. Exercício Aeróbio. CrossFit.

ABSTRACT

The present study of modulations if the use of Heart Rate Variability (HRV) is sensitive as nervous modulations of the training system (ANS) caused by training sessions (ANS). Seventeen volunteers (eleven men and human exercisers), with more than 12 months of training, spread over 4 CrossFit training sessions and 2 CrossFit training sessions and 2 HRV training sessions by Intensity. Protection packets that identify when HRV was not sensitive to media protection as different modulations such as differentiated training groups were made through modulations. Findings research a HRV for analysis of heterogeneous groups through the use of media was not sensitive to modulations against CrossFit training training and low intensity aerobic exercise.

Keywords: HRV. SNA. Aerobic Exercise. CrossFit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Valores individuais diários para VFC (LnRmssd) para todos participantes do estudo	25
Figura 2 – O box-plot da amplitude da VFC (LnRmssd) de cada participante ao longo de todos os 8 dias de estudo	26
Figura 3 – Comparação das médias diárias da VFC (LnRmssd) entre homens e mulheres por todo o período de 8 dias	27
Figura 4 – Flutuação do comportamento da VFC (LnRmssd) entre homens e mulheres por todo o período de 8 dias	28
Figura 5 – Limites de SWC e oscilação da VFC (LnRmssd) para grupo F	30
Figura 6 – Limites de SWC e oscilação da VFC (LnRmssd) para grupo M	31
Figura 7 – Limites de SWC e oscilação da VFC (LnRmssd) para grupo G	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Caracterização da amostra total	22
Quadro 2 - Cronograma de realização da pesquisa	24
Quadro 3 - Distribuição de frequência entre os limites de SWC para todos os participantes do estudo ao longo das sessões de treinamento	32

LISTA DE SIGLAS

VFC Variabilidade Da Frequência Cardíaca
MEFE Laboratório de Metabolismo e Fisiologia do Esforço
RMSSD Root Mean Square Standard Deviation
SNA Sistema Nervoso Autônomo
ECG Eletrocardiograma
PSE Percepção Subjetiva Ao Esforço
ACMS American College Sports Medicine
SWC Smallest Worthwhile Change
WOD Workout of the day F - Grupo feminino
M Grupo masculino
G Grupo geral
RM Repetição Máxima
LPO Levantamento De Peso Olímpico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. JUSTIFICATIVA	16
3. OBJETIVOS	17
3.1. Objetivos Gerais	17
3.2. Objetivos Específicos	17
4. REVISÃO DA LITERATURA	18
4.1. O Crossfit	18
4.2. Estado de Prontidão	18
4.3. Variabilidade da Frequência Cardíaca	18
5. MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1. Delineamento da pesquisa	21
5.2. Escopo do estudo e seleção dos participantes	21
5.3. Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)	22
5.4. Protocolo de treinamento	22
5.5. Tratamento estatístico	23
6. CRONOGRAMA	24
7. CUSTOS	24
8. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	36

10. LIMITAÇÕES DO ESTUDO	38
11. REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

Programas como o CrossFit pertencem ao grupo condicionamento de alta intensidade que mais cresceu no mundo e no Brasil. As academias convencionais nos últimos 3 anos tiveram um crescimento de 29% num mercado de 36.922 unidades no Brasil. As academias de CrossFit em 1 ano tiveram um crescimento de 70% num mercado de +1.000 unidades no Brasil (ABRASEUBOX, 2017).

O criador da modalidade Greg Glassman define Fitness como “maior capacidade de trabalho em amplos domínios de tempo e modo” (GLASSMAN, 2016). O atual estado da arte define Fitness como condicionamento físico, que é modulado por estressores mecânicos e bioquímicos da sessão de treinamento que provocam adaptações positivas, entretanto, por outro lado as adaptações negativas provocadas pelo treinamento é definido por Fatigue (CALVERT et al., 1976; KIELY, 2018; MORTON; FITZ-CLARKE; BANISTER, 1990).

Sobre intensidade, Glassman (2016) descreve como “a capacidade de mover grandes cargas em longas distâncias, e fazê-lo rapidamente”, entretanto, na literatura acerca do treinamento encontramos formas diferentes de descrição de intensidade de acordo com a modalidade. Nos esportes de resistência a intensidade está relacionada aos domínios de intensidade, moderado, pesado e severo que são separados por fenômenos fisiológicos observados por parâmetros respiratórios como cinética do VO₂ ou metabólicos como Lactacidemia (AZEVEDO et al., 2009; JAMNICK et al., 2020; STÖGGL; SPERLICH, 2014).

Por outro lado nos esportes de força e potência a intensidade está relacionado com porcentagens de uma repetição máxima (1 RM) dos movimentos executados (ANDROULAKIS-KORAKAKIS; FISHER; STEELE, 2020; LOTURCO et al., 2015).

Coletivamente, esses três atributos (carga, distância e velocidade) qualificam os movimentos funcionais de forma única para a produção de alta potência.

O sistema de treinamento de Crossfit tem seus princípios pré estabelecidos, os quais são publicados em seu Guia de Treinamento (GLASSMAN, 2016). Neste escopo, o Guia de Treinamento Nível 1 apresenta uma programação baseado no princípio de realização de maior carga possível (apresentado como Heavy Day – dia pesado), dentro do menor tempo possível (apresentado como For Time – por tempo), prioridade de tempo (apresentado como As many repetitions as possible – maior número de repetições possíveis) e configurando assim sempre sessões na maior intensidade possível (denominado por all out) (GLASSMAN, 2016).

Com avanço da tecnologia, métricas que permitem analisar a modulação das

adaptações positivas (fitness) versus adaptações negativas (fatigue), fornecem informações sobre o estado de prontidão do indivíduo (readiness). Um bom estado de prontidão está relacionado a baixo acúmulo de fadiga (CALVERT et al., 1976; KIELY, 2018; MORTON; FITZ-CLARKE; BANISTER, 1990). Porém, na modalidade ainda não é usual a aplicação de algum método de avaliação do estado de prontidão dos praticantes pelos treinadores, e os achados sobre a aplicação de métodos é limitado na modalidade.

Uma melhor distribuição das sessões de treinamento pode ser determinante, criando um panorama mais eficaz no desenvolvimento da aptidão física. As adaptações do treinamento podem variar de acordo com o volume aplicado (MONTERO; LUNDBY, 2017) e intensidade aplicada (GRANATA et al., 2016). Sendo assim uma prescrição de volume e intensidade individualizada parece ser uma melhor proposta em termos de otimização das adaptações de aptidão (fitness).

Foi observado que microciclos de alta intensidade induzia overreaching não funcional, o qual está relacionado a más adaptações ao treinamento (BELLINGER et al., 2020).

Em populações de alto desempenho (ou seja, atletas ou militares em serviço ativo), a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) fornece informações perspicazes para verificar as mudanças na psicofisiologia, com valores aumentados que refletem a adaptação ao treinamento e um nível mais alto de condicionamento físico e estado de recuperação (STONE et al., 2022).

Estudos anteriores (TIBANA, Ramires A. et al., 2016) observaram que dois dias consecutivos de sessões de CrossFit seguindo o guia de treinamento nível um de (GLASSMAN, 2016), provocaram significativa diminuição de citocinas anti-inflamatórias (imunossupressão). Como intervenção os autores sugerem a inclusão de sessões de baixa intensidade para minimizar perturbações do sistema imune.

Em uma investigação foi observado redução dos valores de VFC, indicando perturbação do sistema nervoso autônomo (SNA) em um único microciclo de CrossFit (uma semana de treinamento), seguindo a programação de treinos de acordo com o guia de treinamento nível um CrossFit (PEREIRA et al., 2019), fato que pode implicar acúmulo de fadiga e adaptações negativas pelo treinamento (BARRERO et al., 2019; EARNEST et al., 2004; PLEWS et al., 2013).

Em uma investigação foi observado redução dos valores de VFC, indicando perturbação do sistema nervoso autônomo (SNA) em um único microciclo de CrossFit (uma semana de treinamento), seguindo a programação de treinos de acordo com o guia de treinamento nível um CrossFit (PEREIRA et al., 2019), fato que pode implicar acúmulo de fadiga e adaptações negativas pelo treinamento (BARRERO et al., 2019; EARNEST et al.,

2004; PLEWS et al., 2013).

Visto tais achados, um método para avaliar o estado de prontidão dos praticantes de forma individualizada e que pode orientar a intensidade da sessão, é de grande valia à modalidade, permitindo uma melhor tomada de decisão dos treinadores e atletas, colaborando para desfechos positivos a respeito das adaptações fisiológicas proporcionadas pelo treinamento.

Uma boa ferramenta que pode ser usada e que vem se destacando nos esportes de resistência é a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A VFC trata-se de uma medida não invasiva que pode ser utilizada para avaliar a modulação do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) sob condições fisiológicas, tais como em situações de vigília, treinamento físico, e também em condições patológicas.

Atualmente, devido a grande facilidade de avaliação da VFC através de dispositivos tecnológicos de fácil acesso, baixo custo e elevada confiabilidade, a VCF pode ser empregada como ferramenta de análise sobre a resposta fisiológica decorrente das sessões agudas de treinamento, assim como do processo crônico de treinamento para o condicionamento físico. Alguns autores sugeriram que a VFC pode ser capaz de medir, auxiliar e observar a resposta do organismo em relação a fadiga induzida pelo treinamento sem os períodos adequados de recuperação (BELLENGER et al., 2016).

Frente ao exposto, parece claro que a determinação de um método que permita a avaliação do estado de prontidão dos praticantes de Crossfit, permitindo segurança e evitando perdas funcionais e até mesmo a ocorrência de fenômenos biológicos indesejáveis ou acidentes. Sendo assim a VFC se mostra uma ferramenta de grande auxílio na avaliação do estado de prontidão para melhor determinação da intensidade das sessões de treinamento.

2. JUSTIFICATIVA

Visto a escassez de estudos relacionados à eficiência e segurança da metodologia de treino CrossFit, estudos que busquem desenvolver e avaliar métodos, ferramentas e tecnologias práticas para monitorar a carga de treino e o estado de prontidão, são de grande relevância para área, bem como para a promoção da saúde e desenvolvimento do praticante.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos Gerais

- Analisar a resposta da VFC frente a um microciclo de CrossFit com intervenção de sessões de treinamento aeróbio de baixa intensidade.

3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a capacidade da VFC como variável de predição do estado de prontidão no CrossFit.

- Analisar a resposta da VFC frente a intensidade da sessão de treinamento

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. O CrossFit

CrossFit é o nome pelo qual é conhecido um programa de exercícios intervalado de alta intensidade que combina levantamento de peso, ginástica e exercícios cíclicos, criado pelo americano e ex-ginasta Greg Glassman em meados dos anos 1990 e que se transformou em um fenômeno mundial. “Este tipo de treinamento utiliza exercícios do levantamento olímpico (LPO) como snatch e clean, exercícios básicos como os agachamentos, levantamento terra e supino, exercícios aeróbios como remos, corrida e bicicleta, e movimentos ginásticos como paradas de mão, paralelas, argolas e barras” (TIBANA, Ramires Alsamir; FRADE DE SOUSA, 2018).

Segundo Glassman (2016), o objetivo do CrossFit tem sido criar um modelo de condicionamento físico abrangente, generalizado e inclusivo.

Nós buscamos desenvolver um programa mais apto a preparar os alunos para qualquer contingência física. Analisando todos os esportes e tarefas físicas coletivamente, nós nos perguntamos quais habilidades e adaptações físicas resultariam em maior vantagem de rendimento. Logicamente, a capacidade obtida da interseção de todas as demandas esportivas seria apropriada para todos os esportes.

O CrossFit trata-se de um programa que vem em constante crescimento principalmente nos últimos anos, com grande popularidade (KUHN, 2013).

4.2. Estado de prontidão

Prontidão (Readiness), reflete o estado de equilíbrio frente ao estímulo estressor condicionante (Fitness) e o acúmulo de fadiga (Fatigue). Um bom estado de prontidão infere recuperação do estímulo estressor e está relacionado a baixo acúmulo de fadiga (CALVERT et al., 1976; KIELY, 2018; MORTON; FITZ-CLARKE; BANISTER, 1990).

4.3. Variabilidade da Frequência Cardíaca

A VFC representa um importante marcador do controle cardíaco pelo sistema nervoso autônomo e também é apontada como um importantíssimo indicador de controle de mortalidade por doenças cardíacas. Após a descoberta das relações do aumento da atividade simpática e

redução da atividade parassimpática com falências cardíacas, a VFC passou a ser avaliada em diferentes situações e associada com diversas formas de patologias do sistema cardiovascular (CAMM, A.J. ; MALIK, M. ; BIGGER, J.T. ; BREITHARDT, G. ; CERUTTI, S. ; COHEN, R.J. ; COUMEL, P. ; FALLEN, E.L. ; KENNEDY, H.L. ; KLEIGER, R.E. ; LOMBARDI et al., 1996).

A VFC é definida como as oscilações entre os intervalos RR dos batimentos cardíacos que refletem as modificações resultantes da atuação do SNA sobre o comportamento da frequência cardíaca (CHEN et al., 2017). Nos variados índices parassimpáticos, a Raiz Quadrada dos Intervalos R (RMSSD) tem sido muito aplicada devido à sua sensibilidade aos estímulos para o monitoramento do treinamento de resistência (BUCHHEIT, 2014).

Uma das formas de análise de variabilidade que vem sendo utilizada para monitoramento do treinamento cardiometabólico é a da VFC. Nela ajustes autonômicos centrais determinados pela velocidade de recuperação bioquímica e hemodinâmica de uma sessão de esforço físico, podem ser medidos durante o primeiro minuto imediatamente após a realização do esforço e são empregados para avaliar e controlar ganhos cardiometabólicos (CAMM, A.J. ; MALIK, M. ; BIGGER, J.T. ; BREITHARDT, G. ; CERUTTI, S. ; COHEN, R.J. ; COUMEL, P. ; FALLEN, E.L. ; KENNEDY, H.L. ; KLEIGER, R.E. ; LOMBARDI et al., 1996).

Sua utilização pode ser facilmente realizada pelo uso de aparatos portáteis tais como monitores cardíacos de cintas torácicas e display de pulso, capazes de oferecer em tempo real e com precisão, variações minimamente sensíveis da resposta cardiohemodinâmica frente ao esforço físico (COELHO et al., 2019).

No atual estado da arte, o método padrão ouro para acessar a VFC é o Eletrocardiograma (ECG). E recentemente foi analisado o nível de confiança dos aparatos portáteis e a cinta da Firstbeat foi a que apresentou menor erro de medida (STONE et al., 2022).

Earnest et al. (2004) acompanhando ciclistas na volta da Espanha foi observado que alterações na VFC estão inversamente relacionadas ao volume e intensidade do exercício, mostrando ser esta uma métrica sensível à carga de treino.

Plews et al. (2013) vão além disso, ao revelarem que medidas dos índices vagais da VFC também são promissoras para o monitoramento do status do treinamento em esportes de resistência.

Barrero et al. (2019) observaram que o acúmulo de carga de treino e fadiga provocou alterações na VFC os quais foram retomados a valores basais após uma semana de recuperação, revelando a VFC como uma boa ferramenta de medida das alterações no estado de fadiga e

impacto da carga de treino em ciclistas.

A regulação autonômica cardíaca é um determinante importante da adaptação ao treinamento de resistência (VESTERINEN et al., 2016). Usando as medidas diárias de VFC Kiviniemi et al (2009), concluíram que o uso da VFC diária para prescrição da sessão é eficiente em aumentar a aptidão aeróbia no treino de resistência em cicloergômetro em homens moderadamente ativos. Foi proposto que a prescrição do treinamento de acordo com os valores de VFC pode ser um bom método para melhorar as adaptações do treinamento de resistência (VESTERINEN et al., 2016).

Foi proposto o uso da VFC para determinação do estado de prontidão no treinamento de força. A intervenção permitiu aos avaliados a realização de um maior volume de sessões em um menor espaço de tempo (DE OLIVEIRA et al., 2019). Também foi sugerido que quando a intensidade da sessão de treinamento é orientada pelos valores de VFC dia a dia, provoca adaptações superiores comparado a realização de sessões com intensidade previamente estabelecidos em ciclistas altamente treinados (JAVALOYES et al., 2019).

Assim, é possível compreender que a avaliação da resposta de um atleta ao treinamento pode ser aprimorada considerando-se aspectos relacionados a VFC.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Delineamento de Pesquisa

O presente estudo foi de caráter primário, de intervenção, analítico e descritivo, no formato de ensaio clínico quase-experimental, não randomizado (amostra por conveniência), não controlado, sem cegamento, de abordagem quantitativa e unicêntrico.

5.2. Escopo do Estudo e Seleção dos Participantes

Foram investigados praticantes da modalidade CrossFit, de ambos os sexos, na cidade de Passos-MG, durante um microciclo de treinamento, para determinar os efeitos deste sobre a VFC. A seleção dos participantes da pesquisa deu-se por convite direto dos pesquisadores. Em função de estudos anteriores de referência para potência amostral envolvendo análise da VFC foi considerando o desvio padrão da VFC = 82,50. Assim, o tamanho amostral foi calculado considerando o cálculo de comparação para dois grupos independentes, conforme proposto por Miot (2011). Assumindo uma perda amostral de 7%, o número minimamente suficiente para os participantes da amostra selecionada para a condução do estudo foi calculado em 18 participantes por grupo.

Foram considerados como critérios de inclusão no estudo: ter idade igual ou maior a 18 anos; ser praticantes da modalidade com experiência mínima de 12 meses; apresentarem plenas condições de saúde atestadas por médico; terem disponibilidade para os procedimentos do estudo; assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) concordando com sua participação no estudo.

Foram considerados como critérios de exclusão: o uso de medicamentos cardiomoduladores e diuréticos ainda que uso eventual; uso de drogas ergogênicas lícitas ou não; praticantes de outras formas de treinamento em paralelo ao CrossFit.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão e ampla e detalhada explicação sobre os propósitos e métodos do estudo, foi estabelecido formalmente o convite aos voluntários dispostos a participarem do estudo. Após isso os praticantes que decidirem participar da pesquisa assinaram o TCLE. O estudo seguiu as prerrogativas da declaração de Helsink-1964 revisada em datas posteriores, e a resolução CNS no 466/12, foi aprovado nos sistema CEP/CONEP sob o N. CAEE 51922321.2.0000.5498 e N. de Parecer 5.089.608.

O perfil dos participantes selecionados é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Dados Dos Participantes. Idade, Peso E Altura Descritos Em Média E Desvio Padrão.

Dados dos voluntários		
idade	31,59	4,86
peso	79,35	10,19
altura	1,71	0,09

5.3. Variabilidade da Frequência Cardíaca

Para a mensuração da VFC, foi utilizado o sistema Firstbeat®. O sistema consiste em cintas que são colocadas no tórax, próximo do processo xifóide e que transfere as informações para um software instalado no computador portátil através de uma antena. A coleta da VFC foi realizada previamente às sessões de treinamento, através do Quick test da Firstbeat® com duração de três minutos (teste de recuperação rápida do Firstbeat®) método esse, ultra short validado, previamente (NAKAMURA et al., 2015). Nesse teste o indivíduo permaneceu deitado em decúbito ventral com as pernas flexionadas e pés apoiados no chão e estado de relaxamento sem controle ou instrução do ritmo respiratório. Nos três primeiros dias do estudo, os voluntários se abstiveram da prática de atividade física de qualquer natureza, pois seria realizada a coleta da VFC para estabelecer os valores basais.

Os valores de VFC foram convertidos em índice da raiz quadrada média dos intervalos RR normais sucessivos (RMSSD) (NAKAMURA et al., 2015). Os dados foram transferidos para uma planilha EXCEL onde receberam tratamento para posterior análise por sistema específico.

5.4. Protocolo de Treinamento

O programa de treinamento CrossFit foi baseado nos treinos da academia afiliada sob nome de CrossFit Passos. O microciclo de treinamento compreendeu seis sessões de treinamento, sendo quatro dias de sessões de CrossFit e dois dias de sessões de aeróbio de baixa intensidade (remo ergômetro concept 2 model C, air bike classic Assault ou corrida em intensidade que permita fala confortável com duração de 40') pré estabelecidos na quarta-feira

e sábado. As sessões de CrossFit compreenderam três etapas, aquecimento (duração entre 10 a 15 minutos), Habilidade ou Força (duração entre 15 a 30 minutos) e WOD (Workout of the day, com duração entre 5 a 30 minutos), onde houve variação na utilização dos equipamentos (barras, anilhas, halteres, kettlebell, medicine ball) e métodos de treinamento (pliometria, balísticos, levantamento de peso olímpico, ginástica artística e calistenia), utilizando formato de treinamento intervalado (tempo ativo/tempo de descanso).

5.5. Tratamento Estatístico

Os procedimentos estatísticos do estudo foram divididos em 3 etapas. A primeira delas refere-se a determinação no número amostral e se deu pela aplicação de teste de potência, já descrito no início da metodologia. A segunda etapa se deu após a finalização da coleta de dados, onde os mesmos foram primeiramente submetidos a teste de normalização amostral, visto a grande variabilidade demonstrada. Para análise da distribuição foi aplicado teste de normalidade (Shapiro-Wilk) classificando-a em distribuição não normal. A partir da constatação da ausência de normalidade dos dados, foram escolhidos os métodos estatísticos apropriados para o tratamento dos mesmos.

A variável dependente a ser analisada foi a VFC pós sessão de CrossFit em diferentes intensidades. Para tal é usual o emprego da diferença da raiz quadrada média dos intervalos RR normais sucessivos (Rmssd), visto a grande variação de seus valores.

Através da transformação do logaritmo natural da Rmssd (LnRmssd) foi possível evitar outliers e simplificar sua análise devido a elevada flutuação dos dados referentes a esta variável (NAKAMURA et al., 2015). Posteriormente, os valores de LnRmssd, foram corrigidos para o menor valor de mudança sensível (Smallest Worthwhile Change - SWC) (HOPKINS, 2000), permitindo assim análise das tendências de alterações individuais de todo o grupo para a VFC.

Com a LnRmssd, foi possível também a normalização dos dados apenas por grupos (masculino e feminino) separadamente, mas não o conjunto total da amostra. Neste ponto, foi possível o empregado o teste t pareado para comparação isolada dos grupos, apenas entre os dias 1 e 2, 1 e 7 e 1 e 8, para ambos os sexos.

A significância estatística estabelecida foi para um valor de $P \leq 0,05$ e a magnitude das diferenças para cada variável dependente foi calculadas usando ES com IC de 95 %. A sensibilidade da VFC para monitorar mudanças no estado de prontidão foi quantificada usando ES (grande efeito $> 0,80$; efeito moderado $0,20-0,80$; pequeno efeito).

Análise exploratória foi empregada para apresentar a distribuição das médias individuais e grupais para LnRmssd ao longo dos oito dias do protocolo e apresentação boxplot utilizada para demonstrar a mediana e flutuabilidade da LnRmssd para os grupos masculino e feminino ao longo dos oito dias do experimento, bem como apresentar as grandes oscilações individuais e flutuabilidade da LnRmssd individuais de cada participantes ao longo dos 8 dias do protocolo experimental.

Todo o tratamento estatístico será conduzido pelo uso dos softwares SSS 17.1.

6. CRONOGRAMA

O cronograma fora dividido em revisão de literatura e outras sete etapas, sendo elas em sequência as seguintes: apresentação aos pacientes; triagem e seleção de voluntários; avaliações e coletas iniciais; aplicação do protocolo de intervenção/ coletas; coletas finais e análise primárias dos dados; análise e discussão dos resultados; exame de qualificação com resultados primários. Como podemos visualizar no QUADRO 2.

Quadro 2: Cronograma de realização da pesquisa.

ANO	2021						
FASES	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
REVISÃO DE LITERATURA							
1ª ETAPA							
2ª ETAPA							
3ª ETAPA							
4ª ETAPA							
5ª ETAPA							
6ª ETAPA							
7ª ETAPA							

7. CUSTOS

O presente estudo foi apoiado pela Firstbeat Brasil em relação ao uso dos equipamentos para avaliação da VFC.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

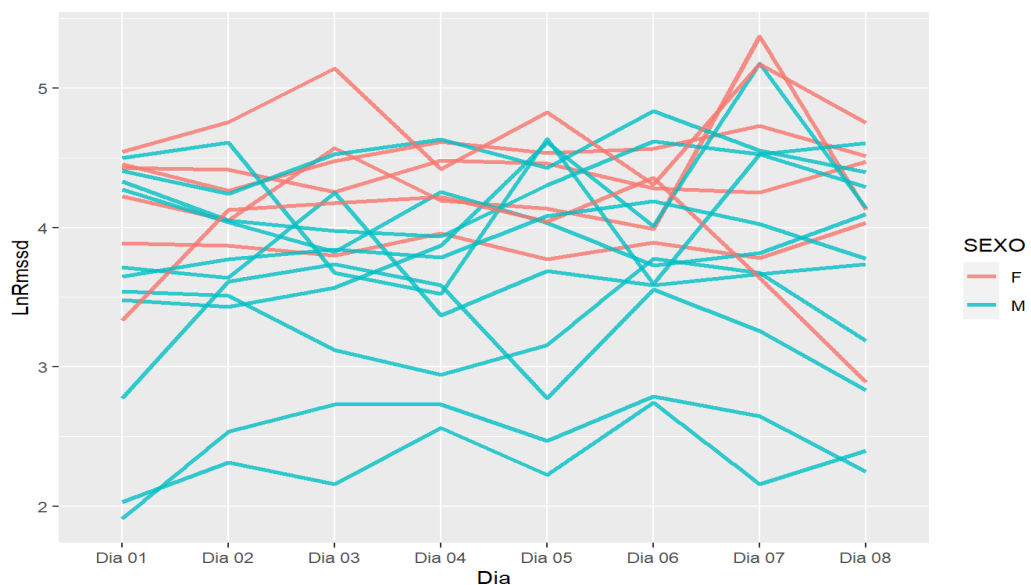
Após a seleção dos sujeitos e inícios do protocolo de coletas, deu-se início no Brasil, às restrições sanitárias produzidas pela pandemia de COVID19. Dessa forma, nosso N calculado para amostra inicial, foi severamente comprometido, tendo sido possível conduzir o estudo com um número bem mais reduzido de participantes do que o planejado. Integram o grupo avaliado do início ao final da amostra, 17 participantes ao todo, sendo destes, 11 homens e 6 mulheres.

Tal condição reduziu sensivelmente a sensibilidade da amostra das intervenções bem como a normalidade dos valores apresentados entre os dados coletados, forçando-nos a ajustes estatísticos cabíveis em tais dados obtidos.

Após os oito dias de protocolo, os dados colhidos demonstraram um caráter marcadamente heterogêneo entre os participantes de ambos os sexos, como pode ser observado nas figuras 1 e 2.

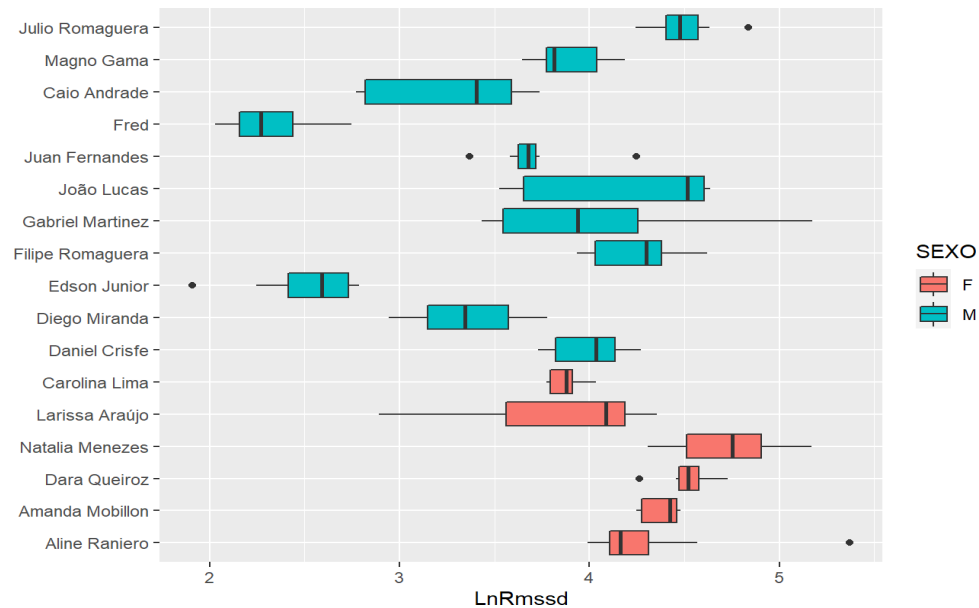
Tais valores heterogêneos apresentados indicam que a análise das médias dos grupos, tende a minimizar a acuidade dos resultados e assim a relevância da utilização de tal ferramenta para auxiliar no treinamento.

Figura 1 – Valores individuais diários para VFC (LnRmssd) para todos participantes do estudo.



Amostra total masculina (M) = 11; Amostra total feminina (F) = 6. Heterogeneidade elevada, demonstrando ausência de ausência de parametria amostral.

Figura 2 – O box-plot da amplitude da VFC (LnRmssd) de cada participante ao longo de todos os 8 dias do estudo.



Amostra total masculina (M) = 10; Amostra total feminina (F) = 5. Valores demonstram grande variação da amplitude da VFC entre todos os participantes. Pontos pretos representam outliers.

Os gráficos apresentados acima, indicam a necessidade de agrupar os indivíduos por sexo, considerando a diferença entre médias e variabilidade.

Contudo, a comparação das médias LnRmssd para os dias 1 e 2, não demonstrou diferenças significativas (Teste t pareado não paramétrico) entre homens ($p = 0,34$) ou tão pouco entre as mulheres ($p = 0,52$), efeito moderado para ambos os sexos. O mesmo foi demonstrado quando comparado os dias 1 e 7 (homens $p = 0,09$; mulheres $p = 0,14$), pequeno efeito para ambos os sexos e ainda entre os dias 1 e 8 (homens $p = 0,25$; mulheres $p = 0,88$), efeito moderado para homens e grande efeito para mulheres. Como os valores de medida da VFC não demonstraram tendência nas análises de média dos grupos, sugerimos que a VFC não pode prever o estado de prontidão no CrossFit, assim como mostrar diferença entre as intensidades das sessões.

Estes resultados parecem demonstrar ausência de efeitos das sessões de treinamento sobre possíveis abalos na VFC quando comparadas a primeira e últimas sessões de treinamento ao estado de descanso prévio à intervenção, utilizando os valores de LnRmssd, medida a qual é consensualmente considerada como a de maior acurácia na análise desta variável hemodinâmica.

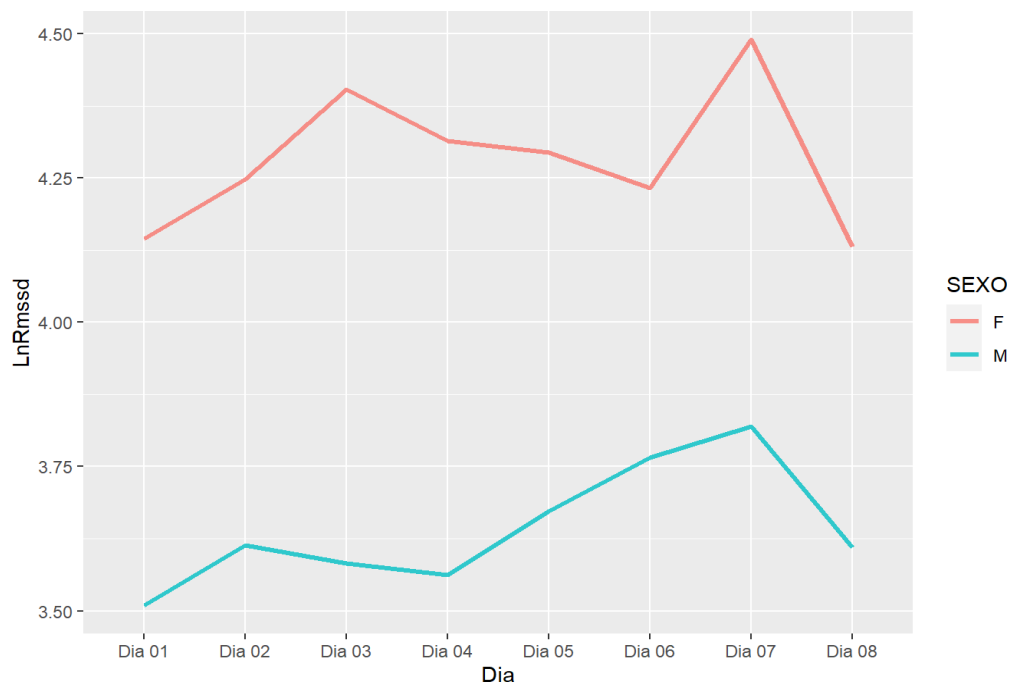
Tais resultados revelam que a utilização dessa ferramenta para análise do impacto das

sessões de treinamento em praticantes de CrossFit não consegue demonstrar mudanças quando o grupo é heterogêneo.

Todavia, ainda comparando as médias da VFC agrupadas entre os sexos de forma contínua ao longo de todos os 8 dias, é possível observar que as mulheres possuem valores maiores comparadas aos dos homens (Figura 3), muito embora a flutuação nos valores da VFC seja significativamente maior para os homens avaliados (Figura 4).

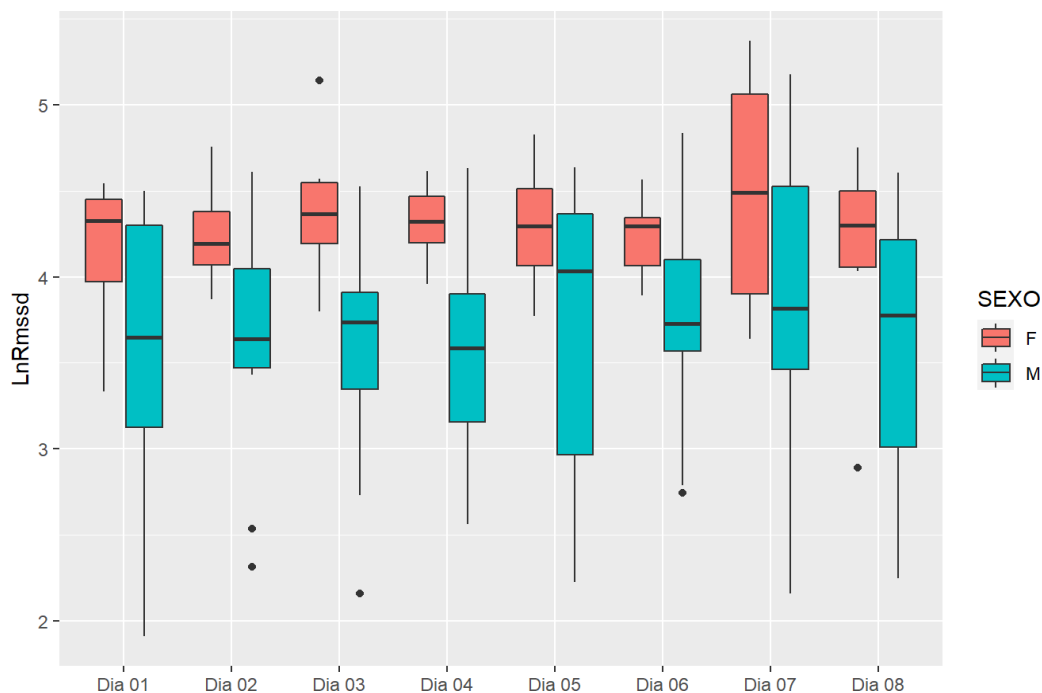
Em uma investigação (SZTAJZEL; JUNG; BAYES DE LUNA, 2008) foi observado que mulheres tinham valores maiores de VFC em domínio de tempo e frequência comparado a homens, sugerindo que essa população tem alta modulação autonômica parassimpática.

Figura 3 - Comparação das médias diárias da VFC (LnRmssd) entre homens e mulheres por todo o período de 8 dias.



Valores médios do total da amostra: masculina (M) DP + 0,18 e feminina (F) DP + 0,21. Não há diferença estatística ($p < 0,05$) entre M e F.

Figura 4 – Flutuação do comportamento da VFC (LnRmssd) entre homens e mulheres por todo o período de 8 dias.



Análise exploratória. Valores das medianas e flutuação apresentam-se maiores em todos os dias para amostra masculina (M) para $p < 0,05$. Não há mudanças significativas entre os dias da semana, exceto pelo aumento grande da variabilidade entre as mulheres no dia 07. Pontos pretos representam outliers.

Nesse mesmo contexto, Koenig et al (2016) em metanálise descrevem que apesar de mulheres apresentarem maiores valores de frequência cardíaca, a VFC tem maior dominância parassimpática, o que explicaria os maiores valores comparados a homens.

Os resultados apresentados na Figura 1, indicam uma diferença entre o comportamento da variável Log-Resposta entre os sexos. Não há tendência clara do que está ocorrendo, mas nota-se uma queda nos valores do dia 07 para o dia 08 em ambos os sexos o que talvez possa ser explicado pela intensidade da sessão anterior, que foi exercício aeróbio de baixa intensidade, conforme outros estudos também observaram (PLEWS et al., 2013; SEILER; HAUGEN; KUFFEL, 2007).

Na análise do comportamento da VFC é muito importante entendermos o que a literatura nos oferece para melhor interpretação das medidas, sendo positivas ou sendo negativas comparadas aos valores de VFC basais (medidas sem estressor relacionado a exercício físico).

Para tal interpretação em um estudo, avaliando um grupo de atletas submetido a longo

período de sobrecarga em modelo de treinamento funcional, os resultados demonstraram diminuição de desempenho físico, associado com um moderado aumento dos valores de VFC (LE MEUR et al., 2013).

Também Bellenger et al (2016) observaram moderado aumento da VFC em atletas em excesso de treinamento funcional, nesse caso contudo, associado com aumento de desempenho e concluem que a modulação parassimpática hiperativa pode limitar a capacidade de envolver totalmente o sistema nervoso simpático durante o exercício máximo, fato que é observado quando indivíduos têm diminuição de desempenho acompanhado de diminuição da FC.

Isso porque, na interpretação das medidas de VFC, a diminuição dos valores representa uma redução da modulação parassimpática com maior ativação simpática, que é sugerido como uma condição de estresse (OLIVEIRA-SILVA et al., 2018).

Baseados nesta hipótese é que Kiviniemi et al (2010) sugeriram prescrição de treinamento individual de resistência através de análise da VFC (KIVINIEMI et al., 2010). No referido estudo sugere-se a diminuição da intensidade da sessão de treinamento se os valores de VFC diminuem ao comparados aos valores médios de um período de medições da VFC sem treinamento.

Em razão deste aspecto de refinamento fisiológico exercido pelo SNA frente a diferentes condições de sobrecarga e estresse, bem como da dificuldade de se avaliar efetivas modulações da VFC devido aos valores atípicos, não paramétricos e de amplitude muito variável entre indivíduos treinados, Vesterinen et al (2016) propõem a utilização do SWC (Smallest Worthwhile Change) anteriormente demonstrada por Malcata e Hopkins (2014) para análise das flutuações e da sensibilidade da VFC frente ao treinamento.

De acordo com esse modelo, a partir do cálculo da média de um grupo de dados se calcula o desvio padrão. A partir de calculado essas duas métricas, se estabelece uma porcentagem (que vai variar de 2% a 5% de acordo com a população avaliada), que vai ser multiplicada pelo desvio padrão. Esse valor, SWC, é adicionado a média dos dados do grupo para estabelecer o limite superior, e esse valor, SWC, é subtraído da média dos dados do grupo para estabelecer o limite inferior, estabelece-se um intervalo compreendido entre o que são chamados de limites superior e inferior

Tal intervenção foi adotada também por outros grupos que investigaram a utilização da VFC para orientar as sessões de treinamento de resistência individualizada (JAVALOYES et al., 2019; VESTERINEN et al., 2016).

Através da adoção do limite superior, temos um indicador de uma modulação máxima aceitável como benéfica, adaptativa e de proteção ao estresse fisiológico, visto que uma super

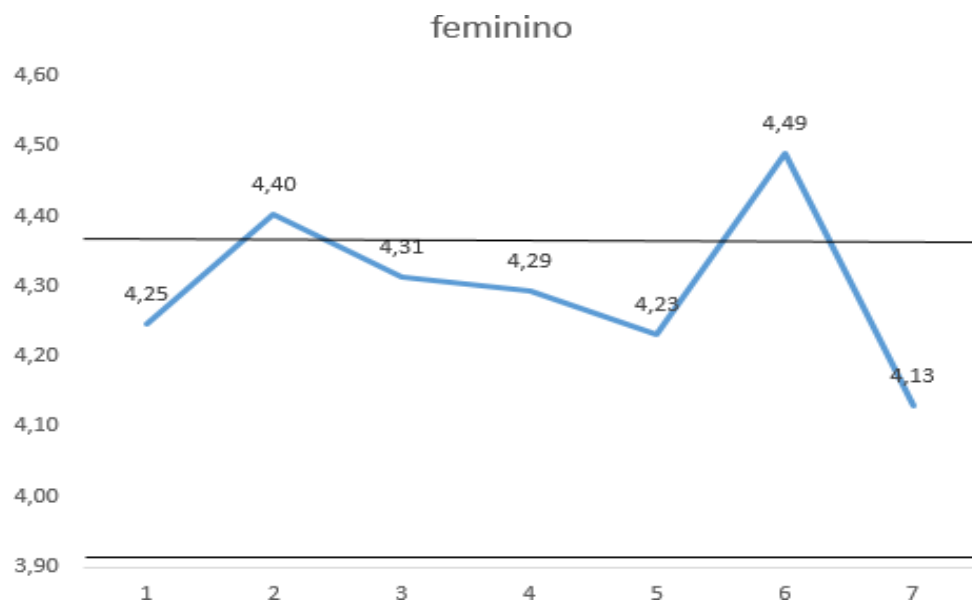
ativação do sistema nervoso parassimpático foi observada como sinal de overreaching não funcional (BELLENGER et al., 2016) (LE MEUR et al., 2013) (MANRESA-ROCAMORA et al., 2021).

Já um limite inferior é adotado para indicar uma predominância do sistema nervoso simpático quando os valores de VFC estão reduzidos comparados aos normais, condição esta que representa um estado de perturbação fisiológica (OLIVEIRA-SILVA et al., 2018).

Como apresentado anteriormente, a hipótese inicial do presente estudo é que, após as sessões de alta intensidade de treinamento em CrossFit, os valores de VFC estariam fora da zona SWC, mostrando perturbação autonômica e que após as sessões de exercícios aeróbios de baixa intensidade os valores de VFC retornariam para da zona de normalidade da SWC, mostrando recuperação e prontidão.

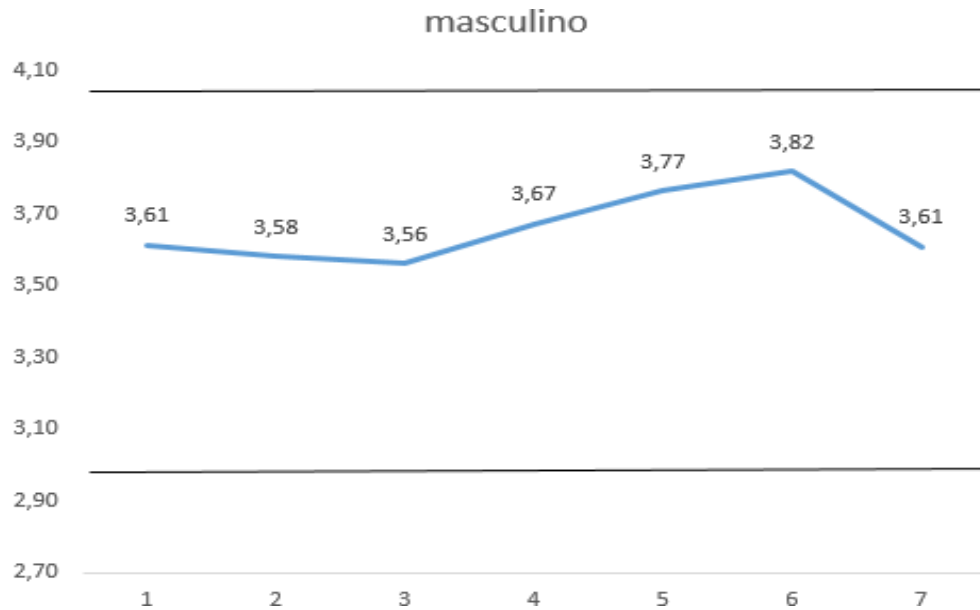
Contudo, quando analisados a média geral única de todos os participantes e as médias de grupos por sexo, não pudemos observar nenhuma tendencia de comportamento da VFC como demonstrado nas figuras 5, 6 e 7 respectivamente.

Figura 5 – Limites de SWC e oscilação da VFC (LnRmssd) para grupo F.



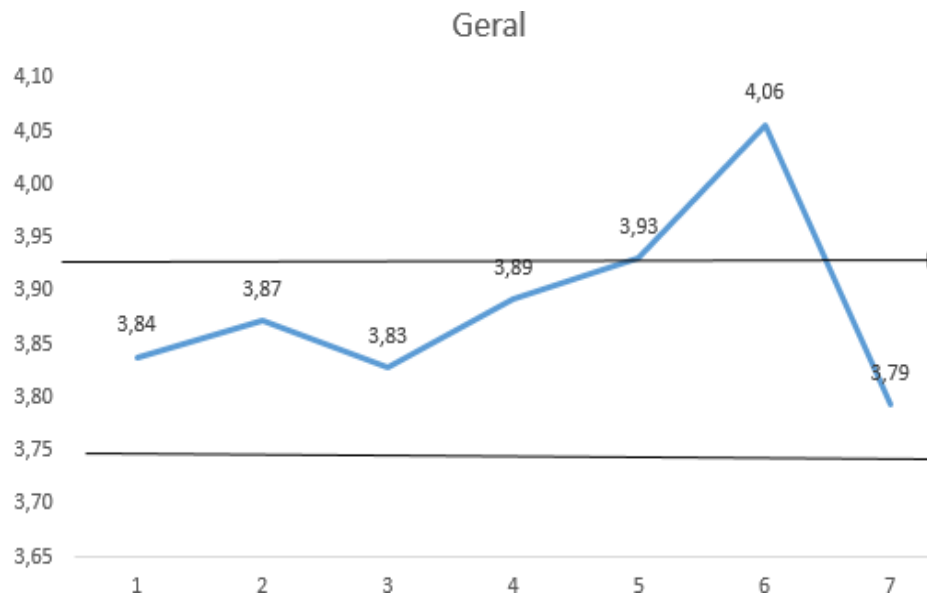
Valores a oscilação apresentam-se fora do limite superior da SWC, (nos dias 2 e 6) indicando perturbação da VFC por estresse simpático.

Figura 6 – Limites de SWC e oscilação da VFC (LnRmssd) para grupo M.



Média da VFC dos dias do grupo masculino. Limite superior e limite inferior SWC calculado a partir das médias do grupo. Valores de oscilação da VFC dentro dos limites da SWC, indicando ausência de perturbação.

Figura 7 – Limites de SWC e oscilação da VFC (LnRmssd) para grupo G.



Média da VFC dos dias do grupo geral. Limite superior e limite inferior SWC calculado a partir das médias do grupo. Valores de oscilação da VFC dentro dos limites da SWC, indicando ausência de perturbação em todos os dias exceto no dia 6, que esteve acima

do limite superior SWC, indicando perturbação.

Os resultados acima podem, em parte, serem explicados pela grande heterogeneidade do grupo avaliado, e pelo comportamento da VFC apresentado entre todos os indivíduos dos dois grupos, conforme foi demonstrado nas figuras 1 e 2 e 4.

Contudo, quando analisamos individualmente podemos observar uma tendência dos valores de VFC fora dos limites superiores de normalidade da SWC após sessões de CrossFit em domínios de alta intensidade, e retorno dos valores de VFC para dentro da zona de normalidade da SWC após as sessões de exercícios aeróbios de baixa intensidade, conforme demonstrado na Quadro 3.

Quadro 3 – Distribuição de frequência entre os limites de SWD para todos os participantes do estudo ao longo das sessões de treinamento.

dia	1	2	3	4	5	6	7
in swc	9	2	3	13	2	1	12
out swc	8	15	14	4	15	16	5
in swc f	3	2	2	5	2	0	4
out swc f	3	4	4	1	4	6	2
in swc m	6	0	1	8	0	1	8
out swc m	5	11	10	3	11	10	3
% g	52,94%	11,76%	17,65%	76,47%	11,76%	5,88%	70,59%
% f	50,00%	33,33%	33,33%	83,33%	33,33%	0,00%	66,67%
% m	54,55%	0,00%	9,09%	72,73%	0,00%	9,09%	72,73%

Valores de frequência individual demonstram tendência de superação de limites superiores da SWC pós sessões de treino de CrossFit e normalização da VFC após sessões de treinamento aeróbio nos dias 4 e 7. (in swc =dentro da zona SWC grupo geral; out swc = fora da zona SWC grupo geral; in SWD f = dentro da zona SWC grupo feminino; out swc f = fora da zona SWC grupo feminino; in swc m = dentro da zona SWC grupo masculino; out swc m = fora da zona SWC grupo masculino; % g = porcentagem geral dentro da zona SWC em cada dia; % f = porcentagem feminino dentro da zona SWC em cada dia; % m = porcentagem masculino dentro da zona SWC em cada dia).

Comparando sessões de Treinamento Funcional de Alta intensidade (High Intensity functional training - HIFT) de curta e longa duração, observaram que a intensidade é o fator

significante que interfere negativamente na modulação dos valores de VFC (KLISZCZEWICZ et al., 2018). No referido estudo foi observado também que a duração não interferiu.

Millar et al (2009) observaram que na VFC tradicional as medidas não lineares da dinâmica da FC demonstraram maiores alterações no equilíbrio simpático-vagal após vários testes de Wingate.

Nesse mesmo contexto Heffernan et al. (2006), observaram que exercícios contra resistência provocam maior impacto na modulação da VFC frente a exercícios de base aeróbia, e que essa perturbação pode levar até 72h para retornar a valores basais. A observação do referido estudo corrobora que exercícios contra resistência são realizados com cargas no domínio severo, esse fato explica o impacto provocado por essa modalidade de exercício na VFC.

Corroborando parcialmente com os achados do nosso estudo Seiler et al. (2007) observaram que exercícios aeróbios realizados em baixa intensidade (no domínio moderado, abaixo do L1), provocavam uma recuperação rápida da VFC a valores normais em até 5 minutos após o término do exercício. Os autores demonstraram também haver tendência a um aumento do rebote no tônus parassimpático quando o volume do exercício nessa intensidade era mais longo (120 minutos de duração). Os achados do referido estudo ajudam a explicar a tendência de aumento da VFC verificado em nossos achados, visto que, a sessão de exercício aeróbio de baixa intensidade aplicado na nossa intervenção teve duração menor 60 minutos, portanto significativamente menor que no estudo citado.

Consideramos assim, que o tempo aplicado ao treino aeróbio em nosso estudo, pode não ter sido o suficiente para modular os valores de VFC no dia 4, porém parece ter sido o suficiente para modular os valores de VFC no dia 7.

Esta suposição encontra respaldo na literatura, onde Montero et al. (2017) observaram que a resposta ao treinamento de exercício aeróbio é individualizada e dose dependente, sendo assim podemos suspeitar que o volume da sessão de exercício aeróbio da nossa intervenção pode não ter sido suficiente para provocar modulação positiva dos valores de VFC.

Em contraste, Seiler et al. (2007) apontam que as condições de exercício no L2 e acima do L2 induziram atrasos significativos na recuperação do equilíbrio autonômico. Devido a tais observações os autores sugerem que o L1 demarca um limiar de perturbação do sistema nervoso autônomo.

Essa informação é importante para nossa discussão, pois as sessões de CrossFit, são realizadas em alta intensidade, ou seja, acima do L2. Sendo assim esperávamos modulações negativas nos valores de VFC após esse tipo de sessão.

Em nossos achados detectamos aumento dos valores médios de VFC nos dias 02 e 03 no grupo feminino, porem no grupo masculino observamos diminuição dos valores de VFC nos respectivos dias. Já nos dias 05 e 06 os valores de VFC no grupo masculino aumentaram e no grupo feminino diminuíram como pode ser observado nas Figuras 5 e 6.

Analizando através da SWC, não conseguimos observar tendência dos valores relacionados à zona de normalidade através da média dos grupos. Tal fato pode ser explicado pela heterogeneidade.

Durante a recuperação aguda após o exercício (logo em 1 minuto), a intensidade precedente tem um efeito pronunciado e graduado no curso do tempo das medidas de VFC que se acredita refletirem a modulação vagal cardíaca medida nos domínios do tempo e da frequência da VFC (MICHAEL et al., 2016).

Em outra investigação Stanley et al (2013) revelam que a reativação parassimpática cardíaca completa requer 24-48 h para o limiar de intensidade e pelo menos 48 h após o exercício de alta intensidade.

Considerando as conclusões do estudo acima citados, entendemos que a ausência de comprovação estatística para as médias dos grupos em relação a modulação da VFC de nossos resultados podem ter sido influenciada pelo protocolo aqui empregado, uma vez que foram realizadas análises da modulação dos valores de VFC com sessões acumuladas de exercícios, o que pode ter comprometido uma melhor observação após cada tipo de sessão de CrossFit e exercício aeróbio de baixa intensidade, pois como os autores acima referem, uma reativação parassimpática cardíaca completa requer até 48h, sendo assim a sessão de CrossFit estaria ainda interferindo na resposta da modulação da sessão de exercício aeróbio de baixa intensidade no dia 04.

Também nesse sentido, Haddad et al. (2009) mostraram que uma única sessão de exercícios supra máxima, com duração não superior a 12 minutos, pode perturbar o sistema nervoso autônomo por cerca de 36 horas. Isso confirma a forte influência da intensidade do exercício na recuperação VFC pós-exercício em curto e longo prazo.

Em outra investigação Tibana et al. (2019) observaram que não houve correlações entre valores da VFC (LnRMSSD) com variáveis de carga de treinamento (carga de treinamento semanal, monotonia, ACWR) e variáveis subjetivas de recuperação (bem-estar, fadiga, sono, dor, estresse e humor). Porém, Pereira et al. (2019), observaram reduções dos valores de VFC após um microciclo de CrossFit que estaria relacionado com fadiga.

No estudo de Willians et al. (2017) observaram que lesões por excesso de treino estavam relacionados com baixos valores de VFC (LnRMSSD), e que mesmo quando as cargas

de treinamento estavam altas e os valores de VFC estavam normais, não haviam episódios de lesão. Tais resultados de redução da VFC, assim como em nosso estudo, sugerem que a modulação da VFC reflete uma resposta anormal do SNA à carga acumulativa. Como tal, o monitoramento da VFC tem o potencial de auxiliar na detecção e prevenção precisas de lesões por uso excessivo em populações atléticas.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO.

Parece claro que lesões decorrentes de sessões de treinamento físico, e em especial em sessões de alta intensidade, estão relacionadas a sobrecarga de treino que por sua vez interfere na adequada da modulação e recuperação do tônus autonômico parassimpático, o que justifica a importância da análise desta variável fisiológica.

Assim, nosso estudo tentou demonstrar a efetividade da interpretação do comportamento da VFC como uma ferramenta sensível na detecção de uma condição de estresse e sobrecarga de treinamento (overtraining) durante um ciclo semanal de treinamento de CrossFit em alta intensidade, com intervalos de recuperação a cada 3 dias, mediados por sessões de exercícios aeróbios de baixa intensidade.

Em primeiro lugar é necessário considerar que a transformação dos valores para LnRmssd de fato é necessária para a análise, pois a escala original dos dados da VFC não é normalmente distribuída. Além disso, a variabilidade entre os participantes é alta e, ao mesmo tempo, as medidas registradas em cada dia não são independentes. Isso restringe os métodos de análise disponíveis. Dessa forma, foi necessário fazer as análises separadamente para cada sexo para obter um mínimo de normalidade nos valores amostrais.

Assim, nossos resultados demonstraram que o grupo feminino apresentou uma mais elevada VFC quando comparado ao grupo masculino, muito embora as análises tenham sido comprometidas pela absoluta heterogeneidade entre os praticantes, além de uma grande flutuação de valores diários de cada participante. Contudo, não há diferenças significativas para os grupos feminino e masculino separadamente, entre nenhum dos dias, pois nem mesmo os dias um e sete apresentaram diferença pelo teste t pareado.

Contudo, seguindo sugestões de estudos anteriores, e conceitos de estatística bayesiana, análises individuais empregando a razão de limites inferior e superior da SWC, demonstram uma tendência de perturbação simpática da VFC após duas sessões de treinamento de alta intensidade corridas por uma moderada elevação da VFC no primeiro intervalo do ciclo de treinamento (dia 4) e mais acentuada ao final do ciclo (dia 7), ambos mediados por exercício aeróbio de baixa intensidade.

Assim, através do uso da SWC foi possível observar um elevado percentual dos participantes dentro dos limites normais de SWC (83,3% e 72,7 % para mulheres e homens respectivamente) demonstrando uma efetiva e benéfica retomada da VFC após a primeira sessão de exercícios aeróbios recuperativos no dia 4, efeito que volta ocorrer, porém em menor

magnitude para as mulheres ao final da sessão de treinamento no dia 7 (66,6% e 72,7% para mulheres e homens respectivamente).

Podemos concluir que a análise da VFC como indicador de estresse somático frente a sequência de sessões de treinamento de alta intensidade bem como sua recuperação após sessões de treinamento aeróbio de intensidade baixa pode ser comprometida pela heterogeneidade e flutuação dos valores da mesma, mesmo quando corrigidos pela sua raiz quadrática. Além disso, protocolos de treino em dias seguidos, com intervalos de recuperação, não maiores do que 24 horas, parecem produzir interferência nos resultados encontrados, além de não permitir medidas independentes a cada dia. Finalmente, foi possível observar uma forte tendência para elevação da VFC, quando, indicando efeito recuperador benéfico de equilíbrio simpátovagal após exercícios aeróbios de baixa intensidade, quando analisadas os valores de SWC de forma individual.

10. LIMITAÇÕES DO ESTUDO.

Podemos considerar como importantes limitações do estudo:

- Um baixo número de participantes decorrente do comprometimento causado pela pandemia de COVID19;
- Amostra não randomizada, de conveniência decorrente do delineamento do estudo e das condições favorecedoras;
- Heterogeneidade e flutuação do comportamento da VFC entre os participantes da amostra;
- Heterogeneidade etária da amostra;
- A não utilização de um grupo controle, motivado pelo baixo número de participantes possível,
- Possível soma de efeitos fisiológicos anteriores ao início do protocolo, causado pela participação de todos em sessões anteriores de treinamento;
- Ausência de controle sobre o descanso e alimentação nos períodos entre as sessões de treinamento;
- Possíveis limitações do sistema de coleta de dados da VFC (Firstbeat®)

11. REFERÊNCIAS

ABRA SEU BOX. Academia x Box crossfit: por que montar um box de crossfit?. Disponível em: <https://abraseubox.com.br/blog/academia-x-box-crossfit-por-que-montar-um-box-de-crossfit/>

ANDROULAKIS-KORAKAKIS, Patroklos; FISHER, James P.; STEELE, James. The Minimum Effective Training Dose Required to Increase 1RM Strength in Resistance-Trained Men: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, vol. 50, no. 4, p. 751–765, 1 Apr. 2020. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01236-0>.

AZEVEDO, Paulo Henrique Silva Marques; GARCIA, Alex; DUARTE, João Marcos Pereira; RISSATO, Gustavo Mello; CARRARA, Vitor Karlos Piubelli; MARSON, Runer Augusto. Limiar Anaeróbio e Bioenergética: uma abordagem didática e integrada. *Revista da Educação Física/UEM*, vol. 20, no. 3, p. 453–464, 2009. <https://doi.org/10.4025/reveducfis.v20i3.4743>.

BARRERO, Anna; SCHNELL, Frédéric; CARRAULT, Guy; KERVIO, Gaelle; MATELOT, David; CARRÉ, François; LAHAYE, Solène Le Douairon. Daily fatigue-recovery balance monitoring with heart rate variability in well-trained female cyclists on the Tour de France circuit. *PLoS ONE*, vol. 14, no. 3, 1 Mar. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213472>.

BELLENGER, Clint R.; KARAVIRTA, Laura; THOMSON, Rebecca L.; ROBERTSON, Eileen Y.; DAVISON, Kade; BUCKLEY, Jonathan D. Contextualizing parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes with perceptions of training tolerance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, vol. 11, no. 5, p. 685–692, 2016. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0495>.

BELLINGER, Phillip M.; SABAPATHY, Surendran; CRAVEN, Jonathan; ARNOLD, Blayne; MINAHAN, Clare. Overreaching attenuates training-induced improvements in muscle oxidative capacity. [S. l.: s. n.], 2020. vol. 52, . <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002095>.

BUCHHEIT, Martin. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, vol. 5 FEB, no. February, p. 1–19, 2014. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>.

CALVERT, T.W.; BANISTER, E. W.; SAVAGE, M. V.; BACH, T. A systems model of training for athletic performance. *Aust J Sports Med*, vol. SMC-6, no. 2, p. 94–102, 1976. .

CAMM, A.J. ; MALIK, M. ; BIGGER, J.T. ; BREITHARDT, G. ; CERUTTI, S. ; COHEN, R.J. ; COUMEL, P. ; FALLEN, E.L. ; KENNEDY, H.L. ; KLEIGER, R.E. ; LOMBARDI, F.; MALIK, Marek; JOHN CAMM, A; THOMAS BIGGER, J; BREITHARDT, G. ; CERUTTI, Sergio; COHEN, Richard J; COUMEL, Philippe; FALLEN, Ernest L; KENNEDY, Harold L; KLEIGER, Robert E; LOMBARDI, Federico; MALLIANI, Alberto; MOSS, Arthur J; ROTTMAN, Jeffrey N; SCHMIDT, Georg; SCHWARTZ, Peter J; SINGER, Donald H. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, vol. 93, no. 5, p. 1043–1065, 1996. <https://doi.org/10.1161/01.cir.93.5.1043>.

COELHO, André; NAKAMURA, Fábio; MORGADO, Micaela; HOLMES, Clifton; DI BALDASSARRE, Angela; ESCO, Michael; RAMA, Luis. Heart Rate Variability and Stress Recovery Responses during a Training Camp in Elite Young Canoe Sprint Athletes. *Sports*, vol. 7, no. 5, p. 126, 2019. <https://doi.org/10.3390/sports7050126>.

DE OLIVEIRA, Ramon Martins; UGRINOWITSCH, Carlos; KINGSLEY, James Derek; DA SILVA, Deivid Gomes; BITTENCOURT, Diego; CARUSO, Flávia Rossi; BORGHI-SILVA, Audrey; LIBARDI, Cleiton Augusto. Effect of individualized resistance training prescription with heart rate variability on individual muscle hypertrophy and strength responses. *European Journal of Sport Science*, vol. 19, no. 8, p. 1092–1100, 14 Sep. 2019. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1572227>.

EARNEST, C. P.; JURCA, R.; CHURCH, T. S.; CHICHARRO, J. L.; HOYOS, J.; LUCIA, A. Relation between physical exertion and heart rate variability characteristics in professional cyclists during the Tour of Spain. *British Journal of Sports Medicine*, vol. 38, no. 5, p. 568–575, 2004. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.005140>.

GLASSMAN, Greg. Level 1 training guide. *The CrossFit Journal*, no. 3, p. 1–258, 2016. .

GRANATA, Cesare; OLIVEIRA, Rodrigo S.F.; LITTLE, Jonathan P.; RENNER, Kathrin; BISHOP, David J. Mitochondrial adaptations to high-volume exercise training are rapidly reversed after a reduction in training volume in human skeletal muscle. *FASEB Journal*, vol. 30, no. 10, p. 3413–3423, 1 Oct. 2016. <https://doi.org/10.1096/fj.201500100R>.

HOPKINS, Will G. Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. [S. l.: s. n.], 2000.

JAMNICK, Nicholas A.; PETTITT, Robert W.; GRANATA, Cesare; PYNE, David B.; BISHOP, David J. An Examination and Critique of Current Methods to Determine Exercise Intensity. *Sports Medicine*, 30 Jul. 2020. DOI 10.1007/s40279-020-01322-8. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-020-01322-8>.

JAVALOYES, Alejandro; SARABIA, Jose M; LAMBERTS, Robert P; PLEWS, Daniel; MOYA-RAMON, Manuel. Training Prescription Guided by Heart Rate Variability Vs. Block Periodization in Well-Trained Cyclists. [S. l.: s. n.], 2019. Available at: www.nsca.com.

KIELY, John. Periodization Theory: Confronting an Inconvenient Truth. *Sports Medicine*, vol. 48, no. 4, p. 753–764, 1 Apr. 2018. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0823-y>.

KUHN, Steven. The Culture of CrossFit : A Lifestyle Prescription for Optimal Health and Fitness. *Senior Theses - Anthropology.*, , p. 15, 2013. Available at: <http://ir.library.illinoisstate.edu/sta/1>.

LOTURCO, Irineu; NAKAMURA, Fabio Yuzo; TRICOLI, Valmor; KOBAL, Ronaldo; ABAD, Cesar Cavinato Cal; KITAMURA, Katia; UGRINOWITSCH, Carlos; GIL, Saulo; PEREIRA, Lucas Adriano; GONZÁLEZ-BADILLO, Juan José. Determining the optimum power load in jump squat using the mean propulsive velocity. *PLoS ONE*, vol. 10, no. 10, p. 1–12, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140102>.

MONTERO, David; LUNDBY, Carsten. Refuting the myth of non-response to exercise training: ‘non-responders’ do respond to higher dose of training. *Journal of Physiology*, vol. 595, no. 11, p. 3377–3387, 2017. <https://doi.org/10.1113/JP273480>.

MORTON, R. H.; FITZ-CLARKE, J. R.; BANISTER, E. W. Modeling human performance in running. *Journal of Applied Physiology*, vol. 69, no. 3, p. 1171–1177, 1990. <https://doi.org/10.1152/jappl.1990.69.3.1171>.

NAKAMURA, F Y; PEREIRA, L A; LOTURCO, I; FLATT, A A; ESCO, M R; RAMIREZ-CAMPILLO, R. Ultra-short-term heart rate variability is sensitive to training effects in team sports players. *Journal of Sports Science and Medicine*, vol. 14, no. 3, p. 602–605, 2015. .

PEREIRA, Paulo Henrique; COSTA E SILVA, Anselmo Athayde; PIRES, Daniel Alvarez; COSWIG, Victor Silveira. Efeitos de um microciclo de Crossfit® em variáveis da carga interna de treinamento. *Pensar a Prática*, vol. 22, p. 1–14, 2019. <https://doi.org/10.5216/rpp.v22.51987>.

PLEWS, Daniel J.; LAURSEN, Paul B.; STANLEY, Jamie; KILDING, Andrew E.; BUCHHEIT, Martin. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, vol. 43, no. 9, p. 773–781, 2013. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>.

STÖGGL, Thomas; SPERLICH, Billy. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in Physiology*, vol. 5 FEB, 2014. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00033>.

STONE, Jason D; ULMAN, Hana K; TRAN, Kaylee; THOMPSON, Andrew G; HALTER, Manuel D; RAMADAN, Jad H; STEPHENSON, Mark; JR, Victor S Finomore; HAGEN, Joshua A. Assessing the Accuracy of Popular Commercial Technologies That Measure Resting Heart Rate and Heart Rate Variability. vol. 3, no. March 2021, 2022. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.585870>.

TIBANA, Ramires A.; DE ALMEIDA, Leonardo M.; FRADE DE SOUSA, Nuno M.; NASCIMENTO, Dahan da Cunha; NETO, Ivo V. de Sousa; DE ALMEIDA, Jeaser A.; DE SOUZA, Vinicius C.; LOPES, Maria de Fátima T. P. L.; NOBREGA, Otávio de Tolêdo; VIEIRA, Denis C. L.; NAVALTA, James W.; PRESTES, Jonato. Two Consecutive Days of Extreme Conditioning Program Training Affects Pro and Anti-inflammatory Cytokines and Osteoprotegerin without Impairments in Muscle Power. *Frontiers in Physiology*, vol. 7, no. June, p. 1–8, 2016. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00260>.

TIBANA, Ramires Alsamir; FRADE DE SOUSA, Nuno Manuel. Are extreme conditioning programmes effective and safe? A narrative review of high-intensity functional training methods research paradigms and findings. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, vol. 4, no. 1, 2018. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000435>.

VESTERINEN, Ville; NUMMELA, Ari; HEIKURA, Ida; LAINE, Tanja; HYNYNEN, Esa; BOTELLA, Javier; HÄKKINEN, Keijo. Individual Endurance Training Prescription with Heart Rate Variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 48, no. 7, p. 1347–1354, 1 Jul. 2016. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000910>.

SCHNEIDER, Christoph et al. Heart Rate Variability Monitoring During Strength and High-Intensity Interval Training Overload Microcycles. *Frontiers In Physiology*, [s.l.], v. 10, n. 582, p.1-19, 22 maio 2019. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2019.00582>.