



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



FILIPPE SANTANA MARTINS

**INVESTIGAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE AVANÇO DA ANÁLISE UNIVARADA
PARA ASSOCIADA DE VARIÁVEIS PSICOMÉTRICAS, FISIOLÓGICAS E FÍSICAS
PARA INDICAR O ESTADO DE FADIGA CRÔNICA / RECUPERAÇÃO DE
ATLETAS DE NATAÇÃO**

JOÃO PESSOA

2026

FILIPPE SANTANA MARTINS

**INVESTIGAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE AVANÇO DA ANÁLISE UNIVARIADA
PARA ASSOCIADA DE VARIÁVEIS PSICOMÉTRICAS, FISIOLÓGICAS E FÍSICAS
PARA INDICAR O ESTADO DE FADIGA CRÔNICA / RECUPERAÇÃO DE
ATLETAS DE NATAÇÃO**

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa Associado de Pós-Graduação
em Educação Física UPE/UFPB como
requisito à obtenção do título de Mestre
em Educação Física.

Área de Concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano

Linha de Pesquisa: Exercício Físico, Esporte e Desempenho

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva

JOÃO PESSOA

2026

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M386i Martins, Filipe Santana.

Investigação da possibilidade de avanço da análise univariada para associada de variáveis psicométricas, fisiológicas e físicas para indicar o estado de fadiga crônica : recuperação de atletas de natação / Filipe Santana Martins. - João Pessoa, 2026.

94 f. : il.

Orientação: Alexandre Sérgio Silva.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCS.

1. Carga de treino. 2. Tecnologia esportiva. 3.
Periodização. I. Silva, Alexandre Sérgio. II. Título.

UFPB/BC

CDU 612.766.1(043)

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

A Dissertação Investigação da Possibilidade de Avanço da Análise Univarada para Associada de Variáveis Psicométricas, Fisiológicas e Físicas para Indicar o Estado de Fadiga Crônica/ Recuperação de Atletas de Natação.

Elaborada por Filipe Santana Martins

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

João Pessoa, 15 de dezembro de 2025

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **ALEXANDRE SERGIO SILVA**
Data: 27/02/2026 10:17:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva

UFPB - Presidente da Sessão
 **JOAO GUSTAVO DE OLIVEIRA CLAUDINO**
Data: 02/03/2026 18:58:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Gustavo de Oliveira Claudino

(Unicamp) - Membro Externo

Documento assinado digitalmente
 **YTALO MOTA SOARES**
Data: 26/02/2026 20:25:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ytalo Mota Soares

UFPB – Membro Interno

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me capacitado e dado a oportunidade de vivenciar essa experiência de estar cursando um mestrado e diversas outros acontecimentos durante esses dois anos de curso. Aos meus pais João Batista Filgueira Martins e Eliane Magaly de Santana Martins por serem os meus exemplos em todos os aspectos da minha vida, por me estimularem a sempre me desenvolver, me darem suporte para executar todas as minhas obrigações acadêmicas e profissionais. Ao meu irmão Jomalysson Santana Martins que mesmo me tirando do sério diversas vezes, sempre me apoiou e foi de grande importância durante várias etapas da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva que foi um dos meus principais tutores acadêmicos, sendo meu orientador em iniciações científicas durante a graduação me ensinando praticamente tudo que sei sobre esse mundo científico. Minha imensa gratidão ao senhor, que trabalhou comigo nesses dois anos de mestrado durante férias, viagens e me possibilitou vivenciar experiências profissionais que eu nunca sonhei que iria ter a oportunidade de vivenciar. Também aos membros da banca Prof. Dr. João Gustavo de Oliveira Claudino, Prof. Dr. Francisco Teixeira Coelho e ao Prof. Dr. Ytalo Mota Soares pelas contribuições durante todas as etapas do mestrado.

Aos atletas da equipe Grêmio Vila Olímpica Parahyba e ao treinador Leandro Oliveira por participarem dessa pesquisa e aos meus colegas de laboratório LETFADS, principalmente Dhyogo Dornelas Belmont Neri, Luísa de Paiva Fitipaldi, Yasmin Vieira da Nóbrega, Eriklys Cavalcante Barreto, Mateus Duarte Ribeiro, Milena Moura Medeiros, George Celso Souza Côrtes de Araújo e Cecília Jacinta Brandão Marinho que foram primordiais para as minhas coletas e sem eles eu dificilmente seria capaz de realizar esse mestrado em tempo hábil.

Aos grandes amigos Ruti Santos de Melo Macaíba (vulgo mamãe Ruti), João Lucas Guedes de Almeida, William Alcantara Alves que fiz durante as disciplinas e compartilhamos momentos tão importantes e engraçados durante esses anos, “moça eu tenho tekbond no carro”. Levarei vocês e esses momentos para o resto da minha vida. Agradeço também a minha primeira “mãe” acadêmica Karinny Lemos que desempenhou um importantíssimo papel como minha coorientadora na minha primeira iniciação científica em 2020. A Ricardo e Herson, os dois exímios secretários da Pós-graduação, que sempre me auxiliaram em todos os processos e burocracias durante esses anos. Por fim, agradeço a todos que de alguma forma participaram da minha vida pessoal, acadêmica e profissional durante esses dois anos de mestrado e que de alguma forma me ajudaram a evoluir como pessoa e profissional.

RESUMO

INTRODUÇÃO: no monitoramento do estado de prontidão dos atletas é utilizado ferramentas psicométricas, fisiológicas e físicas, bem como é recomendado a combinação dessas diversas variáveis. No entanto, a análise dos resultados dessa abordagem é feita de maneira subjetiva e sem integração entre as variáveis. Empresas vêm aplicando essa abordagem em seus aplicativos com a utilização de possíveis algoritmos para fornecer uma resposta multivariada. Contudo, não é apresentada a validação científica desses algoritmos.

OBJETIVO: desenvolver um modelo capaz de indicar o estado de fadiga crônica/recuperação por meio de uma análise associada de indicadores previamente aceitos em repostas á ondulações de cargas externas de treino destinadas a gerar acúmulo de fadiga e recuperação. **MÉTODOS:** participaram dessa pesquisa 20 atletas de natação ($15 \pm 2,9$ anos; 10 homens) com $6,4 \pm 3,6$ anos de treino. Os atletas foram monitorados durante um mesociclo de treino, constituído de quatro microciclos contendo ondulações nas cargas de treino (dois aumentos nas cargas de treino e uma redução). Diariamente foi coletado a percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE), percepção subjetiva de recuperação (PSR), força explosiva, por meio do salto com contramovimento (CMJ) e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Antes do primeiro treino de cada microciclo foi coletado o perfil do estado de humor (POMS). Antes do primeiro e último treino de cada microciclo foi coletado os níveis sanguíneos de creatina quinase (CK). Foi realizado os testes de Shapiro-Wilk e Levene para analisar a normalidade e homogeneidade, teste de qui quadrado para comparar o estado psicofisiológico com o desempenho numa competição, análise discriminante linear para elaborar o modelo de análise multivariado e 5% de nível de significância foi adotado.

RESULTADOS: o estudo resultou em dois artigos: um realizou um monitoramento das variáveis durante três semanas antes de uma competição e indicou que numa análise considerando as variáveis fragmentadas a maioria dos atletas estavam com indicadores melhores na semana de competição (indicando recuperação) melhoraram o tempo na prova (63,6% dentre os que apresentaram maior PSR; 77,8% dentre os que apresentaram maior WB; 70% dentre os que apresentaram menor PTH; 54,5% dentre os que apresentaram menor EDT; 61,5% dentre os que apresentaram menor CK). Entretanto não houve diferença estatística no teste de qui quadrado. Porém, quando a análise foi feita considerando a associação entre as variáveis existiu uma tendência para uma diferença estatística ($p = 0,094$). Isto reforçou a hipótese de que uma análise multivariada é mais eficaz para indicar o estado psicofisiológico dos atletas e levou à elaboração de um segundo estudo, no qual seguiu o desenho descrito nos métodos. Nesse estudo a ANOVA se demonstrou limitada, com variáveis apresentando respostas antagônicas, e diante disso foi proposto um algoritmo que associa variáveis selecionadas para monitoração do estado de prontidão de atletas. **CONCLUSÃO:** os dados desta dissertação mostraram que as variáveis atualmente aceitas para avaliar o estado psicofisiológico de atletas devem ser consideradas de forma associada, com o poder de influência de cada variável sendo ponderado tornando possível a elaboração de uma equação para indicar um índice do estado psicofisiológico dos atletas.

Palavras-chaves: carga de treino; tecnologia esportiva; periodização

ABSTRACT

INTRODUCTION: The monitoring of athletes' readiness states employs psychometric, physiological, and physical tools, and the integration of these diverse variables is recommended. However, the analysis of results derived from this approach is typically conducted subjectively and lacks integration among the variables. Companies have implemented this approach within apps, utilizing purported algorithms to generate a multivariate response. Nevertheless, the scientific validation of these algorithms remains absent. **OBJECTIVE:** To develop a model capable of indicating the state of chronic fatigue/recovery through an integrated analysis of established indicators, in response to planned undulations in external training loads designed to elicit fatigue accumulation and subsequent recovery. **METHODS:** Twenty competitive swimmers participated in this study (age: 15 ± 2.9 years; 10 males) with a training background of 6.4 ± 3.6 years. Athletes were monitored throughout a training mesocycle comprising four microcycles featuring undulating training loads (two load increases and one reduction). Daily measurements included session rating of perceived exertion (sRPE), subjective recovery perception (SRP), explosive strength assessed via countermovement jump (CMJ), and heart rate variability (HRV). The Profile of Mood States (POMS) was administered prior to the first training session of each microcycle. Blood creatine kinase (CK) levels were measured before the first and last training sessions of each microcycle. Statistical procedures included the Shapiro-Wilk and Levene tests to assess normality and homogeneity of variances, a chi-square test to compare psychophysiological state with competitive performance, linear discriminant analysis to develop the multivariate model, with a significance level set at 5%. **RESULTS:** The research yielded two articles. The first involved monitoring the variables during the three weeks preceding a competition. Analysis of individual variables indicated that most athletes exhibiting improved markers (suggesting recovery) during the competition week also demonstrated enhanced race performance (63.6% of those with higher SRP; 77.8% with higher well-being score; 70% with lower total mood disturbance; 54.5% with lower fatigue score; 61.5% with lower CK). However, the chi-square test found no statistically significant association. In contrast, an analysis considering the association among variables revealed a trend toward statistical significance ($p = 0.094$). This finding supported the hypothesis that a multivariate analysis is more effective for indicating athletes' psychophysiological state and prompted a second study, which followed the methodological design described above. In this subsequent study, ANOVA proved limited, as variables displayed antagonistic responses. Consequently, an algorithm integrating selected variables for monitoring athlete readiness was proposed. **CONCLUSION:** The findings of this dissertation demonstrate that the variables currently accepted for assessing athletes' psychophysiological state should be considered in an integrated manner. By weighting the relative influence of each variable, it becomes feasible to develop an equation to derive an index indicative of an athlete's psychophysiological status.

Key-words: training load; sportsTech; periodization

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Aplicativo Polar Flow – Training Load Pro.....	24
Figura 2. Aplicativo Polar Flow – Potência de corrida Baseada no Pulso e Teste de Recuperação das Pernas.....	25
Figura 3. Aplicativo Garmin Connect™.....	27
Figura 4. Aplicativo TrainingPeaks.....	28
Figura 5. Aplicativo Whoop Strain.....	28
Figura 6. Aplicativo Whoop Recovery.....	29
Figura 7. Aplicativo Whoop Stress Monitor.....	30
Figura 8. Desenho do estudo.....	33

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PSR	Percepção subjetiva de recuperação
POMS	Perfil do estado do humor
PSE	Percepção de esforço da sessão
CK	Creatina quinase
CMJ	Salto com contramovimento
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca
TRIMP	Impulso de treino
WB	Questionário de bem-estar
FC	Frequência cardíaca
BPM	Batimentos por minuto
GPS	Sistema de posicionamento global
PTH	Perturbação total de humor
RRi	Média do intervalo entre os batimentos RR
rMSSD	Raiz quadrada média das diferenças entre RRi normais adjacentes
pNN50	porcentagem de intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior do que 50 milissegundos
LF	Baixa frequência
HF	Alta frequência
LF/HF	Razão da alta e baixa frequência
DMIT	Dor muscular de início tardio
OR	Microciclo ordinário
CH1	Microciclo de choque 1
CH2	Microciclo de choque 2
RG	Microciclo regenerativo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 Conceito e classificação das cargas de treino.....	16
3.1.1 Histórico e evolução do controle das cargas de treino.....	16
3.1.2 Importância do controle das cargas de treino.....	17
3.1.3 Ferramentas usadas no controle das cargas de treino.....	18
3.1.3.1 <i>TRIMP</i>	19
3.1.3.2 <i>Percepção subjetiva de esforço e recuperação</i>	20
3.1.3.3 <i>Variabilidade da frequência cardíaca</i>	21
3.1.3.4 <i>Dano muscular</i>	22
3.2 Ferramentas disponíveis no mercado que usam análise multivariada para propor controle de carga de treino.....	23
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
4.1 Variáveis do estudo.....	31
4.2 Participantes.....	31
4.3 Aspectos éticos.....	31
4.4 Desenho do estudo.....	32
4.5 Protocolo do estudo e coleta dos dados.....	33
4.5.1 Protocolo do treinamento: Ondulação das cargas de treino.....	33
4.5.2 Coleta dos dados das variáveis do estudo.....	34
4.6 Análise dos dados.....	37
5 RESULTADOS.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
APÊNDICE A – ARTIGO 1.....	48
APÊNDICE B – ARTIGO 2.....	67
APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	92
APÊNDICE D – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	95

1 INTRODUÇÃO

No mundo esportivo, os atletas passam por rotinas de treinamento de alta demanda física (Issurin, 2010), fazendo com que elementos extra treino, como descanso e alimentação, sejam fundamentais para assegurar a recuperação e adaptações desejadas (Izzicupo *et al.*, 2019; Mason *et al.*, 2023). Em situações com excesso de carga de treino ou descanso inadequado, os atletas correm o risco de desenvolver um overreaching não funcional (diminuição a curto prazo na performance com ou sem sintomas fisiológicos e psicológicos de má adaptações, em que a recuperação do desempenho pode levar vários dias ou várias semanas) (Meeusen *et al.*, 2013) ou overtraining (diminuição a longo prazo na performance com ou sem sintomas fisiológicos e psicológicos de má adaptações, em que a recuperação do desempenho pode levar várias semanas ou vários meses) (Meeusen *et al.*, 2013). Para minimizar esses riscos e assegurar as adaptações ao treinamento, o monitoramento das cargas de treinamento se faz necessário para encontrar o equilíbrio entre os treinos e a recuperação (Bourdon *et al.*, 2017; Halson, 2019; Jeukendrup, 2017; Mason *et al.*, 2023; Soligard *et al.*, 2016).

A forma atualmente praticada para o controle do treinamento é pelo conceito de cargas externa e interna de treino. A carga externa pode ser definida como a organização, qualidade e quantidade dos exercícios físicos realizados pelo atleta durante o treino ou competição (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019; Vanrenterghem *et al.*, 2017). A carga interna está relacionada com as respostas fisiológicas e psicológicas que o organismo desencadeia para suportar as exigências provocadas pela carga externa (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019; Vanrenterghem *et al.*, 2017). A carga interna é mensurada através do monitoramento do estado fisiológico dos atletas (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017), sendo utilizado medidas bioquímicas (Haller *et al.*, 2023), hormonais (aumento de catecolaminas, cortisol e redução de testosterona) (Cadegiani *et al.*, 2020), psicométricas (Laurent *et al.*, 2011; Saw; Main; Gastin, 2016), qualidade/quantidade de sono (Halson, 2019) e de desempenho físico (Meeusen *et al.*, 2013).

Dentre essas medidas de cargas internas, as mais aceitas são a escala de percepção subjetiva de recuperação (PSR) (Laurent *et al.*, 2011); o perfil do estado do humor (POMS) (Viana; Almeida; Santos, 2001) e a escala de percepção de esforço da sessão de treino (PSE) (Foster *et al.*, 2001); a monitoração dos níveis sanguíneos de creatina quinase (CK), um indicador indireto de desgaste do tecido muscular (Haller *et al.*, 2023); a altura do salto vertical com contramovimento (CMJ) (Claudino *et al.*, 2017). Uma variável que recentemente

tem se consolidado é a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), com estudos demonstrando que ela tem sido sensível para indicar o status do treinamento (Bellenger *et al.*, 2016; Buchheit, 2014).

Cada uma dessas variáveis se fundamenta em evidências científicas, mas nenhuma delas pode ser considerada perfeita ao ponto de ser autossuficiente para o adequado diagnóstico das cargas de treino e cada uma delas apresentam limitações documentadas na literatura vigente (Meeusen *et al.*, 2013).

Medidas de percepção subjetiva são capazes de verificar mudanças agudas e crônicas no bem-estar do atleta relacionado ao treinamento, sendo úteis para o monitoramento da carga interna de acordo com a revisão sistemática realizada por Saw, Main e Gatin (2016). Contudo, a utilização dessas medidas subjetivas pode levar a uma falsa resposta dos atletas para esconder situações desfavoráveis ou apenas uma resposta habitual que não reflita a situação real em que ele se encontra (Saw; Main; Gatin, 2015).

A variabilidade da frequência cardíaca tem sido utilizada recentemente como forma de monitoração das cargas de treinamento. Alguns estudos têm demonstrado que o aumento da VFC está relacionado com boas adaptações ao treinamento (Buchheit *et al.*, 2011; Lee; Wood; Welsch, 2003) e a sua redução relacionada com fadiga crônica e má adaptações aos treinamentos (Kiviniemi *et al.*, 2014; Uusitalo; Uusitalo; Rusko, 2000). Entretanto, essa medida ainda não está bem estabelecida sendo necessário uma maior quantidade de estudos para comprovarem a sua eficácia no monitoramento das cargas internas de treino (Bellenger *et al.*, 2016).

O estresse mecânico induzido pelo exercício resulta em danos na membrana muscular, o que consequentemente permite que a molécula de CK saia da célula e vá para a corrente sanguínea (Haller *et al.*, 2023). De acordo com a revisão sistemática de Hagstrom e Shorter (2018) a CK tem sido utilizada como um marcador indireto de dano muscular, apresentando correlações significantes entre o seu aumento com reduções nas funções neuromusculares. No entanto, o uso da CK na individualização das cargas de treino pode ser um tanto quanto problemático devido a interindividualidade dos atletas, com alguns atletas sendo grandes respondedores, e o tempo adequado para realizar a coleta sanguínea ser influenciado pela modalidade (Haller *et al.*, 2023).

A altura do salto vertical com contramovimento (CMJ), tem sido bem aceito para monitorar a fadiga e/ou efeitos de supercompensação, de acordo com a metáanálise feita por Claudino *et al.*, (2017). O CMJ se correlacionou significativamente de forma negativa com a taxa de esforço percebido ($r = -0.489$, $p = 0.049$) e com o cortisol ($r = -0.777$, $p < 0.001$) em

corredores de longa distância (Balsalobre-Fernández; Tejero-González; Del Campo-Vecino, 2014). Contudo, fatores psicológicos e biomecânicos podem afetar a performance no CMJ e 73% das variáveis utilizadas para monitorar a performance através do CMJ ainda carecem de investigações que demonstrem sua eficácia e validade (Claudino *et al.*, 2017).

Diante desse cenário, é possível identificar algumas limitações importantes no controle das cargas internas de treino. Uma delas é que cada variável tem suas limitações de uso, como mencionado nos parágrafos anteriores e que nenhuma delas é considerada autossuficiente para diagnosticar a carga interna de treino sozinha (Carrard *et al.*, 2022; Haller *et al.*, 2023). Outro problema em relação as ferramentas atuais é a falta de confiabilidade dos dados coletados (Claudino *et al.*, 2021). Em vista disso, surge a questão problema de que elas deveriam ser integradas em uma única resposta de modo que as limitações sejam sanadas por outras e o diagnostico seja mais preciso. Mas até onde sabemos, não existem evidências de uso integrados destas várias ferramentas para prover um diagnóstico da carga interna de treino.

Tentativas de uso de múltiplas variáveis de forma integrada até tem sido feitas, mas apenas com análises bivariadas na grande maioria dos estudos. O estudo de Balsalobre-Fernández, Tejero-González e Campo-Vecino (2014) encontrou que grandes quantidades de cortisol salivar demonstrou uma significativa correlação com menores valores para o CMJ e maiores valores para PSE. Já o estudo de Pereira *et al.*, (2022) mostrou que a PSE teve uma correlação grande com a distância total e high-metabolic power distance e uma correlação moderada com a distância percorrida em alta intensidade e body load (combinação das acelerações produzidas em três planos de movimento). Casamichana *et al.*, (2013) encontraram uma correlação muito grande da PSE com a distância total percorrida ($r= 0.74$, $p<0.01$) e o player-load ($r= 0.76$, $p<0.01$) (combinação das acelerações produzidas em três planos de movimento). Outro estudo encontrou uma correlação moderada entre a frequência cardíaca máxima individual (heart rate relative to the individual maximum) [%HRmean]) com a PSE ($r= 0.506$) (Casamichana; Castellano, 2015). O estudo de Scanlan *et al.*, (2014) mostrou que a carga de treino, medida por acelerômetro, tem uma correlação moderada com a PSE ($r=0.49$) e modelos de impulso de treinamento (TRIMP) ($r=0.38$), enquanto as zonas de frequência cardíaca possuem uma correlação grande ($r=0.61$) com a carga de treino medida por acelerômetro. A revisão sistemática feita por McLaren *et al.*, (2018) encontrou que existe muitos estudos (cerca de 16), reportando correlações entre as cargas internas e externas com uma magnitude variando de trivial até muito grande.

Mesmo que seja encontrado correlações entre algumas variáveis, até o presente momento não se conhece estudos que tenham testado uma correlação multivariável. Outro

problema na utilização dessa estratégia é que a análise dos resultados é feita de maneira subjetiva, uma vez que é feita a observação individual de várias ferramentas. Embora ainda sem evidências científicas, uma abordagem utilizando análise multivariada já vem sendo praticada no mercado, como por exemplo a Polar Smart Coaching (<https://www.polar.com/br/smart-coaching/recovery-status>), Garmin Connect™ (<https://www.garmin.com/pt-BR/p/125677>), TrainingPeaks (<https://www.trainingpeaks.com/>) e Whoop (<https://www.whoop.com/us/en/the-data/>), que propõem ajustes das cargas de treino ou descanso com base na combinação dos dados de VFC, qualidade/quantidade de sono, volume/intensidade de treino, potência de corrida baseada no pulso e teste de recuperação das pernas. Esses aplicativos fornecem essas informações por meio de algoritmos, mas esses algoritmos não são disponibilizados para que haja uma validação interna e externa permitindo impor um caráter científico a esses algoritmos (Bullock *et al.*, 2022, 2023).

Visto que a melhor forma de avaliar o estado fisiológico pode ser através de uma abordagem multivariável e que as variáveis podem ter respostas diferentes, se faz necessário o desenvolvimento de pesquisas que verifiquem a eficácia dessa abordagem. Diante desse cenário, o presente projeto visa o desenvolvimento de um algoritmo baseado em múltiplas variáveis (PSR, questionário de bem-estar [WB], POMS, PSE, VFC, CK, CMJ) e integre esses fatores em uma única variável que seja capaz de estimar o estado fisiológico como indicador das cargas internas de treinamento frente a uma determinada carga externa estabelecida.

A hipótese do presente projeto é que cada variável irá apresentar um peso diferente para demonstrar os efeitos das variações das cargas externas nas cargas internas, sendo esse peso podendo variar em função do sexo, idade, tipo de treinamento realizado e frequência de treinamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um modelo capaz de indicar o estado de fadiga crônica/recuperação por meio de uma análise associada de indicadores previamente aceitos em repostas á ondulações de cargas externas de treino destinadas a gerar acúmulo de fadiga e recuperação.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar o impacto da ondulação nas cargas de treino fatigantes e recuperadoras na PSR, WB, POMS, PSE, VFC, CK, CMJ e em um teste de performance da modalidade;
- Determinar a sensibilidade de cada variável testada para indicar os efeitos da ondulação nas cargas de treino;
- Hierarquizar o peso de cada variável em relação à sua sensibilidade para indicar os efeitos da ondulação das cargas de treino no teste de desempenho;
- Desenvolver uma equação que considere a hierarquia do peso de cada variável capaz de identificar o impacto das ondulações das cargas de treino na carga interna e capacidade de performance dos atletas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Conceito e classificação das cargas de treino

Na década de 1950, o treinamento intervalado, desenvolvido inicialmente na década de 1930, tornou-se bastante popular entre os atletas devido à facilidade de monitorar os seus progressos. Esse monitoramento era realizado por meio da medição da frequência cardíaca (FC) durante as séries e os períodos de descanso. Outro fator responsável pela popularização desse método foi a relação quantitativa entre o ritmo médio dos treinos e as competições, o que possibilitava prever o desempenho durante o treino e a competição. Nessa época, essa relação entre o ritmo médio dos treinos e as competições era o conceito do monitoramento do treino (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017).

Já na década de 1980, houve o desenvolvimento de monitores de FC, analisadores portáteis de lactato sanguíneo e analisadores de gases respiratórios de resposta rápida. Esses equipamentos permitiram avaliar as respostas fisiológicas durante os treinos e as competições. Com isso, surgia o conceito de carga interna de treino (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017).

No entanto, os conceitos de carga externa e interna de treino foram apresentados pela primeira vez apenas em 2003 no Oitavo Congresso Anual do Colégio Europeu de Ciências do Desporto em Salzburgo, Áustria (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019). A carga externa foi definida como a organização, qualidade e quantidade dos exercícios realizados pelo atleta durante os treinos ou competições. A carga interna está relacionada com as repercussões fisiológicas e psicológicas que o organismo desencadeia para suportar as exigências geradas pelo treino ou competição (carga externa) (Bourdon *et al.*, 2017; Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019).

Impellizzeri, Marcora e Coutts (2019) afirmam que é um erro considerar medidas de VFC, FC, resposta hormonal, testes de salto e percepção subjetiva após os exercícios como medidas de carga interna, uma vez que a carga interna corresponde à resposta psicofisiológica durante o exercício. Os autores afirmam que essas medidas após os exercícios seriam indicadores da carga interna, no entanto, acreditamos que o termo mais adequado para essas medidas seria prontidão para o treino.

3.1.1 Histórico e evolução do controle das cargas de treino

A primeira evidência do monitoramento do treinamento foi no século passado, na Escandinávia, quando atletas olímpicos finlandeses corriam utilizando um cronômetro, mas não se sabe ao certo para qual finalidade eles utilizavam o cronômetro. Nessa época o monitoramento quantitativo do treino era mais um conceito do que uma prática (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017).

No ano de 1930, na Alemanha o treinador Woldemar Gerschler e o médico Herbert Reindell desenvolveram o treinamento intervalado, baseado em corridas repetitivas realizadas a uma frequência cardíaca de 180 batimentos por minuto, com um descanso até que a frequência cardíaca baixasse para 120 batimentos por minuto. À medida que o atleta se tornava mais preparado era necessário fornecer um estresse maior, correndo mais rápido ou realizando mais repetições, para elevar a frequência cardíaca para 180 batimentos por minuto (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017).

Na década de 1950 a maioria dos atletas do mundo utilizavam algum modelo de treinamento intervalado, devido a facilidade em monitorar o desempenho proporcionado por esse modelo de treinamento e prever o desempenho do atleta nas competições. Esse monitoramento era realizado pelo índice de trabalho (quantidade de repetições, distância percorrida, tempo de descanso e tempo gasto para percorrer determinada distância) (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017).

Com o desenvolvimento tecnológico, a partir da década de 1980, a comunidade científica foi capaz de fornecer com mais clareza as respostas fisiológicas durante os treinamentos e competições utilizando monitores de FC, analisadores portáteis de lactato sanguíneo e analisadores de gases respiratórios de resposta rápida (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017). Atualmente o monitoramento das cargas de treino são realizadas diariamente (Soligard *et al.*, 2016), sendo monitorado as respostas fisiológicas, as cargas externas e fatores externos aos treinamentos (exigências pessoais, sono, alimentação) (Izzicupo *et al.*, 2019; Roos *et al.*, 2013).

3.1.2 Importância do controle das cargas de treino

Para atender às demandas comerciais, os calendários de competições esportivas têm se tornado mais extensos e congestionados, fazendo com que os atletas precisem manter um alto nível de desempenho durante quase todo o ano (Soligard *et al.*, 2016). Times de futebol que participam de grandes torneios chegam a jogar três partidas em um espaço de sete a 11 dias, ou até sete partidas em um período de 28 a 31 dias (Noor *et al.*, 2021). Durante uma

temporada, atletas de futebol podem ser expostos a sessões de treinamento que tenham a duração média de $77,9 \pm 6,9$ minutos (de Dios-Álvarez *et al.*, 2023). Atletas de natação também realizam sessões de treinamento com durações semelhantes às dos atletas de futebol, com média de 90 ± 22 minutos, atingindo uma FC máxima de 190 ± 9 batimentos por minuto (BPM) e uma FC média de 130 ± 13 BPM (García-Ramos *et al.*, 2015).

Diante desse cenário de elevada carga de jogos e treinamentos, uma maior atenção foi direcionada à recuperação dos atletas, focando em elementos extra treino e no desenvolvimento de estratégias de recuperação ativa e passiva. Entre essas estratégias, destacam-se a imersão em água gelada, roupas de compressão, massagem, monitoramento do sono e alimentação, com o objetivo de reduzir os riscos de lesões (Izzicupo *et al.*, 2019; Mason *et al.*, 2023). Em relação ao sono, atletas tendem a possuir uma menor quantidade e qualidade do sono em relação aos não atletas (Charest; Grandner, 2020). Isso pode provocar um desequilíbrio do sistema nervoso autônomo, levando à manifestação de sintomas semelhantes ao do overtraining, além de impactos negativos na função neurocognitiva, na tomada de decisão, no tempo de reação e na coordenação motora fina (Fullagar *et al.*, 2015; Malhotra, 2017).

Assim, o monitoramento das cargas de treino vem sendo utilizado para evitar desequilíbrios entre as cargas de treinos e a recuperação, permitindo avaliar se os atletas estão se adaptando adequadamente ao programa de treinamento (Bourdon *et al.*, 2017). Além disso, esse monitoramento pode favorecer a comunicação e fortalecer a relação entre comissão técnica, treinadores e atletas. Especificamente, a utilização dos dados coletados durante o monitoramento contribui para o alinhamento entre os membros da comissão técnica e os treinadores. Ademais, ao envolver os atletas nesse processo, pode-se promover um maior senso de participação e comprometimento com o programa de treinamento, o que pode aumentar sua confiança no programa de treinamento (Halsen, 2014).

3.1.3 Ferramentas usadas no controle das cargas de treino

O monitoramento das cargas externas vem sendo realizado através da utilização da velocidade, aceleração, análises de tempo e movimento e parâmetros derivados de sistema de posicionamento global (GPS) e de acelerômetros (Bourdon *et al.*, 2017). O monitoramento das cargas internas vem sendo realizado por meio de medidas bioquímicas (Haller *et al.*, 2023), hormonais (aumento de catecolaminas, cortisol e redução de testosterona) (Cadegiani

et al., 2020), psicométricas (Laurent *et al.*, 2011; Saw; Main; Gastin, 2016), qualidade/quantidade de sono (Halsen, 2019) e de desempenho físico (Meeusen *et al.*, 2013).

Variável	Ferramenta	Fundamentação Teórica
TRIMP	Modelos matemáticos baseados na frequência cardíaca	A frequência cardíaca possui relação com o Vo ₂ , lactato sanguíneo (Berkelmans <i>et al.</i> , 2018)
Escalas psicométricas	Questionários	A fadiga em excesso desencadeia reações bioquímicas que resultam em alterações no humor (Saw; Main; Gastin, 2016)
Variabilidade da FC	ECG / cardiofrequencímetro	A atividade nervosa autonômica sofre alteração perante fadiga / recuperação (Draghici; Taylor, 2016)
Níveis séricos de creatina quinase	Espectrofotômetro	Ocorrendo microlesões na membrana muscular ou também na máquina contrátil (actomiosina), enzimas musculares extravasam para o sangue (Haller <i>et al.</i> , 2023)
Força explosiva mmII	Plataforma / tapete de contato	Quando danos musculares é seguido de desgasta estrutural da máquina contrátil (actomiosina), ocorre redução de força (Peake <i>et al.</i> , 2017)

3.1.3.1 TRIMP

Na década de 1970 Eric Banister e seus colaboradores desenvolveram o conceito de “impulso de treino” ou TRIMP (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017). O TRIMP de Banister conseguiu medir a intensidade do treinamento como uma função da porcentagem da frequência cardíaca de reserva multiplicado por um fator não linear (relação entre intensidade x lactato sanguíneo) multiplicado pela duração (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017). O número resultante dessa multiplicação é o TRIMP que irá representar o ganho de condicionamento físico e o ganho de fadiga gerado por essa sessão de treinamento (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017).

Com o passar dos anos foram surgindo novos modelos de TRIMP. O TRIMP de Edwards avalia o tempo gasto em cinco zonas da frequência cardíaca multiplicada por um coeficiente de correlação e somado a uma medida de carga de treino (Temme; Standing; Best,

2022). Já o TRIMP de Lucia utiliza três zonas da frequência cardíaca que são baseados em testes individuais de limiar de lactato (Temm; Standing; Best, 2022). Esse último modelo de TRIMP são considerados mais fortes devido a sua individualização com testes (Temm; Standing; Best, 2022).

O estudo realizado por Impellizzeri *et al.*, (2004) encontrou correlações entre PSE de Foster com o TRIMP de Banister, com o TRIMP de Edward e com o TRIMP de Lucia em jovens jogadores de futebol. O TRIMP de Banister, o TRIMP de Lucia e o TRIMP de Edward também têm sido utilizados como uma forma de monitorar as cargas internas de treino em atletas de basquetebol (Berkelmans *et al.*, 2018). Outras versões do TRIMP vêm sendo utilizada para monitoramento de atletas de natação (García-Ramos *et al.*, 2015), ciclista recreacionais (Vermeire *et al.*, 2021) e atletas de hóquei (Stagno; Thatcher; van Someren, 2007).

3.1.3.2 Percepção subjetiva de esforço e recuperação

A percepção subjetiva dos atletas em relação aos treinos e outros aspectos (recuperação e estado de humor) tem sido utilizada na monitoração das cargas de treino através de questionários devido a sua alta praticabilidade e possibilidade de monitoração diária (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017). Uma revisão sistemática demonstrou que essas medidas são capazes de verificar mudanças agudas e crônicas no bem-estar do atleta relacionado ao treinamento, sendo úteis para o monitoramento do atleta (Saw; Main; Gatin, 2016).

Uma das medidas utilizadas é a escala de percepção subjetiva de recuperação (PSR), desenvolvida por Laurent (2011), em que os atletas indicam de zero a 10 o seu nível percebido de recuperação física ou prontidão para o treinamento. Alguns estudos demonstraram uma associação da PSR com altas cargas de treinamento em atletas de futebol (Pereira *et al.*, 2022; Selmi *et al.*, 2020). Ouergui *et al.*, (2020) monitoraram atletas de judô e encontraram uma associação significativamente negativa entre a percepção de recuperação e o sono, o estresse e a fadiga. Essa ferramenta foi recentemente traduzida e adaptada para o português brasileiro (Gomes Costa *et al.*, 2023).

Outra ferramenta é o questionário POMS, inicialmente desenvolvido por McNair, Lorr e Droppleman (1992) que avalia o humor por meio das respostas a 65 itens na versão original. O POMS avalia o humor por meio das respostas a 42 itens que descrevem sentimentos e possui uma versão para o português de Portugal (Viana; Almeida; Santos, 2001) e a versão

brasileira BRUMS, que possui apenas 24 itens e não avalia a perturbação total de humor (PTH) (Rohlfes *et al.*, 2008). A revisão sistemática conduzida por Saw, Main e Gastin (2016) demonstrou que a dimensão vigor do POMS foi sensível as ondulações nas cargas de treino. Contudo, a PTH, índice mais utilizado, não mostrou alterações significativas durante as ondulações das cargas de treino.

A escala de percepção de esforço da sessão de treino (PSE), desenvolvida por Foster *et al.*, (2001), permite que o atleta expresse seu nível percebido de esforço da sessão do treino numa escala de zero a 10, sendo essa coleta realizada 30 minutos após o fim da sessão. A PSE vem sendo utilizada na monitoração após os treinos em atletas de Endurance (Boullosa *et al.*, 2011). Essas medidas têm sido utilizadas através de questionários devido a sua alta praticabilidade e possibilidade de monitoração diária (Foster; Rodriguez-Marroyo; de Koning, 2017). A revisão feita por Rebelo *et al.*, (2024) traz que o hooper index, uma ferramenta de bem-estar que fornece informações sobre a fadiga, estresse, sono e recuperação, tem sido uma ferramenta utilizada diariamente na monitoração de atletas de vôlei.

Outra ferramenta é o questionário de bem-estar (WB), desenvolvido por McLean *et al.*, (McLean *et al.*, 2010), que permite o atleta expressar sua percepção de qualidade de sono, fadiga, dor muscular, estresse e humor em uma escala *Likert* de cinco pontos. O bem-estar geral é quantificado pela soma das escalas podendo atingir uma pontuação geral de 25 pontos. Estudos realizados com atletas de futebol demonstraram que em períodos com sobrecarga nas cargas de treinos ou períodos com jogos seguidos resultaram em uma piora nas escalas de percepção de fadiga, dor muscular, qualidade de sono e estresse do questionário de bem-estar (Noor *et al.*, 2021; Selmi *et al.*, 2020).

No entanto, ao utilizar essas ferramentas subjetivas pode acontecer de se obter uma resposta viesada, com os atletas respondendo apenas para esconder situações desfavoráveis ou apenas de forma monótona que não represente a situação real que ele se encontra (Saw; Main; Gastin, 2015).

3.1.3.3 Variabilidade da frequência cardíaca

O sistema nervoso autonômico altera simultaneamente e de formas opostas a atividade simpática e parassimpática o que se manifestam em variações na frequência cardíaca (Draghici; Taylor, 2016). A atividade nervosa autonômica pode ser monitorada através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), sendo essa técnica uma medida indireta que mensura a resposta dos intervalos entre cada batimento cardíaco (Buchheit, 2014).

A VFC fornece medidas no domínio do tempo (média do intervalo entre os batimentos RR [RRi]; raiz quadrada média das diferenças entre RRi normais adjacentes [rMSSD]; porcentagem de intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior do que 50 milissegundos [pNN50]) e no domínio da frequência (baixa frequência [LF]; alta frequência [HF]; razão da alta e baixa frequência [LF/HF]) (Draghici; Taylor, 2016).

O excesso de treinamento pode gerar repercussões no sistema nervoso autônomo (Smith, 2000) e com isso a VFC tem sido utilizada como uma forma de monitoração das cargas de treinamento. Alguns estudos têm demonstrado que o aumento da VFC está relacionado com boas adaptações ao treinamento (Buchheit *et al.*, 2011; Lee; Wood; Welsch, 2003) e a sua redução relacionada com fadiga e má adaptações aos treinamentos (Kiviniemi *et al.*, 2014; Uusitalo; Uusitalo; Rusko, 2000).

O estudo de Weippert *et al.*, (2018) analisou a VFC e a CK sérica de 12 ciclistas recreacionais após um período intensivo de treino de três dias e encontrou que esse período foi associado com um aumento da frequência cardíaca matinal, diminuição da VFC e um aumento da CK sérica. Já o estudo realizado por Schmitt *et al.*, (2013) comparou a VFC de 57 atletas de elite de esqui quando identificados em um estado de fadigados (172 casos) e não fadigados (891 casos) no período de quatro anos e identificou que a VFC dos atletas quando apresentavam fadiga foi significativamente menor do que na ocasião em que eles se encontravam não fadigados.

No entanto, a VFC é uma medida relativamente nova e que não foi consolidada no meio científico, carecendo de uma maior quantidade de estudos que validem sua eficácia no monitoramento das cargas internas de treino (Bellenger *et al.*, 2016).

3.1.3.4 Dano muscular

O dano muscular induzido pelo exercício físico, potencializado durante contrações excêntricas, é uma condição caracterizada por uma ruptura miofibrilar ultraestrutural transitória, perda de força e potência muscular, dor muscular de início tardio (DMIT), inchaços, redução da amplitude de movimento do membro afetado, efluxo sistêmico de enzimas miocelular e proteínas (CK; mioglobina) ou a combinação de todos esses fatores (Peake *et al.*, 2017). Esse dano muscular pode gerar adaptações positivas na performance, caso aconteça um descanso adequado, ou gerar um overreaching não funcional ou overtraining, caso aconteça um desequilíbrio entre a fadiga induzida pelo exercício e os períodos de descanso (Cheng; Jude; Lanner, 2020).

Visto que o dano muscular induzido pelo exercício físico gera um efluxo sistêmico de enzimas miocelular e proteínas, assim como uma perda de força e potência muscular (Cheng; Jude; Lanner, 2020), tem sido utilizado os níveis sanguíneos de CK (Haller *et al.*, 2023) e o CMJ (Claudino *et al.*, 2017) para monitorar o dano muscular dos atletas.

A revisão sistemática realizada por Hagstrom e Shorter (2018) apontou correlações significantes entre o aumento dos níveis de CK com reduções nas funções neuromusculares. Alguns estudos verificaram que após corridas acontece um aumento nas concentrações séricas de CK, sendo esse aumento observado após uma corrida de 21 quilômetros (km), com um aumento de 178,7% no nível sérico de CK (Lippi *et al.*, 2008), após uma corrida de 42 km, com um aumento de 251% nos níveis séricos de CK (França *et al.*, 2006), e após uma ultramaratona de 100 km, com os níveis séricos de CK aumentando em 1.077,6% (Žáková *et al.*, 2017).

Outra ferramenta utilizada para monitorar o dano muscular é a força explosiva medida pela altura vertical no CMJ. A metá-análise realizada por Claudino *et al.*, (2017) indicou que utilizar a média dos saltos realizados foi mais sensível ao monitorar o status neuromuscular do que o salto mais alto. No estudo realizado por Pérez-Guarner *et al.*, (2019) foi observado que a altura média dos três melhores saltos, realizados entre cinco tentativas, permaneceu reduzida 24 horas após uma meia maratona realizada por corredores recreacionais. Balsalobre-Fernandes, Tejero-Gonzalez e Del Campo-Vecino (2014) acompanharam atletas corredores de média e longa distância durante 39 semanas e encontraram que o CMJ se correlacionou significativamente de forma negativa com a taxa de esforço percebido ($r = -0.489$, $p = 0.049$) e com o cortisol ($r = -0.777$, $p < 0.001$).

Contudo, o uso da CK e CMJ na individualização das cargas de treino possui algumas limitações. Dentre as limitações da CK está presente a interindividualidade dos atletas, sendo alguns atletas grandes respondedores (Haller *et al.*, 2023), o tempo adequado para realizar a coleta sanguínea é influenciado pela modalidade (Haller *et al.*, 2023) e a dificuldade em estabelecer quais são os níveis séricos anormais de CK, uma vez que atletas podem apresentar níveis séricos de CK mais elevados do que não atletas (Mougios, 2007). Dentre as limitações do CMJ se tem ainda a falta de validade e eficácia de 73% das variáveis que são utilizadas para realizar essa monitoração e ter fatores psicológicos e biomecânicos podendo afetar a performance no CMJ (Claudino *et al.*, 2017).

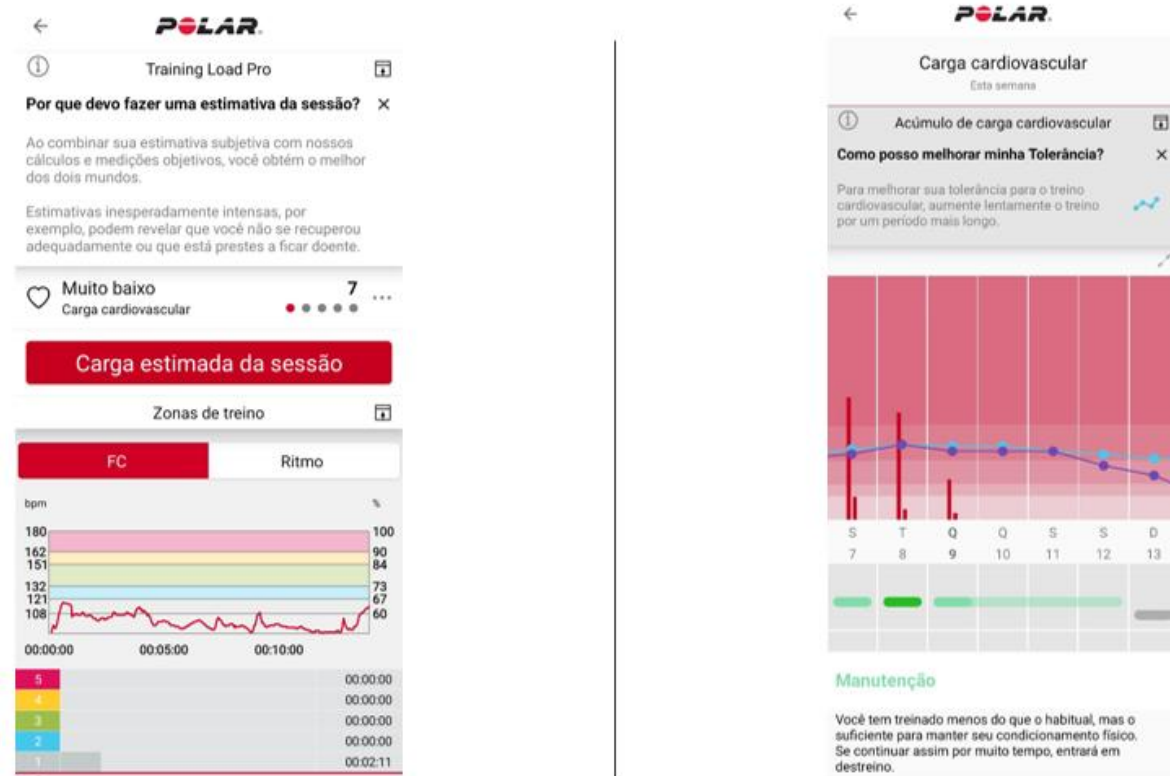
3.2 Ferramentas disponíveis no mercado que aparentam utilizar análise multivariada para propor controle de carga de treino

Atualmente diversos aplicativos vem utilizando provavelmente uma abordagem multivariada para fornecer ajustes nos treinamentos dos seus usuários através de algoritmos. Um desses aplicativos é o Polar Smart Coaching que é um conjunto de aplicativos personalizados fornecendo orientações de treino e recuperação. Uma das funções é o Recovery Status que oferece uma estimativa do tempo de recuperação ajudando o seu usuário para obter um panorama do seu status de recuperação antes de treinar. Essa função se baseia na carga cumulativa de todas as atividades realizadas. Segundo a Polar, o Recovery Status foi validado em uma série de testes clínicos randomizados entre ciclistas, triatletas e corredores de competição, mas não é apresentado os artigos de validação.

Outra funcionalidade do Polar Smart Coaching é o Recovery Pro que atua em conjunto com o Training Load Pro. Diferentemente do Recovery Status que fornece uma estimativa, o Recovery Pro mede a recuperação diariamente e monitora o equilíbrio de longo prazo entre treino e recuperação. O Recovery Pro leva em consideração a carga de treino dos últimos 90 dias (barras vermelhas na figura 1), que é calculada através do TRIMP, e o estresse causado por outros aspectos da vida, como sono inadequado e pressão no trabalho. A Polar apresenta que os algoritmos desenvolvidos para o Recovery Pro foram desenvolvidos de acordo com recomendações científicas e que foi testado em diversos atletas que forneceram um feedback positivo sobre ele. No entanto, não é apresentado uma validação científica desse algoritmo.

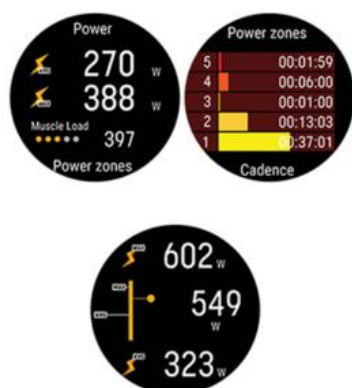
A carga de treino que auxilia o Recovery Pro apresenta uma média do esforço realizado nos últimos 7 dias e apresenta a Tolerância do seu usuário para descrever o quão preparado ele se encontra para realizar um treino cardiovascular, sendo utilizado a média diária dos últimos 28 dias. Além disso é apresentado um Status da Carga Cardiovascular, mostrando como o esforço está relacionado com a tolerância. O Status da Carga Cardiovascular é dividido em “Extrapolação” (carga muito maior do que a habitual), “Produtivo” (carga aumentando lentamente), “Manutenção” (carga ligeiramente menor do que a habitual) e “Destreino” (carga bem menor do que a habitual). Juntamente com essas funcionalidades é apresentado o Risco de Lesões e Doença.

Figura 1. Aplicativo Polar Flow – Training Load Pro



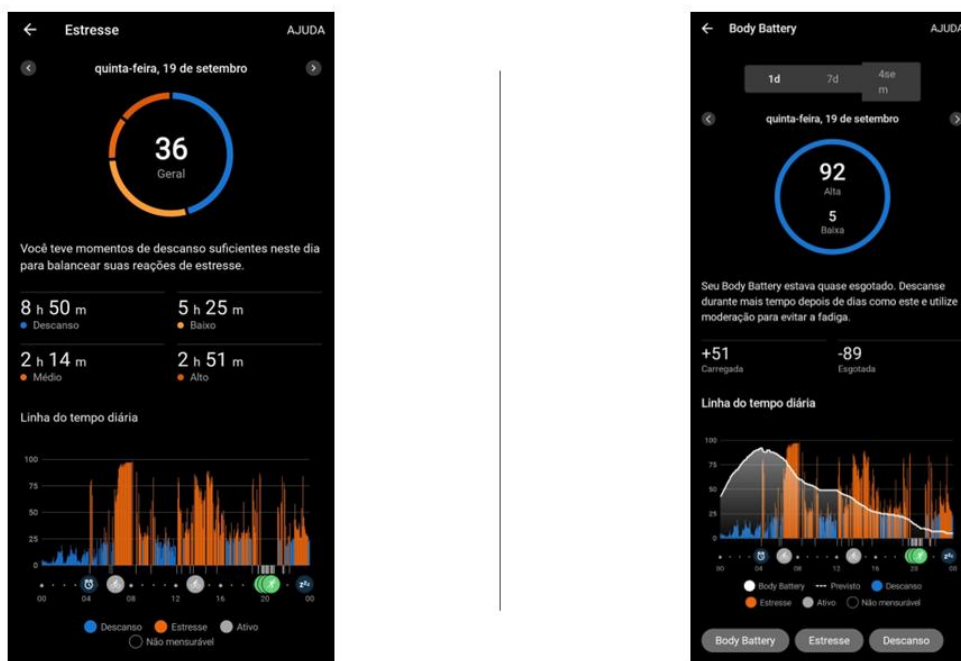
Dentro do Training Load Pro, a Polar possui a funcionalidade “Potência de corrida Baseada no Pulso” que consegue estimar a taxa de esforço mecânico realizado durante a corrida ou ciclismo. A partir dessa potência de corrida o Training Load Pro calcula a carga muscular e assim consegue informar o quanto foi exigido dos músculos e articulações durante a sessão de treino. Durante a corrida é possível observar a potência máxima, potência média, potência da volta, potência máxima da volta, potência média da volta automática e potência máxima da volta automática. Outra funcionalidade fornecida pela Polar é o “Teste de Recuperação das Pernas” em que possibilita ao seu usuário de realizar o CMJ apenas com seu relógio e a partir do seu desempenho no CMJ o aplicativo fornece recomendações sobre qual tipo de atividade deve ser realizada.

Figura 2. Aplicativo Polar Flow – Potência de corrida Baseada no Pulso e Teste de Recuperação das Pernas

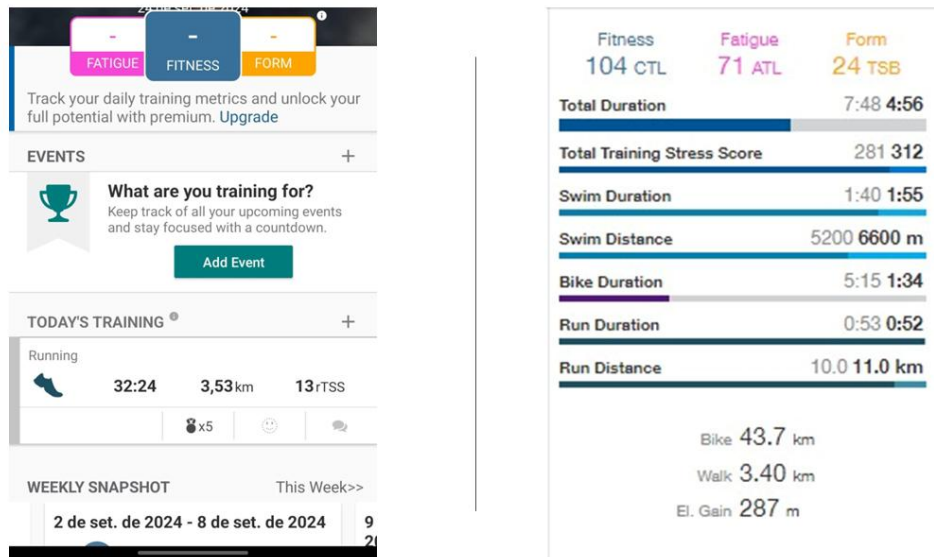


Outro aplicativo é o Garmin Connect™ que fornece análises dos treinos realizados, treinos personalizados, fornece dados de saúde (qualidade/quantidade de sono, hidratação, FC) e condicionamento físico. Uma das funcionalidades do Garmin Connect™ é o Stress Tracking que através da combinação da frequência cardíaca e da VFC é estimado os níveis de estresse seguindo uma escala de 0 a 100. Outra funcionalidade é o Body Battery que é um monitoramento da energia durante o dia. O Body Battery combina a atividade física, estresse, descanso, VFC e sono para fornecer decisões inteligentes para a prática de exercício. O Garmin utiliza parâmetros científicos da American Heart Association para fornecer os feedbacks, no entanto, não é apresentado validações científicas sobre seus algoritmos.

Figura 3. Aplicativo Garmin Connect™



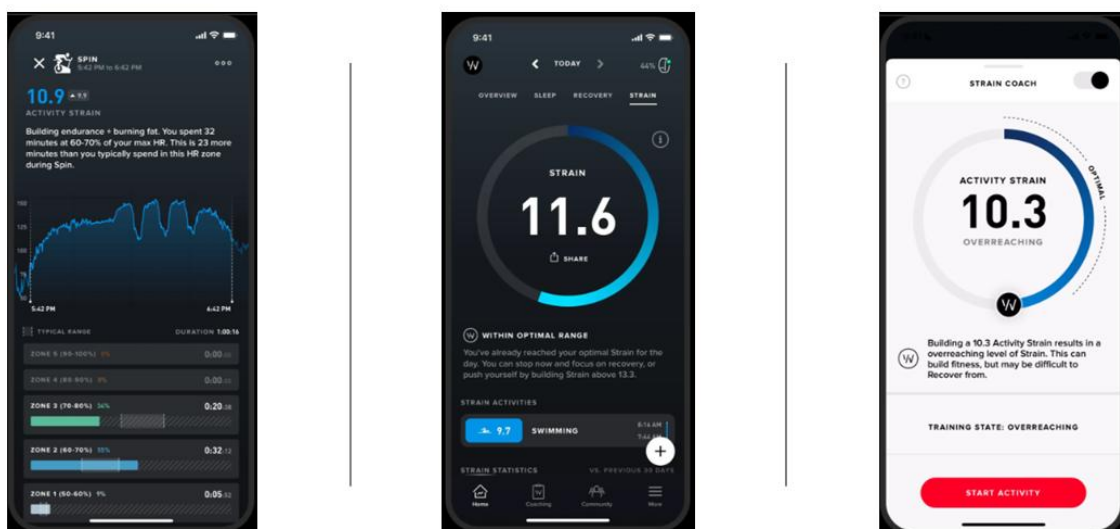
O TrainingPeaks é um aplicativo que busca auxiliar pessoas que tenham o objetivo de correr uma meia maratona, terminar um Gran Fondo ou IRONMAN. Para isso, esse aplicativo fornece resumo semanais mostrando o condicionamento físico, possibilidades de planejamentos de exercícios semanais ou anuais personalizados. O TrainingPeaks também fornece um gráfico de gestão de desempenho que auxilia o seu usuário para quando ele deve treinar ou descansar. No TrainingPeaks é possível responder a PSE para que seja medido quão forte foi o treino e estimado os níveis de fadiga. Além disso, o TrainingPeaks fornece métricas de performance baseadas no Training Stress Score de todos os treinos, que é baseado na duração e intensidade. As métricas da performance são divididas em “Fitness” (média contínua da Training Stress Score dos últimos 42 dias), “Fatigue” (média do Training Stress Score nos últimos 7 dias) e “Form” (subtração do Fitness do dia anterior com o Fatigue do dia anterior). Contudo, não é apresentado validações do aplicativo e de seus algoritmos.

Figura 4. Aplicativo TrainingPeaks

O Whoop é um aplicativo que fornece ajustes e recomendações para a performance e saúde dos seus usuários. E para isso o Whoop utiliza a técnica de machine learning e os dados mais recentes de pesquisas científicas para identificar padrões e conexões dos dados dos seus usuários para fornecê-los respostas específicas para cada um deles. Para tal objetivo o Whoop fornece medidas de Strain, Sono, Recovery Score, Stress Monitor e Health Monitor.

O Strain é uma medida que reflete toda a demanda física e mental diária. Essa medida é calculada através da carga cardiovascular e muscular, podendo ser afetada por exercícios, trabalho, ansiedade, e é medida em uma escala de 0 a 21. O aplicativo também fornece metas de exercícios, baseados em como acontece a recuperação, para que um determinado valor de Strain seja atingido.

Figura 5. Aplicativo Whoop Strain



O Whoop Recovery Score é como o corpo está se adaptando ao estresse do treino, falta de sono, doenças ou ciclo menstrual. O Recovery Score é calculado durante o sono medindo a VFC, frequência cardíaca de repouso, frequência respiratória, saturação de oxigênio, desempenho de sono e temperatura corporal. O Recovery Score é fornecido em uma escala de 0 a 100%. E com esses dados o aplicativo fornece recomendações se o usuário deve praticar algum exercício ou descansar.

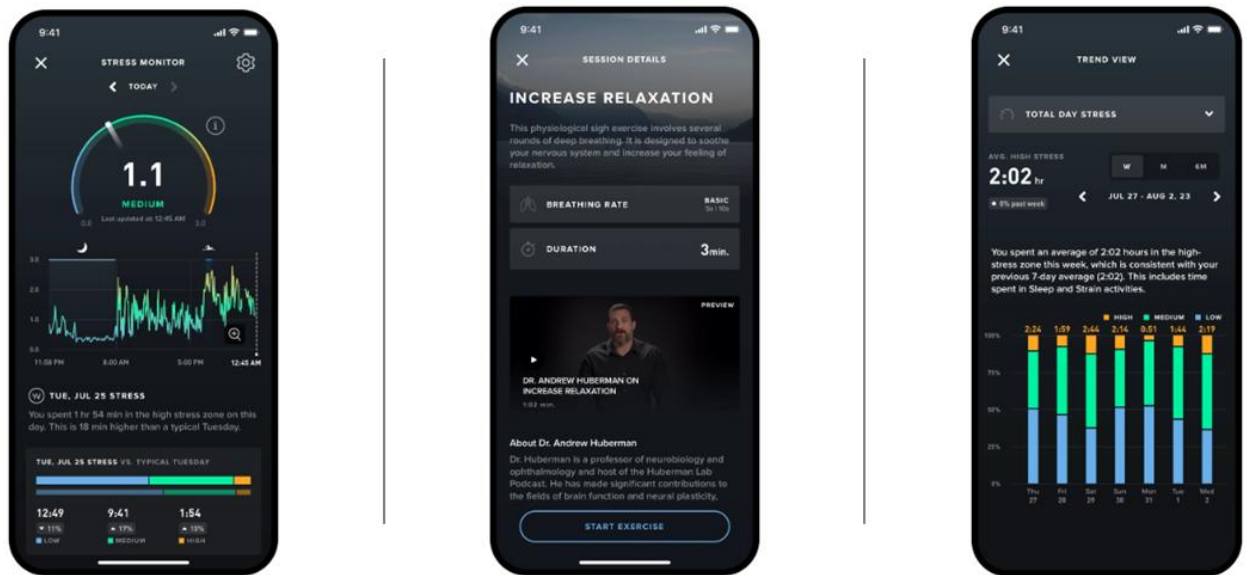
Figura 6. Aplicativo Whoop Recovery



O Stress Monitor é uma ferramenta que analisa o estresse em tempo real baseada na VFC quando a leitura é realizada. O Stress Monitor utiliza a leitura da VFC mais recente e

compara com a VFC dos últimos 14 dias e calcula o Stress Score entre 0 e 3. A depender do resultado, o próprio aplicativo fornece técnicas de respiração para ativar o sistema parassimpático e diminuir os níveis de estresse.

Figura 7. Aplicativo Whoop Stress Monitor



4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Variáveis do estudo

As variáveis independentes foram os indicadores de carga externa de treino sendo adotado a percepção subjetiva de esforço. As variáveis dependentes foram os indicadores da carga interna de treino e de recuperação: PSR, WB, POMS, PSE, VFC, CK, CMJ e o teste de performance da modalidade.

4.2 Participantes

Os participantes dessa pesquisa foram atletas de natação de ambos os sexos, com idade média de $15 \pm 2,9$ anos. A quantidade de participantes foi determinada por meio de cálculo amostral utilizando o software GPower. Para isso, foi feita uma análise de estudos prévios (Freitas *et al.*, 2014; Selmi *et al.*, 2020; Ullrich; Pelzer; Pfeiffer, 2018) que avaliaram o impacto de aumento ou redução de cargas de treino em cada uma das variáveis dependentes (PSR, WB, POMS, PSE, VFC, CK, CMJ). A variável que sofreu a menor influência de alteração na carga de treino foi a altura do salto vertical com contramovimento (CMJ), cujo effect size foi de 0,60. Como consequência, para erro beta de 0,80 e um erro alfa de 0,95, estimou-se um tamanho amostral mínimo de 19 participantes para o presente estudo.

Os critérios de inclusão adotados foram: a) treinar há pelo menos um ano a modalidade específica; b) estar realizando treinamento da modalidade há pelo menos três meses consecutivos na temporada; c) ter frequência semanal mínima de cinco treinos por semana; d) estar participando de competições assiduamente; e) não ter sofrido lesões musculares ou osteoarticulares nos últimos três meses; f) o treinador aceitar fazer os ajustes nas cargas de treino para atender o protocolo para as quatro semanas do estudo (com ondulações de carga). Os critérios de exclusão adotados foram: a) sofrer alguma lesão muscular ou osteoarticulares durante a pesquisa; b) faltar mais de uma avaliação ou sessão de treinamento seguidas; c) interromper o treinamento por algum motivo; d) participar de alguma competição durante o período do estudo; e) realizar qualquer sessão de treinamento nos dias destinados ao descanso; f) não seguir o programa de treino com as ondulações propostas.

4.3 Aspectos éticos

Esse projeto seguiu a Norma Operacional nº 001/2013 – Diretrizes Regulamentadores da Pesquisa Envolvendo Seres Humanos e da Resolução 466/2012 – da Comissão Nacional Ética em Pesquisa – CONEP do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde e foi submetido para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba sendo aprovado sob o número de protocolo 7.468.108. Todos os participantes foram informados quanto aos objetivos, riscos, benefícios e procedimentos do estudo. Os que aceitaram participar voluntariamente dessa pesquisa assinaram o Termo de Consentimento / Assentimento Livre e Esclarecido (TCLE/TALE).

Os benefícios do estudo estavam relacionados com uma personalização do treinamento dos atletas envolvidos através de uma otimização da recuperação e um monitoramento objetivo/científico do treino dos atletas que auxiliou na tomada de decisão do treinador. Os riscos estavam relacionados com uma possível formação de edemas na região do braço durante as coletas sanguíneas e possíveis desconfortos físicos durante os testes físicos de desempenho, que não foi algo que fugiu do desconforto que os atletas estavam acostumados com as rotinas de treinos. Para minimizar esses riscos, a coleta sanguínea foi realizada por uma enfermeira treinada e em um laboratório que disponha de suporte adequado e os testes físicos de desempenho foram aplicados por pessoas devidamente treinadas e com experiência prévia.

4.4 Desenho do estudo

Os atletas foram monitorados durante um mesociclo de treinamento (4 semanas), constituído de quatro microciclos (6 dias de treino em cada microciclo), que teve aumento das cargas no treino e uma redução no quarto microciclo em relação aos anteriores (definição de microciclo e mesociclo estão apresentadas no tópico 4.5). Antecedendo o monitoramento experimental, foi realizado um monitoramento das cargas de treino, visando garantir que o microciclo anterior ao início do monitoramento experimental não tenha sido uma semana com cargas elevadas, e familiarização das escalas e testes para os atletas. Diariamente foi coletado a percepção subjetiva de recuperação (PSR), questionário de bem-estar (WB), percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE), variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e a altura do salto vertical com contramovimento (CMJ). O perfil do estado de humor (POMS) foi coletado antes da primeira sessão de treino de cada microciclo e os níveis sanguíneos de creatina

quinase (CK) foram coletados antes da primeira e da última sessão de treino de cada microciclo.

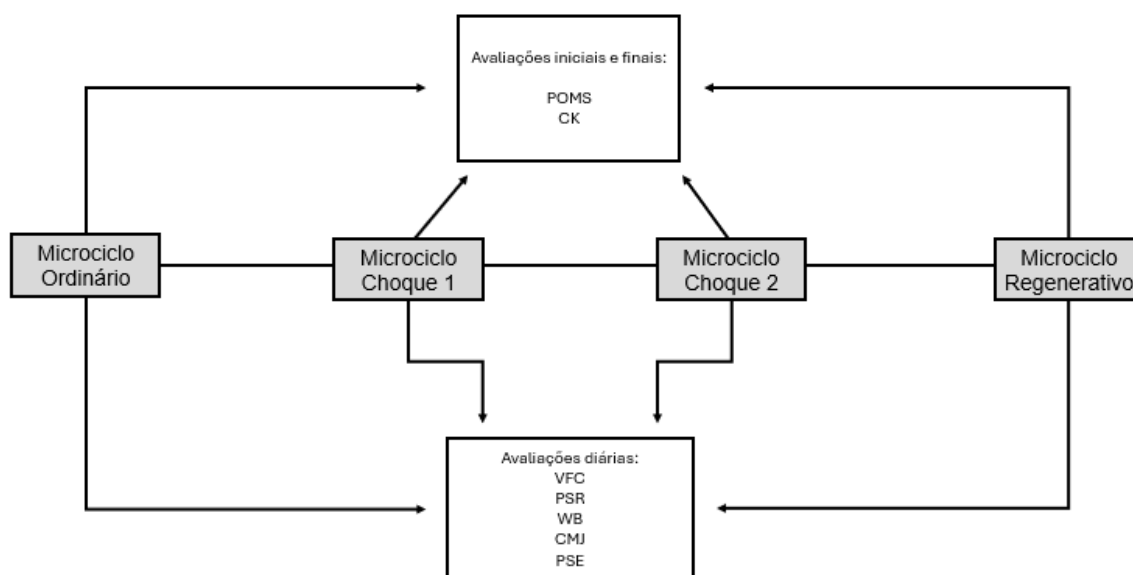


Figura 8. Desenho do estudo. Legenda: PSR – percepção subjetiva de recuperação; PSE – percepção subjetiva de esforço da sessão; CK – creatina quinase; CMJ – salto vertical com contramovimento; POMS – perfil do estado de humor; VFC – variabilidade da frequência cardíaca; WB – questionário de bem-estar; Microciclo Ordinário – programa de treino habitual; Microciclo Choque 1: aumento no volume das sessões de treino; Microciclo Choque 2: aumento na intensidade das sessões de treino; Microciclo Regenerativo: redução de 50% no volume das sessões de treino.

4.5 Protocolo do estudo e coleta dos dados

4.5.1 Protocolo do treinamento: Ondulação das cargas de treino

Um microciclo foi entendido como um número específico de sessões organizadas coerentemente e efetivamente sequenciadas de acordo com os objetivos propostos para um dado curto período de tempo, que normalmente possui a duração de uma semana civil (Naclerio; Moody; Chapman, 2013). Um mesociclo foi entendido como o conjunto de microciclos que se repetem (normalmente dois a seis microciclos inter-relacionados), mantendo a estrutura básica das sessões de treinamento, mas podendo sofrer alterações de volume, intensidade e/ou densidade (Naclerio; Moody; Chapman, 2013). Foi entendido também que, quando de um microciclo para outro não ocorrem mudanças de intensidade, volume e densidade, este é um microciclo ordinário; quando ocorrem aumentos em uma

destas três variáveis, é um microciclo de choque, e quando ocorre redução importante nestas variáveis é um microciclo regenerativo (Naclerio; Moody; Chapman, 2013).

No caso do presente estudo, o protocolo foi composto por um mesociclo, constituído de quatro microciclos. Cada microciclo foi constituído por seis a oito sessões de treino, sendo uma sessão ou duas a cada dia e um dia de descanso (sem sessões de treino), sendo este aos finais de semana.

No primeiro microciclo os atletas realizaram o mesmo programa de treino habitual (microciclo ordinário – OR; Volume total de quilómetros igual a 39). No segundo microciclo foi realizado um aumento de 30% no volume de todas as sessões de treinamento (microciclo de choque 1 – CH1). No terceiro microciclo aconteceu um aumento na intensidade do treinamento, por meio de reduções dos intervalos entre os exercícios e aumento da intensidade de cada exercício, (microciclo de choque 2- CH2). Por fim, no quarto e último microciclo ocorreu a redução de 50% no volume de todas as sessões de treino em relação ao microciclo ordinário (microciclo regenerativo- RG). As cargas de treino foram quantificadas por meio da percepção subjetiva de esforço das sessões.

4.5.2 Coleta dos dados das variáveis do estudo

Escala de percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE)

Foi utilizada a escala de percepção de esforço da sessão de treino (PSE), desenvolvida por Foster *et al.*, (2001). Após 30 minutos do fim de cada sessão de treino o atleta respondeu de acordo com a escala de 0 a 10 qual foi o seu nível percebido de esforço da sessão realizada. A classificação da escala segue a seguinte lógica: 0 = descanso; 1 = muito, muito leve; 2 = leve; 3 = moderado; 4 = um pouco intenso; 5-6 = intenso; 7-9 = muito intenso; 10 = máximo. Os atletas responderam por meio da plataforma google forms.

Escala de percepção subjetiva de recuperação (PSR)

Antes do início de cada sessão de treino foi utilizada a versão traduzida transcultural para a língua portuguesa da escala de percepção subjetiva de recuperação (PSR) (Gomes Costa *et al.*, 2023; Laurent *et al.*, 2011), onde os atletas foram solicitados a indicar o nível percebido de recuperação numa escala de 0 a 10. Os resultados são divididos em: 0-1 indicando “Recuperação extremamente baixa/ extremamente cansado”; 2-3 indicando

“Recuperação muito baixa/ cansado”; 4 indicando “Alguma recuperação”; 5 indicando “Recuperação aceitável”; 6-7 indicando “Recuperado”; 8-9 indicando “Bem Recuperado/ Com alguma energia”; e 10 indicando “Totalmente recuperado/ com muita energia”. Os atletas responderam por meio da plataforma google forms.

Percepção subjetiva de bem-estar (WB)

Antes do início de cada sessão de treino, e logo depois da PSR, foi utilizado o questionário de bem-estar (WB) (McLean *et al.*, 2010) em que o atleta relatava a sua percepção de qualidade de sono, fadiga, dor muscular, estresse e humor utilizando uma escala *Likert* de cinco pontos. O bem-estar geral pode atingir uma pontuação máxima de 25 pontos, sendo a soma de todas as escalas. Os atletas responderam por meio da plataforma google forms.

Perfil do estado de humor (POMS)

Para avaliação da percepção do perfil do estado de humor foi utilizado, antes da primeira sessão de treino de cada microciclo, o instrumento POMS que avalia o humor por meio das respostas de 42 itens que descrevem sentimentos (Viana; Almeida; Santos, 2001). Esses 42 itens são divididos em seis escalas (Tensão, Depressão, Hostilidade, Vigor, Fadiga e Confusão) e esses itens são avaliados de 0 a 4 (0= nunca; 1= um pouco; 2= moderadamente; 3= bastante; 4= muitíssimo). Os atletas responderam como eles estavam se sentindo na última semana incluindo o dia da aplicação. Os atletas responderam por meio da plataforma google forms.

Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

Antes do início das sessões de treinamento e após, pelo menos, 60 segundos em posição sentada, a variabilidade da frequência cardíaca foi avaliada, utilizando o aplicativo ELITE HRV, validado por Vondrasek *et al.*, (2023), e por uma cinta torácica com conexão Bluetooth da marca Polar (Modelo H10, Polar Electro) (Schaffarczyk *et al.*, 2022). O registro da VFC teve uma duração de 2 min. Os participantes foram instruídos a permanecerem quietos, com os olhos abertos e em um ambiente silencioso durante todo o registro. Foram adotados como variáveis os seguintes índices do domínio do tempo: raiz quadrada do

somatório do quadrado da diferença dos intervalos RR adjacentes (rMSSD) e o percentual de intervalos RR com diferença acima de 50 milissegundos (pNN50).

Indicador bioquímico de Desgaste muscular (Creatinoquinase – CK)

Antes da primeira e última sessão de treino de cada microciclo foi coletado 5 mL de sangue venoso de cada participante, por uma enfermeira treinada e experiente, para analisar a CK. As amostras foram centrifugadas a 3000rpm por 10 minutos e o sobrenadante (soro) transferido para microtubos e refrigerado a -20°C até as análises.

A concentração plasmática de creatina quinase foi quantificada em modo cinético através do método *International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* (UV-IFCC, 2002), por meio do kit comercial CK-NAC *Liquiform* (Labtest, Minas Gerais, Brasil) seguindo as instruções do fabricante. A absorbância foi obtida no analisador automático *Labmax 240 Premium*, no comprimento de onda 340nm.

Indicador de recuperação de função muscular: Teste de Força explosiva (CMJ)

Antes do início das sessões de treino os atletas realizaram o salto vertical com contramovimento (CMJ) idealizado por Amussen e Bonde-Petersen (1974), mas utilizando o protocolo de Young, Pryor e Wilson (1995), para mensurar a força explosiva. Os participantes foram instruídos a realizarem, partindo da posição ereta, um agachamento e imediatamente saltarem o mais alto possível. Não foi fornecido instruções quanto a amplitude e velocidade do contramovimento. Os saltos foram realizados com as mãos no quadril, com os joelhos estendidos, dorsiflexão de tornozelo. Cada participante realizou a quantidade de saltos necessária para que não acontecesse aumentos na altura dos saltos, com 30 segundos de descanso entre cada salto. Os saltos em que o participante flexionar os joelhos durante a fase de voo não serão considerados. O desempenho dos atletas foi baseado na média dos três melhores saltos realizados. Para medir a altura dos saltos foi utilizado o optojump (Optojump Next, Microgate, Bolzano, Italia) e os dados foram analisados com um software da optojump (Optojump Next, Microgate, Bolzano, Italia, Versão 13.24.0).

Teste de performance específico da modalidade:

Para quantificar a performance dos atletas foi utilizado como parâmetro a quebra do recorde pessoal dos atletas de natação nas suas duas principais provas durante uma competição regional.

4.6 Análise dos dados

Os dados estão apresentados como média e erro padrão da média. Inicialmente foi realizado o teste de Shapiro-Wilk e Levene para analisar a normalidade e homogeneidade dos dados. Para identificar o impacto da ondulação nas cargas de treino fatigantes e recuperadoras nas variáveis investigadas foi utilizado a MANOVA e o teste ANOVA Two-Way para medidas repetidas ou o seu correspondente não paramétrico, para as variáveis que não apresentaram normalidade. Para determinar a sensibilidade de cada variável testada, hierarquizar o peso de cada variável em relação à sua sensibilidade e para elaboração do modelo multivariado que considere a hierarquia do peso de cada variável foi utilizado a análise discriminante linear que busca maximizar a separação entre grupos criando combinações que maximizem a variância entre os grupos e dentro dos grupos. Os dados foram analisados pelo software Jamovi e 5% de nível de significância foi adotado.

5 RESULTADOS

Esta dissertação foi defendida no modelo escandinavo sendo elaborado dois artigos para a defesa. O primeiro artigo investigou a associação entre os indicadores psicofisiológicos e o desempenho em uma competição. O segundo buscou o desenvolvimento do algoritmo para integração de variáveis psicométricas, fisiológicas e físicas para indicar o estado de fadiga e/ou recuperação.

O primeiro artigo, intitulado **“ASSOCIAÇÃO ENTRE INDICADORES PSICOFISIOLÓGICO DE CONTROLE DE CARGA DE TREINO E DESEMPENHO DE NADADORES EM UMA COMPETIÇÃO”**, foi elaborado a partir da oportunidade de monitorar atletas três semanas antes de uma competição regional que seria realizada. O artigo buscou investigar se a melhoria no estado psicofisiológico, ocasionada por um *taper*, estava acompanhada de uma melhoria no desempenho dos atletas em uma competição regional. Na elaboração do artigo, aproveitou-se o desenho do estudo previsto na metodologia da dissertação, com algumas adaptações: ao invés de quatro semanas foi realizado apenas três semanas de monitoramento, sem a presença de um microciclo de choque.

O segundo artigo, intitulado **“MAIOR EFICÁCIA DA INTEGRAÇÃO DE VARIÁVEIS PSICOMÉRICAS, FISIOLÓGICAS E FÍSICAS PARA INDICAR O ESTADO DE PRONTIDÃO DE ATLETAS DE NATAÇÃO”**, seguiu o desenho de estudo proposto nos métodos da dissertação, realizando as quatro semanas de monitoramento com as devidas ondulações. A análise dos resultados via MANOVA não geravam informações úteis para o propósito do estudo, mesmo considerando que esta análise considera múltiplas variáveis ela não atribui o peso que cada variável teve nos momentos analisados. Até que ao utilizar a análise discriminante linear, percebeu-se que esta análise foi capaz de atender aos objetivos propostos de conferir um peso para cada variável e usar estas variáveis de forma associada, considerando os seus pesos, para estabelecer um modelo de índice que considera o impacto das cargas de treino sobre as variáveis indicadoras de recuperação e prontidão dos atletas para os treinos subsequentes.

REFERÊNCIAS

- ASMUSSEN, E.; BONDE-PETERSEN, F. Storage of Elastic Energy in Skeletal Muscles in Man. **Acta Physiologica Scandinavica**, [s. l.], vol. 91, n° 3, p. 385–392, 1974. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-1716.1974.tb05693.x>.
- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; TEJERO-GONZÁLEZ, C. M.; DEL CAMPO-VECINO, J. Relationships between training load, salivary cortisol responses and performance during season training in middle and long distance runners. **PLoS ONE**, [s. l.], vol. 9, n° 8, 2014.
- BELLENGER, C. R. *et al.* Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 46, n° 10, p. 1461–1486, 2016. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-016-0484-2>.
- BERKELMANS, D. M. *et al.* Heart Rate Monitoring in Basketball: Applications, Player Responses, and Practical Recommendations. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 32, n° 8, p. 2383–2399, 2018. Disponível em: <https://journals.lww.com/00124278-201808000-00033>.
- BOULLOSA, D. A. *et al.* Concurrent fatigue and potentiation in endurance athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 6, n° 1, p. 82–93, 2011.
- BOURDON, P. C. *et al.* Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 12, n° s2, p. S2-161-S2-170, 2017. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/12/s2/article-pS2-161.xml>.
- BUCHHEIT, M. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome?. **Frontiers in Physiology**, [s. l.], vol. 5 FEB, n° February, p. 1–19, 2014.
- BUCHHEIT, M. *et al.* Physiological and performance adaptations to an in-season soccer camp in the heat: Associations with heart rate and heart rate variability. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, [s. l.], vol. 21, n° 6, p. 477–485, 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2011.01378.x>.
- BULLOCK, G. S. *et al.* Black Box Prediction Methods in Sports Medicine Deserve a Red Card for Reckless Practice: A Change of Tactics is Needed to Advance Athlete Care. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 52, n° 8, p. 1729–1735, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01655-6>.
- BULLOCK, G. S. *et al.* The Trade Secret Taboo: Open Science Methods are Required to

Improve Prediction Models in Sports Medicine and Performance. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 53, n° 10, p. 1841–1849, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01849-6>.

CADEGIANI, F. A. *et al.* Diagnosis of Overtraining Syndrome: Results of the Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome Study: EROS-DIAGNOSIS. **Journal of Sports Medicine**, [s. l.], vol. 2020, p. 1–17, 2020. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jsm/2020/3937819/>.

CARRARD, J. *et al.* Diagnosing Overtraining Syndrome: A Scoping Review. **Sports Health: A Multidisciplinary Approach**, [s. l.], vol. 14, n° 5, p. 665–673, 2022. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/19417381211044739>.

CASAMICHANA, D. *et al.* Relationship Between Indicators of Training Load in Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 27, n° 2, p. 369–374, 2013. Disponível em: <https://journals.lww.com/00124278-201302000-00013>.

CASAMICHANA, D.; CASTELLANO, J. The Relationship Between Intensity Indicators in Small-Sided Soccer Games. **Journal of Human Kinetics**, [s. l.], vol. 46, n° 1, p. 119–128, 2015. Disponível em: <https://www.sciendo.com/article/10.1515/hukin-2015-0040>.

CHAREST, J.; GRANDNER, M. A. Sleep and Athletic Performance: Impacts on Physical Performance, Mental Performance, Injury Risk and Recovery, and Mental Health. **Sleep Medicine Clinics**, [s. l.], vol. 15, n° 1, p. 41–57, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1556407X19300931>.

CHENG, A. J.; JUDE, B.; LANNER, J. T. Intramuscular mechanisms of overtraining. **Redox Biology**, [s. l.], vol. 35, n° February, p. 101480, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101480>.

CLAUDINO, J. G. *et al.* The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, [s. l.], vol. 20, n° 4, p. 397–402, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>.

CLAUDINO, J. G. *et al.* The Role of Veracity on the Load Monitoring of Professional Soccer Players: A Systematic Review in the Face of the Big Data Era. **Applied Sciences**, [s. l.], vol. 11, n° 14, p. 6479, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/14/6479>.

DE DIOS-ÁLVAREZ, V. *et al.* Relationships between RPE-derived internal training load parameters and GPS-based external training load variables in elite young soccer players. **Research in Sports Medicine**, [s. l.], vol. 31, n° 1, p. 58–73, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1937165>.

DRAGHICI, A. E.; TAYLOR, J. A. The physiological basis and measurement of heart rate

- variability in humans. **Journal of Physiological Anthropology**, [s. l.], vol. 35, n° 1, p. 1–8, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1186/s40101-016-0113-7>.
- FOSTER, C. *et al.* A New Approach to Monitoring Exercise Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 15, n° 1, p. 109–115, 2001.
- FOSTER, C.; RODRIGUEZ-MARROYO, J. A.; DE KONING, J. J. Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 12, n° s2, p. S2-2-S2-8, 2017. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/12/s2/article-pS2-2.xml>.
- FRANÇA, S. C. A. *et al.* Resposta divergente da testosterona e do cortisol séricos em atletas masculinos após uma corrida de maratona. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, [s. l.], vol. 50, n° 6, p. 1082–1087, 2006.
- FREITAS, V. H. *et al.* Sensitivity of physiological and psychological markers to training load intensification in volleyball players. **Journal of sports science & medicine**, [s. l.], vol. 13, n° 3, p. 571–9, 2014. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25177184>.
- FULLAGAR, H. H. K. *et al.* Sleep and Athletic Performance: The Effects of Sleep Loss on Exercise Performance, and Physiological and Cognitive Responses to Exercise. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 45, n° 2, p. 161–186, 2015. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-014-0260-0>.
- GARCÍA-RAMOS, A. *et al.* Training load quantification in elite swimmers using a modified version of the training impulse method. **European Journal of Sport Science**, [s. l.], vol. 15, n° 2, p. 85–93, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1080/17461391.2014.922621>.
- GOMES COSTA, R. R. *et al.* Cross-Cultural Translation and Adaptation of the Perceived Recovery Status Scale to Brazilian Portuguese. **Journal of Sport Rehabilitation**, [s. l.], vol. 32, n° 3, p. 346–351, 2023. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/32/3/article-p346.xml>.
- HAGSTROM, A. D.; SHORTER, K. A. Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: A systematic review and meta-analysis of pre- and post-match differences. **European Journal of Sport Science**, [s. l.], vol. 18, n° 9, p. 1234–1244, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1480661>.
- HALLER, N. *et al.* Blood-Based Biomarkers for Managing Workload in Athletes: Considerations and Recommendations for Evidence-Based Use of Established Biomarkers. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 53, n° 7, p. 1315–1333, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01836-x>.

- HALSON, S. L. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 44, n° S2, p. 139–147, 2014. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-014-0253-z>.
- HALSON, S. L. Sleep Monitoring in Athletes: Motivation, Methods, Miscalculations and Why it Matters. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 49, n° 10, p. 1487–1497, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01119-4>.
- IMPELLIZZERI, F. M. *et al.* Use of RPE-Based Training Load in Soccer. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], vol. 36, n° 6, p. 1042–1047, 2004. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/18/11463>.
- IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Internal and External Training Load: 15 Years On. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 14, n° 2, p. 270–273, 2019. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijsp.2018-0935>.
- ISSURIN, V. B. New Horizons for the Methodology and Physiology of Training Periodization. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 40, n° 3, p. 189–206, 2010. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02701367.2004.10609174%5Cnhttp://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-9000000000-96031%5Cnhttp://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00124278-201208000-00035>.
- IZZICUPO, P. *et al.* Can Off-Training Physical Behaviors Influence Recovery in Athletes? A Scoping Review. **Frontiers in Physiology**, [s. l.], vol. 10, n° APR, 2019. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2019.00448/full>.
- JEUKENDRUP, A. E. Periodized Nutrition for Athletes. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 47, n° S1, p. 51–63, 2017. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-017-0694-2>.
- KIVINIEMI, A. M. *et al.* Altered relationship between R-R interval and R-R interval variability in endurance athletes with overtraining syndrome. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, [s. l.], vol. 24, n° 2, p. 1–9, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sms.12114>.
- KOMI, P. V; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and science in sports**, [s. l.], vol. 10, n° 4, p. 261–5, 1978. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/750844>.
- LAURENT, C. M. *et al.* A Practical Approach to Monitoring Recovery: Development of a Perceived Recovery Status Scale. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 25, n° 3, p. 620–628, 2011. Disponível em: <http://journals.lww.com/nsca->

jsr/Abstract/2011/03000/A_Practical_Approach_to_Monitoring_Recovery_.7.aspx.

LEE, C. M.; WOOD, R. H.; WELSCH, M. A. Influence of Short-Term Endurance Exercise Training on Heart Rate Variability. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], vol. 35, n° 6, p. 961–969, 2003. Disponível em: <http://journals.lww.com/00005768-200306000-00012>.

LIPPI, G. *et al.* Acute variation of biochemical markers of muscle damage following a 21-km, half-marathon run. **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, [s. l.], vol. 68, n° 7, p. 667–672, 2008.

MALHOTRA, R. K. Sleep, Recovery, and Performance in Sports. **Neurologic Clinics**, [s. l.], vol. 35, n° 3, p. 547–557, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ncl.2017.03.002>.

MASON, L. *et al.* Sleep, Nutrition, and Injury Risk in Adolescent Athletes: A Narrative Review. **Nutrients**, [s. l.], vol. 15, n° 24, p. 5101, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/24/5101>.

MCLAREN, S. J. *et al.* The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 48, n° 3, p. 641–658, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0830-z>.

MCLEAN, B. D. *et al.* Neuromuscular, Endocrine, and Perceptual Fatigue Responses During Different Length Between-Match Microcycles in Professional Rugby League Players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 5, n° 3, p. 367–383, 2010. Disponível em: http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L359753040%0Ahttp://journals.humankinetics.com/AfcStyle/DocumentDownload.cfm?DType=DocumentItem&Document=09IJSP_2009_Coutts_0096.pdfLK - <http://grlinker.coalliance.org/grlinker/g>.

MCNAIR, D.; LORR, M.; DROPPLEMAN, L. Revised manual for the Profile of Mood States. [s. l.], n° 27, p. 1984, 1992.

MEEUSEN, R. *et al.* Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], vol. 45, n° 1, p. 186–205, 2013. Disponível em: <https://journals.lww.com/00005768-201301000-00027>.

MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], vol. 41, n° 10, p. 674–678, 2007. Disponível em: <https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsm.2006.034041>.

NACLERIO, F.; MOODY, J.; CHAPMAN, M. Applied periodization: a methodological approach. **Journal of Human Sport and Exercise**, [s. l.], vol. 8, n° 2, p. 350–366, 2013.

Disponível em: <http://hdl.handle.net/10045/29733>.

NOOR, D. *et al.* Perceived load, fatigue and recovery responses during congested and non-congested micro-cycles in international football tournaments. **Journal of Science and Medicine in Sport**, [s. l.], vol. 24, n° 12, p. 1278–1283, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1440244021001778>.

OUERGUI, I. *et al.* Relationship between Perceived Training Load, Well-Being Indices, Recovery State and Physical Enjoyment during Judo-Specific Training. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], vol. 17, n° 20, p. 7400, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/20/7400>.

PEAKE, J. M. *et al.* Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. **Journal of Applied Physiology**, [s. l.], vol. 122, n° 3, p. 559–570, 2017. Disponível em: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00971.2016>.

PEREIRA, L. *et al.* Variations in Internal and External Training Load Measures and Neuromuscular Performance of Professional Soccer Players During a Preseason Training Period. **Journal of Human Kinetics**, [s. l.], vol. 81, n° 1, p. 149–162, 2022. Disponível em: <https://jhk.termidia.pl/Variations-in-Internal-and-External-Training-Load-Measures-and-Neuromuscular-Performance,158677,0,2.html>.

PÉREZ-GUARNER, A. *et al.* Association between physiological stress and skin temperature response after a half marathon. **Physiological Measurement**, [s. l.], vol. 40, n° 3, p. 034009, 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6579/ab0fdc>.

REBELO, A. *et al.* Training stress, neuromuscular fatigue and well-being in volleyball: a systematic review. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, [s. l.], vol. 16, n° 1, p. 1–16, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13102-024-00807-7>.

ROHLFS, I. C. P. D. M. *et al.* A Escala de Humor de Brunel (Brums): instrumento para detecção precoce da síndrome do excesso de treinamento. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [s. l.], vol. 14, n° 3, p. 176–181, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922008000300003&lng=pt&tlng=pt.

ROOS, L. *et al.* Monitoring of daily training load and training load responses in endurance sports: What do coaches want?. **Schweizerische Zeitschrift fur Sportmedizin und Sporttraumatologie**, [s. l.], vol. 61, n° 4, p. 30–36, 2013.

SAW, A. E.; MAIN, L. C.; GASTIN, P. B. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], vol. 50, n° 5, p. 281–291, 2016.

- Disponível em: <https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2015-094758>.
- SAW, A. E.; MAIN, L. C.; GASTIN, P. B. Role of a Self-report Measure in Athlete Preparation. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 29, n° 3, p. 685–691, 2015. Disponível em: <https://journals.lww.com/00124278-201503000-00015>.
- SCANLAN, A. T. *et al.* The Relationships Between Internal and External Training Load Models During Basketball Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 28, n° 9, p. 2397–2405, 2014. Disponível em: <https://journals.lww.com/00124278-201409000-00002>.
- SCHAFFARCZYK, M. *et al.* Validity of the Polar H10 Sensor for Heart Rate Variability Analysis during Resting State and Incremental Exercise in Recreational Men and Women. **Sensors**, [s. l.], vol. 22, n° 17, p. 6536, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/17/6536>.
- SCHMITT, L. *et al.* Fatigue Shifts and Scatters Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes. **PLoS ONE**, [s. l.], vol. 8, n° 8, p. e71588, 2013. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2018.01267/full>.
- SELMİ, O. *et al.* Effect of an intensified training period on well-being indices, recovery and psychological aspects in professional soccer players. **European Review of Applied Psychology**, [s. l.], vol. 70, n° 6, p. 100603, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erap.2020.100603>.
- SMITH, L. L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress?. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], vol. 32, n° 2, p. 317, 2000. Disponível em: <http://journals.lww.com/00005768-200002000-00011>.
- SOLIGARD, T. *et al.* How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], vol. 50, n° 17, p. 1030–1041, 2016. Disponível em: <https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2016-096581>.
- STAGNO, K. M.; THATCHER, R.; VAN SOMEREN, K. A. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], vol. 25, n° 6, p. 629–634, 2007. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640410600811817>.
- TEMM, D. A.; STANDING, R. J.; BEST, R. Training, Wellbeing and Recovery Load Monitoring in Female Youth Athletes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], vol. 19, n° 18, p. 11463, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/18/11463>.

ULLRICH, B.; PELZER, T.; PFEIFFER, M. Neuromuscular Effects to 6 Weeks of Loaded Countermovement Jumping With Traditional and Daily Undulating Periodization. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 32, nº 3, p. 660–674, 2018. Disponível em: <https://journals.lww.com/00124278-201803000-00010>.

UUSITALO; UUSITALO; RUSKO. Heart Rate and Blood Pressure Variability During Heavy Training and Overtraining in the Female Athlete. **International Journal of Sports Medicine**, [s. l.], vol. 21, nº 1, p. 45–53, 2000. Disponível em: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2000-8853>.

VANRENTERGHEM, J. *et al.* Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 47, nº 11, p. 2135–2142, 2017. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-017-0714-2>.

VERMEIRE, K. M. *et al.* Training Progression in Recreational Cyclists: No Linear Dose-Response Relationship With Training Load. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 35, nº 12, p. 3500–3505, 2021. Disponível em: <https://journals.lww.com/10.1519/JSC.00000000000003340>.

VIANA, M. F.; ALMEIDA, P.; SANTOS, R. C. Adaptação portuguesa da versão reduzida do Perfil de Estados de Humor – POMS. **Análise Psicológica**, [s. l.], vol. 19, nº 1, p. 77–92, 2001. Disponível em: <http://publicacoes.ispa.pt/index.php/ap/article/view/345>.

VONDRASEK, J. D. *et al.* Validity and Efficacy of the Elite HRV Smartphone Application during Slow-Paced Breathing. **Sensors**, [s. l.], vol. 23, nº 23, p. 9496, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/23/9496>.

WEIPPERT, M. *et al.* Relationship Between Morning Heart Rate Variability and Creatine Kinase Response During Intensified Training in Recreational Endurance Athletes. **Frontiers in Physiology**, [s. l.], vol. 9, nº SEP, p. 1–7, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2018.01267/full>.

YOUNG, W. B.; PRYOR, J. F.; WILSON, G. J. Effect of Instructions on characteristics of Countermovement and Drop Jump Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 9, nº 4, p. 232–236, 1995. Disponível em: https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1995/11000/effect_of_instructions_on_characteristics_of.5.aspx.

ŽÁKOVSKÁ, A. *et al.* The Effect of a 100-km Ultra-Marathon under Freezing Conditions on Selected Immunological and Hematological Parameters. **Frontiers in Physiology**, [s. l.], vol. 8, nº SEP, p. 1–9, 2017. Disponível em:

<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2017.00638/full>.

APÊNDICE A

ARTIGO 1

ASSOCIAÇÃO ENTRE INDICADORES PSICOFISIOLÓGICO DE CONTROLE DE CARGA DE TREINO E DESEMPENHO DE NADADORES EM UMA COMPETIÇÃO

Autores: Filipe Santana Martins; Dhyogo Dornelas Belmont Neri, Luísa de Paiva Fitipaldi, Mateus Duarte Ribeiro, Yasmin Vieira da Nóbrega, George Celso Souza Côrtes de Araújo, Alexandre Sérgio Silva

RESUMO

INTRODUÇÃO: Embora o *taper* seja um procedimento aceito para restaurar o estado psicofisiológico, não existe consistente documentação da relação entre os efeitos do *taper* e a performance dos atletas nas provas. **OBJETIVO:** verificar a associação entre indicadores do estado psicofisiológico pré competição e desempenho de atletas em uma competição. **MÉTODOS:** 20 atletas ($15,1 \pm 0,6$ anos; $7,2 \pm 0,8$ anos de treino; 11 homens;) foram monitorados três semanas antes da competição para o perfil do estado de humor (POMS), percepção subjetiva de recuperação (PSR), bem-estar (WB), salto vertical com contramovimento (CMJ) e creatina quinase (CK). Os atletas foram classificados em “recuperados” (REC) e “não recuperados”. Para o POMS, PSR e WB era considerado REC quando os valores da semana da competição estavam melhores que as anteriores. Para a CK, foi baseado no Smallest Worthwhile Change. O desempenho foi considerado “melhor” (DM) quando os atletas superaram a marca pessoal. Foi utilizado o teste de qui-quadrado, usando o software Jamovi. **RESULTADOS:** 55% REC para PSR (63,6% DM); 45% REC para WB (77,8% DM); segue o modelo para as demais 50% REC para a PTH (70% DM); 55% REC para EDT (54,5% DM); 65% REC para CK (61,5% DM). No entanto, essas análises não apresentaram diferenças significativas. Ao analisar as variáveis de forma integradas, 12/20 atletas estavam REC em 3/4 variáveis (75% DM) ocorrendo uma tendência para significância estatística ($p=0,094$). **CONCLUSÃO:** uma análise integrada melhora a interpretação estatística de maior prevalência de atletas recuperados que melhoram seus tempos em competição.

Palavras-chaves: controle de carga de treino; natação; performance esportiva

INTRODUÇÃO

Atletas de alto nível apresentam uma carga de treino externa (organização, qualidade e quantidade dos exercícios físicos realizados durante o treino ou competição) (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019) caracteristicamente altas (Nugent *et al.*, 2019). Apesar da fadiga crônica ou overreaching que isto pode provocar, é necessário que durante as competições os

atletas estejam com um estado psicofisiológico sem a presença de overreaching/fadiga, para assegurar a maior possibilidade de alta performance (Lambrich; Muehlbauer, 2025).

Estudos têm sido realizados monitorando o estado psicofisiológico de atletas durante competições, como o estudo de Matos *et al.*, (2020) que monitorou a percepção subjetiva de esforço (PSE) e a carga externa de corredores recreacionais de trilhas durante uma temporada (52 semanas e quatro competições), o estudo de Debien *et al.*, (2018) que monitorou a PSE, recuperação da qualidade total (TQR), salto com contramovimento (CMJ) com e sem auxílio dos braços de atletas profissionais de voleibol durante uma temporada completa (36 semanas e duas competições) e o estudo de Balsalobre-Fernández, Tejero-González e Campo-Vecino (2014) que monitorou o cortisol salivar e CMJ de corredores de média e longa distância durante quatro semanas antes de uma competição. No entanto, nenhum desses estudos relacionaram o estado psicofisiológico dos atletas com o seu desempenho nas competições.

Um procedimento que é frequentemente utilizado para maximizar o desempenho nas competições é o *taper*, uma redução da carga de treino entre oito e 14 dias antes de competições (Bosquet *et al.*, 2007). O *taper* é designado para fazer os atletas chegarem à competição em um estado psicofisiológico compatível com recuperação/prontidão. Entretanto existem poucos estudos quantificando este estado psicofisiológico proporcionado pelo *taper*. No único estudo que conhecemos, Balsalobre-Fernández, Tejero-González e Campo-Vecino (2014) constataram que corredores de média e longa distância apresentaram maiores valores de CMJ e menores valores da PSE na semana anterior ao melhor resultado do que na semana anterior ao pior resultado ao longo de uma temporada, e não foram encontradas diferenças significativas para os níveis de cortisol salivar na semana anterior ao melhor resultado do que na semana anterior ao pior resultado. Entretanto, apenas o CMJ, PSE e cortisol salivar limita muito a interpretação dos dados frente a vários outros indicadores aceitos para monitorar o estado psicofisiológico (percepção subjetiva de recuperação; variabilidade da frequência cardíaca; perfil do estado de humor; bem-estar; níveis séricos de creatina quinase).

Diante desse cenário, o objetivo do presente estudo foi verificar a associação entre o estado de um amplo roll de indicadores de estado psicofisiológico promovida por um *taper* (percepção subjetiva de recuperação; percepção subjetiva de esforço; perfil do estado de humor; bem-estar; variabilidade da frequência cardíaca; níveis séricos de creatina quinase; salto vertical com contramovimento), analisados isoladamente e em associação, com o desempenho de atletas de natação em uma competição regional.

MÉTODOS

Participantes

A pesquisa iniciou com 24 atletas de natação de uma equipe que possuía índice que os caracterizam como atletas de nível nacional (15 atletas) e continental (nove atletas). Os critérios de inclusão adotados foram: a) treinar há pelo menos um ano a modalidade específica; b) estar realizando treinamento da modalidade há pelo menos três meses consecutivos na temporada; c) ter frequência semanal mínima de cinco treinos por semana; d) estar participando de competições assiduamente; e) não ter sofrido lesões musculares ou osteoarticulares nos últimos três meses. Os critérios de exclusão adotados foram: a) sofrer alguma lesão muscular ou osteoarticulares durante a pesquisa; b) faltar mais de uma avaliação ou sessão de treinamento seguidas; c) interromper o treinamento por algum motivo. Quatro atletas foram excluídos, três por não comparecerem aos treinos e não realizarem as avaliações, e um por estar doente na semana da competição realizada. Sendo assim, o tamanho amostral final do estudo foi 20 atletas ($15,1 \pm 0,6$ anos) de ambos os sexos (11 homens) com $7,2 \pm 0,8$ anos de treino. Sendo cinco velocistas, oito fundistas e sete meio-fundistas.

Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba sob o número de protocolo nº 7.468.108. Todos os participantes foram informados quanto aos objetivos, riscos, benefícios, procedimentos do estudo e foram solicitados a assinarem o Termo de Consentimento / Assentimento Livre e Esclarecido (TCLE) cumprindo a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Desenho do estudo

Os atletas foram monitorados durante um período pré competição de 3 semanas, incluindo a semana da competição (nível regional – que envolve uma das cinco regiões geográficas do país). Neste período, houve uma redução gradativa da carga de treino durante as semanas, constituído por 3 microciclos de 6 dias de treinos (segunda a sábado). Desses microciclos dois foram ordinários (semana um [SEM1] e semana dois [SEM2]) e um regenerativo (semana três [SEM3]). Os atletas respondiam nas segundas-feiras o perfil do estado de humor (POMS), diariamente a percepção subjetiva de recuperação (PSR),

questionário de bem-estar (WB), percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE), e realizavam variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e a força explosiva, por meio do salto vertical com contramovimento (CMJ) também diariamente. Nas segundas-feiras e sextas-feiras era coletado uma amostra sanguínea para análise dos níveis sanguíneos de creatina quinase (CK).

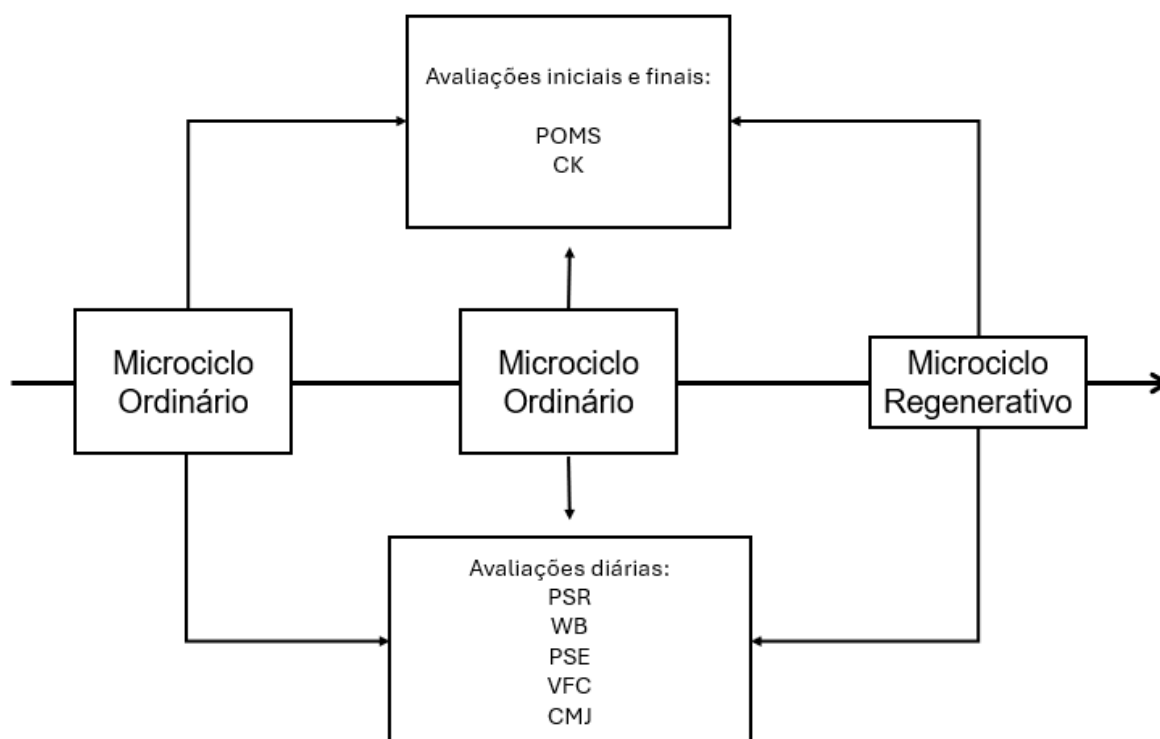


Figura 1 - Desenho do estudo. PSR – percepção subjetiva de recuperação; PSE – percepção subjetiva de esforço da sessão; CK – creatina quinase; CMJ – salto vertical com contramovimento; POMS – perfil do estado de humor; VFC – variabilidade da frequência cardíaca; WB – questionário de bem-estar.

Perfil do estado de humor (POMS)

Era avaliado antes da primeira sessão de treino de cada semana, por meio da plataforma google forms. Foi utilizada a versão de Viana, Almeida e Santos (2001) devido a essa versão apresentar a escala de desajuste de treino (EDT). Nessa escala os atletas respondiam de 0 a 4 (0= nunca; 1= um pouco; 2= moderadamente; 3= bastante; 4= muitíssimo) 42 itens que descreviam sentimentos divididos em seis escalas (Tensão, Depressão, Hostilidade, Vigor, Fadiga e Confusão).

Escala de percepção subjetiva de recuperação (PSR)

Era avaliado antes do início de cada sessão de treino. Foi utilizada a versão traduzida transcultural da escala de percepção subjetiva de recuperação (PSR) (Gomes Costa *et al.*, 2023; Laurent *et al.*, 2011) por meio da plataforma google forms. Os atletas indicaram o seu nível percebido de recuperação de acordo com a seguinte escala: 0-1 indicando “Recuperação extremamente baixa/ extremamente cansado”; 2-3 indicando “Recuperação muito baixa/ cansado”; 4 indicando “Alguma recuperação”; 5 indicando “Recuperação aceitável”; 6-7 indicando “Recuperado”; 8-9 indicando “Bem Recuperado/ Com alguma energia”; e 10 indicando “Totalmente recuperado/ com muita energia”.

Percepção subjetiva de bem-estar (WB)

Antes do início de cada sessão de treino os atletas responderam, por meio da plataforma google forms, o questionário de bem-estar (WB) (McLean *et al.*, 2010) em que o atleta relatou a sua percepção de qualidade de sono, fadiga, dor muscular, estresse e humor utilizando uma escala *Likert* de cinco pontos. O bem-estar geral poderia atingir uma pontuação máxima de 25 pontos, sendo a soma de todas as escalas.

Escala de percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE)

Após 30 minutos do final de cada sessão de treino os atletas responderam o nível percebido de esforço da sessão realizada de acordo com uma escala de 0 a 10 (0 = descanso; 1 = muito, muito leve; 2 = leve; 3 = moderado; 4 = um pouco intenso; 5-6 = intenso; 7-9 = muito intenso; 10 = máximo). Foi utilizado a versão desenvolvida por Foster *et al.*, (2001). Os atletas responderam por meio da plataforma google forms.

Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

Foi avaliada antes dos treinos em uma sala silenciosa e climatizada. Os atletas foram instrumentados com uma cinta torácica com conexão Bluetooth (Polar Eletktro, modelo H10), validada por Schaffarczyk *et al.*, (2022), conectada ao aplicativo ELITE HRV, validado por Vondrasek *et al.*, (2023). O registro da frequência cardíaca teve a duração de dois min. Os

participantes foram instruídos a permanecerem quietos, com os olhos abertos. Foi adotado como variável a raiz quadrada do somatório do quadrado da diferença dos intervalos RR adjacentes (rMSSD) e o percentual de intervalos RR com diferença acima de 50 milissegundos (pNN50) como indicador da variabilidade da frequência cardíaca.

Indicador de recuperação de função muscular: Teste de Força explosiva (CMJ)

Antes do início das sessões de treino os atletas realizaram o salto vertical com contramovimento (CMJ), adotando o protocolo de Young, Pryor e Wilson (1995) para mensurar a força explosiva. Foi feito um aquecimento prévio, constituído de 10 agachamentos, 15 skipping, corrida 140 metros e 10 saltos com contramovimento antes de entrar na área de salto. Todos os atletas eram familiarizados com o CMJ. Cada participante realizou a quantidade de saltos necessários para que não acontecesse aumentos nas alturas dos saltos, com 30 segundos de descanso entre cada salto. O desempenho dos atletas foi baseado na média dos três melhores saltos realizados. O instrumento utilizado foi o optojump (Optojump Next, Microgate, Bolzano, Italia) acoplado ao software da optojump (Optojump Next, Microgate, Bolzano, Italia, Versão 13.24.0).

Níveis séricos de Creatinoquinase – CK

Antes do começo da primeira e última sessão de treino de cada semana foram coletados cinco mL de sangue venoso, por uma enfermeira treinada e experiente. As amostras foram centrifugadas a 3000rpm por 10 min e o sobrenadante (soro) transferido para microtubos, em duplicatas, e refrigerado a -20°C até as análises. A concentração plasmática de CK foi quantificada em modo cinético através do método *International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* (UV-IFCC, 2002), por meio do kit comercial CK-NAC *Liquiform* (Labtest, Minas Gerais, Brasil) seguindo as instruções do fabricante. A absorbância foi obtida no analisador automático *Labmax 240 Premium*, no comprimento de onda 340nm.

Critério de recuperação psicofisiológica

Para determinar se um atleta estava recuperado ou não foi utilizado a mínima diferença individual (SWC) para as variáveis objetivas (RMSSD, PNN50, CK e CMJ). Nas

variáveis subjetivas (PSR, PSE, POMS, EDT e WB) foi subtraído o valor da terceira semana pelo maior valor das semanas anteriores caso esse valor desse positivo o atleta era categorizado como “recuperado” e se fosse negativo era categorizado como “não recuperado”. O desempenho foi considerado “melhor” quando os atletas superaram a marca pessoal em pelo menos uma prova. Para a pesquisa foi utilizado o tempo dos atletas nas suas duas principais provas, sendo desconsiderado as outras provas em que eles participaram.

Análise de dados

Os dados estão apresentados como média e erro-padrão da média. Inicialmente foi realizado o teste de Shapiro Wilk e Levene para testar a normalidade e homogeneidade dos dados. Para identificar as diferenças entre as condições dos atletas para as variáveis subjetivas (PSR, PSE, POMS, EDT e WB) e objetivas (RMSSD, PNN50, CK e CMJ) entre as semanas foi realizada a ANOVA One-Way de medidas repedidas e seu correspondente não paramétrico para os dados que não apresentaram normalidade (PSE, EDT, CK). Para realizar essa análise foi utilizado a média dos três primeiros (metade inicial) e três últimos dias (metade final) de cada semana. Um teste de qui-quadrado foi realizado para avaliar a associação entre os atletas que estavam recuperados e não recuperados com os seus desempenhos nas suas duas principais provas. A análise foi feita de forma univariada e multivariada, considerando o critério de ter melhorado em pelo menos três das seis variáveis. Os dados foram analisados utilizando o software Jamovi e foi adotado o nível de significância de $p < 0.05$.

RESULTADOS

A figura 2 apresenta o comportamento das variáveis subjetivas durante o período de monitoração (SEM1 – microciclo ordinário; SEM2 – microciclo ordinário; SEM3 – microciclo regenerativo). Em relação a PSE (painel A – figura 2), os valores da metade final da SEM2 estavam significativamente menores em relação aos valores da semana um (SEM1) e os valores da semana três (SEM3) estavam significativamente menores em relação a todos os valores das semanas anteriores, indicando que houve uma redução na percepção de esforço dos atletas no decorrer das semanas. Enquanto isso os valores da PSR (painel B – figura 2) na SEM3 estavam significativamente maiores em relação as semanas anteriores, indicando que os atletas estavam demonstrando uma recuperação subjetiva nos dias que antecederam a competição. O WB (painel E – figura 2) na SEM3 estava significativamente maior em relação

a SEM2 e metade inicial da SEM1, também indicando recuperação. Para os valores do POMS, os atletas apresentaram uma redução significativa na PTH (painel C – figura 2) da SEM2 para a SEM3, mas durante todas as semanas os atletas apresentaram valores acima de 100 indicando uma perturbação no humor. Em contrapartida, a EDT (painel D – figura 2) estava significativamente maior na SEM2 e SEM3 quando comparada a SEM1 (da semana dois para a semana três houve apenas um aumento descritivo).

A figura 3 apresenta o comportamento das variáveis objetivas durante o período de monitoração. Dentre as variáveis da VFC, o rMSSD (painel A – figura 3) estava significativamente mais baixa na metade final da SEM2 em relação à metade inicial dessa semana e a SEM1 (metade inicial e final), mas, na SEM3, houve um aumento significativo em relação a metade final da SEM2. O pNN50 (painel B – figura 3), estava significativamente mais alto na SEM3 em relação a metade final da SEM2 e apenas descritivamente em relação as outras semanas (metade inicial e final da SEM1 e metade inicial da SEM2). A CK (painel C – figura 3) aumentou significativamente da metade inicial para a final da SEM1 e na metade inicial da SEM2 houve uma queda significativa em relação a metade final da SEM1. Na metade final da SEM2 os valores de CK estavam significativamente maiores em relação a metade inicial da SEM2. Na SEM3 houve uma queda descritiva em relação a metade final da SEM2. O CMJ (painel D – figura 3) aumentou significativamente da metade inicial para a final da SEM1 e permaneceu igual da metade final da SEM1 para a metade inicial da SEM2. Na metade final da SEM2 os valores de CMJ foram significativamente maiores em relação as semanas anteriores. Na SEM3 houve uma queda descritiva dos valores de CMJ em relação a metade final da SEM2.

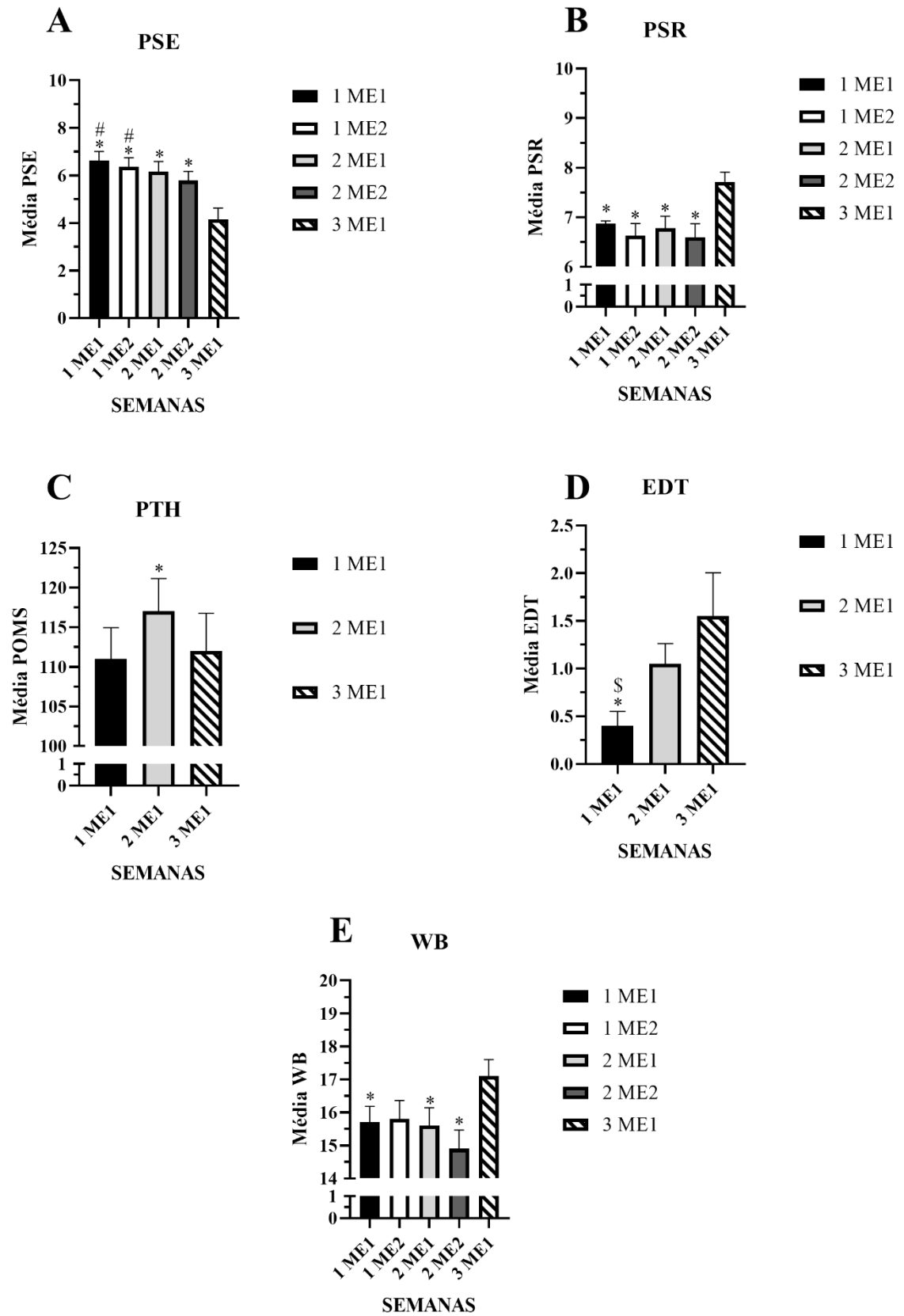


Figura 2 – Painel do comportamento das variáveis subjetivas. Dados são médias e erro-padrão da média. PSR – percepção subjetiva de recuperação; PSE – percepção subjetiva de

esforço da sessão; PTH – perturbação total de humor; EDT – escala de desajuste de treino; WB – questionário de bem-estar. 1 ME1 – média dos três primeiros dias da semana um; 1 ME2 – média dos três últimos dias da semana um; 2 ME1 – média dos três primeiros dias da semana dois; 2 ME2 – média dos três últimos dias da semana dois; 3 ME1 – média dos três primeiros dias da semana três; ANOVA One-Way de medidas repetidas; *= diferença em relação a semana 3 ME1; #= diferença em relação a semana 2 ME2; \$= diferença em relação a semana 2 ME1.

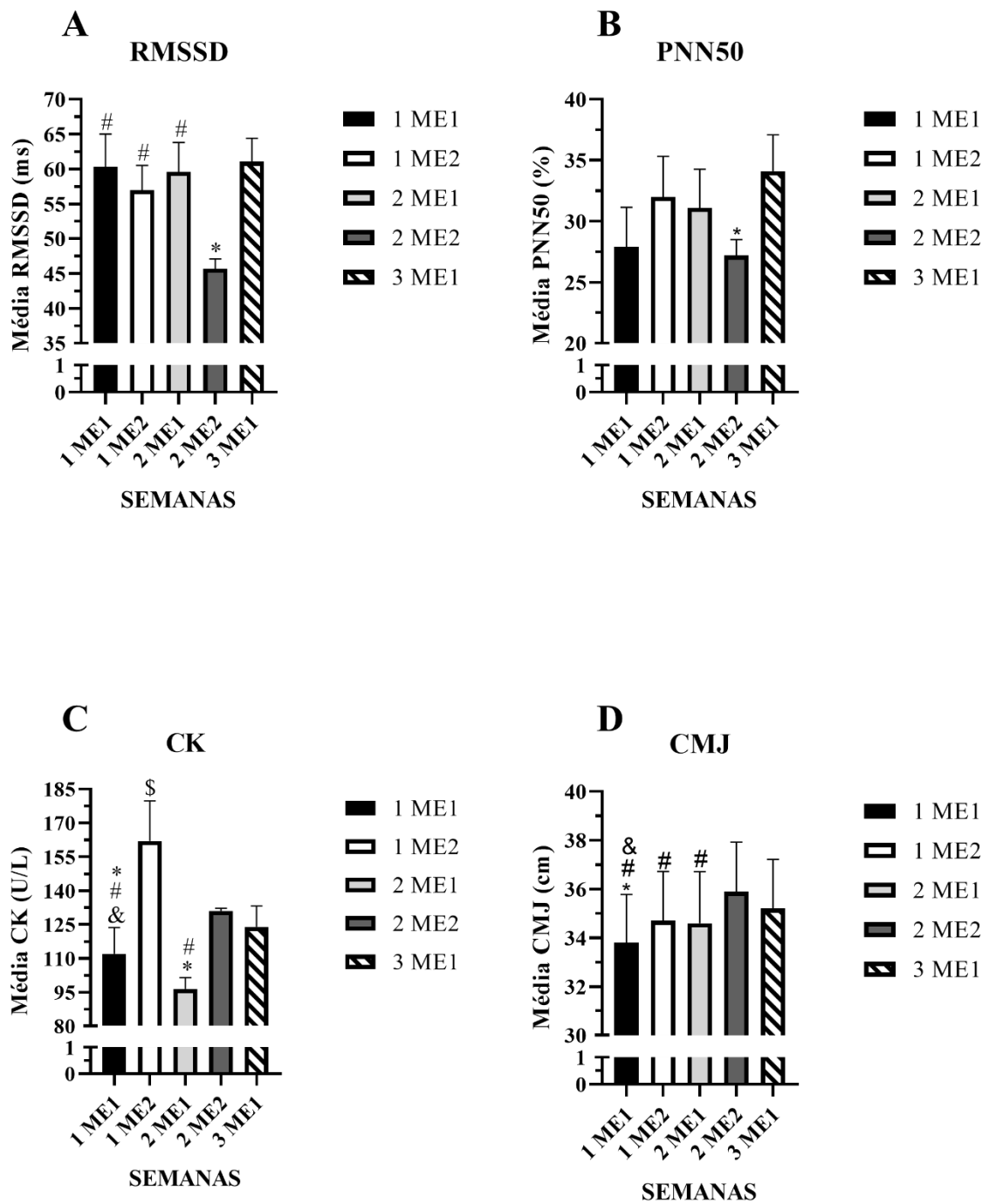


Figura 3 – Pannel do comportamento das variáveis objetivas. Dados são médias e erro-padrão da média. rMSSD – raiz quadrada do somatório do quadrado da diferença dos intervalos RR adjacentes; pNN50 – percentual de intervalos RR com diferença acima de 50 milissegundos (pNN50); CK – creatina quinase; CMJ – salto vertical com contramovimento. 1 ME1 – média dos três primeiros dias da semana um; 1 ME2 – média dos três últimos dias da semana um; 2 ME1 – média dos três primeiros dias da semana dois; 2 ME2 – média dos três últimos dias da semana dois; 3 ME1 – média dos três primeiros dias da semana três; ANOVA One-Way de

medidas repetidas; *= diferença em relação a semana 3 ME1; #= diferença em relação a semana 2 ME2; \$= diferença em relação a semana 2 ME1; &= diferença em relação a semana 1 ME2.

A figura 4 apresenta a associação entre os indicadores do estado psicofisiológico das variáveis subjetivas com o desempenho dos atletas na competição. Para a PSR (painel A – figura 4) 11 dos 20 atletas (55%) estavam recuperados; dentre estes, 63,6% melhoraram o recorde pessoal na competição, mas sem diferenças estatisticamente significativa na frequência do teste de qui quadrado que comparou a frequência dos que melhoraram o indicador fisiológico e melhoraram o recorde pessoal com os que melhoraram o estado do indicador fisiológico e não melhoraram o recorde pessoal. Para o WB (painel B – figura 4) 9 dos 20 atletas (45%) estavam recuperados; dos quais, 77,8% melhoraram o recorde pessoal na competição, mas sem diferenças estatisticamente significativa na frequência em relação aos que estavam recuperados para esta variável e não melhoraram o recorde pessoal. Para a variável PTH do POMS (painel C – figura 4) 10 dos 20 atletas estavam recuperados (50%); dos quais 70% melhoraram o recorde pessoal na competição, mas sem diferenças estatisticamente significativas na frequência. Na EDT (painel D – figura 4) 11 dos 20 atletas (55%) estavam recuperados; dos quais 54,5% melhoraram o recorde pessoal na competição, mas sem diferenças estatisticamente significativa na frequência.

A figura 5 apresenta a associação entre os indicadores do estado psicofisiológico das variáveis objetivas com o desempenho dos atletas na competição. Para a CK 13 dos 20 atletas (65%) estavam recuperados; dos quais 61,5% melhoraram o recorde pessoal na competição, mas sem diferenças estatisticamente significativa na frequência em relação aos que estavam recuperados, mas não melhoraram o recorde pessoal. Para as variáveis da VFC e CMJ não foi possível realizar essa análise, devido à ausência de pelo menos 5 casos em cada cluster.

Quando o desempenho fisiológico foi analisado considerando a quantidade de variáveis em que os atletas estavam recuperados (figura 5 – painel B) um atleta estava recuperado em apenas duas das seis variáveis, e melhorou o recorde pessoal na competição. Três atletas estavam recuperados em três variáveis, dois desses três (66,7%) melhoraram o recorde pessoal na competição. Seis atletas estavam recuperados em quatro variáveis, dentre os quais 50% melhoraram o recorde pessoal na competição. Cinco atletas estavam recuperados em cinco variáveis, dos quais 60% melhoraram o recorde pessoal na competição. Cinco atletas estavam recuperados em seis variáveis, dos quais 60% melhoraram o recorde pessoal. No entanto essas análises não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Ao realizar uma análise integrada das variáveis (unificando quem estava recuperado em uma e duas variáveis num grupo e quem melhorou em três e quatro variáveis em outro grupo) 12 atletas estavam recuperados em 3 a 4 variáveis, dos quais 75% melhoraram o recorde pessoal (figura 5 – painel C), existindo uma tendência para uma diferença estatisticamente significativa ($p = 0,094$). Ao unificar em um grupo quem estava recuperado em cinco e seis variáveis (10 atletas recuperados, dentre os quais 60% melhoraram o recorde pessoal) o p valor foi igual a 1 (dados não apresentados).

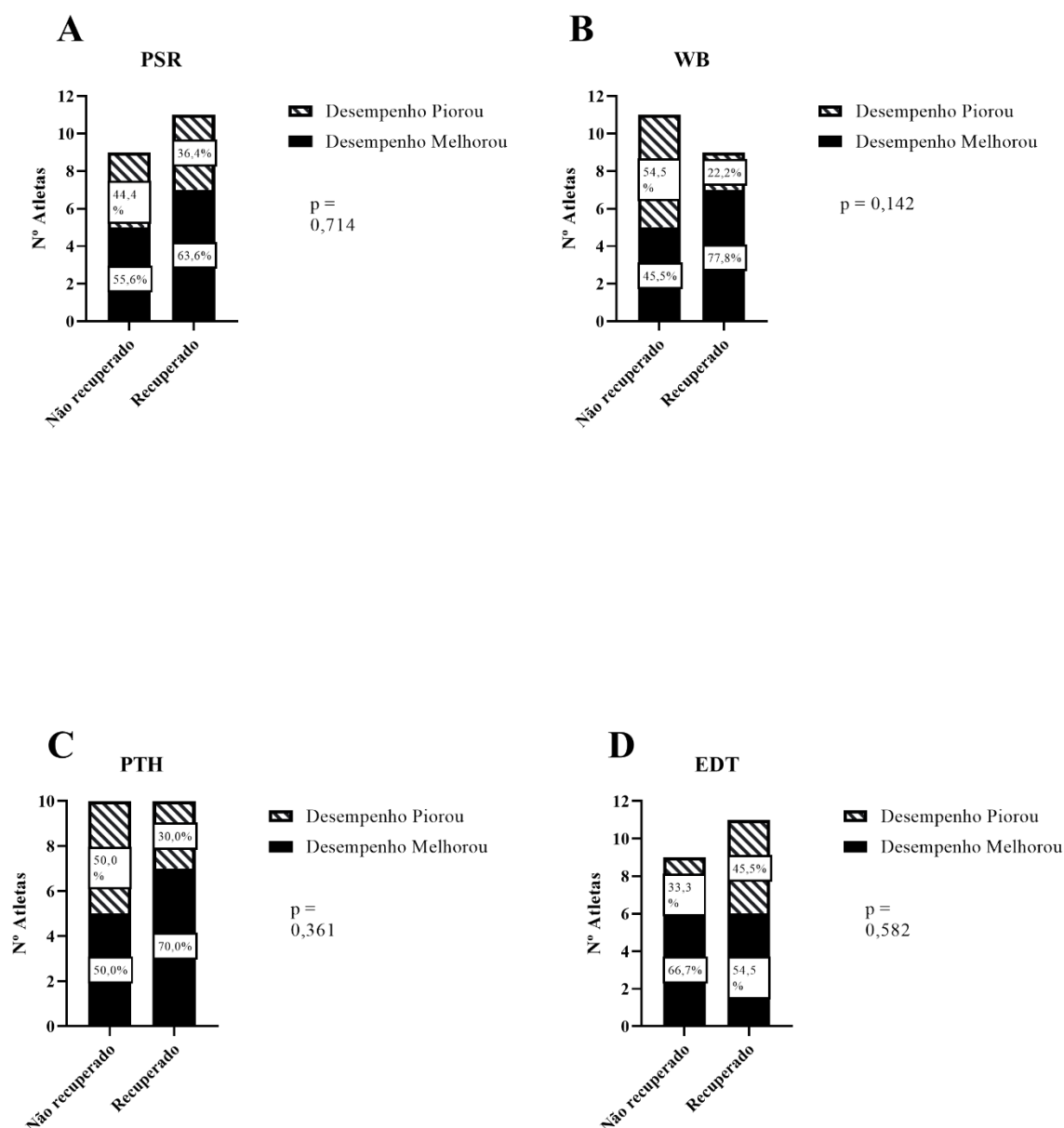


Figura 4 – Associação dos indicadores do estado psicofisiológico subjetivo com o desempenho na competição. Dados são frequência. PSR – percepção subjetiva de

recuperação; WB – questionário de bem-estar; PTH – perturbação total de humor; EDT – escala de desajuste de treino; teste de qui-quadrado

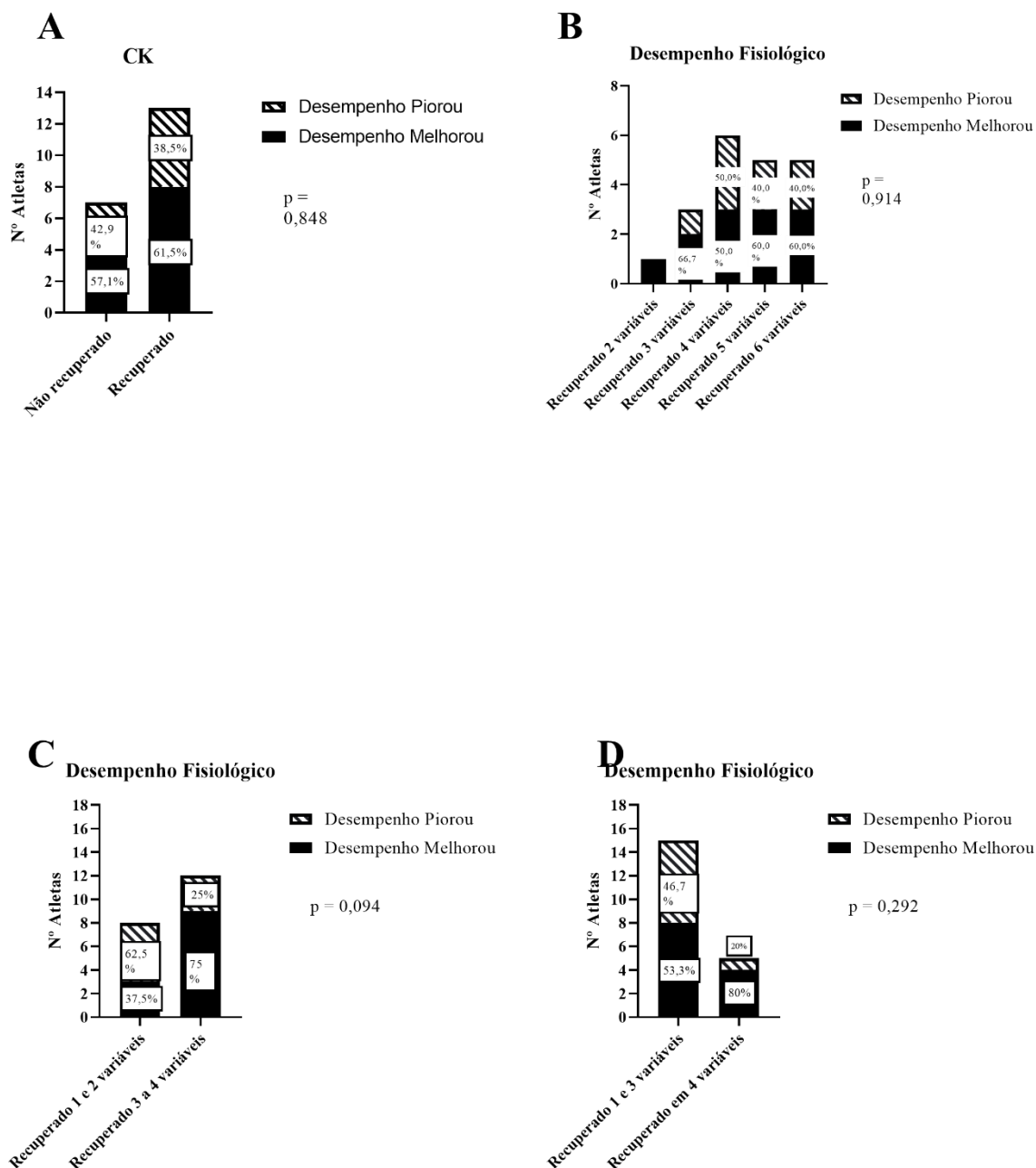


Figura 5 – Associação dos indicadores do estado psicofisiológico objetivo com o desempenho na competição. Dados são frequência. CK – creatina quinase; teste de qui-quadrado.

DISCUSSÃO

O *taper* executado no presente estudo gerou nos atletas um estado indicando recuperação para a PSR, PTH, rMSSD, PNN50 e CK (estatisticamente significativo) nas vésperas das provas que seriam disputadas. Esse estado de recuperação não foi encontrado na EDT e no CMJ.

No presente estudo, a maioria dos atletas que foram categorizados como recuperados em todas as variáveis apresentaram uma melhora no recorde pessoal em pelo menos uma das provas disputadas na competição (para a PSR 63,6% melhoraram o recorde pessoal; WB 77,8% melhoraram o recorde pessoal; PTH 70% melhoraram o recorde pessoal; EDT 54,5% melhoraram o recorde pessoal; CK 61,5% melhoraram o recorde pessoal), contudo, sem diferenças estatisticamente significativas, apesar de o percentual de atletas que estavam recuperados e ter melhorado o tempo nas suas provas ter sido sempre acima de 50% (entre 54,5% e 77,8%).

O único estudo encontrado que comparou o estado psicofisiológico com o desempenho dos atletas foi o de Balsalobre-Fernández, Tejero-González e Campo-Vecino (2014) que avaliou 15 corredores de média e longa distância durante uma temporada (39 semanas). No entanto, esse estudo utilizou apenas o CMJ, PSE e cortisol salivar como indicador do estado psicofisiológico e houve diferenças significativas apenas para o CMJ e PSE. A falta de diferenças estatisticamente significativas do presente estudo pode estar ligada ao tamanho amostral, o que limitou a análise de associação entre a VFC e CMJ com o desempenho devido à ausência de casos em cada cluster. Além disso, o estudo de Balsalobre-Fernández, Tejero-González e Campo-Vecino utilizou uma estatística diferente da do presente estudo, realizando uma correlação de Pearson e teste t para amostra pareadas, e não aplicou um *taper*. Essas diferenças metodológicas também podem justificar a falta de diferenças estatisticamente significativas do presente estudo.

Ao integrar as variáveis (unificando quem estava recuperado em uma e duas variáveis num grupo e quem melhorou em três e quatro variáveis em outro grupo) existiu uma aproximação de uma significância estatística ($p=0,094$). O presente estudo demonstra que uma análise integrada aproxima de uma significância estatística, sugerindo que a análise integrada seja mais realista do que uma análise fragmentada. Uma explicação para isto é que o desempenho esportivo é multidimensional, de modo que um único aspecto fisiológico (aspecto psicométrico, físico ou fisiológico), dificilmente será um competente preditor do desempenho do atleta (Bourdon *et al.*, 2017; Soligard *et al.*, 2016).

Outra questão que precisa ser contextualizada é o potencial das variáveis adotadas no presente estudo para indicar o estado de fadiga crônica e recuperação dos atletas. Nós

adotamos variáveis conceituadas na literatura prévia como as melhores para indicar o estado psicofisiológico. A revisão sistemática realizada por Saw, Main e Gustin (2016) identificou que as medidas de percepção subjetiva são sensíveis para verificar mudanças agudas e crônicas no bem-estar do atleta em relação ao treinamento. Estudos demonstram que o aumento da VFC está associado a boas adaptações ao treino (Buchheit *et al.*, 2011; Lee; Wood; Welsch, 2003) enquanto a sua redução está associada a fadiga crônica e má adaptações (Kiviniemi *et al.*, 2014; Uusitalo; Uusitalo; Rusko, 2000). O CMJ tem sido uma das ferramentas mais utilizadas para monitorar o estado neuromuscular de atletas de esportes individuais e coletivos, detectando a fadiga ou efeitos de supercompensação (Claudino *et al.*, 2017). A CK tem sido utilizada como marcador indireto de dano muscular, tendo correlações entre o seu aumento com reduções das funções neuromusculares (Hagstrom; Shorter, 2018). No entanto, até o presente momento não existem estudos que tenham avaliado o comportamento combinado de todos esses tipos de variáveis.

Recomenda-se que pesquisas futuras investiguem os efeitos do *taper* no estado psicofisiológico comparado com o desempenho em competições de diferentes modalidades, sendo esse estado psicofisiológico mensurado de forma integrada e fragmentada.

CONCLUSÃO

Um estado psicofisiológico recuperado resulta em um persistente maior percentual de atletas que melhoram as suas marcas pessoais em provas de natação quando estão recuperados em cada uma das variáveis (PSR, WB, PTH, EDT e CK), com frequência entre 54,5 e 77,8% dos atletas recuperados em alguma variável tendo quebrado seus recordes pessoais na competição. Entretanto, a despeito desta majoritariamente, o teste de frequência não revelou significância estatística em relação ao menor percentual dos que não melhoraram o tempo nas provas, a despeito de estarem recuperados. Quando os atletas estavam recuperados em múltiplas variáveis concomitantemente, a maior frequência dos que quebraram seus recordes pessoais gerou tendência para diferença estatística, indicando que uma abordagem multivariável é um caminho que merece ser explorado.

REFERÊNCIAS

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; MA TEJERO-GONZÁLEZ, C.; DEL CAMPO-VECINO, J. Hormonal and Neuromuscular Responses to High-Level Middle- and Long-

- Distance Competition. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 9, no 5, p. 839–844, 2014.
- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; TEJERO-GONZÁLEZ, C. M.; DEL CAMPO-VECINO, J. Relationships between training load, salivary cortisol responses and performance during season training in middle and long distance runners. **PLoS ONE**, [s. l.], vol. 9, no 8, 2014.
- BOSQUET, L. et al. Effects of Tapering on Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], vol. 39, no 8, p. 1358–1365, 2007.
- BOURDON, P. C. et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 12, no s2, p. S2-161-S2-170, 2017.
- BUCHHEIT, M. et al. Physiological and performance adaptations to an in-season soccer camp in the heat: Associations with heart rate and heart rate variability. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, [s. l.], vol. 21, no 6, p. 477–485, 2011.
- CLAUDINO, J. G. et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, [s. l.], vol. 20, no 4, p. 397–402, 2017.
- DEBIEN, P. B. et al. Monitoring Training Load, Recovery, and Performance of Brazilian Professional Volleyball Players During a Season. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 13, no 9, p. 1182–1189, 2018.
- FOSTER, C. et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 15, no 1, p. 109–115, 2001.
- GOMES COSTA, R. R. et al. Cross-Cultural Translation and Adaptation of the Perceived Recovery Status Scale to Brazilian Portuguese. **Journal of Sport Rehabilitation**, [s. l.], vol. 32, no 3, p. 346–351, 2023.
- HAGSTROM, A. D.; SHORTER, K. A. Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: A systematic review and meta-analysis of pre- and post-match differences. **European Journal of Sport Science**, [s. l.], vol. 18, no 9, p. 1234–1244, 2018.
- IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Internal and External Training Load: 15 Years On. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 14, no 2, p. 270–273, 2019.
- KIVINIEMI, A. M. et al. Altered relationship between R-R interval and R-R interval variability in endurance athletes with overtraining syndrome. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, [s. l.], vol. 24, no 2, p. 1–9, 2014.

- LAMBRICH, J.; MUEHLBAUER, T. Effects of fatigue on physiological, physical fitness, and stroke performance related parameters in healthy tennis players: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Sports and Active Living**, [s. l.], vol. 7, no April, p. 1–14, 2025.
- LAURENT, C. M. et al. A Practical Approach to Monitoring Recovery: Development of a Perceived Recovery Status Scale. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 25, no 3, p. 620–628, 2011.
- LEE, C. M.; WOOD, R. H.; WELSCH, M. A. Influence of Short-Term Endurance Exercise Training on Heart Rate Variability. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], vol. 35, no 6, p. 961–969, 2003.
- MATOS, S. et al. Performance and Training Load Profiles in Recreational Male Trail Runners: Analyzing Their Interactions during Competitions. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], vol. 17, no 23, p. 8902, 2020.
- MCLEAN, B. D. et al. Neuromuscular, Endocrine, and Perceptual Fatigue Responses During Different Length Between-Match Microcycles in Professional Rugby League Players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 5, no 3, p. 367–383, 2010.
- NUGENT, F. et al. The Effects of Low-Volume, High-Intensity Training on Performance Parameters in Competitive Youth Swimmers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 14, no 2, p. 203–208, 2019.
- SAW, A. E.; MAIN, L. C.; GASTIN, P. B. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], vol. 50, no 5, p. 281–291, 2016.
- SCHAFFARCZYK, M. et al. Validity of the Polar H10 Sensor for Heart Rate Variability Analysis during Resting State and Incremental Exercise in Recreational Men and Women. **Sensors**, [s. l.], vol. 22, no 17, p. 6536, 2022.
- SOLIGARD, T. et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], vol. 50, no 17, p. 1030–1041, 2016.
- UUSITALO; UUSITALO; RUSKO. Heart Rate and Blood Pressure Variability During Heavy Training and Overtraining in the Female Athlete. **International Journal of Sports Medicine**, [s. l.], vol. 21, no 1, p. 45–53, 2000.
- VIANA, M. F.; ALMEIDA, P.; SANTOS, R. C. Adaptação portuguesa da versão reduzida do Perfil de Estados de Humor – POMS. **Análise Psicológica**, [s. l.], vol. 19, no 1, p. 77–92, 2001.

VONDRASEK, J. D. et al. Validity and Efficacy of the Elite HRV Smartphone Application during Slow-Paced Breathing. **Sensors**, [s. l.], vol. 23, no 23, p. 9496, 2023.

YOUNG, W. B.; PRYOR, J. F.; WILSON, G. J. Effect of Instructions on characteristics of Countermovement and Drop Jump Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 9, no 4, p. 232–236, 1995.

APÊNDICE B

ARTIGO 2

**MAIOR EFICÁCIA DA INTEGRAÇÃO DE VARIÁVEIS PSICOMÉTRICAS,
FISIOLÓGICAS E FÍSICAS PARA INDICAR O ESTADO DE PRONTIDÃO DE
ATLETAS DE NATAÇÃO**

Autores: Filipe Santana Martins; Dhyogo Dornelas Belmont Neri, Luísa de Paiva Fitipaldi, Yasmin Vieira da Nóbrega, Eriklys Cavalcante Barreto, Cecília Jacinta Brandão Marinho, Alexandre Sérgio Silva

RESUMO

INTRODUÇÃO: as variáveis usadas para determinar o estado de prontidão de atletas apresentam limitações, pois nem sempre apontam para um mesmo diagnóstico. **OBJETIVO:** desenvolver um modelo integrado de análise multivariável (testes físicos, psicométricos e fisiológicos) que indique o estado de prontidão de atletas de natação. **MÉTODOS:** 18 atletas ($15 \pm 2,9$ anos; $6,4 \pm 3,6$ anos de treino; 10 homens) foram monitorados durante um mesociclo constituído de quatro microciclos (ordinário; choque 1; choque 2; regenerativo). Foram avaliados percepção subjetiva de recuperação (PSR), bem-estar (WB), percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE), variabilidade da frequência cardíaca (VFC), a força explosiva, perfil do estado de humor (POMS) e creatina quinase (CK). **RESULTADOS:** uma ANOVA mostrou-se limitada, pois as respostas apresentadas não seguiram o esperado para os microciclos de choque e regenerativo em todas as variáveis. Ao fazer uma análise integrando todas as variáveis em um único modelo, os coeficientes da análise discriminante linear (LD) mostraram que as variáveis são ponderadas diferentemente para indicar a redução da prontidão no período de choque e a restauração no período regenerativo. Esta análise levou à seguinte equação para quantificar o estado de prontidão: $LD1 = -0,616*(PSE) - 0,136*(EDT) + 0,115*(PSR) - 0,115*(CMJ) - 0,056*(WB) + 0,028*(PTH) + 0,023*(CK) - 0,013*(rMSSD)$. $LD2 = 0,632*(EDT) - 0,062*(PSE) + 0,046*(WB) - 0,028*(PTH) - 0,022*(PSR) - 0,020*(rMSSD) + 0,003*(CK) + 0,002*(CMJ)$. **CONCLUSÃO:** o modelo proposto é capaz de estabelecer o estado de prontidão de atletas, associando as variáveis utilizadas nas avaliações, atribuindo-lhes peso de acordo com suas flutuações ao longo dos microciclos.

Palavras-chaves: carga de treino; tecnologia esportiva; periodização

INTRODUÇÃO

As cargas externas de treinamento geram repostas fisiológicas e psicométricas que são categorizadas como indicadoras da carga interna de treino (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019). Enquanto isso, algumas variáveis são usadas horas ou dias seguintes ao treinamento

realizado para verificar o estado de recuperação do atleta ou a prontidão para a realização de uma nova carga de treinamento (Bourdon *et al.*, 2017). Na realização desse monitoramento são utilizadas medidas bioquímicas (Haller *et al.*, 2023), hormonais (Cadegiani *et al.*, 2020), psicométricas (Laurent *et al.*, 2011; Saw; Main; Gastin, 2016), qualidade/quantidade de sono (Halsen, 2019) e de desempenho físico (Meeusen *et al.*, 2012).

A relação entre as cargas externa e interna de treino e condições de recuperação levam o atleta a um certo estado de prontidão para uma sessão de treino. O estado de prontidão pode ser definido como a condição física, fisiológica e mental em que o atleta se encontra antes de um treino ou competição, considerando seu estado de recuperação frente ao esforço realizado anteriormente (Janetzki *et al.*, 2023; Ryan *et al.*, 2020). Logo, é importante que o estado de prontidão dos atletas seja determinado para que se possa ajustar os treinos com maior precisão afim de gerenciar o overreaching funcional (diminuição temporária do desempenho que é seguido de um efeito de supercompensação) (Meeusen *et al.*, 2012) e prevenir o overreaching não funcional (diminuição a curto prazo na performance com ou sem sintomas fisiológicos e psicológicos de má adaptações, em que a recuperação do desempenho pode levar vários dias ou várias semanas) (Meeusen *et al.*, 2012) e um overtraining.

No entanto, a forma atualmente utilizada para a determinação do estado de prontidão do atleta ainda não se mostra consistente e convincente. Não é consistente porque nenhuma dessas medidas são autossuficientes para diagnosticar o estado de prontidão para o treino sozinha, uma vez que todas possuem suas limitações diagnósticas (Carrard *et al.*, 2022; Haller *et al.*, 2023). Além disso, o modo de análise das variáveis para traçar um diagnóstico do estado de prontidão do atleta é feita de forma univariada, uma vez que, na prática, fisiologistas e demais membros de comissões técnicas avaliam cada uma das variáveis adotadas individualmente para tomar decisões. Nesta forma de análise pode ocorrer um cenário em que as variáveis apontam para estados fisiológicos opostos, em que uma indica recuperação do treino anterior e outra indica o contrário. Isto limita em muito o poder de convencimento da decisão a ser tomada quanto reduzir, manter ou aumentar a carga de treino dos atletas.

Algumas empresas (Por exemplo: Polar Smart Coaching; Garmin Connect™; TrainingPeaks; Whoop) estão buscando solucionar as limitações das análises univariadas em aplicativos que propõem ajustes nas cargas de treino ou descanso combinando os dados da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), qualidade/quantidade de sono, volume/intensidade de treino, potência de corrida baseada no pulso e teste de CMJ (Gakh *et al.*, 2025). Para propor esses ajustes, os aplicativos utilizam algoritmos que não são

divulgados e nem fornecido quais critérios foram utilizados para suas elaborações, carecendo de uma validação científica interna e externa (Bullock *et al.*, 2022, 2023). Além disso, de acordo com a revisão realizada por McLaren *et al.*, (2018) a relação entre as variáveis de carga interna e externa podem variar de acordo com a modalidade esportiva.

Enquanto o cenário atual indica que uma abordagem integrativa das variáveis adotadas para o controle da carga de treino possa ser mais eficaz, ainda não existem modelos estatísticos explicitados e testados em condições reais de treinamento que possa sugerir indicadores mais convincentes do estado de prontidão de atletas. Então o objetivo desse estudo foi testar um modelo de análise integradas de variáveis adotadas para o controle de carga de treino (dados de testes físicos, psicométricos e fisiológicos) para propor o estado de prontidão de atletas de natação expostos a microciclos bem definidos com cargas ordinárias, de choque e recuperadoras em atletas de categorias de base da modalidade de natação.

MÉTODOS

Participantes

A pesquisa iniciou com 21 atletas de natação de uma equipe que possuía atletas com índices que os caracterizavam como de nível nacional (14 atletas) e continental (sete atletas). No entanto, três atletas foram excluídos, um por ter tido uma redução nas cargas de treino antes do programado, devido a uma competição, e dois por não comparecerem aos treinos e realizarem as coletas. Sendo assim, o tamanho amostral final do estudo foi 18 atletas ($15 \pm 2,9$ anos) de ambos os sexos (10 homens) com $6,4 \pm 3,6$ anos de treino. Dos 18 atletas, quatro eram velocistas, sete eram fundistas e sete eram meio-fundistas.

Os critérios de inclusão adotados foram: a) treinar há pelo menos um ano a modalidade específica; b) estar realizando treinamento da modalidade há pelo menos três meses consecutivos na temporada; c) ter frequência semanal mínima de cinco treinos por semana; d) estar participando de competições assiduamente; e) não ter sofrido lesões musculares ou osteoarticulares nos últimos três meses.

Os critérios de exclusão adotados foram: a) sofrer alguma lesão muscular ou osteoarticulares durante a pesquisa; b) faltar mais de uma avaliação ou sessão de treinamento seguidas; c) interromper o treinamento por algum motivo.

Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba sob o número de protocolo nº 7.468.108. Todos os participantes foram informados quanto aos objetivos, riscos, benefícios, procedimentos do estudo e foram solicitados a assinarem o Termo de Consentimento / Assentimento Livre e Esclarecido (TCLE/ TALE) cumprindo a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Desenho do estudo

Os atletas foram monitorados durante um mesociclo de treinamento (4 semanas), constituído de quatro microciclos (6 dias de treino em cada microciclo), com aumentos nas cargas de treino e uma redução no quarto microciclo em relação aos anteriores. No primeiro microciclo os atletas realizaram o programa de treino habitual (microciclo ordinário – OR). No segundo microciclo houve um aumento de 30% no volume de todas as sessões de treinamento (microciclo de choque 1 – CH1). No terceiro microciclo aconteceu um aumento na intensidade do treinamento (microciclo de choque 2 – CH2). No quarto microciclo ocorreu uma redução de 50% no volume de todas as sessões de treino em relação ao microciclo ordinário (microciclo regenerativo – RG).

Diariamente foi coletado a percepção subjetiva de recuperação (PSR), questionário de bem-estar (WB), percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE), variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e a altura do salto vertical com contramovimento (CMJ). O perfil do estado de humor (POMS) foi coletado antes da primeira sessão de treino de cada microciclo e os níveis sanguíneos de creatina quinase (CK) foram coletados antes da primeira e da última sessão de treino de cada microciclo.

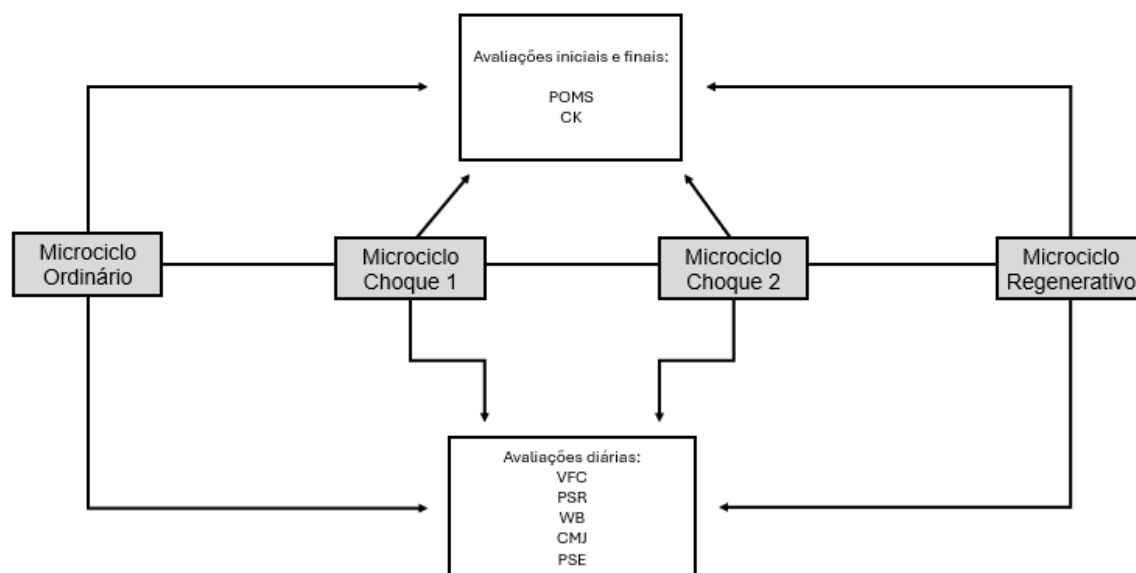


Figura 1. Desenho do estudo. Legenda: PSR – percepção subjetiva de recuperação; PSE – percepção subjetiva de esforço da sessão; CK – creatina quinase; CMJ – salto vertical com contramovimento; POMS – perfil do estado de humor; VFC – variabilidade da frequência cardíaca; WB – questionário de bem-estar; Microciclo Ordinário – programa de treino habitual; Microciclo Choque 1: aumento no volume das sessões de treino; Microciclo Choque 2: aumento na intensidade das sessões de treino; Microciclo Regenerativo: redução de 50% no volume das sessões de treino.

Escala de percepção subjetiva de recuperação (PSR)

Antes do início de cada sessão de treino os atletas responderam a versão traduzida transcultural para a língua portuguesa da escala de percepção subjetiva de recuperação (PSR) (Gomes Costa *et al.*, 2023; Laurent *et al.*, 2011) por meio da plataforma google forms. Os atletas indicaram o seu nível percebido de recuperação de acordo com a seguinte escala: 0-1 indicando “Recuperação extremamente baixa/ extremamente cansado”; 2-3 indicando “Recuperação muito baixa/ cansado”; 4 indicando “Alguma recuperação”; 5 indicando “Recuperação aceitável”; 6-7 indicando “Recuperado”; 8-9 indicando “Bem Recuperado/ Com alguma energia”; e 10 indicando “Totalmente recuperado/ com muita energia”.

Percepção subjetiva de bem-estar (WB)

Antes do início de cada sessão de treino os atletas responderam, por meio da plataforma google forms, o questionário de bem-estar (WB) (McLean *et al.*, 2010) em que o atleta relatou a sua percepção de qualidade de sono, fadiga, dor muscular, estresse e humor

utilizando uma escala *Likert* de cinco pontos. O bem-estar geral poderia atingir uma pontuação máxima de 25 pontos, sendo a soma de todas as escalas.

Perfil do estado de humor (POMS)

Antes da primeira sessão de treino de cada semana os atletas responderam o perfil do estado de humor (POMS), por meio da plataforma google forms. Foi utilizada a versão de Viana, Almeida e Santos (2001) devido a essa versão apresentar a escala de desajuste de treino (EDT). Nessa escala os atletas respondiam de 0 a 4 (0= nunca; 1= um pouco; 2= moderadamente; 3= bastante; 4= muitíssimo) 42 itens que descreviam sentimentos divididos em seis escalas (Tensão, Depressão, Hostilidade, Vigor, Fadiga e Confusão).

Escala de percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE)

Após 30 minutos do final de cada sessão de treino os atletas responderam o nível percebido de esforço da sessão realizada de acordo com uma escala de 0 a 10 (0 = descanso; 1 = muito, muito leve; 2 = leve; 3 = moderado; 4 = um pouco intenso; 5-6 = intenso; 7-9 = muito intenso; 10 = máximo). Foi utilizado a versão desenvolvida por Foster *et al.*, (2001). Os atletas responderam por meio da plataforma google forms.

Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foi avaliada antes dos treinos em uma sala silenciosa e com ar-condicionado. Foi utilizado uma cinta torácica com conexão Bluetooth da marca polar (Modelo H10, Polar Electro), validada por Schaffarczyk *et al.*, (2022), conectada ao aplicativo ELITE HRV, validado por Vondrasek *et al.*, (2023). O registro da VFC teve a duração de dois min. Os participantes foram instruídos a permanecerem quietos, com os olhos abertos. Foi adotado como variável a raiz quadrada do somatório do quadrado da diferença dos intervalos RR adjacentes (rMSSD).

Indicador bioquímico de Desgaste muscular (Creatinoquinase – CK)

Antes do começo da primeira e última sessão de treino de cada semana foi coletado 5 mL de sangue venoso de cada participante, por uma enfermeira treinada e experiente, para

analisar a CK. As amostras foram centrifugadas a 3000rpm por 10 min e o sobrenadante (soro) transferido para microtubos, em duplicatas, e refrigerado a -20°C até as análises.

A concentração plasmática de CK foi quantificada em modo cinético através do método *International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* (UV-IFCC, 2002), por meio do kit comercial CK-NAC *Liquiform* (Labtest, Minas Gerais, Brasil) seguindo as instruções do fabricante. A absorbância foi obtida no analisador automático *Labmax 240 Premium*, no comprimento de onda 340nm.

Indicador de recuperação de função muscular: Teste de Força explosiva (CMJ)

Antes do início das sessões de treino os atletas realizaram o salto vertical com contramovimento (CMJ), idealizado por Asmussen e Bonde-Petersen (1974), utilizando o protocolo de Young, Pryor e Wilson (1995) para mensurar a força explosiva. Para aquecer os atletas realizavam 10 agachamentos, 15 skipping, corriam 140 metros e faziam 10 saltos com contramovimento antes de entrar na área de salto. Todos os atletas eram familiarizados com o CMJ. Cada participante realizou a quantidade de saltos necessários para que não acontecesse aumentos nas alturas dos saltos, com 30 segundos de descanso entre cada salto. Os saltos em que os participantes flexionaram os joelhos durante a fase de voo não foram considerados. O desempenho dos atletas foi baseado na média dos três melhores saltos realizados. Para medir a altura dos saltos foi utilizado o optojump (Optojump Next, Microgate, Bolzano, Italia) e os dados foram analisados com um software da optojump (Optojump Next, Microgate, Bolzano, Italia, Versão 13.24.0).

Análise de dados

Os dados estão apresentados como média e erro-padrão da média. Inicialmente foi realizado o teste de Shapiro Wilk e Levene para testar a normalidade e homogeneidade dos dados. Para identificar as diferenças entre as condições dos atletas para as variáveis subjetivas (PSR, PSE, POMS, EDT e WB) e objetivas (rMSSD, PNN50, CK e CMJ) entre os microciclos foi realizada a ANOVA two way para medidas repetidas ou o seu correspondente não paramétrico, para as variáveis que não apresentaram normalidade (PSE; PSR; EDT). Na tentativa de integrar todas as variáveis em um único modelo foi utilizado inicialmente a MANOVA. Após a MANOVA, foi utilizado a análise discriminante linear, que busca maximizar a separação entre grupos criando combinações que maximizem a variância entre os

grupos e dentro dos grupos, para elaborar o modelo multivariado definitivo. Os dados foram analisados pelo software Jamovi e 5% de nível de significância foi adotado.

RESULTADOS

Considerando uma inspeção visual da figura 2 (sem análises estatísticas inferenciais), observa-se que a PSE apresentou diversas flutuações de acordo com os microciclos programados apresentando aumentos nos microciclos de CH1, CH2 e início do microciclo RG, no entanto, da metade para o final do microciclo RG houve um aumento inesperado na percepção de esforço dos atletas. A PSR apresentou algumas flutuações, com indicativos de aumentos dos finais para os começos dos microciclos seguintes, indicando recuperação proporcionada pelo descanso dos finais de semana (OR para CH1; CH1 para CH2; CH2 para RG). O WB demonstrou um comportamento quase estável durante todos os microciclos, apresentando tendências de aumentos nos microciclos OR e RG e uma tendência de redução no decorrer do microciclo de CH1 e CH2. A EDT flutuou para uma tendência de aumento da transição do microciclo OR para o de CH1, seguido de queda expressiva no microciclo CH2 e um leve aumento no microciclo RG. A PTH se manteve praticamente inalterada durante todos os microciclos. A CK apresentou flutuações condizentes nos microciclos de choque, apresentando tendências de aumentos; no entanto, durante o microciclo RG houve uma resposta inesperada com a CK apresentando uma tendência de aumento ao final desse microciclo. O rMSSD apresentou diversas flutuações durante os microciclos, com uma tendência de aumento inesperado durante o microciclo de CH1, tendência de redução durante o microciclo de CH2 e uma tendência de redução inesperada no microciclo RG. O CMJ foi outra variável que se manteve basicamente estável durante todos os microciclos, apresentando apenas uma leve tendência de diminuição durante o microciclo de CH2.

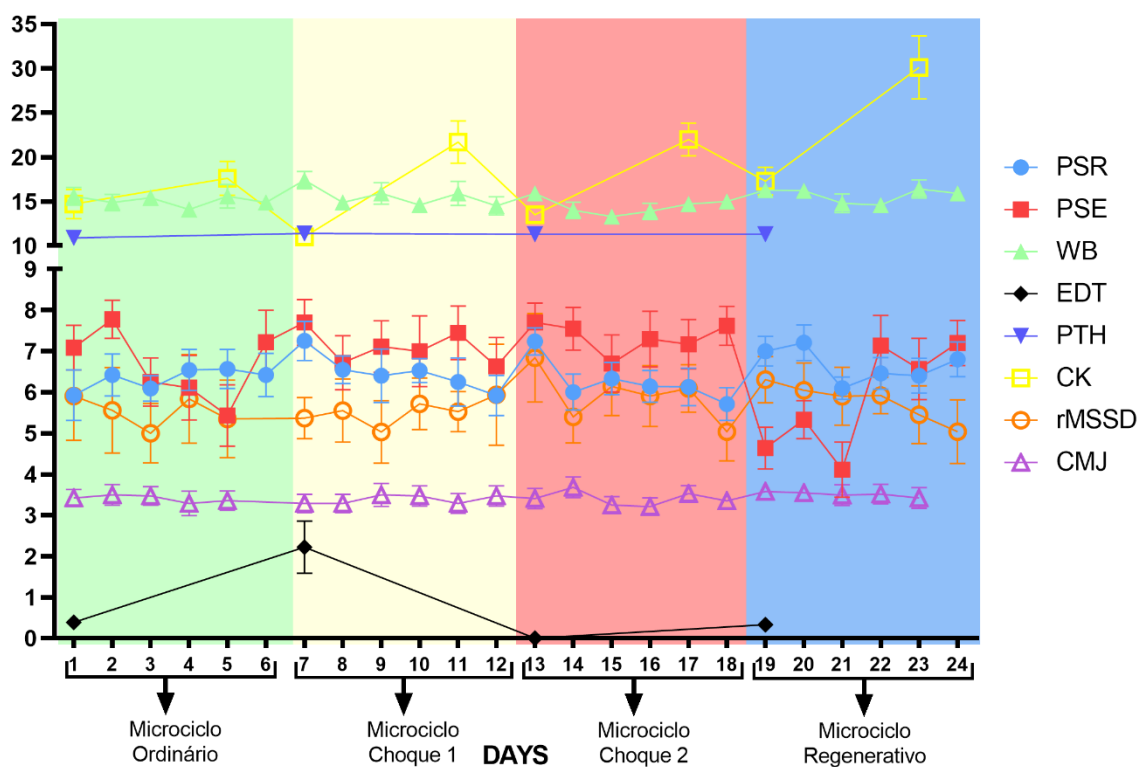


Figura 2 – Flutuações diárias das variáveis. Dados são média e erro padrão da média. Legenda: PSR – percepção subjetiva de recuperação; PSE – percepção subjetiva de esforço da sessão; WB – questionário de bem-estar; EDT – escala de desajuste de treino; PTH – perturbação total de humor; CK – creatina quinase; rMSSD – raiz quadrada do somatório do quadrado da diferença dos intervalos RR adjacentes; CMJ – salto vertical com contramovimento. Para PTH, CK, rMSSD e CMJ os valores foram normalizados na escala 10 visando melhorar a visualização de todas as variáveis no gráfico.

A análise estatística para determinar se as flutuações observadas na figura 1 possuíam diferenças significativas, estão apresentadas nas figuras 3 e 4. As análises foram feitas comparando a média dos três primeiros e dos três últimos dias de cada microciclo.

A PSE (painel A – figura 3) apresentou um aumento estatisticamente significativo do microciclo OR para os microciclos de CH1 e CH2 e uma diminuição estatisticamente significativa dos microciclos CH1 e CH2 para o começo do microciclo RG, se comportando de acordo com o esperado para estes momentos. Ao final do microciclo RG houve um aumento estatisticamente significativo inesperado em relação ao começo desse microciclo.

A PSR (painel B – figura 3) estava significativamente mais elevada no microciclo RG em relação ao começo do microciclo OR e final do microciclo de CH2, devido a diminuição das cargas de treino.

A PTH (painel C – figura 3) estava estatisticamente mais elevada no microciclo de CH1 em relação ao microciclo OR. A EDT (painel D – figura 3) apresentou um aumento significativo do microciclo OR para o microciclo de CH1, uma diminuição significativa do microciclo de CH1 para o CH2 (atingindo níveis estatisticamente significativo mais baixos do que no microciclo OR), sendo um comportamento inesperado para esse momento em que está acontecendo um aumento nas cargas de treino, e um aumento significativo do microciclo de CH2 para o RG, podendo esse aumento estar representando resquícios do microciclo de CH2, uma vez que o POMS era realizado antes do primeiro treino de cada microciclo.

O WB (painel E – figura 3) apresentou uma diminuição significativa no começo do microciclo de CH2 em relação ao começo do microciclo OR e estava significativamente mais elevada no microciclo RG do que no começo do microciclo de CH2, se comportando de acordo com o esperado nos microciclos.

O rMSSD (painel A – figura 4) apresentou uma diminuição do microciclo OR para o CH1, um aumento do final do microciclo de CH1 para o começo do CH2 (induzido pelo descanso no final de semana) e do final do CH2 para o começo do RG; porém, essas flutuações não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. No entanto, do começo para o final do microciclo RG houve uma queda do rMSSD (também sem diferença estatisticamente significativa), um comportamento inesperado para esse microciclo.

A CK (painel B – figura 4) apresentou uma diminuição significativa do final do microciclo OR para o começo do microciclo CH1; ao final do microciclo CH1, apresentou um aumento significativo em relação ao começo desse microciclo (atingindo níveis estatisticamente mais elevados do que o começo do microciclo OR). No começo do microciclo de CH2, apresentou uma diminuição significativa em relação ao final do microciclo de CH1, mas se encontrava significativamente mais elevada do que o começo do microciclo CH1. Ao final do microciclo CH2 houve um aumento significativo em relação ao começo desse microciclo (atingindo níveis significativamente mais elevados do que o começo do microciclo OR e CH1), um comportamento esperado para esse tipo de microciclo devido ao aumento nas cargas de treino. No começo do microciclo RG apresentou uma diminuição estatisticamente significativa em relação ao final do microciclo de CH2, mas se encontrava significativamente mais elevada do que o começo do microciclo de CH1 e CH2. Ao final do microciclo regenerativo, apresentou um comportamento inesperado chegando a atingir o maior valor durante todas as semanas, sendo esse aumento estatisticamente significativo.

O CMJ (painel C – figura 4) apresentou flutuações discretas entre os microciclos e sem diferenças estatisticamente significativas.

Considerando que ANOVA é um teste univariado, buscou a confirmação de seus resultados considerando a possível integração e influência de uma variável sobre a outra adotando a análise por MANOVA. Nesta análise, foi observado que as diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos três primeiros e dos três últimos dias de cada microciclo apontadas nos parágrafos anteriores não se mantiveram para a PSR (painel B – figura 3), PTH (painel C – figura 3) e WB (painel E – figura 3). Ficando apenas as diferenças da PSE (painel A – figura 3), EDT (painel D – figura 3) e CK (painel B – figura 4). As diferenças que não permaneceram estão indicadas com um círculo no símbolo da diferença estatística da figura 3.

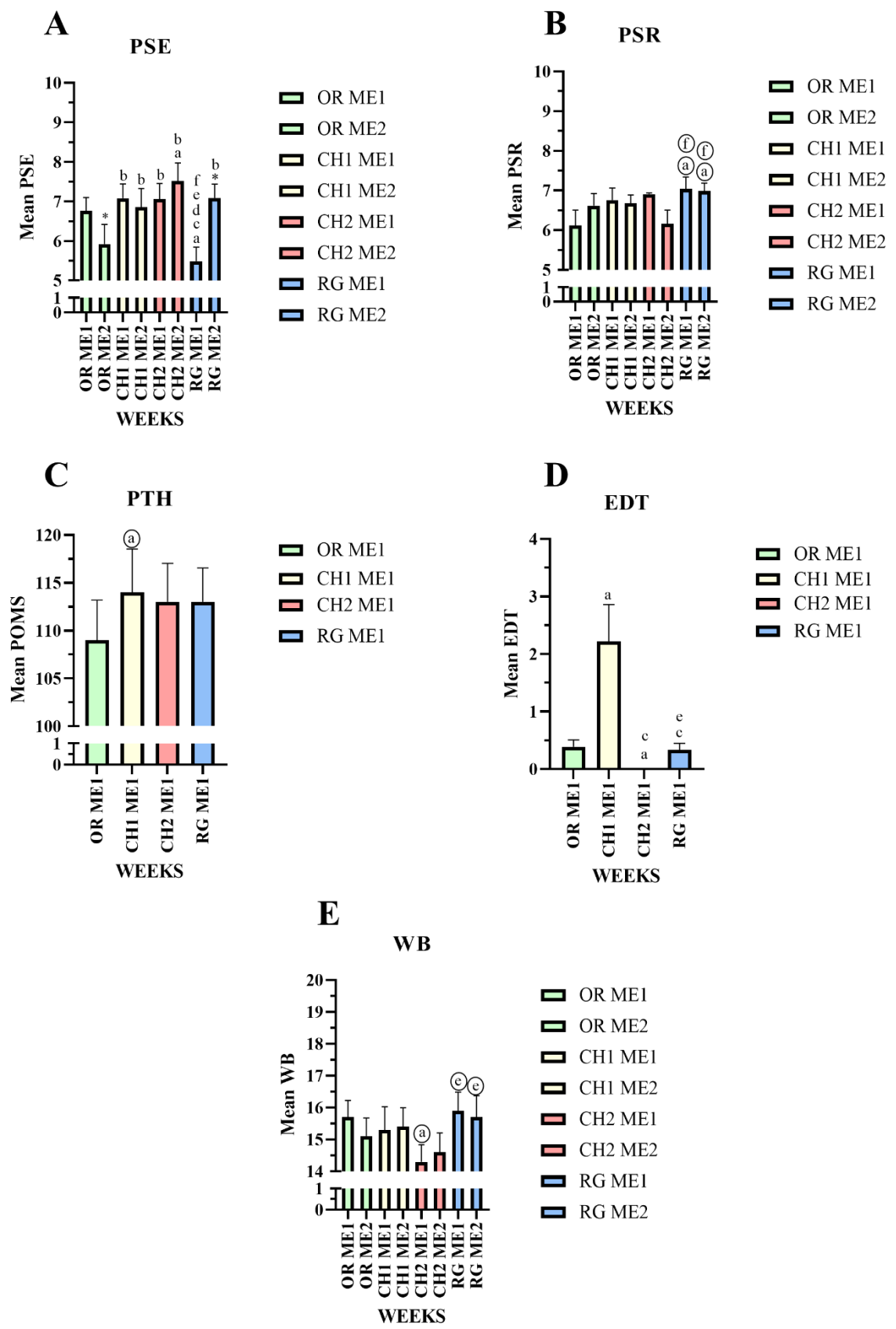


Figura 3 – Paineis do comportamento das variáveis subjetivas. Dados são média e erro padrão da média. Legenda: PSE – percepção subjetiva de esforço da sessão; PSR – percepção subjetiva de recuperação;

PTH – perturbação total de humor; EDT – escala de desajuste de treino; WB – questionário de bem-estar; OR ME1 – média dos três primeiros dias do microciclo ordinário; OR ME2 – média dos três últimos dias do microciclo ordinário; CH1 ME1 – média dos três primeiros dias do microciclo de choque 1; CH1 ME2 – média dos três últimos dias do microciclo de choque 1; CH2 ME1 – média dos três primeiros dias do microciclo de choque 2; CH2 ME2 – média dos três últimos dias do microciclo de choque 2; RG ME1 – média dos três primeiros dias do microciclo regenerativo; RG ME2 – média dos três últimos dias do microciclo regenerativo. * - diferença no mesmo microciclo; a – diferença para o OR ME1; b – diferença para o OR ME2; c – diferença para o CH1 ME1; d – diferença para o CH1 ME2; e – diferença para o CH2 ME1; f – diferença para o CH2 ME2; ○ – diferença que desapareceu ao realizar a MANOVA; ANOVA two way para medidas repetidas; MANOVA.

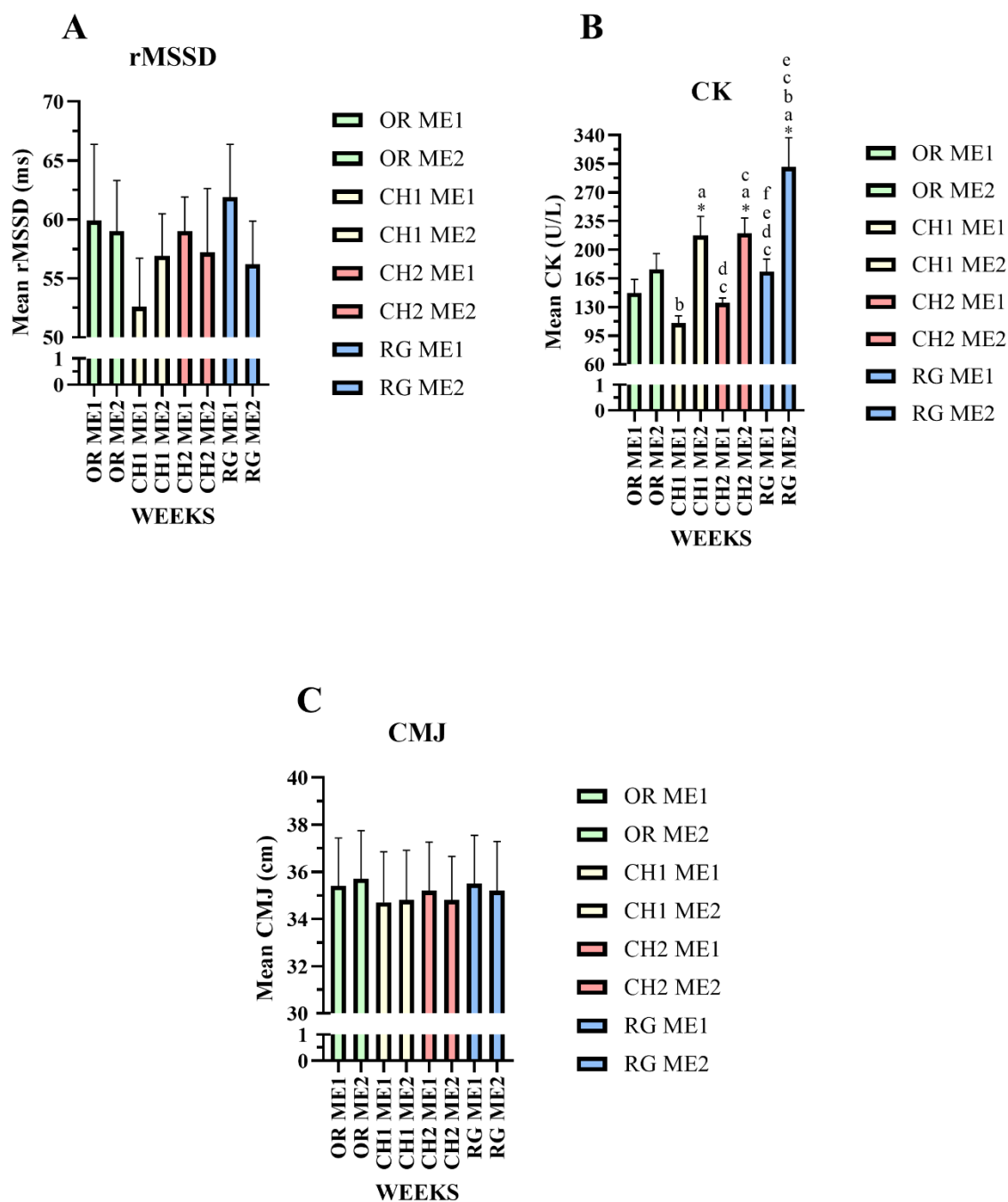


Figura 4 – Painele do comportamento das variáveis objetivas. Dados são média e erro padrão da média. Legenda: Rmssd – raiz quadrada do somatório do quadrado da diferença dos intervalos RR adjacentes; CK – creatina quinase; CMJ – salto vertical com contramovimento; OR ME1 – média dos três primeiros dias do microciclo ordinário; OR ME2 – média dos três últimos dias do microciclo ordinário; CH1 ME1 – média dos três primeiros dias do microciclo de choque 1; CH1 ME2 – média dos três últimos dias do microciclo de choque 1; CH2 ME1 – média dos três primeiros dias do microciclo de choque 2; CH2 ME2 – média dos três últimos dias do microciclo de choque 2; RG ME1 – média dos três primeiros dias do microciclo regenerativo; RG ME2 – média dos três últimos dias do microciclo regenerativo. * - diferença no mesmo microciclo; a – diferença para o OR ME1; b – diferença para o OR ME2; c – diferença para o CH1 ME1; d – diferença para o CH1 ME2; e –

diferença para o CH2 ME1; f – diferença para o CH2 ME2; ANOVA two way para medidas repetidas; MANOVA.

Assumindo por princípio de que a ANOVA e até mesmo a MANOVA mostraram limitações, adotou-se o entendimento de um funcionamento integrado do organismo, e, com isso, a necessidade uma análise estatística que considere todas as variáveis de forma associada, bem como uma possível diferença no peso de cada uma delas para determinar o estado de recuperação/prontidão, em que as variáveis com comportamentos mais próximo do esperado apresentaria um peso maior. Para isto, o procedimento estatístico considerado mais adequado foi a análise discriminante linear.

Na tabela 1, é possível observar a proporção de observações pertencentes a cada grupo sem levar em consideração as variáveis preditoras, calculado pela divisão do número de dados em cada grupo pelo número total de dados. Os dados indicaram um desbalanceamento apenas leve nas frequências dos conjuntos de dados do OR e RG.

A tabela 2 apresenta as variáveis que foram consideradas para a determinação do modelo de análise multivariado por meio da análise discriminante linear. Esta análise é feita com base na flutuação dos dados de cada variável nos quatro microciclos. Os dados desta tabela contêm as médias de cada variável nos seus respectivos microciclos. A flutuação destas médias perante a ondulação das cargas nos microciclos ordinários, de choque e regenerativos foram os insumos para a produção da análise discriminante.

A tabela 3 exhibe os coeficientes das funções discriminantes lineares (LD). A LD1 é o principal eixo discriminante, com maior influência da PSE, seguida da EDT, PSR e CMJ. A LD2 é o segundo eixo discriminante, mostrando maior influência da EDT, seguida da PSE e WB. A LD3 é o eixo residual apresentando menor importância devido a pouca variância adicional.

Na figura 5 é possível observar a dispersão intragrupo representado pelas elipses e os centroides (triângulos no centro de cada elipse), demonstrando que a LD1 e a LD2 foram capazes de discriminar os microciclos, principalmente o RG e os microciclos de choque (CH1 e CH2). O tamanho de cada elipse representa a variabilidade e dispersão dos dados de cada grupo no espaço discriminante. Os valores dos centroides estão presentes na tabela 4, sendo que esses valores indicam a localização média de cada microciclo ao longo das funções discriminantes.

A partir dos coeficientes apresentados na tabela 3 foi utilizado o LD1 e LD2 para construir um modelo de análise multivariado considerando o peso de cada uma das variáveis

para indicar o estado de recuperação/prontidão dos atletas. Para utilizar o modelo multivariado é necessário calcular um LD1 e LD2 novos. Nesse processo deve ser multiplicado o peso de cada variável (LD1 e LD2 original) pelos valores novos do atleta, como está demonstrado nas seguintes equações:

$$\text{LD1 Atleta X} = -0,616*(\text{PSE}) - 0,136*(\text{EDT}) + 0,115*(\text{PSR}) - 0,115*(\text{CMJ}) - 0,056*(\text{WB}) \\ + 0,028*(\text{PTH}) + 0,023*(\text{CK}) - 0,013*(\text{rMSSD})$$

$$\text{LD2 Atleta X} = 0,632*(\text{EDT}) - 0,062*(\text{PSE}) + 0,046*(\text{WB}) - 0,028*(\text{PTH}) - 0,022*(\text{PSR}) \\ - 0,020*(\text{rMSSD}) + 0,003*(\text{CK}) + 0,002*(\text{CMJ})$$

No entanto, antes de aplicar as equações para calcular os novos LD é necessário padronizar os valores das variáveis utilizando a seguinte equação: Variável padronizada = $(x - y) \div z$; em que x = valor novo da variável; y = média da variável no conjunto de dados; z = desvio padrão da variável no conjunto de dados. Para ilustrar a aplicação do modelo apresentado anteriormente, utilizou-se os dados que um determinado atleta apresentou no primeiro treino do microciclo de CH2 que foram: PSE = 8 (valor padronizado = 0,595); PSR = 8 (valor padronizado = 0,974); WB = 15 (valor padronizado = 0,063); PTH = 94 (valor padronizado = 1,052); EDT = 0 (valor padronizado = 0,447); rMSSD = 97,1 (valor padronizado = 1,696); CMJ = 50,4 (valor padronizado = 1,956); CK = 186 (valor padronizado = 0,009). Segue as equações resolvidas:

$$\text{LD1 Atleta X} = -0,616*(\text{PSE}) - 0,136*(\text{EDT}) + 0,115*(\text{PSR}) - 0,115*(\text{CMJ}) - 0,056*(\text{WB}) \\ + 0,028*(\text{PTH}) + 0,023*(\text{CK}) - 0,013*(\text{rMSSD})$$

$$\text{LD1 Atleta X} = -0,616*(0,595) - 0,136*(0,447) + 0,115*(0,974) - 0,115*(1,956) - \\ 0,056*(0,063) + 0,028*(1,052) + 0,023*(0,009) - 0,013*(1,696)$$

$$\text{LD1 Atleta X} = -0,366 - 0,060 + 0,108 - 0,224 - 0,003 + 0,029 + 0,000 - 0,022$$

$$\text{LD1 Atleta X} = 0,137 - 0,675$$

$$\text{LD1 Atleta X} = -0,538$$

$$\text{LD2 Atleta X} = 0,632*(\text{EDT}) - 0,062*(\text{PSE}) + 0,046*(\text{WB}) - 0,028*(\text{PTH}) - 0,022*(\text{PSR}) \\ - 0,020*(\text{rMSSD}) + 0,003*(\text{CK}) + 0,002*(\text{CMJ})$$

$$\text{LD2 Atleta X} = 0,632*(0,447) - 0,062*(0,595) + 0,046*(0,063) - 0,028*(1,052) - \\ 0,022*(0,974) - 0,020*(1,696) + 0,003*(0,009) + 0,002*(1,956)$$

$$\text{LD2 Atleta X} = 0,282 - 0,036 + 0,002 - 0,029 - 0,021 - 0,033 + 0,000 + 0,003$$

$$\text{LD2 Atleta X} = 0,287 - 0,119$$

$$\text{LD2 Atleta X} = 0,168$$

Em posse dos novos valores de LD1 (− 0,538) e LD2 (0,168) é necessário calcular a distância euclidiana desses valores em relação aos valores de LD1 e LD2 originais de cada microciclo (valores na tabela 4). Após calcular a distância euclidiana do LD1 e LD2 novos o valor encontrado estava mais próximo do centroide do microciclo OR (0,572), seguido do microciclo RG (1,835), microciclo CH2 (1,984) e por último do microciclo CH1 (2,170). Indicando que no início do microciclo CH2 o atleta não apresentava uma prontidão completamente recuperada (LD1 e LD2 mais próximos do centroide do microciclo RG), mas se encontrava com uma prontidão aceitável para iniciar um microciclo de choque.

Tabela 1 – Probabilidade a priori dos grupos

Microciclo	Valor
Ordinário	0,267
Choque 1	0,233
Choque 2	0,233
Regenerativo	0,267

Tabela 2 – Média dos dados diários dos microciclos

Microciclo	Variáveis							
	PSE	PSR	PTH	EDT	WB	Rmssd	CK	CMJ
Ordinário	7,5	7,1	102,6	0,3	16,3	48,5	168,1	35,6
Choque 1	7,4	8,2	109,2	1,7	18,5	53,8	98,2	35,0
Choque 2	7,8	8,0	112,8	0,0	16,1	73,1	128,4	36,1
Regenerativo	4,6	6,7	113,3	0,6	15,8	70,1	204,3	37,2

Legenda: PSE – percepção subjetiva de esforço da sessão; PSR – percepção subjetiva de recuperação; PTH – perturbação total de humor; EDT – escala de desajuste de treino; WB – questionário de bem-estar; Rmssd – raiz quadrada do somatório do quadrado da diferença dos intervalos RR adjacentes; CK – creatina quinase; CMJ – salto vertical com contramovimento.

Tabela 3 – Coeficientes das funções discriminantes lineares

Variáveis	LD1	LD2	LD3
PSE	- 0,616	- 0,062	- 0,304
PSR	0,115	- 0,022	0,096
PTH	0,028	- 0,028	0,027
EDT	- 0,136	0,632	0,153
WB	- 0,056	0,046	0,080
rMSSD	- 0,013	- 0,020	0,014
CK	0,023	0,003	- 0,009
CMJ	- 0,115	0,002	0,039

Legenda: PSE – percepção subjetiva de esforço da sessão; PSR – percepção subjetiva de recuperação; PTH – perturbação total de humor; EDT – escala de desajuste de treino; WB – questionário de bem-estar; Rmssd – raiz quadrada do somatório do quadrado da diferença dos intervalos RR adjacentes; CK – creatina quinase; CMJ – salto vertical com contramovimento. LD1 – discriminante linear 1; LD2 – discriminante linear 2; LD3 – discriminante linear 3.

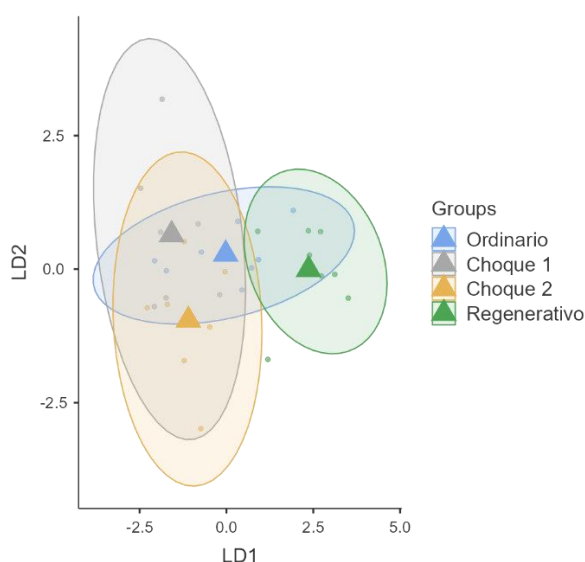


Figura 5 – Gráfico discriminante. LD1 – discriminante linear 1; LD2 – discriminante linear 2; análise discriminante linear. $LD1_{novo} = -0,616*(PSE) - 0,136*(EDT) + 0,115*(PSR) - 0,115*(CMJ) - 0,056*(WB) + 0,028*(PTH) + 0,023*(CK) - 0,013*(rMSSD)$; $LD2_{novo} = 0,632*(EDT) - 0,062*(PSE) + 0,046*(WB) - 0,028*(PTH) - 0,022*(PSR) - 0,020*(rMSSD) + 0,003*(CK) + 0,002*(CMJ)$

Tabela 4 – Centroides dos grupos

Microciclo	LD1	LD2
Ordinário	- 0,023	0,280
Choque 1	- 1,579	0,645
Choque 2	- 1,097	- 0,956
Regenerativo	2,365	- 0,008

DISCUSSÃO

Ao comparar o comportamento das variáveis em um mesmo momento do mesociclo, e adotando-se uma análise descritiva (figura 2) constatou-se situações em que as variáveis sugeriam interpretações antagônicas (uma sugerindo recuperação e outra indicando baixa prontidão). Exemplos desta situação aconteceram nos dias quatro e cinco em que a PSR estava estável e o rMSSD apresentou uma queda (figura 2); do dia 10 até o 12 em que a PSR indicava queda na recuperação e o rMSSD apresentava um aumento; do dia 11 para o 12 e do dia 13 para o 14 em que a PSR indicava uma queda na recuperação e o CMJ apresentava um aumento (figura 2); entre os dias 16 e 18 em que o WB apresentava uma tendência de recuperação, mas a PSR e rMSSD apresentavam quedas (figura 2); no dia 17 em que a CK apresentava um valor mais alto em comparação com o início desse microciclo e o WB estava apresentando um aumento e entre os dias 22 e 24 em que o WB e PSR indicavam uma recuperação e o rMSSD ao contrário (figura 2).

Nas análises realizadas com a ANOVA foi possível observar que uma certa variável apresenta alterações significativas condizentes com o esperado para determinado microciclo, mas de mesmo modo alterações significativas não condizentes com o esperado para um outro microciclo. Como por exemplo, a EDT elevada no microciclo de CH1, diminuindo no microciclo de CH2 e aumentando no RG. O aumento da CK do começo para o final dos microciclos de CH1 e CH2 condizendo com o momento, mas aumentando também ao final do microciclo RG. O rMSSD também apresentou alterações condizentes (diminuição do começo para o final do microciclo de CH2; aumento do final do microciclo de CH2 para o começo do RG), mas não condizentes com os microciclos (aumento nos três últimos dias do microciclo de CH1; diminuição nos três últimos dias do microciclo RG), embora sem diferenças significativas neste caso.

Estas contradições intra variáveis e entre as variáveis representam o grande desafio para a interpretação dos dados pelas comissões técnicas, conforme o estado da arte da monitoração psicofisiológica atualmente. Essas respostas antagônicas também são possíveis

de serem encontradas em outros estudos na literatura. No estudo de Balsalobre-Fernández, Tejero-González e Campo-Vecino (2014) os valores do CMJ e PSE da sessão apresentaram diferenças significativas antes do melhor e pior resultado de uma temporada em corredores de média e longa distância, mas esse comportamento não se repetiu para o cortisol salivar. No estudo de Mclean *et al.*, (2010) o tempo de voo e força relativa do CMJ, percepção de fadiga, WB e dor muscular estavam significativamente reduzidos após uma partida de rugby, enquanto o cortisol e testosterona salivar não apresentaram alterações. No estudo de Mendes *et al.*, (2022) o Hooper index e PSE de atletas de futebol de elite apresentaram diferenças significativas quando comparados em diferentes tipos de microciclos, enquanto a CK não apresentou alterações significativas ao longo do mesmo período. Ainda é possível encontrar respostas antagônicas entre modalidades, uma vez que na revisão realizada por Hagstrom e Shorter (2018) foi constatado que após partidas de futebol os níveis de CK aumentam e o desempenho no CMJ diminuiu e no estudo de Freitas *et al.*, (2014) com atletas de voleibol após um período de intensificação do treino a CK apresentou um aumento significativo enquanto o CMJ não se alterou. Dessa forma, as análises univariadas sofrem com a falta de consistência e confiança.

Outro problema é que testes de ANOVA podem ser excessivamente rigorosos para mostrar as flutuações esperadas em função da ondulação das cargas externas de treinamento. Uma alternativa seria a substituição pela SWC (mínima diferença que importa). Entretanto, como foi mostrado na figura 2, mesmo uma análise apenas descritiva não mostrou flutuações para algumas variáveis, mesmo sem usar nenhum critério. Em síntese, independentemente da análise adotada, ANOVA ou SWC (embora esta não tenha sido apresentada), e mesmo uma análise apenas descritiva, com base nas curvas apresentadas na figura dois, resultam em contradições intra e entre variáveis.

A MANOVA foi realizada devido a sua capacidade de fazer a comparação dos grupos por meio de todas as variáveis dependentes ao mesmo tempo, dessa forma considerando o comportamento multissistêmico do organismo. No entanto, o resultado da MANOVA invalidou algumas respostas da ANOVA e apresentou respostas diferentes do esperado para as cargas ordinárias, de choque e regenerativas.

Assim sendo, adotou-se a análise discriminante linear buscando sanar essa ausência de consistência e confiança apresentadas pelas análises univariadas. Ao se utilizar a análise discriminante linear foi possível considerar todas as variáveis de forma integrada e atribuindo pesos para cada uma delas. Ao atribuir pesos as variáveis, é valorizado as variáveis que respondem conforme o esperado perante os aumentos ou reduções das cargas de treino.

Essa análise além de atribuir os pesos das variáveis ela ainda gera pontos centrais (centroides) de cada microciclo dentro de suas elipses de dispersão, como mostrado na figura 5, que permitem a criação de uma faixa de valores que definem o perfil do grupo para cada tipo de microciclo, levando em consideração pesos maiores para as variáveis mais responsivas e pesos menores para as variáveis menos responsivas. Além disso, os centroides de cada microciclo servirão como base para indicar qual é o estado de prontidão do atleta, como demonstrado nos resultados. Ao fazer essa análise integrada e considerando os pesos de cada variável, supera as importantes limitações, contradições e inconsistências intra e entre variáveis detectadas nas análises univariadas.

Aplicativos vigentes propõem ajustes nas cargas de treino aos seus usuários, mas no tocante ao algoritmo que está por trás da proposição desses ajustes existe uma “caixa preta”, sendo ocultado os critérios adotados para o desenvolvimento dos algoritmos e nem os modelos de equações ou códigos são disponibilizados (Bullock *et al.*, 2022, 2023). O presente estudo propõe um modelo transparente ao determinar um índice de prontidão, em que as elipses (figura 5) determinam o comportamento esperado para os períodos de cargas ordinárias, de choque e regenerativas. No caso dos dados do presente estudo, os dados variaram de -2,5 a 5 para a LD1 (eixo x) e -2,5 a 2,5 (eixo y) para a LD2, sendo 3 a 4 (eixo x) e -1 a 2 (eixo y) a elipse do ordinário, -3,5 a 1 (eixo x) e -3 a 5 (eixo y) a elipse do choque 1, -3 a 1,5 (eixo x) e -3,5 a 2 (eixo y) a elipse do choque 2 e 0,5 a 5 (eixo x) e -1 a 1 (eixo y) a elipse do regenerativo, como pode ser notado na figura 5.

A principal vantagem dessa proposta é a sua grande flexibilidade e adaptação ao contexto em que for aplicada. Isso se dá pelo fato de que as respostas dos atletas em cada período é que irá gerar as LD e consequentemente as equações, criando um padrão para aquela equipe em específico. O que aparentemente pode ser considerado uma limitação (criação de um padrão só para uma equipe) se torna uma grande vantagem, visto que a análise pode ser feita com qualquer esporte e qualquer variável e gerará um modelo completamente individualizado para aquele grupo de atletas ou equipe. Isso se assemelha ao que alguns aplicativos vêm praticando. O Recovery Pro, do Polar Smart Coaching, apresenta uma média do esforço realizado nos últimos 7 dias e apresenta a Tolerância do seu usuário para descrever o quão preparado ele se encontra para realizar um treino cardiovascular, sendo utilizado a média diária dos últimos 28 dias. O TrainingPeaks fornece as métricas da performance dos seus usuários utilizando a média contínua da Training Stress Score dos últimos 42 dias, 7 dias e do dia anterior ao treino. Portanto, o modelo proposto neste estudo gera padrões em um algoritmo (equação), e varia de acordo com as respostas dos atletas a cada variável, de modo

que a equação vai modificar-se a cada conjunto de dados gerados para cada microciclo de treinamento.

Uma necessidade para que o algoritmo seja usado é que as cargas externas e internas de treino devem ser muito bem quantificadas, de modo que se obtenha um padrão de resposta dos atletas tendo como referência as cargas de treino que foram aplicadas num determinado período. Para usar o modelo aqui proposto, a comissão técnica precisa: ter um conjunto de variáveis definido (os tipos de variáveis ficando a critério da realidade da comissão técnica/clube); coletar os dados sistematicamente (diariamente, semanalmente); montar um banco dos dados coletados. Mas, precisa elaborar a LD a cada conjunto de microciclos que tenham cargas ordinárias, de choque e regenerativas. Isso não pode ser feito uma única vez, porque é provável que a resposta da CK, por exemplo, modifique-se bastante de um primeiro mês de treinamento na temporada (quando o tecido muscular ainda não está tão condicionado para receber as cargas mecânicas), para um meio de temporada (tecido muscular provavelmente resistente às cargas mecânicas). Sendo este exemplo uma hipótese, estudos futuros são sugeridos para comparar os LD's de vários microciclos e verificar o quanto eles se modificam ao longo de uma temporada.

Uma outra limitação, está bem específica dos dados do presente estudo, que foi uma pequena falha no programa de treinamento caracterizado pelo aumento inesperado da percepção de esforço dos atletas nos três últimos dias do microciclo RG; no entanto, a análise da figura 5 demonstra que, mesmo com esse aumento nos últimos três dias, o centroide e a elipse do microciclo RG se destacou dos demais microciclos, de modo que continuou indicando um microciclo geometricamente diferenciado dos demais (elipse para o lado direito na figura 5).

CONCLUSÃO

O presente estudo propõe uma análise integrada de variáveis para sanar limitações nas análises univariadas para a determinação do estado de prontidão de atletas de natação. Foi possível desenvolver um algoritmo aberto que integra variáveis psicométricas, fisiológicas e físicas para monitorar o estado de prontidão de atletas seguindo critérios científicos, sendo um algoritmo flexível em função das repostas dos atletas aos treinos e a quais variáveis são adotadas pela comissão técnica. Recomenda-se novas pesquisas que validem a utilização desse modelo multivariado com atletas de diferentes modalidades e níveis.

REFERÊNCIAS

- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; TEJERO-GONZÁLEZ, C. M.; DEL CAMPO-VECINO, J. Relationships between training load, salivary cortisol responses and performance during season training in middle and long distance runners. **PLoS ONE**, [s. l.], vol. 9, no 8, 2014.
- BOURDON, P. C. et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 12, no s2, p. S2-161-S2-170, 2017.
- BULLOCK, G. S. et al. Black Box Prediction Methods in Sports Medicine Deserve a Red Card for Reckless Practice: A Change of Tactics is Needed to Advance Athlete Care. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 52, no 8, p. 1729–1735, 2022.
- BULLOCK, G. S. et al. The Trade Secret Taboo: Open Science Methods are Required to Improve Prediction Models in Sports Medicine and Performance. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 53, no 10, p. 1841–1849, 2023.
- CADEGIANI, F. A. et al. Diagnosis of Overtraining Syndrome: Results of the Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome Study: EROS-DIAGNOSIS. **Journal of Sports Medicine**, [s. l.], vol. 2020, p. 1–17, 2020.
- CARRARD, J. et al. Diagnosing Overtraining Syndrome: A Scoping Review. **Sports Health: A Multidisciplinary Approach**, [s. l.], vol. 14, no 5, p. 665–673, 2022.
- FOSTER, C. et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 15, no 1, p. 109–115, 2001.
- FREITAS, V. H. et al. Sensitivity of physiological and psychological markers to training load intensification in volleyball players. **Journal of sports science & medicine**, [s. l.], vol. 13, no 3, p. 571–9, 2014.
- GAKH, R. V. et al. The role of health monitoring technologies in optimising athletes' self-regulation. **Wiadomosci lekarskie** (Warsaw, Poland : 1960), [s. l.], vol. 78, no 8, p. 1544–1553, 2025.
- GOMES COSTA, R. R. et al. Cross-Cultural Translation and Adaptation of the Perceived Recovery Status Scale to Brazilian Portuguese. **Journal of Sport Rehabilitation**, [s. l.], vol. 32, no 3, p. 346–351, 2023.
- HAGSTROM, A. D.; SHORTER, K. A. Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: A systematic review and meta-analysis of pre- and post-match differences. **European Journal of Sport Science**, [s. l.], vol. 18, no 9, p. 1234–1244, 2018.

- HALLER, N. et al. Blood-Based Biomarkers for Managing Workload in Athletes: Considerations and Recommendations for Evidence-Based Use of Established Biomarkers. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 53, no 7, p. 1315–1333, 2023.
- HALSON, S. L. Sleep Monitoring in Athletes: Motivation, Methods, Miscalculations and Why it Matters. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 49, no 10, p. 1487–1497, 2019.
- IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Internal and External Training Load: 15 Years On. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 14, no 2, p. 270–273, 2019.
- JANETZKI, S. J. et al. Assessing athlete readiness using physical, physiological, and perceptual markers. **Scientific Journal of Sport and Performance**, [s. l.], vol. 2, no 3, p. 339–380, 2023.
- KOMI, P. V; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and science in sports**, [s. l.], vol. 10, no 4, p. 261–5, 1978.
- LAURENT, C. M. et al. A Practical Approach to Monitoring Recovery: Development of a Perceived Recovery Status Scale. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 25, no 3, p. 620–628, 2011.
- MCLAREN, S. J. et al. The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. **Sports Medicine**, [s. l.], vol. 48, no 3, p. 641–658, 2018.
- MCLEAN, B. D. et al. Neuromuscular, Endocrine, and Perceptual Fatigue Responses During Different Length Between-Match Microcycles in Professional Rugby League Players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], vol. 5, no 3, p. 367–383, 2010.
- MEEUSEN, R. et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the european college of sport science and the American College of Sports Medicine. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [s. l.], vol. 45, no 1, p. 186–205, 2012.
- MENDES, B. et al. Seasonal Training Load Monitoring Among Elite Level Soccer Players: Perceived Exertion and Creatine Kinase Variations Between Microcycles. **Journal of Human Kinetics**, [s. l.], vol. 81, no 1, p. 85–95, 2022.
- RYAN, S. et al. Training monitoring in professional Australian football: theoretical basis and recommendations for coaches and scientists. **Science and Medicine in Football**, [s. l.], vol. 4, no 1, p. 52–58, 2020.

- SAW, A. E.; MAIN, L. C.; GASTIN, P. B. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], vol. 50, no 5, p. 281–291, 2016.
- SCHAFFARCZYK, M. et al. Validity of the Polar H10 Sensor for Heart Rate Variability Analysis during Resting State and Incremental Exercise in Recreational Men and Women. **Sensors**, [s. l.], vol. 22, no 17, p. 6536, 2022.
- VIANA, M. F.; ALMEIDA, P.; SANTOS, R. C. Adaptação portuguesa da versão reduzida do Perfil de Estados de Humor – POMS. **Análise Psicológica**, [s. l.], vol. 19, no 1, p. 77–92, 2001.
- VONDRASEK, J. D. et al. Validity and Efficacy of the Elite HRV Smartphone Application during Slow-Paced Breathing. **Sensors**, [s. l.], vol. 23, no 23, p. 9496, 2023.
- YOUNG, W. B.; PRYOR, J. F.; WILSON, G. J. Effect of Instructions on characteristics of Countermovement and Drop Jump Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], vol. 9, no 4, p. 232–236, 1995.

APÊNDICE C



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
EDUCACAOÇÃO FÍSICA UPE/UFPB**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado(a) **PARTICIPANTE DE PESQUISA**,

Os pesquisadores FILIPE SANTANA MARTINS e ALEXANDRE SÉRGIO SILVA convidam você a participar da pesquisa intitulada “**Desenvolvimento De Algoritmo Que Integre Variáveis Psicométricas, Fisiológicas E Físicas Para Indicar O Estado De Fadiga Crônica / Recuperação De Atletas**”. Para tanto você precisará assinar o TCLE que visa assegurar a proteção, a autonomia e o respeito aos participantes de pesquisa em todas as suas dimensões: física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural e/ou espiritual – e que a estruturação, o conteúdo e forma de obtenção dele observam as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos preconizadas pela **Resolução 466/2012 e/ou Resolução 510/2016**, do Conselho Nacional de Saúde e Ministério da Saúde.

Sua decisão de participar neste estudo deve ser voluntária e que ela não resultará em nenhum custo ou ônus financeiro para você (ou para o seu empregador, quando for este o caso) e que você não sofrerá nenhum tipo de prejuízo ou punição caso decida não participar desta pesquisa. Todos os dados e informações fornecidos por você serão tratados de forma anônima/sigilosa, não permitindo a sua identificação.

Esta pesquisa tem por objetivo desenvolver um algoritmo que indique o estado de fadiga crônica/recuperação a partir da combinação de dados de testes físicos, psicométricos e fisiológicos de atletas

A pesquisa terá duração de um mês (30 dias) em que será realizado o monitoramento do treinamento. Diariamente será coletado a percepção subjetiva de recuperação (PSR), questionário de bem-estar (WB), percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE), variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e a força explosiva, por meio do salto vertical com contramovimento (CMJ). Toda segunda-feira será avaliado o perfil do estado de humor (POMS). Toda segunda-feira e sábado será coletado os níveis sanguíneos de creatina quinase (CK). A cada semana será realizado um teste de desempenho.

Riscos ao(a) Participante da Pesquisa

Os riscos estarão relacionados com uma possível formação de edemas na região do braço

durante as coletas sanguíneas e possíveis desconfortos físicos durante os testes físicos de desempenho, que não será algo que fuja do desconforto que os atletas estão acostumados com as rotinas de treinos. Para minimizar esses riscos, a coleta sanguínea será realizada por uma enfermeira treinada e em um laboratório que disponha de suporte adequado e os testes físicos de desempenho serão aplicados por pessoas devidamente treinadas e com experiência prévia.

Benefícios ao(à) Participante da Pesquisa

Os benefícios do estudo estarão relacionados com uma personalização do treinamento dos atletas envolvidos através de uma otimização da recuperação e um monitoramento objetivo/científico do treino dos atletas que irá auxiliar na tomada de decisão do treinador.

Informação de Contato do Responsável Principal e de Demais Membros da Equipe de Pesquisa

Filipe Santana Martins
Aluno do Curso de Mestrado do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física
E-mail: filipemartinsce@hotmail.com – ☎ (83) 99633-0947

Alexandre Sérgio Silva
Prof. Dr. do Curso de Educação Física da UFPB
E-mail: alexandresergiosilva@yahoo.com.br – ☎ (83) 98875-4675

Endereço e Informações de Contato da(o) Universidade Federal da Paraíba

Cidade Universitária, João Pessoa – PB – Brasil/ CEP: 58.051.900/
<https://www.ufpb.br>
E-mail: prgufpb@gmail.com - ☎ 3216-7200

Endereço e Informações de Contato do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)/CCS/UFPB

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)
Centro de Ciências da Saúde (1º andar) da Universidade Federal da Paraíba Campus I – Cidade Universitária / CEP: 58.051-900 –
João Pessoa-PB Telefone: +55 (83) 3216-7791
E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br
Horário de Funcionamento: de 07h às 12h e de 13h às 16h. Homepage: <http://www.ccs.ufpb.br/eticaccsufpb>

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Ao colocar sua assinatura ao final deste documento, **VOCÊ**, de forma voluntária, na qualidade de **PARTICIPANTE** da pesquisa, expressa o seu **consentimento livre e esclarecido** para participar deste estudo e declara que está suficientemente informado(a), de maneira clara e objetiva, acerca da presente investigação. E receberá uma cópia deste **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)**, assinada pelo(a) Pesquisador(a) Responsável.

João Pessoa-PB, ____ de ____ de



Assinatura, por extenso, ou impressão dactiloscópica do(a) Participante
da Pesquisa

A handwritten signature in dark ink, reading "Felipe Antonio Martins".

Assinatura, por extenso, do(a) Pesquisador(a) Responsável pela
pesquisa

APÊNDICE D

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Para crianças e adolescentes (maiores que **seis anos** e menores de **18 anos**) e para **legalmente**

Nós, FILIPE SANTANA MARTINS e ALEXANDRE SÉRGIO SILVA convidamos você a participar do estudo **“Desenvolvimento De Algoritmo Que Integre Variáveis Psicométricas, Fisiológicas E Físicas Para Indicar O Estado De Fadiga Crônica / Recuperação De Atletas”**. Informamos que seu pai/mãe ou responsável legal permitiu a sua participação. Pretendemos desenvolver uma ferramenta que indique o cansaço e recuperação combinando dados de testes físicos, psicométricos e fisiológicos. Gostaríamos muito de contar com você, mas você não é obrigado a participar e não tem problema se desistir. Outras **crianças e/ou adolescentes** participantes desta pesquisa tem de **13 anos de idade a 17 anos de idade**. A pesquisa será feita no/a seu local de treino, onde os participantes adolescente serão monitorados durante um mês sendo coletado diariamente a percepção subjetiva de recuperação (PSR), questionário de bem-estar (WB), percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE), variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e a força explosiva, por meio do salto vertical com contramovimento (CMJ). Toda segunda-feira será avaliado o perfil do estado de humor (POMS). Toda segunda-feira e sexta-feira será coletado os níveis sanguíneos de creatina quinase (CK). A cada semana será realizado um teste de desempenho. Para isso, será usado questionários, cardiofrequencímetro e plataforma de salto, eles são considerados seguros, mas é possível ocorrer uma possível formação de edemas na região do braço durante as coletas sanguíneas e possíveis desconfortos físicos durante os testes físicos de desempenho, que não será algo que fuja do desconforto que os atletas estão acostumados com as rotinas de treinos. Caso aconteça algo errado, você, seus pais ou responsáveis poderá(ão) nos procurar pelos contatos que estão no final do texto. A sua participação é importante para gerar uma personalização do treinamento dos atletas envolvidos através de uma otimização da recuperação e um monitoramento objetivo/científico do treino dos atletas que irá auxiliar na tomada de decisão do treinador. As suas informações ficarão sob sigilo, ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa serão publicados na dissertação e artigos científicos, mas sem identificar (dados pessoais, vídeos, imagens e áudios de gravações) dos participantes (crianças/adolescentes).

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO

Eu _____ aceito participar da pesquisa “Desenvolvimento De Algoritmo Que Integre Variáveis Psicométricas, Fisiológicas E Físicas Para Indicar O Estado De Fadiga Crônica / Recuperação De Atletas”. Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e que ninguém vai ficar com raiva/chateado comigo. Os pesquisadores esclareceram minhas dúvidas e conversaram com os meus pais/responsável legal. Recebi uma cópia deste termo de assentimento, li e quero/concordo em participar da pesquisa/estudo.

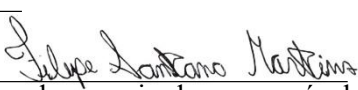
_____, ____ de
____ de 2025.

Assinatura do responsável legal

Caracterização do responsável legal:

() Pai – () Mãe – () Outro: _____

Assinatura do participante


Assinatura do pesquisador responsável

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:	
Pesquisador(a) Responsável: Filipe Santana Martins	Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba
Endereço: Castelo Branco, s/n. Campus Universitário. Departamento de Educação Física CEP 58051-900 ☎: (83) 99633-0947 E-mail: filipemartinsce@hotmail.com	CEP/CCS/UFPB Campus I - Cidade Universitária 1º Andar – CEP 58051-900 – João Pessoa/PB ☎ (83) 3216-7791 – E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br