

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

Bruno Teobaldo Campos

**O MONITORAMENTO DE BIOMARCADORES DE FADIGA E RECUPERAÇÃO, VARIÁVEIS
PERCEPTIVAS E DESEMPENHO FÍSICO EM RESPOSTA A PROGRAMAS DE TREINAMENTO
EM JUDOCAS DE ALTO RENDIMENTO**

Belo Horizonte

2022

Bruno Teobaldo Campos

**O MONITORAMENTO DE BIOMARCADORES DE FADIGA E RECUPERAÇÃO, VARIÁVEIS
PERCEPTIVAS E DESEMPENHO FÍSICO EM RESPOSTA A PROGRAMAS DE TREINAMENTO EM
JUDOCAS DE ALTO RENDIMENTO**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Sales Prado

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Y. Nakamura

Belo Horizonte

2022

C198m Campos, Bruno Teobaldo
2022 O monitoramento de biomarcadores de fadiga e recuperação, variáveis perceptivas e desempenho físico em resposta a programas de treinamento em judocas de alto rendimento. [manuscrito] / Bruno Teobaldo Campos – 2022.
85 f.: il.

Orientador: Luciano Sales Prado
Coorientador: Fábio Yuzo Nakamura

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Bibliografia: f. 80-85

1. Judô – Teses. 2. Esportes – Treinamento técnico – Teses. 3. Força muscular – Teses. 4. Fadiga – Teses. I. Prado, Luciano Sales. II. Nakamura, Fábio Yuzo. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 796.332

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: nº 2106, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

ATA DE DEFESA DA TESE DE DOUTORADO

BRUNO TEOBALDO CAMPOS

Às **08:00 horas** do dia **25 de novembro de 2022**, reuniu-se no Mini Auditório - EEFFTO/UFMG a Comissão Examinadora da Tese, indicada pelo Colegiado do Programa para julgar, em exame final, o trabalho intitulado **“O MONITORAMENTO DE BIOMARCADORES DE FADIGA E RECUPERAÇÃO, VARIÁVEIS PERCEPTIVAS E DESEMPENHO FÍSICO EM RESPOSTA A PROGRAMAS DE TREINAMENTO EM JUDOCAS DE ALTO RENDIMENTO”**. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. Luciano Sales Prado (UFMG), orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra para o candidato, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado.

Prof. Dr. Luciano Sales Prado - EEFFTO/UFMG

Prof. Dr. Samuel Penna Wanner - EEFFTO/UFMG

Prof. Dr. Bruno Penna Couto - EEFFTO/UFMG

Prof. Dr. Rafael Lima Kons - UFBA

Prof. Dr. Moacir Marocolo Júnior - UFJF

Após as indicações o candidato foi considerado: **APROVADO**

O resultado foi comunicado publicamente para o candidato pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 25 de novembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Moacir Marocolo Junior, Usuário Externo**, em 28/12/2022, às 10:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Samuel Penna Wanner, Professor do Magistério Superior**, em 11/01/2023, às 16:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luciano Sales Prado, Membro de comissão**, em 13/01/2023, às 11:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Lima Kons, Usuário Externo**, em 24/03/2023, às 10:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Pena Couto, Usuário Externo**, em 26/04/2023, às 19:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1993984** e o código CRC **B0624E65**.

Dedico esse trabalho a todos os meus treinadores,
colegas de clube, atletas e comunidade judoísta,
que possibilitaram a realização de um sonho.

AGRADECIMENTOS

Concluir esta etapa tão significativa da minha trajetória acadêmica e profissional seria impossível sem a presença e o apoio de pessoas fundamentais em minha vida.

Em primeiro lugar, dedico meu mais profundo agradecimento à minha família, que sempre esteve ao meu lado, incentivando-me a seguir em frente. Agradeço especialmente ao meu pai, meu maior exemplo na educação, que me inspirou não apenas com palavras, mas com ações, mostrando-me o valor do estudo e da dedicação.

À minha esposa, minha companheira de todas as horas, que esteve comigo nos momentos mais desafiadores e nos mais felizes, oferecendo apoio, amor e compreensão. Sua presença foi e sempre será meu porto seguro.

Aos meus senseis, que desde a infância me apresentaram ao judô, uma modalidade que não apenas moldou meu corpo, mas também meu caráter. Foi com vocês que aprendi a amar o judô, a entender sua filosofia e a levá-lo como parte essencial de quem sou.

Por fim, mas não menos importante, aos meus professores da universidade, verdadeiros espelhos para minha jornada acadêmica. Vocês não apenas transmitiram conhecimento, mas também me mostraram a grandiosidade de se dedicar à ciência, ao ensino e à formação de novos profissionais.

A todos vocês, minha eterna gratidão. Esta conquista é tão minha quanto de vocês, que acreditaram em mim e me ajudaram a chegar até aqui.

RESUMO

Atletas de judô de alto rendimento precisam lidar com elevadas cargas de treinamento semanais e um calendário competitivo denso para alcançarem um alto nível competitivo. A preparação de um judoca deve considerar uma variedade de habilidades físicas em nível elevado. Entende-se que a necessidade de alta demanda fisiológica de treinamento de um(a) judoca, o denso calendário competitivo, o comportamento da recuperação dos atletas ao longo das diferentes cargas de treinamento e competitivas irão impactar em todo o processo de planejamento dos treinamentos. Dessa forma, no presente estudo pretende-se elucidar através de experimentos sequenciados, como a carga externa em um período de treinamento tradicional no Judô influencia a resposta da carga interna, bem como a resposta longitudinal das variáveis fisiológicas, perceptivas e de recuperação de desempenho. Depois entender, como diferentes tipos de planejamento no Judô podem influenciar a resposta de recuperação e a adaptação do desempenho físico geral e específico. Esses estudos serão apresentados em formatos de capítulos para atender os objetivos propostos. No primeiro estudo, os atletas foram avaliados diariamente durante 4 semanas. Durante esse período foi avaliado o estado de hidratação, massa corporal, percepção de recuperação, VFC, preensão manual e desempenho de salto. No segundo estudo, foi realizado um ensaio clínico randomizado. Os indivíduos foram divididos em 2 grupos que realizaram 4 semanas de treinamentos: o grupo planejamento em blocos (GPB) e o grupo planejamento ondulatório (GPO). O GPB realizou um primeiro bloco de 2 semanas de treinos voltados para força máxima, e um segundo bloco de 2 semanas com treinamentos voltados para potência muscular. O GPO realizou ao longo das 4 semanas o mesmo tipo de treinos físicos alternando diariamente treinos de força máxima e potência muscular. Durante o período, ambos os grupos receberam a mesma carga de *randori*. A recuperação foi monitorada diariamente. Além disso, avaliações fisiológicas e de desempenho foram realizadas antes do início do estudo, na metade do estudo (2 semanas) e ao final do estudo (4 semanas).

Palavras-chave: judô; periodização; monitoramento da carga.

ABSTRACT

High-performance judo athletes need to deal with heavy weekly training loads and a dense competitive calendar to reach a high competitive level. The preparation of a judoka must consider a variety of physical skills at a high level. It is understood that the need for high physiological training demand of a judoka, the dense competitive calendar, the recovery behavior of athletes throughout different training and competitive loads will impact the entire training planning process. Thus, the present study intends to elucidate, through sequenced experiments, how the external load in a period of traditional training in Judo influences the internal load response, as well as the longitudinal response of physiological, perceptual and performance recovery variables. Then understand how different types of planning in Judo can influence the recovery response and adaptation of general and specific physical performance. These studies will be presented in chapter formats to meet the proposed objectives. In the first study, athletes were assessed daily for 4 weeks. During this period, hydration status, body mass, perception of recovery, HRV, handgrip and jumping performance were evaluated. In the second study, a randomized clinical trial was performed. The individuals were divided into 2 groups that performed 4 weeks of training: the block planning group (GPB) and the wave planning group (GPO). The GPB performed a first block of 2 weeks of training aimed at maximum strength, and a second block of 2 weeks with training aimed at muscle power. The GPO performed the same type of physical training over the 4 weeks, alternating daily maximum strength and muscle power training. During the period, both groups received the same load of randori. Recovery was monitored daily. In addition, physiological and performance assessments were performed prior to the start of the study, midway through the study (2 weeks), and at the end of the study (4 weeks).

Keywords: judo, periodization, monitoring training load

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Desenho Experimental Estudo 1

Figura 2 – Volume semanal de *Randori*

Figura 3 – Monitoramento das variáveis fisiológicas, neuromusculares e perceptivas.

Figura 4 – Delineamento Experimental Estudo 2

Figura 5 – Percepção de Esforço da sessão.

Figura 6 – Monitoramento de indicadores biológicos, perceptivos e de desempenho.

Figura 7 – $\Delta\%$ de indicadores biológicos, perceptivos e de desempenho

Figura 8 – Percepção de bem-estar.

Figura 9 – Respostas Inflamatórias, hormonais e bioquímicas.

Figura 10 – Special Judo Fitness Test - SJFT

Figura 11 – Testes de Potência Máxima

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Carga externa estudo 1

Tabela 2 – Dados descritivos de Hidratação e massa corporal

Tabela 3 – Treinos de Força

Tabela 4 – Treinos Técnicos Táticos

Tabela 5 – Carga semanal de Randori

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VFC - Variabilidade da Frequência Cardíaca

CK - Creatina Kinase

SCM - Salto contramovimento

RMSSD - Raiz quadrada da diferença quadrática média dos intervalos R-R sucessivos

FMP - Força máxima de preensão manual

RFP - Resistência de força de preensão manual

PSE - Percepção Subjetiva de Esforço

SJFT - Special Judo Fitness Test

GPO - Grupo Periodização Ondulatória

GPB - Grupo Periodização em Blocos

IL6 - Interleucina 6

IL10 - Interleucina 10

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO GERAL.....	17
2.1 Objetivos Específicos.....	17
3 CAPÍTULO 1 - Monitoramento de cargas de treinamento em atletas Judô: diferentes caminhos de recuperação fisiológica, neuromuscular e perceptiva	18
3.1 Introdução	18
3.2 Métodos.....	20
3.3 Resultados	25
3.4 Discussão.....	27
3.5 Conclusão	31
4 CAPÍTULO 2 – Efeitos de diferentes tipos de planejamento do treinamento nas respostas fisiológicas, perceptivas e desempenho em atletas de Judô de alto rendimento.	33
4.1 Introdução	33
4.2 Métodos.....	35
4.3 Resultados	44
4.4 Discussão.....	52
4.5 Conclusão	59
REFERÊNCIAS	60
APÊNDICE 1 - Residual fatigue effect and recovery after an official judo competition	67
INTRODUCTION.....	69
METHODS	70
APÊNDICE 2 - Fatigue and recovery timeline in judo athletes: effects of competition and training	75
APÊNDICE 3	87

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento e o gerenciamento da carga de treinamento do atleta têm sido uma responsabilidade fundamental para os cientistas do esporte. Na última década, a ênfase deste tópico no esporte de elite aumentou exponencialmente, em grande parte devido ao desejo de aumentar e manter o desempenho e mitigar o risco de lesões (West *et al.*, 2021). O termo “carga” pode ter diferentes definições, o Consenso do Comitê Olímpico concordou com uma definição ampla de “carga” como “a carga esportiva e não esportiva (único ou múltiplos estressores fisiológicos, psicológicos ou mecânicos) como um estímulo que é aplicado a um sistema biológico humano (incluindo elementos subcelulares, uma única célula, tecidos, um ou vários sistemas de órgãos, ou o indivíduo)”. A carga pode ser aplicada ao sistema biológico humano individual em vários períodos de tempo (segundos, minutos, horas a dias, semanas, meses e anos) e com magnitude variável (ou seja, duração, frequência e intensidade) (Soligard *et al.*, 2016a).

Apesar da definição de carga publicada pelo Comitê Olímpico, a literatura tem subdividido a carga de treinamento em dois subgrupos, denominados carga externa e carga interna (Soligard *et al.*, 2016a). A organização, qualidade e quantidade do exercício (plano de treinamento) determinam a carga externa, que é definida como o trabalho físico prescrito no plano de treinamento. Assim, as medidas de carga externa são específicas à natureza do treinamento realizado. Por exemplo, a carga externa no treinamento de força é geralmente considerada a resistência externa levantada; no entanto, também pode ser expressa como trabalho concluído ou a velocidade gerada durante um movimento. Da mesma forma, em esportes coletivos a carga externa pode ser descrita por medidas de distância total percorrida (ou em faixas de velocidade específicas) ou acelerações. Independentemente de como é quantificado, os treinadores prescrevem o treinamento a partir da carga externa para obter uma resposta psicofisiológica desejada, sendo que essa resposta corresponde à carga interna de treinamento. Consequentemente, as medidas de carga interna podem ser indicadores que refletem a resposta psicofisiológica real que o corpo inicia para lidar com as exigências impostas pela carga externa. Portanto, o conceito de carga interna incorpora todas as respostas psicofisiológicas que ocorrem durante a execução do exercício (simples ou sequencial) prescrito pelo treinador (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019).

O processo de treinamento esportivo é organizado através de manipulações do estímulo mecânico (carga externa) para gerar alterações fisiológicas esperadas (carga interna)

que serão responsáveis pela indução de processos adaptativos. Contudo, esse par de estímulo-resposta no treinamento afim de gerar adaptações no desempenho, não é linear, sendo dependente das respostas de fadiga e recuperação ao longo do tempo. Nesse sentido, propõe-se que o monitoramento e o gerenciamento das cargas de treinamento, seja visualizado e interpretado de maneira cíclica (Gabbett *et al.*, 2017). O ciclo descreve (1) a carga de treinamento que o atleta executou (ou seja, carga externa), (2) a resposta do atleta à carga de treinamento (ou seja, carga interna), (3) se o atleta está tolerando a carga de treinamento (por exemplo, percepção de bem-estar) e, finalmente, (4) se o atleta está física e / ou mentalmente preparado para a exposição a outro estímulo de treinamento (ou seja, prontidão para treinar / competir).

O monitoramento da recuperação do par carga externa-interna está presente no passo 3 e 4, segundo o ciclo acima exposto. A recuperação pode ser definida como um processo fisiológico restaurador multifatorial (por exemplo, fisiológico, psicológico) relativo ao tempo. No caso de o estado de recuperação de um indivíduo (ou seja, seu equilíbrio biopsicossocial) ser perturbado por fatores externos ou internos, a fadiga se desenvolve como uma condição de redução do desempenho devido ao esforço físico e mental. A fadiga pode ser compensada com a recuperação, ou seja, a homeostase é recuperada pelo restabelecimento dos recursos investidos em um nível fisiológico e psicológico (Kellmann *et al.*, 2018).

Portanto, atualmente, o entendimento e monitoramento da recuperação do atleta às diferentes manipulações da carga de treinamento têm assumido considerável relevância pelo melhor entendimento do efeito da recuperação nas curvas de adaptação do desempenho esportivo. Ainda, devido ao aumento dos eventos competitivos em menores espaços de tempo, reduziu-se o tempo disponível para recuperação completa dos sistemas fisiológicos, impondo um aumento do estresse fisiológico sobre os atletas. Os estudos sobre processos e práticas de monitoramento da carga em variados esportes são vastos (Williams *et al.*, 2017). Contudo, pesquisas relacionadas aos esportes de combate, principalmente o Judô, ainda são escassas. Para se preparar para competições internacionais, os judocas são submetidos treinamentos fisiologicamente exigentes, chegando a realizar 24 horas de treinamento por semana (Franchini; Takito, 2014). Ainda devido ao formato de classificação olímpica atual, um judoca necessita competir 4 a 8 vezes internacionalmente em um ano – além das competições nacionais – para tentar garantir sua vaga olímpica (Franchini *et al.*, 2017).

Em estudos iniciais da tese demonstramos que uma competição oficial de Judô impacta de maneira significativa na recuperação do atleta, com aumentos significativos do dano muscular em 24 horas, sendo que a magnitude do dano era associada ao tempo de luta em competição (Apêndice 1). Dessa forma, em situações de calendário de congestionado, essa recuperação pós-competição terá um impacto no planejamento pós-competição. Avançando no entendimento do impacto da competição de Judô no planejamento de cargas subsequentes, demonstramos em outro estudo inicial dessa tese (Apêndice 2) que a intensidade alcançada durante a competição impacta na recuperação neuromuscular pós-competição. Além disso, nesse estudo demonstramos uma associação entre a recuperação perceptiva pré-competição com a resposta de recuperação durante a competição. Dessa forma, a organização das cargas de treino pré – competitivas terão um impacto na resposta de desempenho durante a competição, bem como na recuperação de indicadores biológicos e de desempenho no pós-competição.

Alguns autores já demonstraram, em períodos de *tapering* no Judô, que respostas de bem-estar estão associadas as oscilações de carga interna e essas respostas são sensíveis aos diferentes meios de treinamento no Judô (Ouerghi *et al.*, 2020a, 2020b). Outros autores também demonstram que variáveis como a Variabilidade da Frequência Cardíaca e SCM podem ser indicadores de recuperação sensíveis as oscilações da carga durante treinamentos no Judô (Morales *et al.*, 2014; Papacosta; Gleeson; Nassis, 2013b). Ainda é necessário que consigamos entender como a manipulação da carga de treino técnico-tático pode influenciar nos indicadores biológicos, perceptivos e desempenho durante a recuperação. Por outro lado, a forma como se organiza progressão da carga de treinamento prévia a uma competição e as diferentes capacidades físicas enfatizadas também podem ser variáveis moderadoras das respostas dos biomarcadores de fadiga e recuperação e consequentemente da sua influência no desempenho competitivo. Os estudos que buscaram verificar diferentes formas de se planejar o treinamento de judocas não levaram em consideração diferentes biomarcadores de fadiga e recuperação e suas possibilidades de interação temporal com a carga de treino (Agostinho *et al.*, 2017; Franchini *et al.*, 2015a, 2015b; Marques *et al.*, 2017; Ullrich *et al.*, 2016).

A cerca da necessidade de entendimento da interação entre variáveis de recuperação e monitoramento da carga externa e interna, estudos em outros esportes já tem elucidado possibilidades de interação entre variáveis do monitoramento da carga. Por exemplo, uma maior distância percorrida em altas intensidades em partidas de futebol influencia em maiores reduções do desempenho neuromuscular e aumento de variáveis inflamatórias no pós-jogo

(Hader *et al.*, 2019; Minett; Duffield, 2014). Contudo, raciocínios semelhantes não têm sido elucidados em esportes de combate. Assim, pretende-se elucidar através de experimentos sequenciados, como a carga externa em um período de treinamento tradicional no Judô influencia a resposta da carga interna, bem como a resposta longitudinal das variáveis fisiológicas, perceptivas e de recuperação de desempenho. Depois entender, como diferentes tipos de planejamento no Judô podem influenciar a resposta de recuperação e a adaptação do desempenho físico geral e específico. Dessa forma, esses estudos serão apresentados em formatos de capítulos para atender os objetivos propostos.

2 OBJETIVO GERAL

Elucidar a associação entre biomarcadores de fadiga e recuperação e sua influência no processo adaptativo do desempenho físico em contextos de competição e treinamento em atletas de Judô.

2.1 Objetivos Específicos

- ESTUDO 1: Investigar em que medida a carga externa em um período de treinamento tradicional no Judô influencia a resposta da carga interna, bem como a resposta longitudinal das variáveis fisiológicas, perceptivas e de recuperação de desempenho.
- ESTUDO 2: Verificar o desempenho físico, indicadores biológicos e perceptivos de recuperação em resposta à um planejamento de treinamento em blocos e ondulatório com períodos de sobrecarga de *randori*, sucedido por um período de *tapering*, em atletas de judô de alto rendimento.

3 CAPÍTULO 1 - Monitoramento de cargas de treinamento em atletas Judô: diferentes caminhos de recuperação fisiológica, neuromuscular e perceptiva

3.1 Introdução

Atletas de Judô realizam múltiplos esforços intermitentes de alta intensidade para obter uma vantagem competitiva, projetando o oponente no chão ou controlando oponente durante a luta de solo por meio de imobilização ou finalização (Franchini *et al.*, 2013). Durante uma luta de Judô, o atleta deve estabelecer contato por pegada no *judogi* (uniforme para prática), perturbar o equilíbrio do oponente e executar uma técnica de arremesso. Inicialmente, o atleta realiza ações de resistência de força do membro superior para manter a pegada no *judogi*. A técnica de arremesso, por outro lado, exige concomitantemente do atleta ações de potência muscular dos membros superiores e inferiores. Quando a luta se estende até o solo, ações que exigem força máxima dos membros superiores e inferiores também são realizadas. Devido à sua natureza intermitente, os atletas requerem elevado desempenho aeróbico para se recuperar durante a luta e também entre os combates (Franchini; Artioli; Brito, 2013).

Nesse contexto, a preparação de um judoca deve considerar uma variedade de habilidades físicas em alto nível. No entanto, a necessidade de treinar diferentes habilidades físicas concorrentes e diferentes cursos temporais de recuperação podem dificultar ou mesmo inibir algumas adaptações (Hickson, 1980). Estudos com judocas têm descrito diferentes formas de planejar, treinar e otimizar tanto o desempenho geral de força e aptidão aeróbia, quanto o desempenho específico (Franchini *et al.*, 2015a, 2016). Embora o caminho mais adequado para adaptações de todas as habilidades concomitantemente em judocas não seja evidente, sabe-se que a recuperação é determinante neste processo (Morales *et al.*, 2014). Assim, o monitoramento de carga e da recuperação tem um papel importante no processo de treinamento esportivo auxiliando os treinadores a aplicar cargas de treinamento e períodos de descanso ideais, ou mais precisos (Kellmann *et al.*, 2018).

Até o momento, um único estudo identificou uma relação ideal entre o monitoramento da carga interna e a adaptação de desempenho específico em judocas (Agostinho *et al.*, 2015). Sendo já demonstrado que altas cargas de treinamento podem comprometer tanto a atividade parassimpática cardíaca (Morales *et al.*, 2014) quanto o sistema imune (Lee *et al.*, 2015) mas, quando bem ajustado, pode levar a resultados hormonais positivos (Agostinho *et al.*, 2017) e

adaptações metabólicas positivas (Branco *et al.*, 2017). Existem inúmeras ferramentas disponíveis para monitorar cargas de treinamento e efeitos subagudos. Na maioria das situações, as variáveis não invasivas são preferidas, como a percepção de esforço percebido da sessão de treinamento e a VFC, que parece ser capaz de identificar não apenas uma recuperação fisiológica deficiente, mas também efeitos positivos do treinamento (Bromley *et al.*, 2018; Buchheit, 2014).

Alguns componentes do condicionamento físico desempenham um papel na determinação do sucesso no Judô. Por exemplo, a força de preensão manual e o salto vertical podem discriminar o desempenho de atletas em níveis superiores e inferiores (Bonitch-Góngora *et al.*, 2013; Kons *et al.*, 2018). No entanto, os dados descritivos sobre a temporalidade dessas variáveis de desempenho relacionadas à recuperação fisiológica e à perceptiva durante os períodos tradicionais de treinamento no Judô ainda são incipientes. Além disso, os judocas estão constantemente em um processo de redução ou controle do peso corporal, treinando frequentemente em estado de desidratação. Isso pode ser um fator complicador na recuperação e, conseqüentemente, na obtenção de um desempenho ideal (Reale; Slater; Burke, 2017). Assim, o monitoramento concomitante de carga externa, carga interna, estado de hidratação, recuperação e desempenho no Judô pode informar tanto a prescrição de cargas de treinamento bem ajustadas quanto a seleção de ferramentas "diárias" de apoio à tomada de decisão relacionada ao processo de treinamento.

Nesse sentido, cada sessão de treinamento físico proporciona ao atleta um estresse fisiológico, levando a distúrbios em diversos processos fisiológicos e vias bioquímicas (Skorski *et al.*, 2019). É digno de nota que os parâmetros de monitoramento disponíveis geralmente refletem apenas um aspecto fisiológico de fadiga e recuperação -por exemplo, CK versus VFC - (Skorski *et al.*, 2019). Porém, dados que verificaram a resposta longitudinal da carga interna, recuperação perceptiva, fisiológica e do desempenho durante um período competitivo em jovens judocas ainda são carentes na literatura. Além disso, é necessário discutir como um modelo de monitoramento baseado em variáveis múltiplas, responde a um período de treinamento típico no Judô, levando em consideração os diferentes tempos de adaptação fisiológica e desempenho. A esse respeito, a literatura ainda necessita de informações que descrevam a carga externa no Judô de forma detalhada, permitindo serem utilizadas para contextualizar as respostas ao treinamento. Dentre os exercícios específicos, o *randori* (simulação de combate) é a prática mais utilizada pelos treinadores (Pedrosa *et al.*,

2015). Além disso, observou-se que 70% dos atletas olímpicos realizavam o *randori* de cinco a sete vezes por semana na fase final de preparação para os Jogos Olímpicos (Franchini; Takito, 2014). Aliás, segundo treinadores experientes, o *randori* é uma prática imprescindível durante a fase preparatória e competitiva, estando presente em quase todas as sessões (Pedrosa *et al.*, 2015). A manipulação da duração do *randori* e dos tempos de recuperação entre as sessões pode alterar a via metabólica predominante na sessão. Por exemplo, ao reduzir o tempo de recuperação entre os combates e aumentar o número de lutas de *randori*, haverá um aumento na necessidade aeróbia e redução da intensidade da luta (Campos *et al.*, 2020).

Assim, o objetivo principal do presente estudo é investigar em que medida a carga externa em um período de treinamento tradicional no Judô influencia a resposta da carga interna, bem como a resposta longitudinal das variáveis fisiológicas, perceptivas e de recuperação de desempenho. O objetivo secundário é verificar se a VFC, a força máxima e a potência muscular respondem às flutuações das cargas externas e internas em judocas.

3.2 Métodos

Amostra

Participaram deste estudo dez judocas juniores (6 masculinos e 4 femininos; idade: $19,0 \pm 1,0$ anos; peso: $70,8 \pm 20,5$ kg; altura: 170 ± 6 cm; gordura corporal: $10 \pm 2,2\%$). A experiência de treinamento regular de Judô foi de $5,5 \pm 1,6$ anos. Além disso, os atletas treinavam regularmente ($11,26 \pm 4,6$ horas semanais) e não apresentavam lesões musculoesqueléticas nos 6 meses anteriores ao estudo. Os sujeitos não faziam uso de nenhum medicamento e também não apresentavam doença aguda ou infecção durante a coleta de dados. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (protocolo 12210219.7.0000.5149). Os sujeitos receberam instruções escritas descrevendo todos os procedimentos, riscos e benefícios relacionados à participação no estudo, assinando o termo de consentimento livre e esclarecido.

Desenho experimental

Os atletas foram avaliados diariamente (segunda a sexta-feira) durante 4 semanas (Figura 1). Antes da primeira sessão diária de treinamento (13h - 14h), os atletas foram

encaminhados a um laboratório (temperatura do ar de 18 a 22 ° C e umidade controlada de 45 a 60%) e seu estado de hidratação, massa corporal, percepção de recuperação e VFC foram avaliadas. Além disso, realizaram testes de força de membro superior (teste de preensão manual) e membro inferior (SCM).

Os atletas treinaram sessões técnico-táticas todos os dias, aproximadamente das 14h às 16h. Além disso, 2 sessões de treinamento de força por semana (terça e quinta-feira) também foram realizadas. A duração total individual e o esforço percebido de cada sessão foram registrados ao final da sessão. Os treinadores registraram quais atividades foram realizadas durante as sessões de treinamento de acordo com um catálogo de atividades (PEDROSA *et al.*, 2016).

O presente estudo foi realizado entre a 37^a e a 40^a semanas de treinamento do macrociclo anual, caracterizado como período competitivo de atletas, e a coleta de dados foi realizada 8 semanas antes da principal competição nacional dos sujeitos.

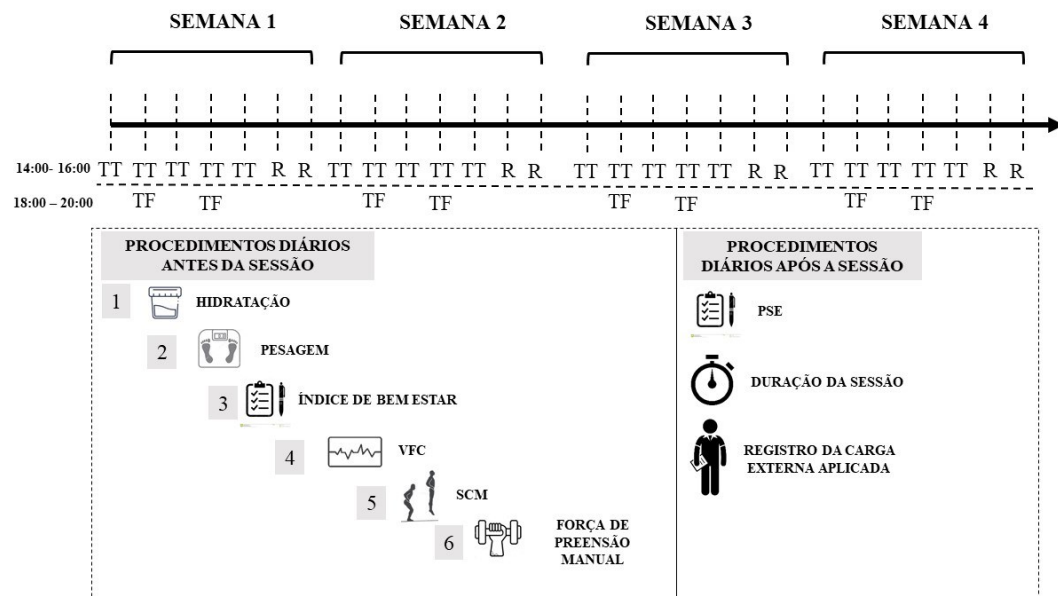


Figura 1 – Desenho Experimental Estudo 1. TT – Sessão de treinamento técnico-tático; TF – Sessão de Treinamento de Força; R – Recuperação Passiva; VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca; SCM – Salto com contramovimento; PSE – Percepção de Esforço.

Estado de hidratação e pesagem

Os participantes forneceram uma amostra de urina na visita ao laboratório. A gravidade específica da urina foi utilizada para avaliar o estado de hidratação (Armstrong *et*

al., 2010), que mede a massa relativa de solutos e solventes em uma amostra de urina em relação à água pura usando o refratômetro (URIDENS®). Para a hipodratação, os valores de gravidade específica da urina podem exceder 1,030. Quando os indivíduos estão euhidratados, pode variar de 1,029 a 1,013, e na hiperidratação a densidade específica da urina pode variar de 1,013 a 1,001 (Armstrong *et al.*, 2010). A massa corporal (kg) foi medida diariamente com os pés descalços, com os voluntários vestindo apenas shorts usando uma balança digital (Filizola®).

Variabilidade da Frequência cardíaca

Para avaliação da VFC, os atletas permaneceram em decúbito dorsal horizontal e foram orientados a permanecer calmos, em silêncio, com respiração espontânea e movimentos corporais mínimos. Uma cinta torácica (Polar® H7, Finlândia) foi utilizada para coletar os dados. Os dados brutos foram exportados para o *software* Polar Precision Performance (Polar Electro Oy) e os intervalos R-R foram exportados em formato ASCII para posterior análise no *software* de análise Kubios HRV (versão 2.0; University of Kuopio, Finlândia). Todos os dados foram submetidos a um filtro "baixo" no *software* Kubios para remover os batimentos ectópicos, que foram substituídos por interpolação dos intervalos RR adjacentes (Task Force, 1996). Os dados apresentados na seção de resultados não mostraram mais do que 3% do total de batimentos removidos.

As gravações duraram 5 min, com os 2 min finais de cada gravação sendo utilizados para calcular o índice de VFC (Nakamura *et al.*, 2015). O índice de VFC analisado no domínio do tempo foi a raiz quadrada da diferença quadrática média dos intervalos R-R sucessivos (RMSSD). O RMSSD é considerado um indicador da atividade do sistema nervoso parassimpático e é considerado o índice preferido para monitoramento atlético, pois parece não ser influenciado pela frequência respiratória e é altamente confiável em repouso (Buchheit, 2014). O RMSSD foi transformado em seu logaritmo natural antes da análise [LnRMSSD]; seguindo padrões já adotados na literatura (Buchheit; Laursen; Ahmaidi, 2007). O coeficiente de variação semanal LnRMSSD (LnRMSSDcv) para cada atleta também foi calculado a partir da razão entre o desvio padrão semanal individual de LnRMSSD e a média semanal individual de LnRMSSD (Buchheit; Laursen; Ahmaidi, 2007).

Salto com contramovimento (SCM)

O SCM foi realizado em um tapete de contato de precisão de 0,1 cm (Hidrofit® Ltda, Brasil) conectada a um *software* Multisprint (Hidrofit® Ltda, Brasil). Para a realização do teste, o atleta foi posicionado com os pés paralelos ao tapete, as mãos apoiadas na altura da crista ilíaca, cabeça erguida e olhando para frente. Os atletas foram orientados a não retirar as mãos desta posição em nenhum momento durante o salto e que os joelhos deveriam ser estendidos durante a fase de vôo. Ao ouvir o comando "saltar", o indivíduo imediatamente flexionou o joelho até a amplitude que lhe parecia mais confortável e saltou verticalmente o mais alto possível. Durante os testes, apenas os saltos que atenderam a esses requisitos foram considerados para análise. Para a análise do desempenho do salto, 5 tentativas foram realizadas e o valor médio foi utilizado (Claudino *et al.*, 2017b).

Teste de Força Máxima de Preensão Manual

O teste de força máxima de preensão manual (FMP) foi avaliado com os judocas em pé, ombro a 90° de flexão e cotovelo completamente estendido (Bonitch-Góngora *et al.*, 2013). Os atletas foram orientados a pressionar o dinamômetro (Kratos Ltda®) durante 3 tentativas de esforço máximo por cinco segundos com a mão dominante e 1 minuto de pausa entre as tentativas (Bonitch-Góngora *et al.*, 2013). O valor foi expresso em termos absolutos (Kgf). O maior valor das 3 tentativas foi assumido como a força de preensão manual isométrica máxima.

Teste de resistência de força de preensão manual

Cinco minutos após o FMP, foi realizado o teste de resistência de força de preensão manual (RFP). O teste consistia em oito contrações isométricas máximas de 10s cada, alternando com 10s de repouso passivo (Bonitch-Góngora *et al.*, 2013). A execução, posição e instrumentos usados são os mesmos descritos no teste acima. Cada atleta foi instruído a executar o máximo de força de contração possível em cada contração sustentada. A força isométrica de cada contração foi determinada em termos absolutos (Kgf). Para análise do teste RFP, foi calculada o delta de variação (%) entre a média das 3 primeiras tentativas e das 3 últimas tentativas. Assim, a resistência da força foi expressa como um percentual de redução da força ao final do esforço.

Índice de Bem-Estar

Um questionário personalizado que compreende a percepção da qualidade do sono e as quantidades de estresse, fadiga muscular e dor muscular foi utilizado para coletar dados das medidas subjetivas de bem-estar relatadas. Cada questão foi pontuada em uma escala de 7 pontos na qual “1” e “7” representavam classificações de bem-estar “muito, muito bom” e “muito, muito ruim”, respectivamente. O índice de bem-estar, foi calculado pela soma de seus quatro subconjuntos (Rabbani *et al.*, 2019).

Carga Interna de Treinamento

No final de cada sessão de treinamento, o atleta relatou um valor na escala de percepção de esforço da sessão (PSE-sessão) que cobre o intervalo de 0 a 10, onde 0 representa o repouso e o 10 representa o máximo (Foster, 1998a). A partir desse resultado, foi calculada a carga interna de treinamento produzida pela sessão, através do produto entre o valor subjetivo da PSE-sessão e a duração do treinamento em minutos. O valor resultante foi expresso em unidades arbitrárias (Foster, 1998a). Dessa forma, foi registrada a carga interna de cada sessão de treinamento e a soma semanal das cargas internas. Para o cálculo da monotonia, foi calculada a razão entre a carga semanal média interna pelo seu desvio padrão semanal, enquanto o *Strain* foi calculado pelo produto entre a carga interna semanal e a monotonia (Foster, 1998a).

Carga Externa de Treinamento

Os meios de treinamento utilizados nas sessões foram registrados pelos treinadores de acordo com um catálogo de atividades (Pedrosa *et al.*, 2016). Assim, registrava-se o objetivo da sessão, os exercícios preparatórios utilizados, o tipo de *randori* utilizado na sessão técnico-tática, sua respectiva duração e pausa. Na sessão de treinamento de força, todos os exercícios e suas respectivas cargas foram registrados (Tabela 1 – Apêndice 3). Especificamente, o tempo *randori* semanal total foi medido como a principal medida de carga externa das sessões técnico-táticas.

Análise dos Dados

Os dados diários individuais (LnRMSSD; LnRMSSDev; SCM; FMP; RFP; Índice de Bem-Estar) foram calculados para apresentar a média semanal do grupo ($\pm$ desvio padrão). A carga

interna foi apresentada como uma média ($\pm$ desvio padrão) da soma semanal das cargas internas diárias. Os dados de monotonia e *Strain* são expressos em um único indicador semanal que representa a semana como um todo.

Análises Estatísticas

Antes da análise inferencial, a normalidade e homocedasticidade dos dados foram testadas com os testes de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. Para analisar as variáveis ao longo das semanas, foi realizada uma ANOVA de medidas repetidas de um fator. Se necessário, o *post-hoc* de Bonferroni foi utilizado. Um nível de significância estabelecido em $\alpha \leq 0,05$ foi usado em todas as análises inferenciais. Todos os dados foram analisados e plotados usando o pacote estatístico Graph Pad Prism™ (versão 5.0, GraphPad Software, San Diego, CA, USA).

3.3 Resultados

Os dados do estado de hidratação e do peso corporal estão apresentados na Tabela 2. Houve uma diferença significativa na gravidade específica da urina entre a semana 2 e a semana 1 e a semana 4 ($F = 4,94$; $p = 0,008$). No entanto, os valores médios para todas as semanas mostraram que os atletas permaneceram dentro de uma faixa aceitável de hidratação ($<1,030$), com alguns casos esporádicos de atletas entre 1,030 e 1,034. Além disso, a massa corporal permaneceu constante ao longo do período, sem diferenças significativas entre as semanas ($F = 0,28$; $p = 0,83$)

Tabela 2 – Dados descritivos de Hidratação e massa corporal

ESTADO DE HIDRATAÇÃO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Média $\pm$ dp	1.026 $\pm$ 2.6	1.029 $\pm$ 2.4*	1.026 $\pm$ 3.9	1.025 $\pm$ 3.1
Mínimo	1.020	1.025	1.022	1.022
Máximo	1.029	1.033	1.034	1.032
Massa Corporal (Kg)				
Média $\pm$ dp	70.8 $\pm$ 20.5	70.8 $\pm$ 20.6	70.8 $\pm$ 20.6	71.1 $\pm$ 21.0
Mínimo	42.8	42.8	42.7	42.8
Máximo	114	114.4	114.6	115.2

* Diferença significativa em relação a semana 1 e 4 ($p < 0.05$).

A carga externa foi relativamente semelhante nas primeiras 3 semanas de treinamento (Tabela 1 – Apêndice 3). No entanto, diminuiu na 4ª semana, com uma redução de 50% no tempo total semanal *Randori* em comparação com a 2ª semana (Figura 2).

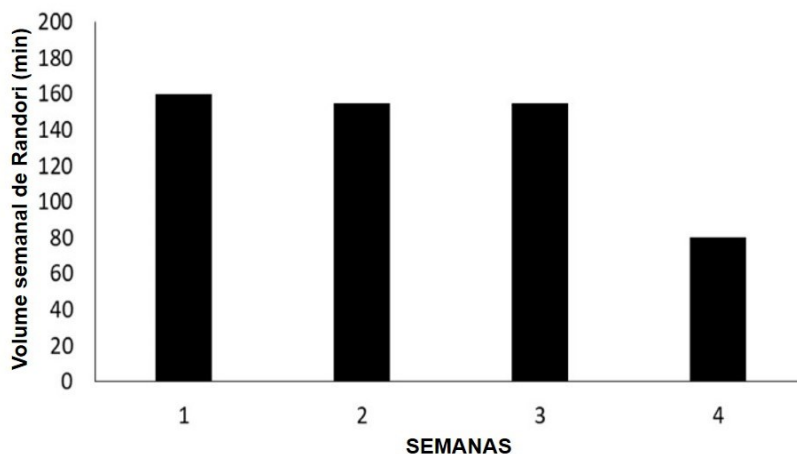


Figura 2 – Volume semanal de *Randori*

Em resposta à carga externa prescrita, a carga interna apresentou um efeito significativo de tempo ($F = 6,51$; $p = 0,001$, Figura 3-A), e tanto a 2ª ($p < 0,05$) quanto a 3ª semana ($p < 0,01$) apresentaram maiores cargas internas que a 4ª semana. A monotonia foi significativamente diferente ao longo do tempo ($F = 8,07$; $p = 0,0005$, Figura 3-B), e a semana 1 ($p < 0,001$) mostrou menor Monotonia do que as outras três semanas subsequentes. O *Strain* foi significativamente diferente ao longo do tempo ($F = 4,86$; $p = 0,007$, Figura 3-C), e tanto a 2ª ($p < 0,001$) quanto a 3ª semana ($p < 0,001$) apresentaram *Strain* maior do que a semana 1.

Em relação aos parâmetros neuromusculares, o FMP diferiu significativamente ao longo do tempo ($F = 11,60$; $p < 0,001$, Figura 3-D), com a 3ª e 4ª semana apresentando valores superiores aos da 1ª e 2ª semana ($p < 0,01$). O RFP não foi significativamente diferente ao longo do tempo ($F = 0,84$; $p = 0,48$, Figura 3-E). O SCM foi significativamente diferente ao longo do tempo ($F = 7,72$; $p = 0,0007$, Figura 3-F), e a 4ª semana apresentou maior altura do SCM do que a 1ª semana ($p < 0,001$).

Em relação às variáveis fisiológicas, o LnRMSSD não variou durante as semanas observadas ($F = 1,07$; $p = 0,36$, Figura 3-G). Em contrapartida, o LnRMSSDcv apresentou efeito principal de tempo significativo ($F = 3,48$; $p = 0,02$, Figura 3-H), sendo que tanto a 3ª quanto a 4ª semana apresentaram valores menores do que a 1ª e 2ª semana ($p < 0,05$).

Em relação aos aspectos perceptivos, o Índice de Bem-Estar apresentou efeito temporal significativo ($F = 2,97$; $p = 0,04$, Figura 3-I), mas a comparação par a par não revelou diferenças entre as semanas.

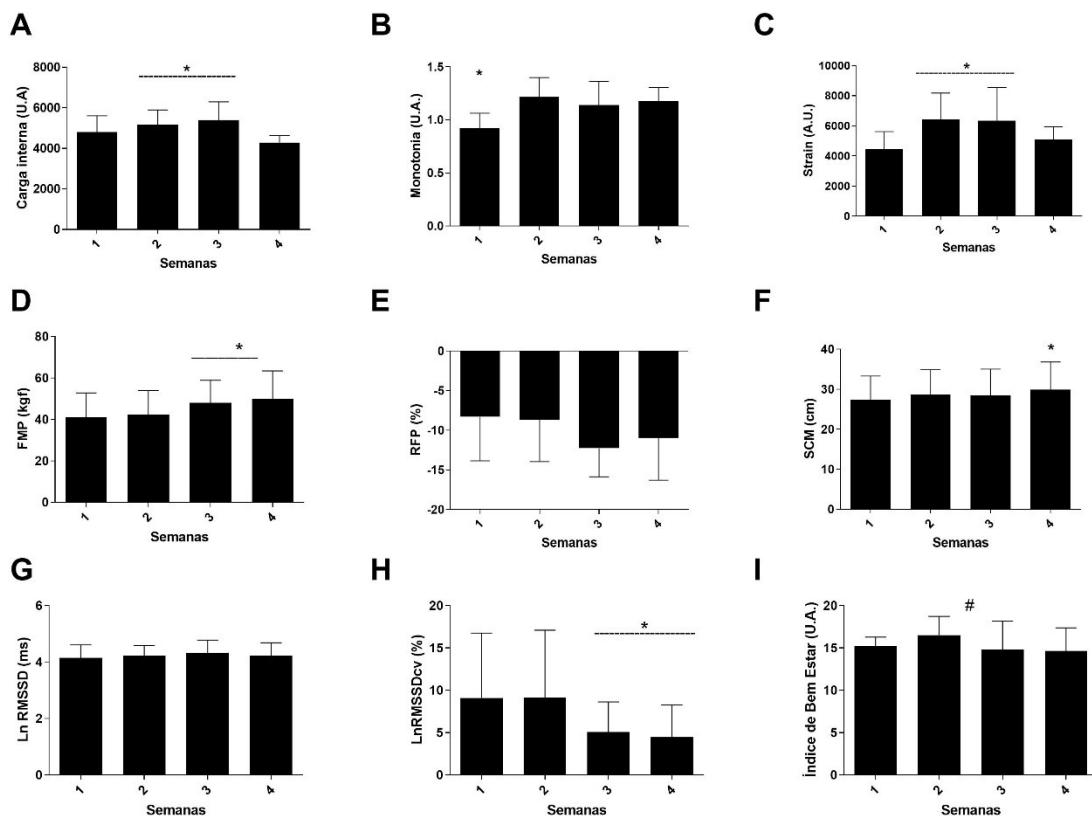


Figura 3 – Monitoramento das variáveis fisiológicas, neuromusculares e perceptivas. *Diferença significativa em relação as demais semanas ($p < 0,05$). # Efeito principal de tempo ($p < 0,05$).

3.4 Discussão

O presente estudo descreveu a carga externa em uma rotina típica de treinamento de Judô e a carga interna resultante. Em relação a este último, os atletas perceberam uma carga maior durante a 2ª e 3ª semana de observação dentro do período competitivo, o que também foi associado ao maior *Strain*. Apesar do maior acúmulo de carga durante a 2ª e 3ª semana, a

força máxima de membro superior aumentou significativamente, mas o desempenho do salto vertical aumentou apenas quando a carga externa e interna diminuiu na 4ª semana de observação. A redução do LnRMSSDev pode indicar uma resposta autonômica cardíaca positiva durante a 3ª e 4ª semana de observação, sugerindo que os atletas adaptaram positivamente às cargas acumuladas durante as 4 semanas de monitoramento.

O presente estudo descreveu os meios de treinamento utilizados no treinamento tático-técnico durante um período competitivo em uma equipe de Judô de alto nível. Estudos anteriores demonstraram que as sessões de treinamento de Judô são normalmente compostas de aproximadamente 40 minutos de exercícios gerais, 40 minutos de exercícios específicos de Judô, como “*ukemi*” (técnicas de queda), *uchi-komi* (repetições técnicas dos golpes sem a projeção) e *nage-komi* (repetições técnicas dos golpes com a projeção), mais 40 minutos de *randori* (prática de luta) (Franchini *et al.*, 2013). Um estudo que descreve a preparação de judocas olímpicos mostrou que, para os exercícios de *Uchikomi*, os atletas realizam de 15 a 28 minutos por sessão, divididos em *Uchikomi* sombra - o atleta realiza a repetição da técnica sozinho; Estático - técnica com um parceiro em uma posição estática; Dinâmico - técnica com um parceiro em movimento; Força - técnica contra 2 ou mais outros atletas, que tentam resistir à aplicação da técnica; Velocidade - técnica executada o mais rápido possível (Franchini; Takito, 2014). No presente estudo, essas variações do *Uchikomi* foram utilizadas para atender aos objetivos gerais das sessões, sendo que nas primeiras 3 semanas foram priorizados exercícios para desenvolver força e potência 3 vezes por semana. Já o *randori* em atletas olímpicos é realizado em todas as sessões e pode durar em média 60 minutos por sessão (Franchini; Takito, 2014). Durante as sessões de treinamento, o *randori* é o exercício que mais mimetiza a luta competitiva e, por ser composto de vários períodos de intermitentes de alta intensidade, altas concentrações de lactato sanguíneo pós-*randori* podem ser observadas (Franchini *et al.*, 2013). Além disso, foi demonstrado que diferentes organizações da relação esforço: pausa e volume total de *randori* podem ter diferentes impactos nas respostas psicofisiológicas de judocas durante o treinamento técnico-tático tradicional (Campos *et al.*, 2020). No presente estudo, o tempo máximo de *randori* por sessão atingiu 40 minutos com variações ao longo da semana na relação esforço: pausa para possivelmente impactar diferentes vias metabólicas. Esse menor tempo de *randori* pode ser devido ao nível dos atletas, que ainda precisam de mais tempo nos exercícios para o desenvolvimento técnico. A 4ª semana teve como objetivo oferecer um “polimento”. Por esse motivo, os treinadores reduziram o volume semanal total de *randori* e usaram técnicas mais leves, como o *tendoku*

renshu (exercício em que o atleta realiza movimentos de luta sozinho). Porém, para manter a intensidade, os exercícios de *randori* foram usados no formato de pontuação de ouro (*Golden Score*), onde o primeiro lutador que pontuar vence e, portanto, os atletas têm um tempo de *randori* menor.

Foi verificado que embora as primeiras 3 semanas de treinamento tivessem características semelhantes de carga externa, as respostas individuais de carga interna na 2ª e 3ª semana aumentaram significativamente quando comparadas à 1ª semana de treinamento. A carga interna pode ser considerada a resposta fisiológica do indivíduo à carga externa prescrita (Bourdon *et al.*, 2017). Tem sido amplamente observado que a carga interna é maior nos períodos preparatórios do que nos competitivos (Agostinho *et al.*, 2017) e que, quando bem administrado, provavelmente causa adaptações fisiológicas positivas. Este estudo aconteceu durante o período competitivo, mas apresentou cargas internas bem acima das relatadas na literatura (Agostinho *et al.*, 2017). Cargas internas mais altas associadas ao aumento do *Strain* indicam um maior estresse fisiológico e podem levar a respostas de desempenho negativas devido ao *overreaching* (Soligard *et al.*, 2016b). Apesar das altas cargas internas no presente estudo, as adaptações positivas de desempenho corroboram dados previamente relatados em que a manipulação adequada da progressão da carga interna permite adaptações positivas no desempenho do Judô (Agostinho *et al.*, 2015, 2017; Franchini *et al.*, 2015a, 2016).

Os atletas incluídos no presente estudo aumentaram seus valores de FMP durante o período de observação. A redução do FMP durante os combates oficiais é inversamente correlacionada com a eficiência do combate (Kons *et al.*, 2018), em que o aprimoramento da predominância da disputa de pegada através do aprimoramento do FMP pode resultar em uma maior probabilidade de sucesso e superioridade ao adversário (Julio *et al.*, 2018). Durante o mesociclo, várias cargas de treinamento são impostas ao atleta, mas a recuperação adequada fornece as condições para obter uma adaptação positiva e melhoria do desempenho. Franchini *et al.* (2015a) verificaram uma melhora na força máxima dos judocas ao longo de 8 semanas de periodização do treinamento de força linear e ondulatória. No entanto, outro estudo (Fukuda *et al.*, 2013) não identificou melhora na força de preensão manual durante um curto período de treinamento, e esse efeito pode ser devido a uma relação direta com a carga de treinamento ou mesmo com o nível de treinamento dos atletas. Nos dados do nosso estudo, o FMP demonstrou se adaptar positivamente em curto prazo. Por outro lado, o RFP não diferiu

ao longo das semanas de observação. Outros estudos encontraram uma melhora na resistência de força ao longo de períodos de treinamento mais longos (Franchini *et al.*, 2015b). É tentador especular que a resistência de força precisa de um tempo maior ou de um treinamento específico para que a adaptação positiva seja verificada.

Não surpreendentemente, o desempenho do SCM mostrou uma melhoria significativa na 4ª semana, coincidindo com uma redução significativa nas cargas externas e internas. O desempenho dos saltos verticais depende de mecanismos músculo-elásticos como o ciclo de alongamento-encurtamento (CAE), e essa capacidade de gerar força elástica potencial está relacionada a um maior número de arremessos e maior eficiência em uma luta de Judô (Detanico *et al.*, 2012; Kons; Franchini; Detanico, 2018). Provavelmente, a relação entre adaptações positivas no SCM e no treinamento de Judô se deve à necessidade de força muscular dos membros inferiores para a execução ótima das técnicas de Judô (Franchini; Artioli; Brito, 2013). Além disso, a redução na carga interna pode ter gerado um efeito adaptativo positivo semelhante a um período de polimento. Assim, os dados obtidos corroboram autores que demonstraram melhora do salto vertical em judocas após períodos de polimento, nos quais a melhora do desempenho é acompanhada por aumentos na relação testosterona-cortisol, função do sistema imunológico e percepção de recuperação (Papacosta; Gleeson; Nassis, 2013a).

Além disso, concomitante a melhora do desempenho durante o curto período de treinamento, o sistema nervoso autônomo apresentou mudanças significativas ao longo do processo de treinamento. Embora o LnRMSSD não tenha sido significativamente diferente ao longo das semanas, LnRMSSDcv foi reduzido no final do período de observação. A VFC responde negativamente a volumes exagerados de treinamento de Judô (Morales *et al.*, 2014); no entanto, quando bem equilibrada, a carga de treinamento não altera a atividade vagal cardíaca em curto prazo (Branco *et al.*, 2017), o que provavelmente explica os resultados do presente estudo. Porém, este é o primeiro estudo a observar no Judô que embora a carga interna tenha aumentado nas semanas 2 e 3, a flutuação diária da VFC (LnRMSSDcv) respondeu positivamente por meio de uma redução em seu valor. Este efeito foi demonstrado em outros esportes (Flatt; Howells, 2019; Nakamura *et al.*, 2018) em que a redução do LnRMSSDcv foi devido a uma redução no distúrbio autonômico induzido pelo treinamento e refletindo uma adaptação positiva à carga de treinamento implementada. Flatt and Howells (2019) observaram que LnRMSSD não variou substancialmente durante um período de

observação de 3 semanas, enquanto LnRMSSDcv mostrou ser um marcador de resposta ao treinamento mais sensível entre jogadores de nível de elite. No entanto, ainda é provável que LnRMSSD seja significativo a nível individual quando monitorado durante períodos crônicos de treinamento em jogadores de elite, pois reduções persistentes em LnRMSSD podem refletir um nível mais grave de má adaptação (Pichot *et al.*, 2000). A manutenção de um bom estado de hidratação no estudo atual é um fator importante, uma vez que a VFC pode ser afetada por alterações no volume plasmático devido ao barorreflexo e outros mecanismos regulatórios (Buchheit *et al.*, 2009). Assim, os resultados aqui obtidos demonstram que o LnRMSSDcv pode ser útil para monitorar a resposta positiva a diferentes cargas de treinamento em judocas.

O monitoramento da carga de treinamento é um processo cíclico. Assim, demonstramos nesse estudo que em 4 semanas de treinamento tradicional de Judô, a carga externa foi mantida constante por 3 semanas, o que levou a um aumento progressivo da carga interna e possibilitou adaptações positivas da força máxima de membros superiores e do sistema nervoso autônomo. O desempenho dos membros inferiores foi melhorado após a redução da carga externa e, conseqüentemente, da carga interna. Fechando o processo cíclico proposto, a ocorrência de uma resposta perceptiva positiva é corroborada pela manutenção do Índice de Bem-Estar. Uma interação adequada entre a carga externa e interna pode explicar os resultados observados. Esse equilíbrio permite um ajuste autonômico adequado, adaptações de desempenho positivas e uma recuperação psicofisiológica adequada.

3.5 Conclusão

Os resultados obtidos possibilitaram descrever em detalhes a carga externa em um período de treinamento tradicional de Judô e a resposta à carga interna. Desta forma, os treinadores podem usar essa prescrição como ponto de partida, bem como entender as respostas da carga interna, o que pode possibilitar comparações com dados obtidos por outras equipes. Curiosamente, o presente estudo demonstra que a manipulação do tempo total de *randori* pode levar à redução da carga interna e possivelmente possibilitar uma adaptação positiva na potência muscular dos membros inferiores. Assim, o registro da carga prescrita, especialmente o tempo de *randori* semanal total, pode ajudar os treinadores a planejar os períodos de redução nos períodos pré-competitivos. Outro ponto interessante, foram adaptações da força máxima de preensão manual em um curto período de tempo (3 semanas) ocorrendo apesar do aumento progressivo da carga interna e do *Strain*. Assim, embora mais investigações sejam necessárias para confirmar essa adaptação rápida, os treinadores podem

usar curtos períodos de progressão da carga de treinamento em períodos pré-competitivos com subsequente polimento, como feito neste estudo.

Em relação ao uso de diferentes variáveis para monitorar a resposta à carga de treinamento aplicada, demonstrou-se que as adaptações neuromusculares, fisiológicas e perceptivas podem apresentar diferentes cursos temporais. Assim, sugere-se monitorar mais de uma única variável ou monitorar mais de uma resposta psicofisiológica. Deve-se levar em consideração que o monitoramento da carga no Judô requer uma compreensão dos diferentes cursos de tempo das adaptações fisiológicas, neuromusculares e perceptivas. Assim, os treinadores podem usar essas informações para selecionar as melhores ferramentas para monitorar os efeitos da carga de treinamento nos judocas.

4 CAPÍTULO 2 – Efeitos de diferentes tipos de planejamento do treinamento nas respostas fisiológicas, perceptivas e desempenho em atletas de Judô de alto rendimento.

4.1 Introdução

A preparação de atletas de Judô para competições internacionais consiste de treinamentos fisiologicamente exigentes, envolvendo treinamentos técnicos, táticos e físicos, podendo chegar a 24 horas semanais de treinamento (Franchini; Takito, 2014). Além disso, os judocas Olímpicos competem em média 8 competições internacionais em um ano, com um calendário muitas vezes congestionado entre competições nacionais e internacionais (Franchini *et al.*, 2017). Para se manter em alto nível competitivo, judocas de alto rendimento precisam lidar com elevadas cargas de treinamento semanais e um calendário competitivo denso. Dessa maneira, torna-se essencial o entendimento das possibilidades de gerenciamento e planejamento das cargas de treinamento e dos processos de recuperação específicos da modalidade.

O modelo de Periodização em Blocos tem sido constantemente estudado dentre as possibilidades de planejamento das cargas de treinamento, devido a sua possibilidade de implementação em períodos curtos de treinamento, por exemplo em 6 a 12 semanas, possibilitando vários ciclos ao longo do ano (Issurin, 2010). Nesse modelo, propõe-se o desenvolvimento consecutivo, mas não simultâneo de capacidades físicas direcionadas. Cada mesociclo (bloco) inclui cargas de treinamento altamente concentradas e direcionadas a um número mínimo de meios de treinamento. O desenvolvimento consecutivo, visa a interação e a superposição entre os blocos (Issurin, 2016).

Um estudo prévio investigou o efeito da periodização em blocos ao longo de 13 semanas, e identificou-se melhorias no desempenho específico de Judocas, mensurado pelo Special Judo Fitness Test (SJFT), embora não tenham sido observado aumento do desempenho de potência muscular no salto com contramovimento (Marques *et al.*, 2017). Contudo, outros modelos de planejamento de cargas, como o ondulatório, também demonstram aumentos significativos da força e do SJFT (Franchini *et al.*, 2015c). Apesar das melhorias promovidas no SJFT sob estas diferentes estratégias de periodização do treinamento, é desafiador o planejamento das cargas de treino dos judocas devido à concorrência das capacidades físicas que precisam ser simultaneamente desenvolvidas em atletas de judô, como força, potência muscular e capacidade aeróbica (Franchini *et al.*, 2013). Por exemplo, Franchini *et al.* (2015b) utilizaram um planejamento em blocos durante 18

semanas, e por sua vez, não foram observadas melhorias no SJFT, sendo justificado o resultado devido à piora da potência aeróbia durante o estudo (Franchini *et al.*, 2015b). Assim, o desafio dos modelos de planejamento no Judô tem sido pautado em lidar com o desenvolvimento de diferentes capacidades físicas devido à concorrência entre os estímulos realizados no treinamento.

Dentro dessa complexidade do planejamento das cargas de treino dos atletas de Judô, alguns estudos verificaram o efeito da manipulação do volume de treino de *randori* (simulação de luta). Um deles observou que períodos de intensificação e redução (*tapering*) do volume de *randori* semanal, por si só já seriam suficientes para alterar as respostas de desempenho, aumentando o desempenho de potência após o *tapering* sem alteração significativa do SJFT (Papacosta; Gleeson; Nassis, 2013b). Sabe-se que, a manipulação do tempo de *randori* e de sua característica geram distintas respostas de recuperação após as sessões de treinamento no Judô (Campos *et al.*, 2020; Detanico *et al.*, 2015; Kons *et al.*, 2018). Nesse sentido, o planejamento de cargas no Judô, não deveria levar em consideração somente a organização das capacidades físicas nas sessões de preparação física, mas também a organização da carga de *randori* ao longo das sessões técnico-táticas.

Contudo, para que haja um ajuste adequado da carga de treinamento faz-se necessário o monitoramento de indicadores biológicos de fadiga, recuperação e desempenho (Gabbett *et al.*, 2017). Variáveis como a força muscular demonstram sensibilidade à variações significativas da carga de treinamento e estratégias de recuperação no Judô (Papacosta; Gleeson; Nassis, 2013b), mas precisa ser elucidada a relação entre os biomarcadores fisiológicos, em especial fatores inflamatórios e autonômicos, com o desempenho físico em situações de períodos intensificados da carga e de *tapering* no Judô. Um desses biomarcadores fisiológicos é a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), considerada como um parâmetro para avaliar a ação do sistema nervoso autônomo (SNA) sobre a função cardíaca, e tem sido utilizada como indicador da capacidade do indivíduo assimilar as cargas de treinamento e competição a ele impostas, possibilitando otimizar as adaptações provenientes do treinamento físico (Javaloyes *et al.*, 2019; Nuuttila *et al.*, 2017; Vesterinen *et al.*, 2016). Além disso, alterações do SNA – mensuradas pela VFC – estão relacionadas a alterações no quadro inflamatório sistêmico (Tracey, 2002). Ou seja, é provável que variáveis autonômicas e inflamatórias possam ser indicadores associados a respostas positivas ou negativas de desempenho, principalmente quando os atletas são submetidos a períodos intensificados de treinamento.

Entende-se que fatores como, a necessidade de alta demanda fisiológica de treinamento de um(a) judoca, o denso calendário competitivo, o comportamento da recuperação dos atletas ao longo das diferentes cargas de treinamento e competitivas, irão impactar em todo o processo de planejamento dos treinamentos. Contudo, a literatura atual que verificou diferentes formas de planejamento do treinamento de judocas não leva em consideração diferentes variáveis de monitoramento da carga e recuperação (Agostinho *et al.*, 2017; Franchini *et al.*, 2015a, 2015b; Marques *et al.*, 2017; Ullrich *et al.*, 2016). Não é do nosso conhecimento estudos que investigaram o impacto em curto prazo da associação de estratégias de intensificação do volume de *randori* com blocos de desenvolvimento de diferentes capacidades físicas nos biomarcadores de fadiga, na recuperação e nas adaptações neuromusculares de judocas. Tal estratégia de distribuição de cargas de treinamento poderia constituir em uma alternativa de planejamento do treinamento, principalmente considerando-se a especificidade da modalidade e sua inerente característica do calendário congestionado de competições.

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é verificar o desempenho físico, indicadores biológicos e perceptivos de recuperação em resposta a um planejamento de treinamento em blocos e ondulatório associado a períodos de sobrecarga de *randori*, sucedido por um período de *tapering*, em atletas de judô de alto rendimento. Hipotetiza-se que o planejamento em blocos, teria uma elevação do desempenho superior ao grupo que treinaria as capacidades físicas em um formato ondulatório. Em um aspecto secundário, hipotetiza-se que o tipo de planejamento em blocos desencadeará respostas de desempenho físico mais elevadas e uma recuperação mais tardia.

4.2 Métodos

Cuidados éticos

Foram respeitadas todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (Res. 466/12) envolvendo pesquisas com seres humanos. O estudo foi aprovado no Comitê de Ética do órgão responsável onde ocorreu a pesquisa (CAAE: 51970721.7.0000.5435). Os voluntários receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) explicando todos os riscos e benefícios da pesquisa e os procedimentos utilizados. Em nenhum momento foi divulgada a identidade durante a publicação dos dados, e o voluntário poderia retirar-se da pesquisa a qualquer momento sem justificativa e/ou constrangimento.

Cálculo amostral e Amostra

Para esse estudo foi realizado um cálculo amostral, considerando os seguintes parâmetros: $\alpha = 0,05$, um poder $(1-\beta) = 0,80$ com um tamanho do efeito de 0,70. O número mínimo obtido para a amostra foi de 14 sujeitos, contudo considerando uma possível perda amostral de cerca de 25% comum a estudos com esta característica, o número de sujeitos foi ajustado para 20 sujeitos. Portanto, 20 atletas de judô de ambos os sexos (16 homens e 2 mulheres; $20,2 \pm 2,4$ anos; $71,35 \pm 8,7$ kg; $170,9 \pm 7,0$ cm; $8,6 \pm 5,0$ % gordura) compuseram o estudo. Os sujeitos foram subdivididos em dois grupos de maneira aleatória através de sorteio em uma planilha de Excel, Grupo Periodização Ondulatória (GPO $n = 10$) e Grupo Periodização em Blocos (GPB $n = 10$).

Participaram do estudo atletas competindo em alto rendimento a no mínimo 2 anos, registrados na entidade nacional reguladora do esporte e que não estivessem em tratamento fisioterápico que o impedissem de cumprir a totalidade da carga de treinamento proposta pela comissão técnica.

Foram excluídos do estudo aqueles que se lesionaram durante o período do estudo e também aqueles não participaram de no mínimo 95% das coletas propostas. Dessa forma, iniciamos o estudo com 10 atletas em cada grupo, tendo uma perda amostral de 1 sujeito em cada grupo. 1 sujeito do GPO apresentou lombalgia aguda ao final da segunda semana de treinos e 1 sujeito do GPB apresentou sinais de *overtraining* (lombalgia, dores e cansaço extremo, gripe, perda de apetite e alteração do sono) não conseguindo finalizar a segunda semana de treinos (Meeusen *et al.*, 2013). Respeitando os devidos cuidados éticos, os atletas lesionados foram conduzidos a avaliações médicas e realizaram tratamentos fisioterápicos, sendo acompanhados ao longo de todo estudo.

Dessa forma, compuseram a amostra final do estudo, atletas faixas preta de diferentes níveis competitivos. No grupo GPB ($n = 9$) foram 3 atletas de nível estadual, 3

atletas de nível nacional e 3 atletas de nível internacional. No grupo GPO ($n = 9$) foram 3 atletas de nível estadual, 2 atletas de nível nacional e 4 atletas de nível internacional.

Delineamento Experimental

Para atender aos objetivos propostos, foi realizado um ensaio clínico randomizado. Foram realizados testes de desempenho físico geral, desempenho específico no Judô, e coletas sanguíneas em dois grupos submetidos a diferentes tipos de treinamento físico ao longo de 4 semanas (Figura 4).

Os indivíduos foram divididos em 2 grupos que realizaram 4 semanas de treinamentos: o grupo planejamento em blocos (GPB) e o grupo planejamento ondulatório (GPO). O GPB realizou um primeiro bloco de 2 semanas de treinos voltados para força máxima, e um segundo bloco de 2 semanas com treinamentos voltados para potência muscular. O GPO realizou ao longo das 4 semanas o mesmo tipo de treinos físicos alternando diariamente treinos de força máxima e potência muscular. Ao longo das 4 semanas, ambos os grupos realizavam 2 sessões de treino diárias. Pela manhã era realizada a preparação Física (segunda a sábado), e durante a tarde, ambos os grupos realizavam os mesmos treinos técnico-táticos de judô (segunda a sexta-feira).

As avaliações fisiológicas e de desempenho foram realizadas antes do início do estudo, na metade do estudo (2 semanas) e ao final do estudo (4 semanas).

Ao longo do estudo, a variabilidade da frequência cardíaca foi monitorada 3 vezes por semana, e a resposta perceptiva de bem-estar e de percepção de esforço foram monitoradas diariamente, antes e após cada sessão de treino. O desempenho físico (Salto com contramovimento e Força Máxima Isométrica) foi monitorado semanalmente, todas as segundas-feiras antes da primeira sessão de treino da semana.

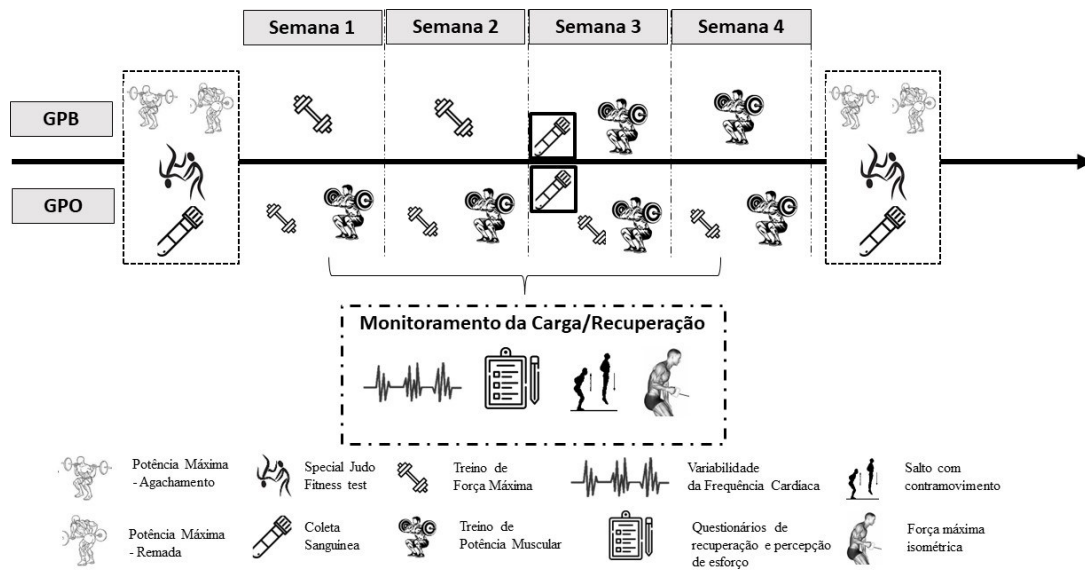


Figura 4 – Delineamento Experimental Estudo 2

Protocolos de Treino

Ambos os grupos realizavam 6 sessões de treino de força por semana no período da manhã (Tabela 3). As sessões de força máxima seguiram as prescrições recomendadas pela literatura (Franchini *et al.*, 2015c), sendo compostas por exercícios básicos em 4 séries de 3 a 5 repetições máximas, sendo a carga reajustada a cada sessão para alcance da falha muscular. As séries eram interrompidas quando o atleta não conseguisse completar a fase concêntrica do movimento. Nas sessões de potência muscular foram utilizados exercícios tradicionais do levantamento de peso olímpico (LPO), exercícios balísticos e exercícios pliométricos (Tabela 3), com 4 séries de 2 a 6 repetições com intensidades variando de 30% a 80% do peso corporal (Haff; Nimphius, 2012; Loturco *et al.*, 2021).

Tabela 3 – Treinos de Força

Força máxima		Potência Muscular	
Exercícios	Carga de Treinamento	Exercícios	Carga de Treinamento
• Supino • Remada Curvada com barra • Desenvolvimento com barra • Agachamento • Elevação Pélvica • Afundo	4 séries - 5/4/3/3 RMs - 2 minutos de pausa	• <i>Snatch balance</i> • <i>Clean and Jerk</i>	2 x 6 repetições - 30% da MC - 1 min de pausa
		• <i>Clean</i>	4 séries - 4/4/3/2 repetições - Intensidade de 30%/50%/80% da MC
		• <i>Split Jerk</i> • <i>Snatch</i>	1 min de pausa
		• <i>Drop Jump</i>	4 séries de 6 repetições na altura ótima - 1 min de pausa
		• Arremesso de <i>Medicine ball</i> em pé • Agachamento com salto	4 séries de 6 repetições com 10% da MC
• Barra Isométrica no <i>Judogi</i>	5 séries de 30 segundos com 10% da MC	• <i>Uchikomi</i> no elástico	1 min de pausa
		• Barra fixa	4 séries de 6 repetições em velocidade máxima - 1 min de pausa

Legenda – Snatch balance, Clean and Jerk, Split jerk, Snatch – movimentos de LPO; Drop Jump – Salto em profundidade; Uchikomi – movimento de repetição das técnicas do Judô; Judogi – vestimenta do Judô; MC – Massa Corporal; RMs – Repetições Máximas.

Os meios de treinamento utilizados nas sessões foram registrados pelos treinadores conforme catálogo de atividades específico da modalidade (Pedrosa *et al.*, 2016). Assim, registrava-se o objetivo da sessão, os exercícios preparatórios utilizados, o tipo de *randori* utilizado na sessão técnico-tática, sua respectiva duração e pausa. Os treinadores prescreveram nas 2 primeiras semanas uma maior duração semanal de *randori*, e nas últimas 2 semanas prescreveram uma menor duração semanal de *randori* semelhante ao utilizado no período pré-competitivo.

Como o registro da carga de treino técnico-tático desses atletas já era habitual dentro da equipe, foi solicitado aos treinadores o histórico de cargas de *randori* da equipe ao longo do ano do estudo.

Para avaliação específica dos atletas foi utilizado o Special Judo Fitness Test - SJFT (Franchini; Del Vecchio; Sterkowicz, 2009), que consiste em dois *Ukes* (pessoa que será projetado) com massa corporal semelhante à do executante, separados a uma distância de 6 metros e um *Tori* (pessoa que executará a projeção) distanciado 3 metros de cada *Uke*. Ao sinal sonoro o *Tori* deve correr em direção ao *Uke* e executar a projeção *ippon-seoi-nague* e imediatamente correr em direção ao outro *Uke* executando a mesma projeção. O *Tori* devia executar o maior número de projeções possíveis no tempo determinado. O teste é dividido em três séries (A,B,C) sendo que cada série é separada por um período de recuperação de 10 segundos. A primeira série (A) dura 15 segundos e as outras duas (B,C) têm duração de 30 segundos. A frequência cardíaca (FC) foi registrada imediatamente ao final (FC_{final}) do teste e após um minuto de intervalo (FC_{1min}) por meio de um frequencímetro (Polar H9, Finland). Para determinar o desempenho no SJFT, foi calculado o Índice (I_{SJFT}) de desempenho de acordo com uma equação específica para esse teste. Nesta equação, é realizada a soma da FC_{final} a FC_{1min} , sendo o valor resultante dividido pela soma do número total de projeções executados nas três séries. Nesse teste, quanto menor o I_{SJFT} , maior será o desempenho, seguindo a classificação proposta pela literatura [$I \leq 11,73$ – Excelente; $I 11,74 - 13,03$ – Bom; $I 13,04 - 13,94$ – Médio; $I 13,95 - 14,84$ – Ruim; $I \geq 14,85$ – Muito Ruim] (Franchini; Del Vecchio; Sterkowicz, 2009).

Coleta Sanguínea

As coletas sanguíneas foram realizadas em ambiente previamente preparado para este fim. A punção venosa foi realizada sempre nas segundas-feiras a partir das 08:00 da manhã com os atletas estando à 48 horas sem atividades físicas prévias. A coleta sanguínea não foi realizada em jejum, mas foi solicitada que os mesmos mantivessem sua rotina alimentar semelhante ao longo do estudo. Foram coletadas duas amostras de sangue da veia mais proeminente do antebraço, garroteada. A punção foi realizada com agulha de coleta à vácuo conectado a um canhão de inserção onde foi inserido dois tubos de 4 mL, um contendo EDTA para coleta de sangue total e outro contendo ativador de coágulo e gel de separação para obtenção do soro. A amostra de sangue total coletada em EDTA foi alíquotada e armazenada a -80°C até a análise. A segunda amostra foi centrifugada (10 min; 3500rpm; à 4°C) e em seguida o soro foi armazenado à -80°C . Cerca de 10 dias após a coleta, foram analisados os níveis de Creatina Kinase (CK), níveis de citocinas (IL6, IL10, TNF- α) e hormônios (Cortisol) através de ensaios imunoenzimáticos (ELISA), utilizando-se kits específicos da empresa R&D Systems (Minneapolis, MN, EUA).

Variabilidade da Frequência Cardíaca

Para mensuração desta variável os voluntários permaneceram sentados por cinco minutos e foram instruídos a permanecerem calmos, com a respiração normal, em silêncio e com o mínimo de movimentação corporal. Para aquisição dos dados foi utilizado um cardiófrequencímetro (Polar® H9, Kempele, Finlândia) com frequência de aquisição 1000 Hz continuamente por 5 minutos, sendo desconsiderado os 2 primeiros minutos de análise. Esta frequência de aquisição é a sugerida para captação do intervalo R-R (Task Force, 1996). O cardiófrequencímetro foi conectado a um smartphone via *bluetooth* e os dados de VFC analisados pelo aplicativo previamente validado Elite HRV (Moya-Ramon *et al.*, 2022). Foram extraídos desse aplicativo os dados de VFC e registrados em uma planilha para posterior análise.

No presente estudo foram realizadas análises no domínio do tempo, sendo registrado e analisado a raiz quadrada média das diferenças sucessivas ao quadrado entre RR adjacentes (RMSSD). O RMSSD é assumido como um indicador da atividade do sistema nervoso parassimpático e é considerado o melhor índice para o monitoramento de atletas, por não ser influenciado pela frequência respiratória e ter um baixo coeficiente de variação (Esco; Flatt, 2014).

Salto com contramovimento

O salto com contra movimento foi realizado em uma superfície plana e firme, gravado em um iPad 2 (Frame Rate 60 fps, 1080 p video, Apple Inc, Cupertino, CA, USA) e a altura de salto avaliada pelo aplicativo, previamente validado, *My Jump*® (Gallardo-Fuentes *et al.*, 2016). O aplicativo avalia a altura de salto pelo tempo de voo (ms), através da seguinte equação (Bosco; Luhtanen; Komi, 1983):

$$\text{Altura (m)} = (g \times \text{tempo}^2)/8 \text{ onde } g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Para realização do teste, o atleta posicionava-se em frente ao tripé em que era posicionado o Ipad, estando com os pés paralelos, as mãos apoiadas na altura da crista ilíaca, cabeça erguida e olhar para frente. Os atletas foram instruídos a não retirar as mãos dessa posição em nenhum momento durante o salto, e manter os joelhos estendidos durante a fase de voo. Ao ouvir o comando de “saltar”, o indivíduo flexionava o joelho até amplitude que se sentia mais à vontade, saltando imediatamente na vertical o mais alto possível. Durante foram considerados para análise somente os saltos que respeitaram estes requisitos. Para a análise do

desempenho de saltos foram realizadas cinco tentativas e utilizada a média dos três valores mais próximos do limite superior (Claudino *et al.*, 2017a).

Teste de Produção Máxima de Potência Propulsiva Média

A potência máxima foi determinada através do *linear encoder* (Ergonauta I®, Ergonauta, Brasil) acoplado a barra, com seu respectivo aplicativo capaz de medir a velocidade na barra e calcular automaticamente a potência produzida. O procedimento para determinar a potência máxima consistiu em duas etapas básicas: (1) iniciar a avaliação com os atletas realizando 2 repetições em velocidade máxima a 30% massa corporal (no exercício Remada) ou 40% da massa corporal (no exercício Agachamento) e (2) fornecer incrementos progressivos de 5% da massa corporal (nos exercícios para membros superiores) ou 10 % da massa corporal (nos exercícios de membros inferiores) em cada série, até que uma clara diminuição (mínimo de 5%) na produção de potência fosse consistentemente observada. O intervalo de descanso permitido entre as séries de exercícios foi de 3 a 5 minutos. Foi registrado a carga correspondente à potência máxima obtida durante o teste para cada um dos exercícios (Loturco *et al.*, 2021).

Carga Interna

Ao final de cada treino o atleta reportava um valor na escala de PSE-sessão que abrange o intervalo de 0-10, sendo o número 0 representando o repouso e o número 10 representando o esforço máximo. A partir deste resultado, foi calculado a Carga interna de treinamento produzida pela sessão, determinada pelo produto entre o número respondido pelo atleta na escala e a duração do treinamento em minutos. O valor resultante deverá ser expresso em unidades arbitrárias (Borg; Hassmén; Lagerström, 1987; Foster, 1998b). Dessa forma, foram registradas as unidades arbitrárias de cada sessão de treinamento, e ao final da semana somadas as cargas individuais a fim de acompanhar a carga interna total da semana.

Como o registro da carga interna desses atletas já era um hábito dos mesmos, foi solicitado aos treinadores o histórico de cargas internas da equipe ao longo do ano do estudo. Foram utilizados os dados históricos para calcular os percentis, mas foram utilizados para análise os dados de carga interna correspondentes as semanas do estudo.

Questionário de Bem Estar

Um questionário percepção de bem-estar, que compreende a percepção da qualidade do sono, percepção de estresse, humor, fadiga muscular e dor muscular foi utilizado para

coletar dados das medidas subjetivas de bem-estar relatadas. Cada questão foi pontuada em uma escala de 5 pontos em que “5” e “1” representam classificações de bem-estar “muito, muito bom” e “muito, muito ruim”, respectivamente. O Índice de Bem-Estar, foi calculado pela soma de seus quatro subconjuntos (Rabbani *et al.*, 2019).

Teste de Força Máxima isométrica

O teste de força isométrica máxima na remada foi avaliado com os judocas sentados, cotovelo flexionado a 90° realizando um movimento de extensão de ombros. Os atletas tracionaram o dinamômetro (Kratos Ltda®) durante 3 tentativas de esforço máximo por 5 segundos com a mão dominante e 60 segundos de descanso entre as tentativas (Bonitch-Góngora *et al.*, 2013). O valor foi expresso em termos absolutos (Kgf). O maior valor das 3 tentativas foi assumido como a força isométrica máxima.

Análise Estatística

As variáveis quantitativas foram descritas como média $\pm$ desvio padrão. Antes das análises inferenciais, a normalidade e a homocedasticidade dos dados foram testadas pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. Os dados que não apresentarem normalidade foram transformados em seu logaritmo natural.

Além da comparação das médias, analisou-se as variações percentuais para as variáveis de recuperação e desempenho (VFC, Bem-Estar, CMJ e Força Isométrica). Foi utilizado para comparação, o período intermediário de duas semanas em relação ao período inicial ($\Delta\%$ INT) e também as variações entre pós-teste com o pré-teste ($\Delta\%$ POS). Para o cálculo utilizou-se a seguinte equação:

$$\Delta\% = (Pós - Pré)/Pré * 100$$

Para as variáveis quantitativas, foi realizada uma ANOVA de dois fatores de medidas repetidas (tempo x grupo) para todas as variáveis fisiológicas, neuromusculares e de carga. Se necessário, o *post hoc* de Bonferroni foi utilizado.

Para as variáveis categóricas (PSE, Fadiga, Stress, Humor, Sono, Dor muscular), os dados foram descritos em percentuais de respostas por cada nível da escala e posteriormente comparada a dispersão dos valores entre grupos através do teste de qui-quadrado.

O tamanho do efeito d de Cohen (TE) foi calculado para avaliar a magnitude da diferença entre os momentos e grupos experimentais. Os valores de TE foram considerados pequenos ($TE < 0,5$), moderados ($0,5 < TE < 0,8$) e grandes ($TE \geq 0,8$) (Hopkins *et al.*, 2009). Foi estabelecido um nível de significância de $\alpha \leq 0,05$ utilizado para todas as análises inferenciais. Todos os dados foram analisados e plotados usando o pacote estatístico Graph Pad Prism TM (versão 5.0, GraphPad *Software*, San Diego, CA, EUA).

4.3 Resultados

Monitoramento da Carga

Os treinadores reportaram todos os meios de treinamento utilizados durante o treinamento técnico-tático (Tabela 4 – Anexo 4), e a carga semanal de *randori* ao longo das 4 semanas está descrita na Tabela 5. Ao analisar o percentil 90 e 50 (P₉₀; P₅₀) das cargas

semanais de *randori* dessa equipe ao longo do ano do estudo, encontramos um valor de 181,8 minutos para o P₉₀ e um valor de 123 minutos para o P₅₀, ou seja, a carga atingida durante a semana 3 e 4 para ambos os grupos foram inferiores ao P₅₀ no histórico de cargas da equipe, cumprindo o objetivo de 2 semanas de redução da significativa da carga de *randori*.

Tabela 5 – Carga semanal de Randori

	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Randori				
Semanal	145	140	108	120
(min)				

A frequência de distribuição das respostas de PSE em cada treino (Figura 5) não apresentou diferenças significativas entre grupos após o treino físico ($p= 0,09$) nem nas respostas após o treino técnico-tático ($p= 0,70$).

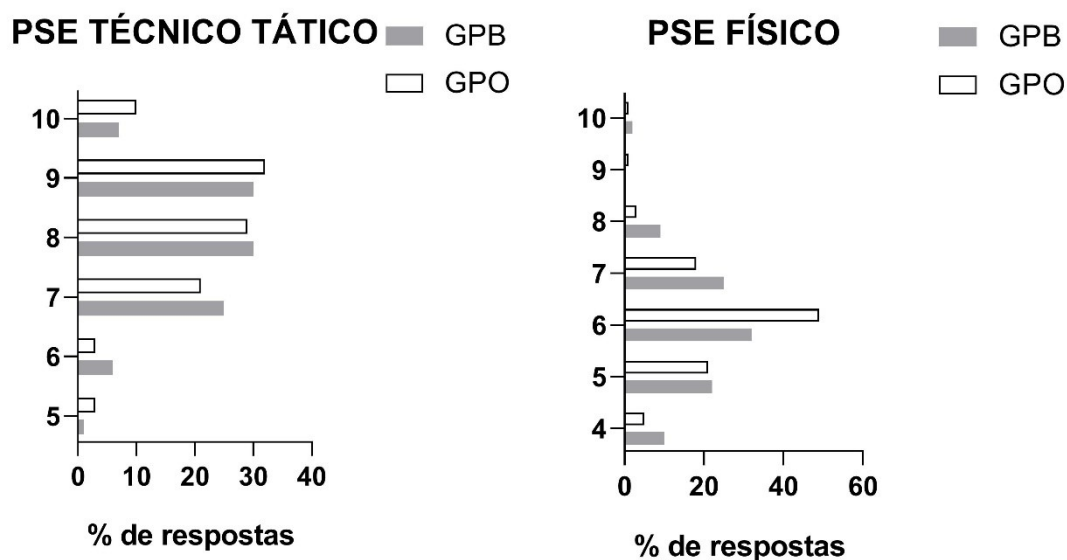


Figura 5 – Percepção de Esforço da sessão. Dados descritos em frequência de respostas para cada ponto da escala. Dados analisados através do teste de Qui-Quadrado.

A carga interna apresentou interação tempo x grupo significativa ($F: 4,24; p = 0,02$; Figura 6A), sendo que a Semana 1 e 2 de ambos os grupos ($GPO_{SEM1}: 8313,75 \pm 1147,13$ U.A.; $GPO_{SEM2}: 7376,25 \pm 1904,76$ U.A.; $GPB_{SEM1}: 8193,33 \pm 983,66$ U.A.; $GPB_{SEM2}: 7073,33 \pm$

888,27 U.A) apresentaram maiores valores comparados às semana 3 e 4 (GPO_{SEM3}: 5453,75 ± 1739,81 U.A; GPO_{SEM4}: 5498,75 ± 1970,22 U.A; GPB_{SEM3}: 6465,55 ± 960,20 U.A; GPB_{SEM4}: 6212,22 ± 2377,86 U.A; $p < 0,05$; TE:4,39). Contudo não houve diferença significativa entre os grupos ao longo das semanas (F: 0,20; $p = 0,66$). Ao analisar o percentil 90 e 50 (P₉₀; P₅₀) das cargas internas dessa equipe ao longo do ano do estudo, encontramos um valor de 6744 U.A para o P₉₀ e um valor de 4660 U.A. para o P₅₀, ou seja, a carga atingida durante a semana 1 e 2 para ambos os grupos superaram o P₉₀ no histórico de cargas da equipe. Contudo, quando analisadas a semana 3 e 4 do grupo GPB, apesar da redução de aproximadamente 25% na carga interna (GPB_{sem1} comparada a GPB_{sem4}), essa carga manteve-se em patamares próximos ao P₉₀, enquanto o grupo GPO teve a média mais próxima do P₅₀.

Em relação a VFC, quando analisados os valores médios do seu logaritmo natural, não foi encontrado efeito de interação significativa (Figura 6D - F: 0,50; $p = 0,64$). Contudo, quando analisado o Coeficiente de Variação da VFC (Figura 6B), verificou-se um efeito principal de grupo (F: 5,39; $p = 0,04$; TE 0,59), com maiores valores para o GPB em comparação com o GPO (10,3 ± 4,3 % vs. 7,8 ± 4,1 %), sem que houvesse uma interação significativa (F: 2,08; $p = 0,16$). Os dados de percepção de recuperação através do questionário de bem-estar demonstraram um efeito principal de tempo (F: 5,65; $p = 0,01$; TE: 0,48), sem que houvesse uma interação significativa (F: 0,25; $p = 0,79$) ou efeito principal de grupo (F: 1,16; $p = 0,31$). Ao avaliar a aptidão motora para uma nova carga semanal através dos testes de desempenho, o salto com contramovimento (Figura 6E) não apresentou interação significativa (F: 1,66; $p = 0,30$) nem efeitos principais de tempo (F: 3,89; $p = 0,09$) e grupo (F: 1,88; $p = 0,20$) ao longo das 4 semanas. Respostas similares foram obtidas no Teste de Força Máxima Isométrica de Remada (Figura 6F), que também não apresentaram efeito de interação significativa (F: 3,05; $p = 0,15$), tampouco efeitos principais de tempo (F: 0,80; $p = 0,15$) e grupo (F: 3,34; $p = 0,10$) ao longo das 4 semanas.

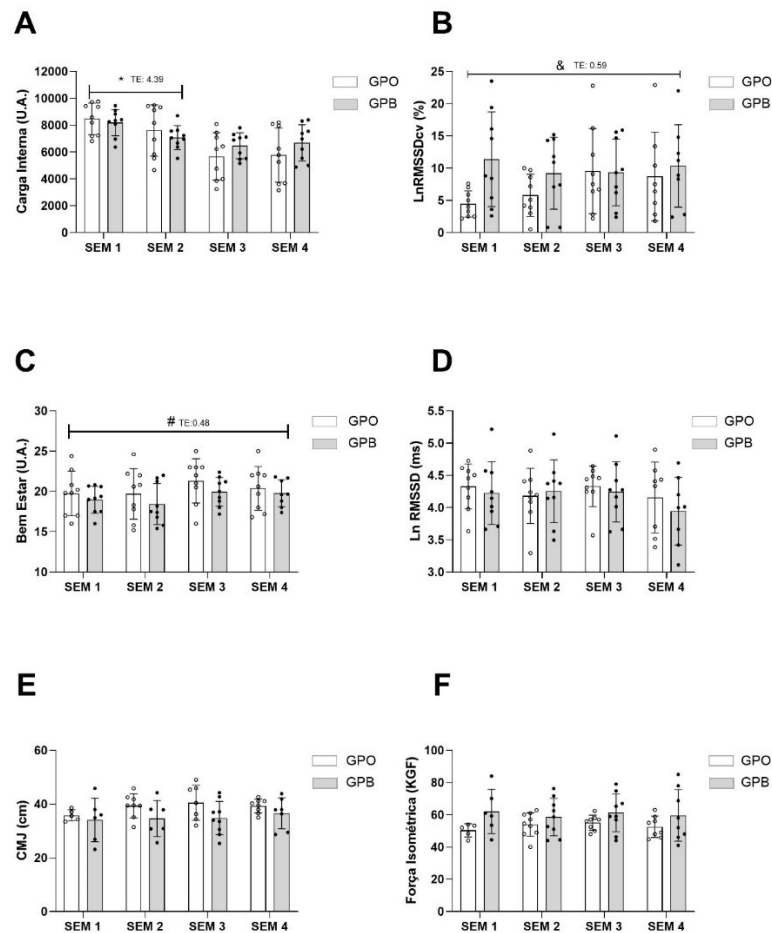


Figura 6 – Monitoramento de indicadores biológicos, perceptivos e de desempenho. Dados descritos em média $\pm$ desvio-padrão. Dados analisados através do teste de ANOVA – 2 fatores com *post hoc* de Bonferroni. **Painel A**; * Semana 1 e 2 comparada a semana 3 e 4, $p < 0,05$; Tamanho do Efeito (TE): Semana 1 e 2 comparada a semana 3 e 4. **Painel B**; & efeito principal de grupo $p = 0,04$; Tamanho do Efeito (TE): GPO comparado ao GPB. **Painel C**; # efeito principal de tempo $p = 0,01$; Tamanho do Efeito (TE): Semana 1 e 2 comparada a semana 3 e 4.

Em relação as variações percentuais do LnRMSSD (Figura 7A), não foi verificada interação significativa ($F: 0,002$; $p = 0,96$), mas foi verificado efeito principal de tempo ($F: 5,17$; $p = 0,05$). Ao analisar o tamanho do efeito, ambos os momentos apresentaram valores pequenos de variação ($\Delta\%INT: 0,09$; $\Delta\%POS: 0,07$). Os dados de Bem-Estar não apresentaram interação significativa (Figura 7B - $F: 1,25$; $p = 0,29$), nem efeitos principais de grupo ($F: 0,36$; $p = 0,56$) ou tempo ($F: 3,86$; $p = 0,08$). Quando analisado o tamanho do efeito, ambos os momentos apresentaram valores pequenos ($\Delta\%INT: 0,26$; $\Delta\%POS: 0,03$) de variação em relação ao PRE.

Os dados de CMJ não apresentaram interação significativa (Figura 7C - $F: 4,98$; $p = 0,056$), nem efeitos principais de grupo ($F: 1,11$; $p = 0,32$) ou tempo ($F: 0,81$; $p = 0,39$), mas

ao comparar o tamanho do efeito entre grupos, o momento INT apresentou valor médio (GPO_{INT}: $5,77 \pm 14,23$ % GPB_{INT}: $-3,56 \pm 11,81$ % TE = 0,69). Os dados de Força isométrica também não apresentaram efeito de interação significativa (Figura 7C - F: 0,07; $p = 0,79$), nem efeito principal de tempo (F: 1,36; $p = 0,27$), mas houve efeito principal de grupo (F: 5,87; $p = 0,04$). Ao comparar o tamanho do efeito entre grupos, o momento INT apresentou valor alto (GPO_{INT}: $10,12 \pm 10,21$ % GPB_{INT}: $0,22 \pm 09,52$ % TE = 1,05), enquanto o momento POS apresentou valor médio (GPO_{POS}: $6,87 \pm 15,02$ % GPB_{POS}: $-3,25 \pm 14,00$ % TE = 0,69).

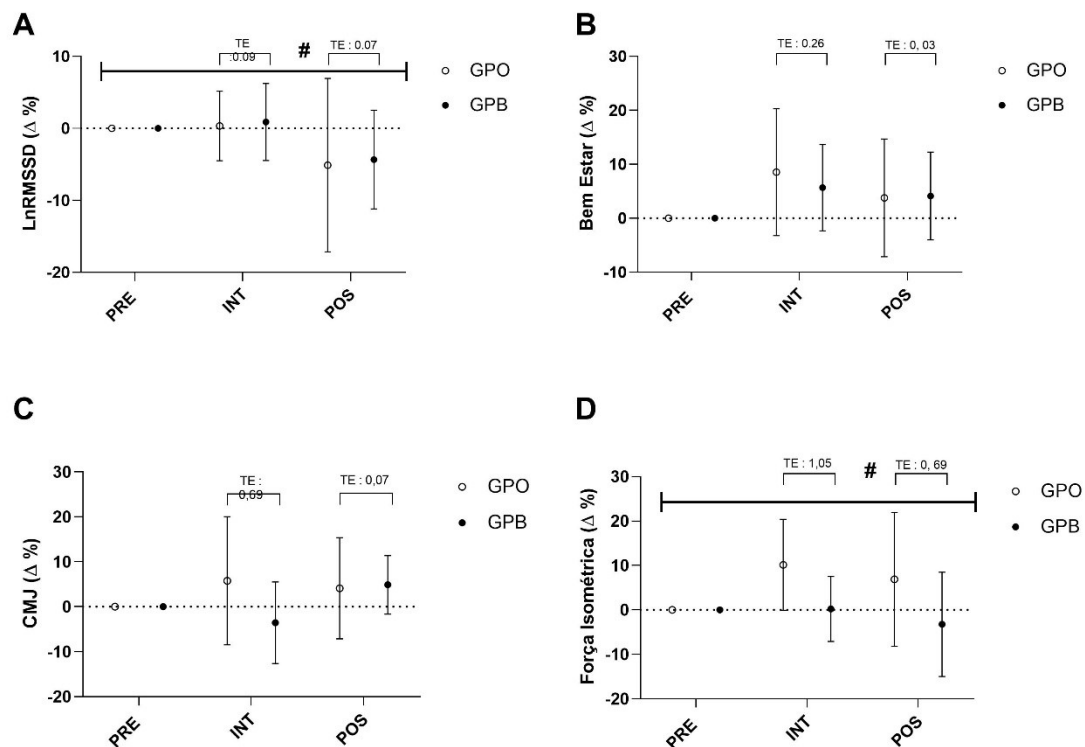


Figura 7 – $\Delta\%$ de indicadores biológicos, perceptivos e de desempenho. Dados descritos em média $\pm$ desvio-padrão. INT: 15 dias após o início do estudo. Dados analisados através do teste de ANOVA – 2 fatores com *post hoc* de Bonferroni. **Painel A**; # efeito principal de grupo $p = 0,05$. **Painel D**; # efeito principal de grupo $p = 0,04$. Tamanho do Efeito (TE): GPO comparado ao GPB para cada momento.

Em relação às respostas do questionário de bem-estar (Figura 8), a distribuição das respostas de fadiga apresentou diferença significativa ($p = 0,0005$), sendo que ao comparar os extremos da escala, o grupo GPO apresentou maior frequência no nível 5 – “muito descansado” (GPO = 26%; GPB = 9%), enquanto que ao comparar a quantidade de resposta no nível 2 da escala – “mais cansado que o normal”, houve uma maior frequência de respostas para o grupo GPB (GPO = 6%; GPB = 21%). As demais variáveis dor muscular ($p = 0,34$),

sono ($p = 0,90$), stress ($p = 0,65$) e humor ($p = 0,37$) não apresentaram diferença significativa na distribuição das respostas (Figura 8).

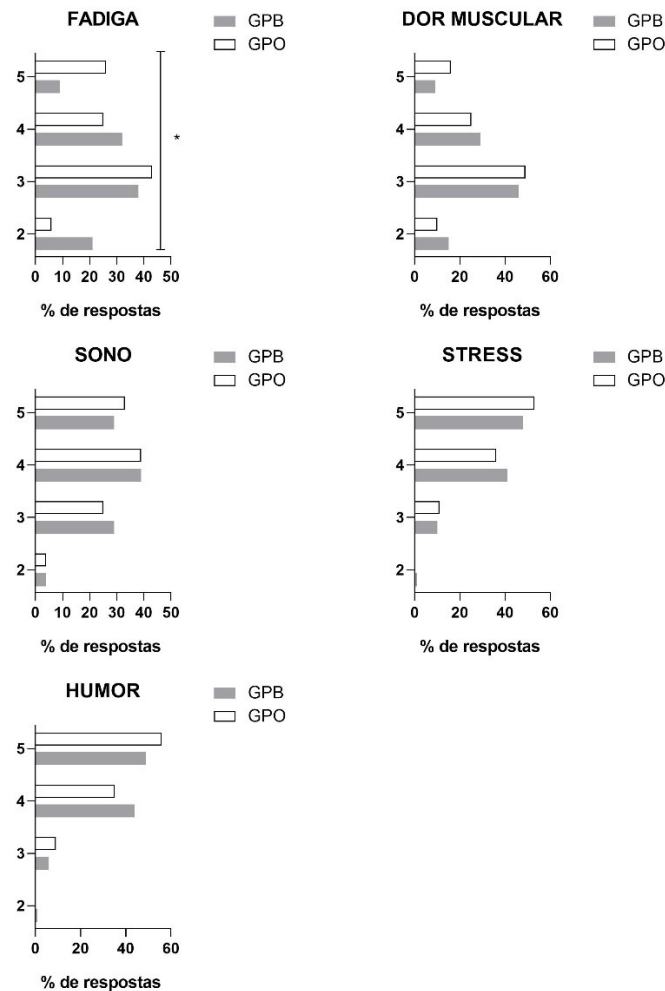


Figura 8 – Percepção de bem-estar. Dados descritos em frequência de respostas para cada ponto da escala. Dados analisados através do teste de Qui-Quadrado. * $p = 0,0005$.

Respostas Inflamatórias e hormonais

Os dados de CK não apresentaram interação significativa (Figura 9A - $F: 0,95$; $p = 0,40$), nem efeito principal de grupo ($F: 3,40$; $p = 0,10$); contudo, houve efeito principal de tempo ($F: 18,39$; $p < 0,0001$). De maneira similar, o TNF- α também não apresentou interação significativa (Figura 9B - $F: 1,74$; $p = 0,21$), nem efeito principal de grupo ($F: 2,53$; $p = 0,15$); contudo, houve efeito principal de tempo ($F: 3,42$; $p = 0,05$). As demais citocinas também não apresentaram interação significativa (IL6 - $F: 0,77$; $p = 0,48$; IL10 - $F: 2,23$; $p = 0,14$) nem efeitos principais de grupo (IL6 - $F: 1,78$; $p = 0,21$; IL10 - $F: 1,34$; $p = 0,27$) ou tempo (IL6 - $F: 1,24$; $p = 0,31$; IL10 - $F: 1,81$; $p = 0,19$). Em relação a resposta de Cortisol, foi verificada

uma interação significativa ($F: 4,03; p = 0,04$), mas não foi identificado pelo *post-hoc* o ponto onde se encontrava a diferença.

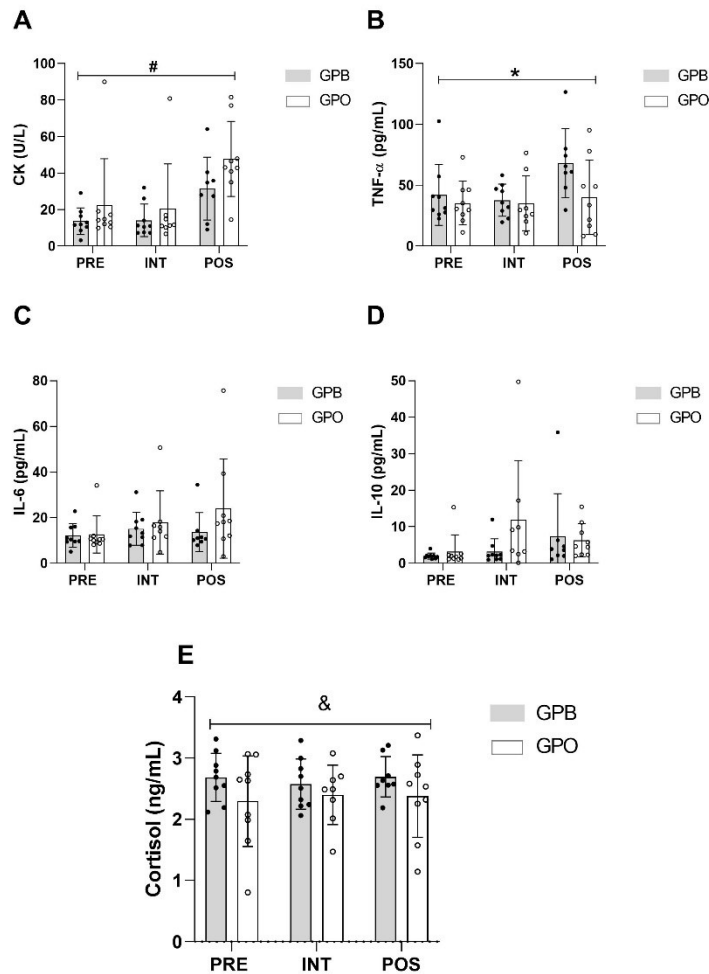


Figura 9 – Respostas Inflamatórias, hormonais e bioquímicas. Dados descritos em média $\pm$ desvio-padrão. Dados analisados através do teste de ANOVA – 2 fatores com *post hoc* de Bonferroni. # efeito principal de tempo $p < 0,0001$. * efeito principal de tempo $p = 0,05$. & Interação significativa $p = 0,04$.

Desempenho físico

O número total de projeções (Figura 10A) não apresentou interação significativa ($F: 0,06; p = 0,80$). Contudo houve um efeito principal de tempo ($F: 17,49; p = 0,003$), com maiores valores ao final do estudo para ambos os grupos ($GPO_{pré}: 28,12 \pm 1,35$; $GPO_{pós}: 29,71 \pm 1,38$; TE: 1,16; $GPB_{pré}: 27,44 \pm 2,18$; $GPB_{pós}: 29,11 \pm 2,14$; TE: 0,77).

Quando analisado o Índice do SJFT (Figura 10B), também não houve interação significativa ($F: 2,10; p = 0,20$). Contudo houve um efeito principal de tempo ($F: 15,03; p =$

0,004), com menores valores ao final do estudo para ambos os grupos ($GPO_{pré}$: $11,80 \pm 0,55$; $GPO_{pós}$: $11,30 \pm 0,53$; TE: 0,92; $GPB_{pré}$: $11,98 \pm 1,42$; $GPB_{pós}$: $11,10 \pm 1,05$; TE: 0,70).

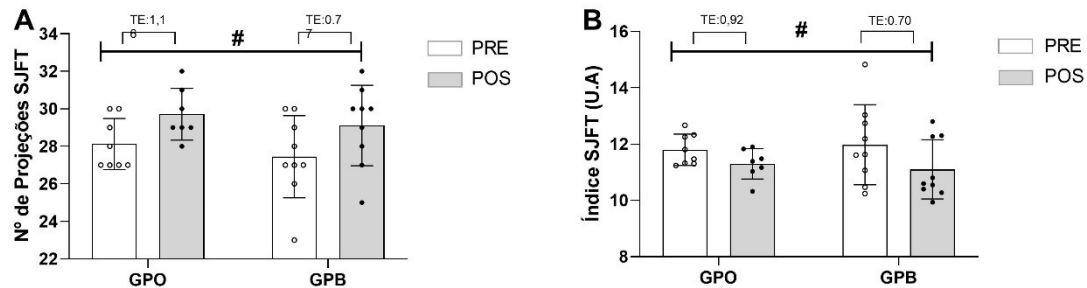


Figura 10 – Special Judo Fitness Test - SJFT. Dados descritos em média $\pm$ desvio-padrão. efeito. Dados analisados através do teste de ANOVA – 2 fatores com *post hoc* de Bonferroni. **Painel A**; #Efeito principal de tempo, $p = 0,003$. **Painel B**; #Efeito principal de tempo, $p = 0,004$. Tamanho do efeito (TE) calculado entre os pontos PRE x POS para cada grupo.

Ao avaliar a produção de potência máxima no movimento de agachamento (Figura 11A) houve uma interação significativa ($F: 9,54$; $p = 0,02$) sendo que o GPB apresentou aumentos significativos no POS comparado com PRE ($GPO_{pré}$: $2523,11 \pm 196,26$ W; $GPO_{pós}$: $2546,85 \pm 225,76$ W; $GPB_{pré}$: $2375,11 \pm 308,05$ W; $GPB_{pós}$: $2647,22 \pm 291,48$ W; $p = 0,01$; TE: 0,90). Em relação ao % percentual da massa corporal em que foi alcançado o maior valor de potência (Figura 11C - $GPO_{pré}$: $72,1 \pm 17,1$ %; $GPO_{pós}$: $74,3 \pm 25,5$ %; $GPB_{pré}$: $75,8 \pm 13,5$ %; $GPB_{pós}$: $88,0 \pm 23,8$ %), não houve interação significativa ($F: 0,51$; $p = 0,50$) nem efeito principal de grupo ($F: 1,59$; $p = 0,24$) ou tempo ($F: 1,05$; $p = 0,33$).

Por outro lado, o teste de produção de potência máxima no movimento de Remada (Figura 11B - $GPO_{pré}$: $2198,33 \pm 347,18$ W; $GPO_{pós}$: $2214,85 \pm 303,69$ W; $GPB_{pré}$: $2266,44 \pm 403,95$ W; $GPB_{pós}$: $2317,33 \pm 263,63$ W) não apresentou interação significativa ($F: 0,02$; $p = 0,87$), sem efeitos principais de grupo ($F: 0,14$; $p = 0,71$) ou tempo ($F: 0,62$; $p = 0,45$). Em relação ao % percentual da massa corporal que foi alcançado o maior valor de potência (Figura 11D - $GPO_{pré}$: $59,8 \pm 33,7$ %; $GPO_{pós}$: $80,8 \pm 25,2$ %; $GPB_{pré}$: $45,7 \pm 13,9$ %; $GPB_{pós}$: $72,3 \pm 13,9$ %) não houve interação significativa ($F: 0,11$; $p = 0,74$) nem efeito principal de grupo ($F: 2,01$; $p = 0,16$), mas houve efeito principal significativo de tempo ($F: 8,94$; $p = 0,005$), com maiores valores nos pós teste (TE_{GPO} : 0,71; TE_{GPB} : 1,90).

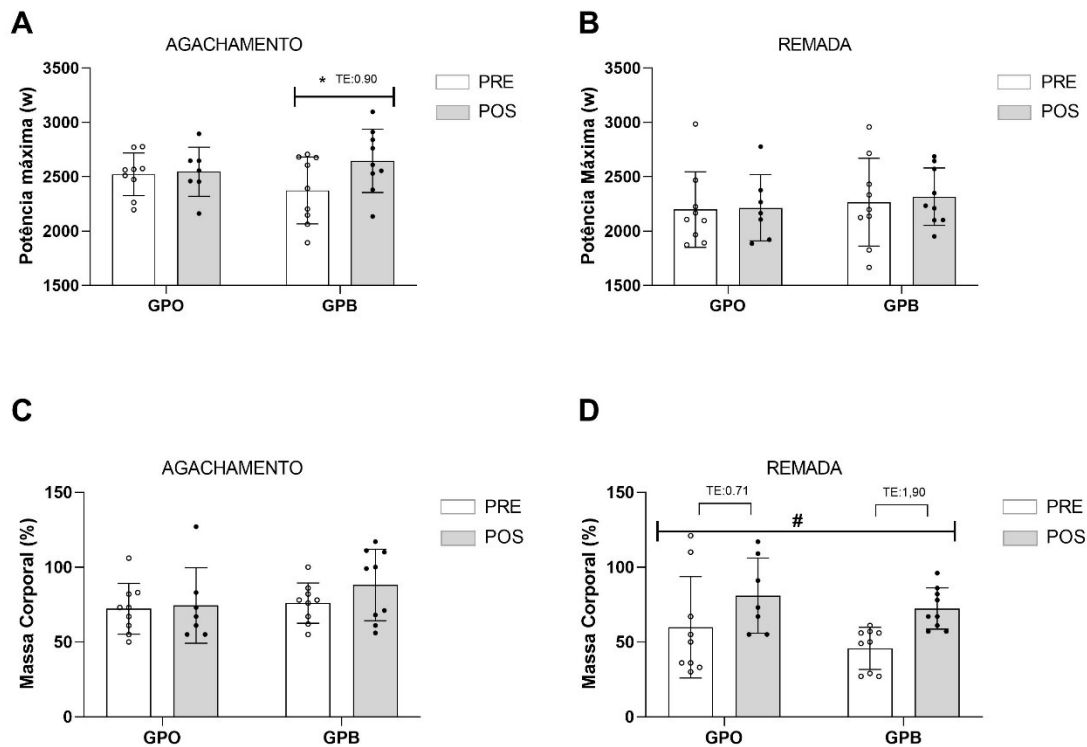


Figura 11 – Testes de Potência Máxima. Dados descritos em média $\pm$ desvio-padrão. Dados analisados através do teste de ANOVA – 2 fatores com *post hoc* de Bonferroni. **Painel A**; * $p = 0,018$. **Painel D**; # efeito principal de tempo $p = 0,005$. Tamanho do efeito (TE) calculado entre os pontos PRE x POS para cada grupo.

4.4 Discussão

O objetivo do presente estudo foi verificar as respostas de desempenho físico, de indicadores biológicos e perceptivos da carga de treinamento frente a um planejamento de treinamento em blocos; desenhado para induzir sobrecarga, sucedido por um período de *tapering*, em atletas de judô de alto rendimento. Através das medidas de carga externa e interna, foi verificado que ambos os grupos (GPO e GPB) foram submetidos a cargas elevadas nas duas primeiras semanas, com uma redução significativa da carga nas duas últimas semanas caracterizando um período de *tapering*. Além disso, cada grupo foi submetido a um modelo distinto de distribuição semanal do treinamento das capacidades físicas (Blocos e Ondulatório). As respostas de monitoramento da carga demonstraram que o GPB sofreu maior perturbação autonômica, avaliada pelo coeficiente de variação da VFC. Quando analisado os deltas das respostas de desempenho desse mesmo grupo, as reduções de desempenho de salto

e força máxima no GPB atingiram magnitude moderada à grande quando comparado ao grupo GPO na finalização do bloco de força máxima. O GPB também apresentou maior frequência de respostas associadas a fadiga elevada, demonstrando que o modelo de organização da carga em blocos pode induzir maiores respostas de fadiga. Contudo, o GPB apresentou uma melhora de magnitude grande do desempenho de potência de membros inferiores, diferentemente do GPO. Por outro lado, quando avaliado o desempenho específico no judô, ambos os grupos apresentaram melhorias significativas com magnitude grande.

Os indivíduos foram submetidos a treinos estruturados com um modelo de sobrecarga e *tapering* subsequente através da manipulação da carga de *randori*. Ao analisar as cargas semanais de *randori* e as cargas históricas da equipe, foi verificado nas duas primeiras semanas durações semanais de *randori* próximos ao P₉₀ e nas duas últimas semanas cargas semanais de *randori* abaixo do P₅₀. Sabe-se que a manipulação do tempo total de *randori* através de aumentos na duração total por sessão pode acarretar em maiores respostas de dano muscular e percepção de esforço da sessão (Campos *et al.*, 2020). Quando essa carga semanal de *randori* é reduzida significativamente caracterizando um período de *tapering*, espera-se alcançar elevações significativas do desempenho (Papacosta; Gleeson; Nassis, 2013b). A literatura preconiza que para caracterizarmos um período de *tapering* é necessário que haja uma redução significativa da carga de treinamento total, geralmente mensurado pelo tempo total de exposição a carga, alcançando reduções entre 70% a 50% (Mujika; Padilla, 2003). Considerando os valores de carga semanal de *randori* do presente estudo, as duas últimas semanas tiveram valores abaixo do P₅₀ da carga de *randori* histórica da equipe, demonstrando que essa carga representava uma carga consideravelmente abaixo do que os atletas estavam habituados a realizarem, mas se compararmos a duração da primeira semana com a terceira, houve uma redução de 25% na carga total de *randori*. Ademais, em períodos de carga elevada valores semanais de *randori* podem variar de 180 minutos/semana (Agostinho *et al.*, 2017) até 350 minutos/semana (Mochida *et al.*, 2007), enquanto que em períodos de *tapering* foi encontrado um volume semanal de *randori* de 90 minutos (Papacosta; Gleeson; Nassis, 2013a). Nesse sentido, se observarmos o volume semanal de *randori* do presente estudo comparado ao percentil histórico da equipe e comparado aos dados da literatura, poderíamos considerar as duas semanas desse estudo como uma carga correspondente a um período de *tapering*, apesar da redução de apenas 25% comparada a primeira semana do estudo.

A carga interna verificada ao longo do estudo, demonstrou o mesmo comportamento da carga externa, visto que houve um aumento significativo da carga interna nas duas

primeiras semanas. Em situações de aumento significativo da carga externa, espera-se que haja um aumento concomitante da carga interna (Gabbett *et al.*, 2017), visto que essa variável demonstra a resposta psicofisiológica do organismo em relação a carga externa administrada (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019). Contudo, deve-se observar que não houve diferença dessa resposta entre os grupos. Esperava-se que o grupo GPB tivesse respostas de PSE mais elevadas, visto que realizaram treinos de força máxima nas 2 primeiras semanas. A PSE sessão foi identificada como uma variável capaz de identificar alterações de intensidade no treinamento de força (Sweet *et al.*, 2004). Um estudo com registro da atividade cortical durante movimentos com diferentes exigências de força, demonstrou que a percepção de esforço se correlaciona com a magnitude do comando motor central (De Morree; Klein; Marcora, 2012). Esse estudo reforça a Teoria da Descarga Corolária, no qual o aumento do comando motor central eleva a ativação muscular para movimentar uma maior carga ou movimentar a mesma carga sob uma condição de maior fadiga muscular. Esse maior comando motor central associado a maior ativação muscular é interpretado pelas áreas sensoriais do cérebro como uma maior percepção de esforço (De Morree; Klein; Marcora, 2012; Poulet; Hedwig, 2007). Dessa forma, como no GPO foi proposto que os atletas realizassem os movimentos com intenção de velocidade máxima, e as cargas externas propostas estavam próximas a valores da potência ótima, pressupõe-se que essas manipulações da velocidade e potência levaram a níveis elevados de recrutamento muscular e frequência de disparo das unidades motoras (Cormie; McGuigan; Newton, 2011). Consequentemente, induzindo o aumento do comando motor central e impactando em respostas elevadas de PSE no grupo GPO semelhantes ao grupo GPB.

A igualdade da resposta de carga interna entre os grupos parece demonstrar que os dois modelos de treino induzem respostas psicofisiológicas semelhantes durante o treino. Contudo, os resultados de recuperação através do coeficiente de variação da VFC, demonstrou uma maior variação da VFC no grupo GPB comparado ao GPO, o que indica que esse modelo de organização do treino induziu uma maior perturbação autonômica ao longo do estudo. Sabe-se que períodos intensificados de treinamento de força impactam em reduções significativas da VFC, sendo essa redução compensada em períodos de *tapering* (Williams *et al.*, 2020). Assim, períodos intensificados de carga podem alterar o fluxo simpático periférico, bem como a VFC, sendo essa perturbação do sistema nervoso autônomo mediada possivelmente pelo aumento do estresse oxidativo (Coates *et al.*, 2018). Como ambos os grupos passaram por esse período intensificado de carga e a organização das capacidades

físicas enfatizadas no GPB pode ter sido um diferencial na resposta da VFC. Já foi demonstrado que treinos de força que alcançam a falha muscular podem levar a maiores reduções agudas da resposta parassimpática pós-exercício (Kassiano *et al.*, 2021). Essa resposta pode ser explicada pelo barorreflexo e pelo metaborreflexo. Onde o efeito hipotensor pós-exercício pode contribuir para a redução da ativação dos barorreceptores, favorecendo a diminuição da atividade parassimpática cardíaca e o aumento da atividade nervosa simpática para manter a pressão arterial suficiente para a manutenção das funções vitais. Já o aumento do estresse metabólico, estimula os quimiorreceptores e os nervos aferentes dos grupos III e IV que informam aos comandos centrais sobre a acidose no músculo esquelético ativo, causando um aumento na atividade dos nervos simpáticos e suprimindo o sistema parassimpático cardíaco (Kassiano *et al.*, 2021). Como o modelo de treino do GPB era baseado em repetições máximas, esperava-se alcançar a falha muscular enquanto que no modelo de treino do GPO esse efeito não estava presente. Dessa forma, o modelo GPB pode ter levado a maiores respostas agudas depressoras do sistema parassimpático cardíaco. Além disso, o bloco de força máxima no modelo GPB pode ter gerado um maior acúmulo de fadiga central (Zajac *et al.*, 2015) e consequentemente impactado na maior perturbação autonômica identificada nesse estudo.

Apesar do coeficiente de variação da VFC indicar uma maior perturbação da recuperação para o GPB durante o estudo, quando analisado as respostas de SCM e força máxima durante as semanas do estudo, não foi identificada uma diferença significativa na comparação das médias. Mas essa ausência de diferença pode ter sido devido a forma de se calcular, pois quando analisamos o $\% \Delta$ das variáveis entre as situações, foram identificadas reduções importantes do desempenho. Por exemplo, o $\% \Delta$ INT do SCM e da Força Máxima mostraram uma redução de ambos os testes para o grupo GPB com tamanho do efeito moderado e grande, respectivamente. Sendo que, no momento $\% \Delta$ POS o SCM mostrou um retorno a linha de base com tamanho do efeito pequeno entre grupos, enquanto a força máxima permaneceu reduzida com um tamanho do efeito moderado para a maior redução do GPB. Em um estudo que investigou a resposta de força após períodos intensificados de força durante 3 semanas, foi verificado maiores reduções da taxa máxima de produção de força e velocidade de contração sem alterações do 1 RM (Williams *et al.*, 2020). Nesse sentido, parece que medidas de velocidade e potência tendem a diminuir mais cedo do que as medidas de força máxima após treinamento de força intensificado.

Contudo, a redução da VFC quando comparado os respectivos $\%\Delta\text{INT}$ parece não acontecer na mesma temporalidade. Nessa variável analisada, houve uma redução significativa da VFC de ambos os grupos somente no momento $\%\Delta\text{POS}$. Em um estudo que buscou comparar a resposta de recuperação da VFC com a velocidade de deslocamento da barra após um treino de força, foi verificado que as medidas da VFC retornaram a linha de base dentro de 24 h, enquanto a reposta de velocidade foi significativamente reduzida até 48 h após exaustiva sessão de exercício resistido, sugerindo que a recuperação da resposta autonômica precedia a recuperação dos indicadores mecânicos (Dobbs *et al.*, 2020). Quando comparado a resposta de recuperação da VFC com parâmetros neuromusculares, foi identificado uma heterogeneidade interindividual considerável nas respostas de recuperação dentro e entre marcadores representativos de diferentes sistemas psicofisiológicos (cardíaco-autonômico, neuromuscular e perceptivo). Isso sugere que dever-se-ia evitar usar do estado de recuperação de um sistema (cardíaco-autonômico) para inferir o de outro (neuromuscular ou psicológico percebido) (Flatt *et al.*, 2019).

Ainda em relação as análises de recuperação, foram realizadas análises sanguíneas para acompanhar as respostas de dano muscular e inflamatórias. Em sentido contrário ao esperado, os indivíduos do presente estudo apresentaram maiores respostas de dano muscular (CK) e inflamatórias (TNF- α) ao final do estudo. Esperava-se uma redução dessas variáveis após o *tapering*, visto que foi propiciado uma redução da carga de *randori* ao final das últimas duas semanas, que seria condizente com a teoria proposta de que a redução da carga de treinamento durante o *tapering* promoveria uma melhora do desempenho devido a recuperação fisiológica e tecidual (Mujika; Padilla, 2003). Mas provavelmente essa redução da carga não foi o suficiente para promover uma recuperação eficiente. Sendo que, alguns autores demonstram que cargas elevadas de *randori* e períodos intensificados e acumulados desse modelo de treino, aumentam as respostas de dano muscular e inflamatórias (Detanico *et al.*, 2015, 2017; Laskowski *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2015; Umeda *et al.*, 2008). Esperava-se também que o grupo GPB nas duas últimas semanas de treino, onde o foco seria somente o treino de potência, tivesse uma menor resposta inflamatória bem como de dano muscular, devido a menor carga mecânica acumulada e consequentemente melhor recuperação. Contudo, esse efeito não foi observado no presente estudo, possivelmente devido a quantidade de sessões propostas nesse período de *tapering*. Esse volume de sessões de potência realizado pelo GPB foi necessário para igualar a quantidade de sessões realizada pelo GPO ao longo das 4 semanas.

Esperava-se maiores valores de Cortisol no grupo GPB nas 2 semanas iniciais, devido ao acúmulo de sessões de força máxima. Apesar das análises de cortisol, demonstrarem que esse grupo teve valores mais elevados ao longo do estudo, não foi possível comprovar maiores valores nas primeiras semanas. Além disso, ambos os grupos não tiveram reduções significativas do Cortisol durante o período de *tapering*. A literatura demonstra reduções significativas da concentração de Cortisol resultantes de reduções da carga de treinamento (Mujika & Padilla, 2003; Papacosta *et al.*, 2013b). Assim, os dados de Cortisol, associados aos dados inflamatórios e de dano muscular, reforçam a teoria de que a redução da carga realizada no presente estudo não foi suficiente para uma recuperação adequada, que possivelmente ainda estava afetada pelo aumento significativo da carga nas duas primeiras semanas do estudo.

Do ponto de vista da evolução do desempenho de potência de membro inferior, o modelo de treino do GPB foi mais efetivo, visto que se produziu maiores picos de potência no mesmo percentual da massa corporal somente para esse grupo. Por Potência (P) entende-se a razão entre um determinado trabalho mecânico e o tempo em que é efetuado. Assim, potência é igual ao produto da Força pela Velocidade ($P=F.V$), ou seja, o produto da Força que um segmento do corpo pode produzir pela velocidade desse segmento (Carvalho; Carvalho, 2006). Em última análise, 3 elementos-chave devem ser considerados ao tentar aumentar a potência muscular. Primeiro, é essencial que a força muscular geral seja maximizada por causa de sua relação direta entre a força máxima e a produção de potência. Em segundo lugar, é importante desenvolver a capacidade de expressar forças elevadas em períodos de tempo muito curtos, que se refletem na taxa de desenvolvimento de força. Finalmente, em terceiro lugar, é importante desenvolver a capacidade de expressar forças elevadas à medida que a velocidade de encurtamento aumenta. A inspeção cuidadosa de cada um desses elementos revela que há uma forte interação entre cada elemento com os níveis gerais de força, servindo como o principal fator para a capacidade de expressar movimentos de alta potência (Haff; Nimphius, 2012). No presente estudo, a organização da carga do GPB pode ter gerado uma influência nesses elementos-chave citados acima, de maneira a aumentar a expressão de potência no membro inferior. A realização de blocos com 2 semanas enfatizando força máxima e depois potência, pode ter aumentado a eficácia da melhoria em diferentes pontos da curva força-velocidade devido a ênfase temporal em determinado ponto da curva. No caso do grupo GPO, como os atletas alternavam diariamente sessões de força máxima com sessões de

potência, a redução da eficácia e consequentemente da adaptação, pode ser devido a uma possível fadiga residual da sessão anterior.

No membro superior, não houve diferença no valor máximo da produção de potência, contudo, os atletas de ambos os grupos aumentaram o percentual da massa corporal em que esse valor era encontrado. No contexto do Judô, uma vez estabelecida a pegada, os atletas são submetidos a ações de força-resistência em todo o membro superior, pois os atletas tentam dominar seu oponente, perturbar seu equilíbrio e executar uma técnica de arremesso (*nage-waza*). A execução do *nage-waza* requer ações de potência de curta duração (1,0-1,4 s) que envolve grupos musculares da parte inferior e superior do corpo (Franchini; Artioli; Brito, 2013). Dessa forma, as ações musculares no Judô exigem que haja produção de potência em cargas externas elevadas (peso corporal do oponente), fato que poderia justificar a melhora da capacidade de produzir potência em % da massa corporal mais elevados em ambos os grupos.

Por fim, ambos os modelos de treino propiciaram evolução significativa do desempenho no SJFT em 4 semanas. Outros autores encontraram melhorias no SJFT somente em períodos mais longos de treinamento, 8 a 13 semanas (Marques *et al.*, 2017). Sendo que em períodos mais curtos (5 semanas), não foi verificada evolução significativa do desempenho no SJFT (Papacosta; Gleeson; Nassis, 2013a). No presente estudo, propusemos um período curto de intensificação com *tapering* que parece ter sido efetivo para melhoria do desempenho no SJFT. O SJFT foi previamente validado como medida de desempenho físico em judocas (Sterkowicz; Zuchowicz; Kubica, 1999). Este teste consiste em um judoca realizar arremessos específicos nos outros dois judocas durante um determinado tempo que se assemelha à relação esforço-pausa de uma luta competitiva de judô (Franchini *et al.*, 2011). O desempenho no SJFT é significativamente e positivamente correlacionado com os índices de aptidão aeróbica e anaeróbica (Sterkowicz; Zuchowicz; Kubica, 1999), com força e desempenho de potência (Kons *et al.*, 2020). Assim, o desafio no planejamento da carga de judocas se dá pela necessidade desenvolver diversas capacidades físicas concorrentes. Sendo que, um estudo com planejamento similar ao modelo de blocos durante 18 semanas, evidenciaram melhorias da força muscular sem que ocorresse melhora do SJFT. Esse resultado foi justificado pela piora da potência aeróbica durante o estudo (Franchini *et al.*, 2015b). A intervenção proposta pelo presente estudo, em ambos os grupos, foi capaz de propiciar evoluções do desempenho de potência muscular geral e evoluções concomitantes do desempenho específico mensurado no SJFT. Essas evoluções foram no número de projeções que se relaciona a potência anaeróbica, quanto no índice final que se relaciona a potência

aeróbica. Dessa forma, ambos os modelos foram eficazes no desenvolvimento de todas as capacidades necessárias para o desempenho de judocas.

4.5 Conclusão

O presente estudo demonstrou que 2 semanas de cargas intensificadas de *randori* podem acarretar respostas tardias de recuperação fisiológica, mesmo após 2 semanas de *tapering*. É possível que maiores reduções de carga de treinamento realizada pelos indivíduos desse estudo sejam necessárias para recuperação completa dos sistemas fisiológicos. Entretanto, apesar dos indivíduos não terem apresentado recuperação fisiológica completa, foram identificadas evoluções significativas do desempenho geral e específico dos judocas.

Foi demonstrado a necessidade de um modelo de monitoramento da carga multivariável, visto que cada variável monitorada (autonômica, neuromuscular e perceptiva) apresentou respostas temporais divergentes em relação a carga aplicada. Dessa forma, para que não haja equívocos na tomada de decisões em relação as manipulações da carga das diferentes capacidades a serem treinada por judocas, faz-se necessário o monitoramento de mais de uma variável psicofisiológica.

O modelo de planejamento em blocos pode ser uma estratégia efetiva para desenvolvimento da potência de membros inferiores. Contudo, esse modelo acarreta maior perturbação da recuperação fisiológica e neuromuscular. Do ponto de vista do membro superior, apesar da maior capacidade de produção de potência muscular em % maiores da massa corporal, a fadiga residual das sessões de treinamento pode ter impactado no aumento da potência muscular, devido a demanda de membros superiores nas sessões de judô. Os presentes achados reforçam a importância dos treinadores e demais profissionais envolvidos no planejamento do treinamento de um atleta de alto rendimento avaliarem o tempo disponível para recuperação dos atletas até a próxima competição, de forma que o formato de periodização escolhido propicie um impacto positivo no ganho de desempenho precedente a competição.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, M. F. *et al.* Perceived training intensity and performance changes quantification in judo. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 6, p. 1570–1577, 2015.

AGOSTINHO, M. F. *et al.* Monitoring internal training load and salivary immune-endocrine responses during an annual judo training periodization. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 13, n. 1, p. 68–75, 2017.

- ARMSTRONG, L. E. *et al.* Human Hydration Indices : Acute and Longitudinal Reference Values. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 20, p. 145–153, 2010.
- BONITCH-GÓNGORA, J. G. *et al.* Maximal isometric handgrip strength and endurance differences between elite and non-elite young judo athletes. **Archives of Budo**, v. 9, n. 4, p. 239–248, 2013.
- BORG, G.; HASSMÉN, P.; LAGERSTRÖM, M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 56, n. 6, p. 679–85, 1987.
- BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 50, n. 2, p. 273–282, jan. 1983.
- BOURDON, P. C. *et al.* Monitoring Athlete Training Loads : Consensus Statement. p. 161–170, 2017.
- BRANCO, B. H. M. *et al.* Monitoring training during four weeks of three different modes of high-intensity interval training in judo athletes. **Archives of Budo**, v. 13, p. 51–62, 2017.
- BROMLEY, S. J. *et al.* Rating of perceived exertion is a stable and appropriate measure of workload in judo. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 21, n. 10, p. 1008–1012, 2018.
- BUCHHEIT, M. *et al.* Exercise-induced plasma volume expansion and post-exercise parasympathetic reactivation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 105, n. 3, p. 471–481, 2009.
- BUCHHEIT, M. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? **Frontiers in Physiology**, v. 5, p. 1–19, 2014.
- BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B.; AHMAIDI, S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. **American journal of physiology. Heart and circulatory physiology**, v. 293, n. 1, p. H133–H141, 2007.
- CAMPOS, B. T. *et al.* Neuromuscular and physiological responses to different training loads in Randori of elite judo athletes. **Motriz**, v. 26, n. 2, p. 1–6, 2020.
- CARVALHO, C.; CARVALHO, A. Não se deve identificar força explosiva com potência muscular, ainda que existam algumas relações entre ambas. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 2006, n. 2, p. 241–248, 2006.
- CLAUDINO, J. G. *et al.* The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 4, p. 397–402, 2017a.
- CLAUDINO, J. G. *et al.* The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 4, p. 397–402, abr. 2017b.
- COATES, A. M. *et al.* **Three Weeks of Overload Training Increases Resting Muscle Sympathetic Activity**. [s.l: s.n.]. v. 50

- CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Developing Maximal Neuromuscular Power. **Sports Medicine**, v. 41, n. 1, p. 17–38, jan. 2011.
- DE MORREE, H. M.; KLEIN, C.; MARCORA, S. M. Perception of effort reflects central motor command during movement execution. **Psychophysiology**, v. 49, n. 9, p. 1242–1253, 2012.
- DETANICO, D. *et al.* Relationship of aerobic and neuromuscular indexes with specific actions in judo. **Science and Sports**, v. 27, n. 1, p. 16–22, 2012.
- DETANICO, D. *et al.* Effects of successive judo matches on fatigue and muscle damage markers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1010–1016, 2015.
- DETANICO, D. *et al.* Effects of traditional judo training session on muscle damage symptoms. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 57, n. 6, p. 872–878, 2017.
- DOBBS, W. C. *et al.* Profiles of Heart Rate Variability and Bar Velocity after Resistance Exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 52, n. 8, p. 1825–1833, ago. 2020.
- ESCO, M. R.; FLATT, A. A. Ultra-Short-Term Heart Rate Variability Indexes at Rest and Post-Exercise in Athletes: Evaluating the Agreement with Accepted Recommendations. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 13, p. 535–541, 2014.
- FLATT, A. A. *et al.* Heart Rate Variability, Neuromuscular and Perceptual Recovery Following Resistance Training. **Sports**, v. 7, n. 10, p. 225, 18 out. 2019.
- FLATT, A. A.; HOWELLS, D. Effects of varying training load on heart rate variability and running performance among an Olympic rugby sevens team. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 22, n. 2, p. 222–226, 2019.
- FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, n. 7, p. 1164–1168, 1998a.
- FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 30, n. 7, p. 1164–8, jul. 1998b.
- FRANCHINI, E. *et al.* Energy system contributions to the special judo fitness test. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 6, n. 3, p. 334–343, 2011.
- FRANCHINI, E. *et al.* The Physiology of Judo-Specific Training Modalities. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 0, n. 0, p. 1–8, 2013.
- FRANCHINI, E. *et al.* Influence of linear and undulating strength periodization on physical fitness, physiological, and performance responses to simulated judo matches. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 2, p. 358–367, 2015a.
- FRANCHINI, E. *et al.* Specificity of performance adaptations to a periodized judo training program. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 8, n. 2, p. 67–72, 2015b.
- FRANCHINI, E. *et al.* Influence of linear and undulating strength periodization on physical fitness, physiological, and performance responses to simulated judo matches. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 2, p. 358–367, 2015c.

FRANCHINI, E. *et al.* Short-term low-volume high-intensity intermittent training improves judo-specific performance. **Archives of Budo**, v. 12, p. 219–229, 2016.

FRANCHINI, E. *et al.* Optimal Interval for Success in Judo World-Ranking Competitions. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 5, p. 707–710, maio 2017.

FRANCHINI, E.; ARTIOLI, G. G.; BRITO, C. J. Judo combat: time-motion analysis and physiology. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 13, n. 3, p. 624–641, 2013.

FRANCHINI, E.; DEL VECCHIO, F. B.; STERKOWICZ, S. A special judo fitness test classificatory table. **Archives of Budo**, v. 5, p. 127–129, 2009.

FRANCHINI, E.; TAKITO, M. Y. Olympic Preparation in Brazilian Judo Athletes: Description and perceived relevance of training practices. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 6, p. 1606–1612, 2014.

FUKUDA, D. H. *et al.* The effects of tournament preparation on anthropometric and sport-specific performance measures in youth judo athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 2, p. 331–339, 2013.

GABBETT, T. J. *et al.* The athlete monitoring cycle : a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. **British journal of sports medicine**, v. 0, n. 0, p. 1–2, 2017.

GALLARDO-FUENTES, F. *et al.* Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Actions in Trained Male and Female Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 7, p. 2049–2056, jul. 2016.

HADER, K. *et al.* Monitoring the Athlete Match Response: Can External Load Variables Predict Post-match Acute and Residual Fatigue in Soccer? A Systematic Review with Meta-analysis. **Sports Medicine - Open**, v. 5, n. 1, 2019.

HAFF, G. G.; NIMPHIUS, S. Training principles for power. **Strength and Conditioning Journal**, v. 34, n. 6, p. 2–12, 2012.

HICKSON, R. C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 45, n. 2–3, p. 255–263, 1980.

HOPKINS, W. G. *et al.* Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3–12, 2009.

IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Internal and External Training Load: 15 Years On. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 2, p. 270–273, fev. 2019.

ISSURIN, V. B. New Horizons for the Methodology and Physiology of Training Periodization. **Sports Medicine**, v. 40, n. 3, p. 189–206, mar. 2010.

ISSURIN, V. B. Benefits and Limitations of Block Periodized Training Approaches to Athletes' Preparation: A Review. **Sports Medicine**, v. 46, n. 3, p. 329–338, 2016.

- JAVALOYES, A. *et al.* Training prescription guided by heart-rate variability in cycling. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 1, p. 23–32, 2019.
- JULIO, U. F. *et al.* Time-course of time-motion, physiological, perceived exertion and neuromuscular responses during simulated judo matches. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 18, n. 4, p. 582–594, 2018.
- KASSIANO, W. *et al.* Parasympathetic Nervous Activity Responses to Different Resistance Training Systems. **International Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 01, p. 82–89, 25 jan. 2021.
- KELLMANN, M. *et al.* Recovery and performance in sport: Consensus statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 2, p. 240–245, 2018.
- KONS, R. L. *et al.* Effect of official judo matches on handgrip strength and perceptual responses. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 14, n. 1, p. 93–99, 2018.
- KONS, R. L. *et al.* Predictors of Judo-Specific Tasks From Neuromuscular Performance in Young Athletes Aged 11–16 Years. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 15, n. 3, p. 365–373, 2020.
- KONS, R. L.; FRANCHINI, E.; DETANICO, D. Relationship between physical fitness, attacks and effectiveness in short- and long-duration judo matches. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 18, n. 6, p. 1024–1036, 2018.
- LASKOWSKI, R. *et al.* The Effect of Three Days of Judo Training Sessions on the Inflammatory Response and Oxidative Stress Markers. **Journal of Human Kinetics**, v. 30, p. 65–73, 2011.
- LEE, N. *et al.* Training effects on immune function in judoists. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 3, 2015.
- LOTURCO, I. *et al.* The Optimum Power Load: A Simple and Powerful Tool for Testing and Training. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 17, n. 2, p. 151–159, 2021.
- MARQUES, L. *et al.* Physiological and performance changes in national and international judo athletes during block periodization training. **Biology of Sport**, v. 34, n. 4, p. 371–378, 2017.
- MEEUSEN, R. *et al.* Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). **European Journal of Sport Science**, v. 13, n. 1, p. 1–24, jan. 2013.
- MINETT, G. M.; DUFFIELD, R. Is recovery driven by central or peripheral factors? A role for the brain in recovery following intermittent-sprint exercise. **Frontiers in Physiology**, v. 5, n. February, p. 1–9, 2014.
- MOCHIDA, N. *et al.* The main neutrophil and neutrophil-related functions may compensate for each other following exercise—a finding from training in university judoists. **Luminescence**, v. 22, n. 1, p. 20–28, jan. 2007.

- MORALES, J. *et al.* Use of Heart Rate Variability in Monitoring Stress and Recovery in Judo Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 7, p. 1896–1905, 2014.
- MOYA-RAMON, M. *et al.* Validity and reliability of different smartphones applications to measure HRV during short and ultra-short measurements in elite athletes. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 217, p. 106696, abr. 2022.
- MUJICA, I.; PADILLA, S. Scientific Bases for Precompetition Tapering Strategies. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 7, p. 1182–1187, jul. 2003.
- NAKAMURA, F. Y. *et al.* Ultra-Short-Term Heart Rate Variability is Sensitive to Training Effects in Team Sports Players. **Journal of sports science & medicine**, v. 14, n. 3, p. 602–605, 2015.
- NAKAMURA, F. Y. *et al.* Heart Rate Variability Changes From Traditional vs. Ultra-Short-Term Recordings in Relation to Preseason Training Load and Performance in Futsal Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 00, n. 00, p. 1–8, nov. 2018.
- NUUTTILA, O.-P. *et al.* Effects of HRV-Guided vs. Predetermined Block Training on Performance, HRV and Serum Hormones. **International Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 12, p. 909–920, 26 nov. 2017.
- 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**, v. 17, n. 20, p. 1–8, 2020a.
- OUERGUI, I. *et al.* Changes in Perceived Exertion, Well-Being, and Recovery During Specific Judo Training: Impact of Training Period and Exercise Modality. **Frontiers in Physiology**, v. 11, n. August, p. 1–10, 2020b.
- PAPACOSTA, E.; GLEESON, M.; NASSIS, G. Salivary Hormones, IgA, and Performance During Intense Training and Tapering in Judo Athletes. **Journal of strength and conditioning research**, v. 27, n. 9, p. 2569–2580, 2013a.
- PAPACOSTA, E.; GLEESON, M.; NASSIS, G. P. Salivary hormones, IgA, and performance during intense training and tapering in judo athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 9, p. 2569–2580, 2013b.
- PEDROSA, G. *et al.* Content Validation of a Catalog of Exercises For Judo. **Perceptual and Motor Skills**, v. 122, n. 3, p. 933–955, 2016.
- PEDROSA, G. F. *et al.* Elaboration and evaluation of judo training means. **Archives of Budo**, v. 11, p. 7–16, 2015.
- PICHOT, V. *et al.* Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 10, p. 1729–1736, 2000.
- POULET, J. F. A.; HEDWIG, B. New insights into corollary discharges mediated by identified neural pathways. **Trends in Neurosciences**, v. 30, n. 1, p. 14–21, jan. 2007.
- RABBANI, A. *et al.* Match fatigue time-course assessment over four days: Usefulness of the hooper index and heart rate variability in professional soccer players. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. FEB, p. 1–8, 2019.

REALE, R.; SLATER, G.; BURKE, L. M. Acute Weight Loss Strategies for Combat Sports and Applications to Olympic Success. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 2, p. 142–151, 2017.

SKORSKI, S. *et al.* The Temporal Relationship Between Exercise , Recovery Processes , and Changes in Performance. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, p. 1015–1021, 2019.

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**, v. 50, n. Part 1, p. 1030–1041, 2016a.

SOLIGARD, T. *et al.* How much is too much ? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. n. Part 1, p. 1030–1041, 2016b.

STERKOWICZ, S.; ZUCHOWICZ, A.; KUBICA, R. Levels of anaerobic and aerobic capacity indices and results for the special fitness test in judo competitors. **Journal of Human Kinetics**, v. 2, n. 1, p. 115–135, 1999.

SWEET, T. W. *et al.* Quantitation of Resistance Training Using the Session Rating of Perceived Exertion Method. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 796–802, 2004.

TASK FORCE. Heart rate variability - Standards of measurement, physiological interpretation, an clinical use. **European Heart Journal**, v. 17, p. 354–381, 1996.

TRACEY, K. J. The inflammatory reflex. **Nature**, v. 420, n. 6917, p. 853–859, 2002.

ULLRICH, B. *et al.* **Neuromuscular responses to short-term resistance training with traditional and daily undulating periodization in adolescent elite judoka.** [s.l: s.n.]. v. 30

UMEDA, T. *et al.* The effects of a two-hour judo training session on the neutrophil immune functions in university judoists. **Luminescence**, v. 23, n. 1, p. 49–53, 2008.

VESTERINEN, V. *et al.* **Individual Endurance Training Prescription with Heart Rate Variability.** [s.l: s.n.]. v. 48

WEST, S. W. *et al.* More than a Metric: How Training Load is Used in Elite Sport for Athlete Management. **International Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 4, p. 300–306, 2021.

WILLIAMS, S. *et al.* Monitoring What Matters : A Systematic Process for Selecting Training-Load Measures. p. 101–106, 2017.

WILLIAMS, T. D. *et al.* Inter- and Intra-Day Comparisons of Smartphone-Derived Heart Rate Variability across Resistance Training Overload and Taper Microcycles. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 1, p. 177, 29 dez. 2020.

ZAJĄC, A. *et al.* Central and Peripheral Fatigue During Resistance Exercise – A Critical Review. **Journal of Human Kinetics**, v. 49, n. 1, p. 159–169, 1 dez. 2015.

APÊNDICE 1 - Residual fatigue effect and recovery after an official judo competition

Bruno T. CAMPOS^a, Eduardo M. PENNA^b, Pedro H.M. OGANDO^a, João G.S. RODRIGUES^a, Maicon R. ALBUQUERQUE^a, Fabio Y. NAKAMURA^c and Luciano Sales PRADO^a

^aEscola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, BRASIL;

^bDepartamento de Educação Física, Universidade Federal do Pará – Campus Castanhal, Castanhal, PA, BRASIL;

Departamento de Educação Física, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, BRASIL;

***Corresponding Author:** Bruno T. Campos, Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Rua União 80, Jardim Alvorada, Ribeirão das Neves, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. E-mail: brunoteobaldocampos@hotmail.com.br.

Author contribution:

BTC: Conceptualization, Methodology, Validation, Formal Analysis, Investigation, Writing – Original Draft, Writing – Review and editing, Visualization, Project administration. **EMP:** Writing – Original Draft, Writing – Review and editing, Visualization. **PHMO:** Conceptualization, Methodology, Validation, Investigation, Writing – Original Draft, Writing – Review and editing, Visualization. **JGSR:** Conceptualization, Methodology, Validation, Investigation, Writing – Review and editing, Visualization. **MRA:** Writing – Original Draft, Writing – Review and editing, Visualization. **FYN:** Writing – Original Draft, Writing – Review and editing, Visualization. **LSP:** Resources, Writing – Original Draft, Writing – Review and editing, Visualization, Funding acquisition

ABSTRACT

Background: Judo is a combat sport where the high-intensity efforts reduce strength performance and influence fatigue-related physiological markers. Although these studies demonstrate the physiological and performance changes immediately after the match or competition, there are still no studies that show the fatigue-recovery timelines in the days after the event. It's essential to understand these effects, to guide post-competition training, especially in congested calendar situations. **Aim:** This study aimed to verify the time course fatigue-recovery of physiological and neuromuscular variables after a Judo competition. **Methods:** Thirteen junior judo athletes took part in this study. The athletes were evaluated at three moments, approximately 24 hours before the match, 24 and 48 hours after the competition, comprising assessments of blood Creatine Kinase, Heart Rate Variability, and Countermovement Jump performed. Pearson's correlation coefficient was used to measure the correlation between physiological and neuromuscular variables with total match time in the competition. **Results:** There is a significant association between Creatine Kinase 24h post-competition and total match time (0.61; $p < 0.05$). In contrast, heart rate variability and countermovement jump do not present a similar association with total match time. **Conclusion:** Our study demonstrates an association between time spent in competition and increased muscle damage 24 hours post-

competition. However, it indicates that this matches-time in competition is not necessarily associated with neuromuscular recovery (CMJ) or autonomic recovery (HRV).

KEYWORDS: Heart Rate Variability; Countermovement Jump, muscle damage

INTRODUCTION

Recovery in sports is a multifaceted (e.g., physiological, psychological) time-dependent process that occurs when the organism is disturbed by external or internal factors, as it happens during training processes [1]. Therefore, determining effective training loads through adequate recovery monitoring routines may result in individualized interventions considering the distinct psychophysiological demands of training and competition and individual recovery profiles [1,2]. In combats sports, where high-intensity efforts are repeated under challenging metabolic conditions [3], recovery performance is crucial to high performance.

Judo is a combat sport where the high-intensity efforts reduce strength performance and influence fatigue-related physiological markers [3,4]. Consecutive judo combats may lead to increased lactate levels, ammonia, and urea in urine, suggesting high physiological stress despite maintaining neuromuscular performance in certain situations [3,5,6]. The physiological and neuromuscular changes caused by judo matches will significantly impact the recovery process [3,7,8]. Among physiological and performance marker these variables, we highlight the heart rate variability (HRV), a parameter used to assess the activity of the autonomic nervous system in the heart [9] and may vary

according to the level of fatigue generated by the training [10]. For example, Judo athletes under intensified training show a decrease in cardiac parasympathetic activity and lower muscular performance [11,12]. Another physiological variable of recovery, creatine kinase (CK) measured for the indirect assessment of muscle damage [13], showing after three consecutive matches, higher plasma concentrations associated the decreased CMJ performance [3]. In addition, a judo training session can cause muscle damage that can last for up to 48 hours [14].

Although these studies demonstrate the physiological and performance changes immediately after the match or competition, there are still no studies that show the fatigue and recovery timelines in the days after the event. It's essential to understand these effects, to guide post-competition training, especially in congested calendar situations. The literature has not yet demonstrated whether these recovery variables are associated with different levels of physical stress that can happen during a Judo competition due to the eliminatory nature of the competition. The mechanisms involved in training-or competition-induced fatigue (and the recovery timelines) are numerous. While many of these physiological factors are classically linked to fatigue and recovery, corresponding rates of recovery markers often do not follow the time courses of performance recovery [15]. For example, heart rate variability is not associated with muscular strength recovery [16,17]. But, it was founded in endurance sports, an association between heart rate variability and muscle damage [18].

Assessing recovery processes in Judo could be helpful to reduce the risk of overtraining and injury [19,20]. Still, the time course and associations between different fatigue and recovery indicators after consecutive matches have not yet been investigated. Therefore, the authors have investigated which tools are adequate for monitoring training and competition loads and fatigue in Judo [11,12,21]. Furthermore, monitoring the different recovery timelines and their associations after a Judo competition may provide information on the practical use of these variables for monitoring training loads and individual responses after a match. Therefore, this study aimed to verify the association of recovery of physiological and neuromuscular variables with the demands of Judo competition in different timelines. This study hypothesized that the match time in competition would be associated with the recovery of the autonomic nervous system, muscle damage, and neuromuscular performance. Furthermore, prolonged physiological recovery would be found in athletes who played more matches.

METHODS

Participants

Thirteen junior judo athletes (4 women and 9 men; age: 19.0 ± 1.0 years; weight: 67.9 ± 15.7 kg; height: 170 ± 6 cm; body fat: 10 ± 2.2 %) took part in this study. One athlete was from the 55-kg mass

category, one from the 60 kg, two from 66 kg, two from the 73 kg, one from the 81 kg, one from the 90 kg, one from the 100 kg, one from the 48 kg, one from the 52 kg, one from the 57 kg, and one from the 70 kg. The judo regular training experience was 7.2 ± 3.9 years. All athletes were black belts and were regularly training (technical and tactical training) five to six times per week during the study. All athletes participated in high-level competition, and their best competitive results varied from winning medals at local-level ($n = 13$) and international/national-level ($n = 7$) competitions. All of them were in a competitive phase and, therefore, in a period of weight loss. Before the assessments, all participants were informed of the investigation's procedures, risks, and benefits and signed an informed consent form. This study was approved by the local Research Ethics Committee (Protocol number 12210219.7.0000.5149), following the Declaration of Helsinki for study with humans[22].

Protocol

The athletes were evaluated at three moments, approximately 24 hours before the competition, 24 and 48 hours after the matches, comprising assessments of blood CK, HRV, and CMJ performed (Figure 1). The tests were performed at the same time of day in which athletes were assigned to compete, between 8 am – 4 pm. The environmental conditions in which the tests were performed ranged between 18 to 22 °C air temperature and 45 to 60% humidity. The competition took place in the 17th week of training and was the leading national competition of the year, allowing scoring in the national ranking.

FIGURE 1 HERE

Figure 1. Experimental approach. CK: Creatine kinase, HRV: Heart rate variability, CMJ: Countermovement jump.

32 μ L of capillary blood were drawn from the subject's digital pulp to determine blood CK concentrations. Blood was drained to a heparinized capillary tube, immediately pipetted to a CK reactive strip, and placed in the Reflotron Analyzer (Boehringer Mannheim®).

During the evaluation of HRV, athletes remained seated, instructed to stay calm, in silence, with spontaneous breathing and minimal body movements. The athletes used a chest strap (Polar® H7, Finland) to collect the data. The raw data were exported to the Polar Precision Performance software (Polar Electro Oy). The R-R intervals were exported in ASCII format for posterior analysis in the Kubios HRV analysis software (version 2.0; University of Kuopio, Finland). All data were subjected to a "low" filter in the Kubios software to remove ectopic beats, which were replaced by interpolating the adjacent RR intervals [23]. Data presented in the results section showed no more than 3% of the total beats removed.

The recordings lasted for 5 min, with the final 2 min of each recording being used to calculate the HRV index [24,25]. The HRV parameter analyzed in the time domain was the Root-Mean of Square Successive RR Interval Difference (RMSSD). The RMSSD is assumed as an indicator of the activity of the parasympathetic nervous system and is considered the preferred index for athletic monitoring as it appears to be uninfluenced by the respiratory rate [24].

The athletes performed the countermovement jump (CMJ) on a flat and firm surface and with the assistance of a 0.1 cm precision contact mat (Hidrofit® Ltda, Brazil) connected to a Multisprint software (Hidrofit® Ltda, Brazil). To perform the test, the athlete stood on the mat with his feet at a parallel position, hands resting on the height of the iliac crest, head up, and looking forward. Athletes were instructed not to remove their hands from this position during the jump and that their knees should be extended during the flight phase. On hearing the "jump" command, the individual flexed their knee to feel more comfortable and jumped immediately upright as high as possible. Only jumps that met these requirements were considered for analysis during the tests. Three attempts were performed for the jump performance analysis, and the highest value was used [26].

Statistical Analysis

Data are described as means and standard deviations. Before the inferential analysis, data normality and homoscedasticity were tested by the Shapiro Wilk's and Levene's tests.

The recovery variables (HRV, CMJ, CK) were transformed in change percent (% change). That was calculated as follows: [(Post Match – Pre Match) /Pre match] for the recovery variables. The Pearson's correlation analysis between total matches time in competition and % Change recovery variables. The magnitude of the correlation was classified from the value of r , with values <0.3 considered small, $0.3 - 0.5$ moderate, $0.5 - 0.7$ high, > 0.7 very high [27,28].

A significance level set at $\alpha \leq 0.05$ was used in all inferential analyzes. All data were analyzed and plotted using the statistical package Graph Pad Prism™ (version 5.0, GraphPad Software, San Diego, CA, USA).

RESULTS

During the competition, all athletes performed an average of 3 ± 1 match and a total matches duration competition of $08:16 \pm 04:16$ min (Table 1).

TABLE 1 HERE

About the association of recovery variables and total match time, only a % Change of the CK 24h is significant and presented a high correlation with total match time in competition ($p = 0.02$ $r = 0.61$ – Figure 1). But, total match time was not significantly related to CK 48h ($p = 0.15$), CMJ 24h ($p = 0.25$), CMJ 48h ($p = 0.26$), HRVJ 24h ($p = 0.80$) and HRV 48h ($p = 0.59$).

FIGURE 2 HERE

Figure 2 – Correlation % Change with total match time

DISCUSSION

The present study aimed to verify the association of recovery of physiological and neuromuscular variables with the demands of Judo competition in different timelines. This study hypothesized that the match time in competition would be associated with the recovery of the autonomic nervous system, muscle damage, and neuromuscular performance. Furthermore, prolonged physiological recovery would be found in athletes who played more matches. But, our main findings were a significant association of the total match time in the competition with the percentage increase in 24-hour post-competition muscle damage.

Detanico[3] relates increased CK concentrations following a judo match. An expected effect of concentric-eccentric actions on some match movements leads to increased muscle damage [14]. However, no previous study has verified at what moment after the match the peak CK concentrations occur, as shown by our research. In high-level Judo, it seems to happen approximately 24 hours after the event in the studied conditions. The effort characteristics of the sport alter the magnitude of muscle damage and, consequently, the indicator kinetics [29]. In addition, our study demonstrates that total match time is associated with the extent of muscle damage.

Although muscle damage was associated with total match time, the CMJ performance was not significantly associated with competition demand in either timeline after the event. They hypothesized that a reduction in CMJ performance due to fatigue originated from the physical stress during competition. However, this effect has not been observed in the present study. Jump performance depends on central and peripheral factors that influence muscle power development. Central fatigue may hamper the generation and transmission of action potentials to the muscle fibers, consequently

reducing the power generation capacity [30,31]. On the other hand, peripheral fatigue may be influenced by muscle damage [29]. In addition, muscle damage itself can lead to a recruitment reduction due to the inflammatory process, which may negatively affect strength and power performance[29]. An association between reduced neuromuscular performance and muscle damage has already been evidenced [32]. Although some authors have already identified a reduced lower limb power after combat simulation [3], other studies have not reported changes in CMJ height after combat [33]. A possible explanation for the absence of significant differences in the present study is that the muscle damage caused by the competition conditions was not substantial enough to affect lower limb neuromuscular performance in subjects with insufficient total match time.

The athletes would experience a reduction in vagal modulation (RMSSD reduction) due to the competition's possible residual fatigue effect. However, no significant associations between the change vagal response and total match time. This result does not corroborate the findings of other authors who demonstrated a reduction in HRV after periods of load accumulation [11]. Nevertheless, it has also been shown that, in the pre-competitive moment, autonomic regulation of heart function is influenced by competitive stress [34], suggesting a potential confounding effect. These effects may impact vagal modulation and decrease the RMSSD values. Thus, this factor (anxiety) may have contributed to the RMSSD values being lower than the athletes' actual basal state, thus reducing the comparative effect between moments.

CONCLUSION

Our study demonstrates an association between time spent in competition and increased muscle damage 24 hours post-competition. However, it indicates that this matches-time in competition is not necessarily associated with neuromuscular recovery (CMJ) or autonomic recovery (HRV). Therefore, there may be a need for greater attention to tissue recovery for athletes who performed more combats in competition. Still, this effect cannot necessarily be identified by markers such as CMJ and HRV.

APÊNDICE 2 - Fatigue and recovery timeline in judo athletes: effects of competition and training

ABSTRACT

The present study aims to verify how fatigue between matches manifests and to verify the relationship between the fatigue's acute responses during competition with the pre-and post-competition recovery. The athletes were evaluated daily for 2 weeks, assessments included their perceived recovery, heart rate variability, maximal handgrip strength (MHS), and countermovement jump (CMJ). After the first week, a competition was performed and neuromuscular and cardiovascular measures were assessed between judo matches. A one-way ANOVA was performed to analyze the variables in the week preceding the competition and in the simulated competition. Pearson's correlation coefficient measured the correlation between physiological and neuromuscular variables at different times. The MHS, CMJ, and heart rate recovery were significantly different between matches. The CMJ during the competition was

negatively associated with the HR_{max} reached during the match, and negatively related to the perception of recovery in the week preceding the competition. Also, the HR_{max} reached in the match was negatively associated with the CMJ in the following week. The present study demonstrated the fatigue in a simulated judo competition and its relationship with recovery responses. Also, the upper and lower limbs are distinctly stimulated during judo matches and, hence, manifested fatigued in different time courses.

KEYWORDS Recovery, Judo, Monitoring Training Load, Heart Rate Variability, Muscle Power.

INTRODUCTION

Fatigue is a state in which physical and mental performance reduces due to physiological disturbances. At the same time, recovery consists of a set of processes that results in an augmented athlete's ability to exceed previous performance levels (31). Furthermore, the recovery period elicits that several physiological parameters altered by exercise return to resting values (31). In the case of Judo, a high-intensity intermittent sport, the fatigue-recovery studies had a substantial role in understanding the competitive performance (12). In an official competition, an athlete performs between 3 and 5 matches, with just ~10 minutes interval between the first ones (12). Also, Judo training requires high-level physical abilities (strength, power, endurance), which makes planning a complex endeavor to properly balance load, fatigue, and recovery (14). For example, the relationship between load magnitude and recovery in the week before the competition can influence the fatigue response throughout the competition. Furthermore, the accumulated fatigue during the match can alter the recovery response.

Studies on the Judo match have shown a high glycolytic and oxidative demand (12,22). For instance, blood lactate concentrations after simulated matches reach $\sim 10 \text{ mmol.l}^{-1}$ (12). Otherwise, the Judo competition involving several matches decreases glycolytic contribution due to progressive fatigue development (12) that decreases neuromuscular and metabolic responses (23).

Regarding the performance after matches, fatigue substantially affects both the upper limb's maximal strength and muscular endurance of the lower limbs (23). However, judo combats likely not impaired the lower-body power actions, while maximal isometric handgrip strength is negatively affected by the judo combat. Different muscle groups have distinct demands during judo combat (12). However, it has not yet been demonstrated how pre-competition recovery can influence this competition-related fatigue response. Also, there is a lack of information related to the post-competition recovery dynamics.

Numerous mechanisms are proposed to explain the training- or competition-induced fatigue (and the recovery dynamics). While many of these physiological factors are classically linked to fatigue and recovery, corresponding rates of recovery markers often do not follow the performance recovery time-course (31). For example, simulated judo matches increase muscle damage and reduce countermovement jump (10). In other situations, judo training sessions increase muscle damage post-training but do not reduce countermovement jump post-training (7). A single study has identified an optimal relationship between internal load monitoring and specific performance adaptation in judo athletes from the training perspective (1). In this sense, the complexity of the interaction between fatigue responses after judo combat and its effect on recovery dynamics and the training load underlying mechanisms can hinder coaches' planning of the training process, particularly in the weeks before and after competitive events.

It is crucial to understand that any exercise training will challenge metabolic and neuromuscular systems at different levels depending on their specific content (31). So far, the interaction between fatigue responses during a simulated competition of Judo with physiological, neuromuscular, and perceptual recovery responses before and after combats was not verified by previous studies. Thus, the present study aimed (1) to verify how fatigue between matches manifests itself in neuromuscular and cardiovascular aspects, (2) to demonstrate whether a simulated competition affects neuromuscular and autonomic recovery

during the subsequent days, and (3) to verify the relationship among the fatigue's acute responses during competition with the pre- and post-competition recovery.

METHODS

Subjects

Twelve cadet and junior judo athletes (7 women and 5 men; age: 18.0 ± 1.0 years; 5.5 ± 1.6 years of regular judo training; weight: 67.9 ± 15.7 kg; height: 170 ± 6 cm) took part in this study. The athletes were training regularly (11.26 ± 4.6 hours per week) and were absent of musculoskeletal injuries by the six months before the study. The athletes did not take any medication or drugs, and neither had any acute illness or infection during data collection. All experimental procedures followed Helsinki's Declaration and were approved by the Universidade Federal de Minas Gerais (protocol 12210219.7.0000.5149). The athletes received written instructions describing all the procedures, risks, and benefits related to participation in the study, and signed an informed consent form. If younger than 18 years old ($n = 9$), their parents signed the written consent form.

Experimental approach to the problem

The athletes were evaluated daily (Monday to Friday) for 2 weeks (Figure 1), before each training session (1 pm - 2 pm), in a laboratory under controlled conditions (18 to 22 °C air temperature and 45 to 60% air humidity). Assessments included their perceived recovery status, heart rate variability, and strength-power tests for the upper limb (handgrip) and lower limb (countermovement jump). In addition, a simulated judo competition was performed after the first week of training and neuromuscular and cardiovascular measures were assessed between judo matches.

During the study, technical-tactical sessions were administered every day from approximately 2 pm to 4 pm for two weeks. Also, they performed twice-weekly strength training sessions (Tuesday and Thursday). Thus, the present study was conducted between the 41st and 42nd training week of the annual macrocycle, which consists of the competitive period. Data collection was conducted six weeks before the main national competition, a moment planned for the athletes to attain their peak season performance.

FIGURE 1

Simulated Competition

The volunteers were distributed and paired in their respective weight categories and performed simulated matches with opponents of their respective weight categories. The volunteers completed three matches of 4 minutes each separated by 10 minutes. All athletes completed the matches in 4 minutes, and when Ippon was applied, the combat restarted until the 4 minutes. The athletes were encouraged to reach their maximal performance during each combat.

At the start of the simulated competition and immediately after each match, a heart rate monitor was used to measure the maximal heart rate (HR_{max}) and heart rate recovery in the 60 seconds following the match. After that, the athletes performed 3 maximal handgrip strength (MHS) and 3 countermovement jump (CMJ) tests, interspersed by 60 seconds between consecutive trials. These procedures took approximately 7 minutes. Then, the athletes rested passively for another 3 minutes until the next match.

Heart Rate Variability

To assess HRV, athletes remained lying supine and avoiding speaking, with spontaneous breathing and minimal body movements (5). A chest strap (Polar® H7, Finland) was used to collect the data. The raw data were exported to the Polar Precision Performance software (Polar Electro Oy). The R-R intervals were exported in ASCII format for subsequent analysis in the Kubios HRV analysis software (version 2.0; University of Kuopio, Finland). All data were subjected to a "low" filter in the Kubios software to remove ectopic beats, which were replaced by interpolating the adjacent R-R intervals (32). In this study, no more than 3% of the total beats were replaced.

The recordings lasted 5 minutes and the last 2 minutes were used to calculate the HRV index. Thus, the stabilization period is more extended than the minimum of 1 minute required (25). The time-domain analysis of the HRV index was the square root of the mean squared difference of successive R-R intervals (RMSSD). The RMSSD is an indicator of the parasympathetic nervous system activity and the preferred index for athletic monitoring of their uninfluenced respiratory rate (5) and their high reliability at rest (26). Therefore, the

RMSSD was transformed into its natural logarithm before analysis [LnRMSSD; following standards already adopted in the literature (6)].

Countermovement Jump

The countermovement jump (CMJ) was performed on the contact mat of a 0.1 cm precision (Hidrofit® Ltda, Brazil) connected to Multisprint software (Hidrofit® Ltda, Brazil). The athlete was positioned with his feet at a parallel position on the mat, hands resting on the height of the iliac crest, head up, and looking forward. During the jump, the athletes should keep their hands on the hips, and the knees should be extended during the flight phase. After hearing the "jump" command, the individual immediately flexed their knee to the extension and jumped vertically as high as possible. Only jumps that met these requirements were considered for analysis during the tests. Three attempts were performed for the jump performance analysis, and the mean value was used (8).

Maximal Handgrip Strength Test

The MHS test was assessed with the judo athletes standing upright, shoulder at 90° of flexion, and the elbow completely extended (4). The athletes should press the dynamometer (Kratos Ltda®) for five seconds with their maximum effort with their dominant hand and 1 minute of rest between the three attempts (4). The value was expressed in its absolute terms (Kgf). The highest value of the three attempts was considered the maximum isometric handgrip strength.

Hooper Index

A customized questionnaire comprising perceived sleep quality and quantities of stress, muscle fatigue, and muscle soreness was used to collect subjective self-reported wellness measures. Each question was scored on a 7-point scale on which "1" and "7" represented "very, very good" and "very, very poor" wellness ratings, respectively. The Hooper-Index was computed as an overall wellness measure by summing its four subsets (28).

Data presentation

To observe the effect of fatigue between matches, was calculated the percentage of performance change during the competition (% change) as follows: [(Post Match – Pre

Match) /Pre match] for both CMJ (CMJ % change) and MHS (MHS% change). The heart rate recovery (HRR_{60s}) is considered the HR_{max} - HR ratio in 60 seconds of recovery.

The percentage of change (% change) in the daily recovery monitoring variables (HRV, CMJ, MSH) was analyzed. Then, each collection was compared before (Pre 48h to Pre 24h) and after (Post 48h to Post 72h) competition to the value of the competition day. The Post 24h was not calculated due to technical staff prioritizing a rest time following the competition simulation.

It is known that the recovery is individual and that comparing absolute values can lead to interpretation errors. Thus, to verify how the daily monitoring of recovery is associated with acute fatigue responses during competition, the recovery variables (HRV, CMJ, MSH) were transformed into a percentage of the highest individual value found up to that time of the study. The highest value was chosen since the training objective was that these values were close to the maximum on the competition day. Then, the variables were grouped on a weekly average before and after the competition. The weekly average recovery was associated with the % change in performance during the match.

Statistical analysis

Before the inferential analysis, data normality and homoscedasticity were tested by the Shapiro Wilk's and Levene's tests, respectively. A one-way repeated-measures ANOVA and paired Student's T-Test were performed to analyze the variables in the week preceding the competition and in the simulated competition. When significant F-values were obtained, Bonferroni's post hoc was used to detect pairwise differences. Pearson's correlation coefficient measured the correlation between physiological and neuromuscular variables at different times. The correlation magnitude was classified from the value of r , with values <0.3 considered small, $0.3 - 0.5$ moderate, $0.5 - 0.7$ high, > 0.7 very high (9,19). A significance level was set at $\alpha \leq 0.05$. All data were analyzed and plotted using the statistical package Graph Pad Prism™ (version 5.0, GraphPad Software, San Diego, CA, USA).

RESULTS

Regarding fatigue between matches, a significant acute effect was observed on the neuromuscular and cardiovascular response (Figure 2). The MHS was significantly different

between matches ($F = 3.77$; $p = 0.02$, Figure 2-A), and only after the 2nd match MHS was significantly lower than the Pre ($p < 0.05$). The MHS% change was no significantly reduced after matches ($F = 0.90$; $p = 0.42$, Figure 2-B). The CMJ was significantly different over time ($F = 3.51$; $p = 0.02$, Figure 2-C), and only after 1st match the CMJ was significantly higher than the Pre ($p < 0.05$). The CMJ% change was significantly reduced only after the 3rd match ($F = 10.98$; $p = 0.0008$, Figure 2-D). HRR_{60s} was significantly different over time ($F = 6.10$; $p = 0.009$, Figure 2-E), and after the 2nd match HRR_{60s} was greater compared to the other times ($p < 0.05$). The HR_{max} was not significantly different over time ($F = 3.32$; $p = 0.05$, Figure 2-F).

FIGURE 2

Regarding the recovery responses in the week following the competition, there were also significant effects on the recovery variables (Figure 3). The LnRMSSD was not significantly different over time ($F = 0.66$; $p = 0.58$ Figure 3-A). The MHS was significantly different over time ($F = 3.30$; $p = 0.03$ Figure 3-B), although the post-hoc did not find the difference. The CMJ was significantly different over time ($F = 5.42$; $p = 0.004$ Figure 3-C), and both 48h pre and 72h post-competition were different from the 48h pre-competition ($p < 0.05$).

FIGURE 3

Regarding the correlations between the variables of recovery and fatigue during the competition (Figure 4), the CMJ performance during the competition (CMJ % Change) was negatively associated with the HR_{max} reached during the match ($r = -0.90$, $p = 0.0004$; Figure 4-A), and negatively related to the perception of recovery (Hooper Index) in the week preceding competition ($r = -0.63$; $p = 0.05$; Figure 4-B). Also, CMJ % Change was positively associated with the CMJ performance level in the week following the competition (CMJ Post COMP; $r = 0.89$; $p = 0.001$; Figure 4-C). On the other hand, the HR_{max} reached in the match was negatively associated with the CMJ performance in the following week (CMJ Post COMP; $r = -0.89$; $p = 0.0004$; Figure 4-D).

FIGURE 4

DISCUSSION

The present study aimed to verify how fatigue between matches manifests itself in neuromuscular and cardiovascular aspects and to check if the simulated competition can affect the acute response of neuromuscular and autonomic recovery in the following days. Further, to verify how the neuromuscular, autonomic, and perceptual variables monitored daily throughout microcycles pre- and post-competition are associated with the acute responses of fatigue during competition. The present study demonstrated that the fatigue response during competition differs according to the distinct assessments of muscle strength (*e.g.* power or maximal strength). Besides, the competitive event may be considered as a training session unit that disturbs the neuromuscular response in the subsequent weekly. Finally, in an innovative approach, the present study demonstrates that the perception of recovery in the week preceding competition and the muscle recovery rate in the week following the competition are associated with competition-induced muscle fatigue.

Acute effects of fatigue between matches

There was a significant effect of fatigue on the upper limb during the simulated match, demonstrated by the MHS reduction after the 2nd match. The current study findings are similar to the other researchers, once a significant reduction in handgrip strength from the third Judo bout onwards was observed (3,24). Other grappling combat sports researchers obtained also obtained similar results (23). Meanwhile, Julio et al. (2018) detected only in the non-dominant hand a drop in handgrip strength of Judo athletes after matches of various durations, distinctly from our findings that observed a reduction in MHS of the dominant hand. Judo combat has a high demand for grip disputes. These elevated intermittent effort demands in grip disputes may cause fatigue and hence, dropped strength after consecutive matches, as reported by numerous researches that obtained equivalent results (13,14).

In another way, the CMJ was significantly potentiated after the 1st match in the present study. This jump potentiation differs from previous reports that observed a significant drop in CMJ height after the second and third simulated Judo combats (10). Jiu-Jitsu and wrestling freestyle athletes also dropped their CMJ height after the first match (23). Other studies found contrasting results. An absence of vertical jump changes was reported in judokas subjected to 4 simulated combats (2). Another study reported an increased muscular potentiation in vertical jump post-match in judo athletes (21). According to Kons et al. (2019), this positive variation of

CMJ after combat may occur due to many factors. It could be explained by post-activation potentiation (PAP), but it is difficult to affirm the occurrence of PAP certainly. The PAP occurrence is likely higher in the present study because the CMJ was realized 4 minutes after the match, facilitating the manifestation of PAP. However, the judokas of the present study dropped from the third match onwards, and the probably PAP had been discontinued during competition because CMJ% change was significantly reduced after the 3rd match. It's tempting to speculate that the occurrence of PAP has been by the higher athlete's fatigue state.

The HR_{max} obtained in the present study was similar between matches. As these values were not compared to other maximal tests, we cannot confirm that these values represented the HR_{max}. Despite that, previous reports suggested that 4 minutes of match simulation are sufficient for attaining the HR_{max} (21), which can be justified by the increased aerobic contribution throughout the Judo match (22). Furthermore, the present study found no differences in HR_{max} between matches and found high reliability of cardiovascular values between simulated combats, corroborating with previous studies (15,16). Thus, probably the athletes performed the successive matches at similar intensities which are close to their maximal performance.

HRR_{60s} increased significantly after the 2nd match. HRR can be divided into immediate (60 seconds after exercise cessation), recovery, and long-term recovery (> 60 seconds after exercise cessation). Post-exercise HRR reflects general hemodynamic adjustments relative to body position, blood pressure regulation, and metaboreflex activity, partly driving sympathetic withdrawal and parasympathetic reactivation (5). The faster heart rate recovery observed after the 2nd match possibly indicates an enhanced parasympathetic reactivation. But, after 3rd match, probably reactivation parasympathetic is reduced because fatigue is high. Still, it is not associated with changes in performance after matches.

Upper and lower limbs are differently stimulated during matches and, hence, could manifest fatigue in different time courses. For example, upper limb maximal strength appears to be impaired throughout a judo competition before lower limb muscle power. Otherwise, contrasting to these mechanical performance markers, markers reflecting cardiovascular responses (at maximal or during recovery) did not seem to adequately characterize fatigue in their different time courses.

Recovery responses post simulated competition

To check if the competition can disturb the recovery response in the following week, the percent of change in the competition's daily (% Change) of recovery monitoring variables (HRV, CMJ, MHS) were analyzed. The MHS_{%change} detected an increased recovery response 48h post-competition for some athletes, but no significant were found between two-paired moments. On the other hand, the CMJ_{%change} was higher in both 48h and 72h post-competition compared to 48h pre-competition. Together, the results demonstrate the heterogeneity of recovery responses after a match. Unfortunately, to the best of our knowledge, no study has verified this effect in Judo yet. Still, Rampinini et al. (2011) observed reductions in voluntary activation, using motor nerve stimulation for up to 48 hours after a soccer match. Indeed, decreases in voluntary activation after repeated-sprint exercises have been reported, suggesting that the central nervous system recovery likely participates in the physical performance overall recovery (18). Nevertheless, the present study data suggested that the simulated competition associated with a competitive microcycle was a positive stimulus to maximal strength in upper limb and performance vertical jump since there was an increase in muscular strength after a competition.

Interaction of Recovery responses and fatigue responses in a simulated competition

In an innovative approach designed by the present study, the reduction in vertical jump performance is associated with a higher HR_{max}. Considering that the athletes performed successive matches with their maximal performance and at similar intensities, it is believed that the athletes who achieved higher HR_{max} were those who reached greater demands metabolic and neuromuscular, affecting substantially their vertical jump performance from fatigue in recruited muscle fibers.

Further, athletes who reached greater intensities, *i.e.*, higher HR_{max}, had more prominent neuromuscular fatigue. This neuromuscular fatigue and HR_{max} were associated with neuromuscular recovery the following week. A traditional judo session comprising four 3 minutes of randori increased muscle damage and reduced vertical jump performance within 48 hours after the session (11). Athletes from mixed martial arts showed a reduction in vertical jumps within 30 hours after a competition, which was related to increases in muscle damage (17). But, as previously discussed, some athletes in this study demonstrated an increase in vertical jump performance 48 hours after the simulated competition, while others showed a reduction. Thus, the complex interaction between the central nervous system and tissue recovery implies different responses to neuromuscular performance. Although this study did not measure muscle damage, we evaluated the perception of muscle soreness in the Hooper

Index, which previously suggested that can be associated with muscle damage(30). In our research, Hooper Index was related to the CMJ response in the matches. Therefore, which suggests that the interaction between fatigue competition-induced and the recovery from muscle damage may influence the recovery curve of CMJ performance.

Further, competition-induced neuromuscular fatigue was associated with the Hooper Index status in the week preceding the competition. The Hooper index has been widely studied in team sports (27,28), and some parameters which compound this index, such as the perception of muscle soreness, fatigue, stress, and sleep, when grouped, can predict the performance and internal load of subsequent sessions in professional soccer athletes (20). Thus, this data highlights the importance of controlling the Hooper index variable in the week preceding the competition due to the possible association with competition-induced neuromuscular fatigue.

PRACTICAL APPLICATION

For practical application, we suggest that professionals enrolled in Judo practice pay attention to different aspects of the perception of recovery (fatigue, sleep, stress, muscle soreness) during the pre-competition week. In this way, a positive balance of these responses can be done to induce the highest performance in competition. Furthermore, the possible individual differences may influence the course of neuromuscular recovery and its interaction with the fatigue response, reinforcing the importance of vertical jump monitoring throughout the season.

The present study contributes to the current literature regarding fatigue in a simulated judo competition and its relationship with recovery responses. Experimentally, the upper and lower limbs are distinctly stimulated during judo matches and, hence, manifested fatigued in different time courses. We also showed that recovery state before the competition and individual recovery after the competition is associated with competition-induced neuromuscular fatigue. Further studies could evaluate the mechanisms underlying this interaction and develop potential strategies for shortening the recovery time.

ACKNOWLEDGMENTS

The present research was supported by the *Formação de recursos humanos e desenvolvimento de pesquisa aplicados ao esporte de alto rendimento* Project by the Ministry of Sport (Brazilian Government).

APÊNDICE 3

Table 2 – External Load data description

TECHNICAL TACTICAL SESSIONS	WEEK 1	WEEK 2	WEEK 3	WEEK 4
OBJECTIVE SESSIONS	3 sessions Specific Strength and Power 2 sessions Newaza and Anaerobic Resistance Randori	3 sessions Specific Strength and Power 1 sessions Newaza and Anaerobic Resistance Randori 1 Session Aerobic Specific	3 sessions Specific Strength and Power 1 sessions Newaza and Anaerobic Resistance Randori 1 Session Aerobic Specific	2 sessions Specific Strength and Power 3 Session Aerobic Specific
EXERCISES	- Exercise aiming maximal power output in a blow. e.g an uke is held at back by other uke. Tori applies three entrances of blow and at the fourth he throws uke. - Strength resistance exercise to improve gripping. e.g. climbing ropes and crushing grip. - Uchikomi static and linear for velocity Kumi-kata. Grip fighting. - Randori directed. In a pre-determined combat, one judoist only attacks while the other only defends. They switch positions according to the coach. - Randori with transition Ne waza - Golden Score Randori. During the Randori, the judoist who scores first, win. - Randori Free			- Aerobic Uchikomi and Naguekomi - Tandoku-Renshu - Randori (Golden Score)

RATIO				
EFFORT:PAUSE	1:3 and 1:2	1:2 and 1:1	2:1 and 1:1	1:3 and 1:4
RANDORI				
TOTAL TIME	160 min	155 min	155 min	80 min
WEEKLY RANDORI				
STRENGTH AND CONDIOTIONING SESSIONS				
OBJECTIVE SESSIONS	2 sessions for Strength and Power	2 sessions for Strength and Power	2 sessions for Strength and Power	2 sessions for Strength and Power
EXERCISES	• Squat • Snatch • Clean and Jerk • Stiff • Bench Press • Rower Machine • Judogi dynamic pulling	• Squat • Snatch • Clean and Jerk • Stiff • Bench Press • Rower Machine • Judogi dynamic pulling	• Squat • Snatch • Clean and Jerk • Stiff • Bench Press • Rower Machine • Judogi dynamic pulling	• Squat • Snatch • Clean and Jerk • Stiff • Bench Press • Rower Machine • Judogi dynamic pulling
VOLUME	4 series of 6 repetitions	4 series of 3 repetitions	4 series of 3 repetitions	4 series of 2 repetitions
INTENSITIES	70 % - 80 % 1 RM	80 % - 90 % 1 RM	80 % - 90 % 1 RM	90 % - 95 % 1 RM
PAUSE	1 - 2 MIN	1 - 2 MIN	2 - 3 MIN	2 - 3 MIN