UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Efeito da ingestão isolada de cafeína e bicarbonato de sódio sobre a
contribuição energética, desempenho e reativação parassimpática em
simulação de luta de taekwondo

JOÃO PAULO LOPES DA SILVA

São Paulo

2017

JOÃO PAULO LOPES DA SILVA

Efeito da ingestão isolada de cafeína e bicarbonato de sódio sobre a
contribuição energética, desempenho e reativação parassimpática em
simulação de luta de taekwondo

Tese de doutorado apresentada à Escola de
Educação Física e Esporte da Universidade de São
Paulo, como requisito parcial para a obtenção do
título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Estudos Biodinâmicos da
Educação Física e Esporte

Orientador: Prof. Dr. Emerson Franchini

São Paulo

2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: SILVA, JOÃO PAULO LOPES DA

Título: **Efeito da ingestão isolada de cafeína e bicarbonato de sódio sobre a contribuição energética, desempenho e reativação parassimpática em simulação de luta de taekwondo.**

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Data: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

*Tese dedicada à
João Caetano da Silva (em memória).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Maria Tereza Lopes da Silva, pelo exemplo de ser humano e por todos os esforços feitos para que eu chegasse até aqui. Você é a maior responsável por tudo isso! À minha tia, Vaneska, por toda a assistência durante os últimos anos que estive distante. Aos meus primos, João Victor (“cabeça”) e João Pedro (“baleia”), pelos abraços recebidos todas às vezes que cheguei em casa de surpresa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Emerson Franchini, muito obrigado pela confiança e por ter acreditado nas minhas ideias desde a primeira reunião até hoje. Foi uma honra ter sido orientado por você.

Ao meu orientador no mestrado, Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva, por todos os conselhos e broncas no início da minha carreira. O que sou hoje eu devo muito à você.

Ao Prof. Dr. Rômulo Bertuzzi pela receptividade durante o período que passei no GEDAE.

Ao amigo Marcos (“txio”) pela orientação durante a graduação, pelo exemplo de pessoa e profissional e pelo abrigo durante o início da jornada em São Paulo. Obrigado também a sua esposa, Kelly, por ter me aguentado inúmeras vezes durante os almoços de domingo. Ao Rafaell (“pai”), que foi como um irmão durante o período que moramos juntos em São Paulo, o meu agradecimento por todos os conselhos. Ao amigo Kleiner, pelos momentos de descontração com as suas piadas sem graça. Na falta da minha família, eu tive vocês.

Ao amigo Jonatas, o meu agradecimento pela dedicação na condução e nas análises das lutas dos dois estudos e pela amizade ao longo desse processo.

Aos amigos Bráulio Branco, César Cavinato, Rafael Pires e a Luana Oliveira pela ajuda durante a execução do estudo 1. Ao Prof. Dr. Guilherme Artioli pela colaboração durante a execução do estudo 2. Ao Matheus Hausen pelo empréstimo da mochila para o analisador de gases.

Ao Dr. Irineu Loturco, que abriu as portas do Núcleo de Alto Rendimento Esportivo de São Paulo e toda a sua equipe (Ronaldo, Lucas, Capuano, Kátia) por todo o suporte na condução dos dois estudos.

Ao amigo Edson Degaki (Edshow) pelas conversas durante os inúmeros cafés no LADESP. Aos amigos do GEDAE, Léo, Salomão, Ramon, Renata, Mayara, Beto e Rodrigo Urso pela convivência nos momentos difíceis. Em especial, ao Rafael (“coisa linda”) pela companhia nas aventuras e seus pais (Edina e Bortolato) por terem me recebido tão bem na sua casa.

Ao Prof. Dr. Chris Abbiss por ter me recebido no seu laboratório na Edith Cowan University – Austrália, durante o doutorado sanduiche. Aos brasileiros que me ajudaram na Austrália (Horácio, Cássio e Matheus) e aos amigos que conheci durante a minha estadia na Edith Cowan University (Kester, Grant, Natoshi, Tomoko, Rika, Georgious, Claire, Wayner, Tobias, Dale e Thomaz).

A todos os atletas e ao Mestre Carlos Negrão pela ajuda durante a execução dos dois projetos, pois sem eles não teria sido possível a conclusão desses projetos.

À capes, pelas bolsas de estudo concedidas, tanto para o Doutorado no Brasil quanto para o estágio no exterior.

Mande notícias do mundo de lá
Diz quem fica
Me dê um abraço, venha me apertar
Tô chegando
Coisa que gosto é poder partir
Sem ter planos
Melhor ainda é poder voltar
Quando quero

Todos os dias é um vai e vem
A vida se repete na estação
Tem gente que chega pra ficar
Tem gente que vai pra nunca mais
Tem gente que vem e quer voltar
Tem gente que vai e quer ficar
Tem gente que veio só olhar
Tem gente a sorrir e a chorar

E assim chegar e partir
São só dois lados
Da mesma viagem
O trem que chega
É o mesmo trem da partida
A hora do encontro
É também despedida
A plataforma dessa estação
É a vida desse meu lugar
É a vida desse meu lugar
É a vida...

Encontros e despedidas
Milton nascimento e Fernando Brant

RESUMO

Lopes-Silva, João Paulo. **Título:** Efeito da ingestão isolada de cafeína e bicarbonato de sódio sobre a contribuição energética, desempenho e reativação parassimpática após simulação de luta de taekwondo. 2017. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

O objetivo do trabalho foi investigar o efeito da suplementação isolada de cafeína e bicarbonato de sódio sobre a contribuição dos sistemas energéticos, desempenho e reativação parassimpática após simulação de luta de taekwondo. Para tanto, a presente tese foi dividida em estudo 1, com a suplementação de cafeína e estudo 2, com a suplementação de bicarbonato de sódio. Portanto, no estudo 1, o objetivo foi investigar o efeito da suplementação de cafeína sobre a contribuição dos sistemas energéticos, desempenho e reativação parassimpática em simulação de luta de taekwondo. 10 atletas de taekwondo foram submetidos a duas sessões experimentais separadas por no mínimo de 48 horas entre elas. Nas duas visitas os atletas consumiram uma cápsula contendo cafeína (5 mg.kg^{-1} de massa corporal) ou placebo (celulose) uma hora antes da simulação da luta de taekwondo, composta por 3 *rounds* de 2 minutos com 1 minuto de intervalo entre os *rounds*. A ordem das sessões experimentais foi randomizada, duplo-cego e cruzada. Todas as simulações de luta foram filmadas para quantificar as ações técnico-táticas durante os *rounds*. Foram mensuradas a concentração de lactato, a percepção subjetiva de esforço (PSE) antes e após cada *round*, e a frequência cardíaca (FC) e a contribuição dos sistemas energéticos foi estimada durante a simulação de luta. Além disso, foram mensurados alguns índices da reativação parassimpática após o terceiro *round*. A concentração de lactato, a PSE, a FC e a contribuição dos sistemas energéticos foram comparados usando análise de variância de dois fatores (condição e tempo). Adicionalmente, os índices da reativação parassimpática foram comparados utilizando o teste t de *Student* entre as condições cafeína e placebo. Os principais resultados indicam que: a suplementação de cafeína aumentou a contribuição do sistema glicolítico em relação ao placebo. Porém, a cafeína não melhorou o desempenho ou alterou a PSE, a FC ou a contribuição dos sistemas oxidativo e ATP-CP quando comparados ao placebo. Adicionalmente, nenhum índice da reativação parassimpática foi afetado pela suplementação de cafeína. No estudo 2, o objetivo do estudo foi investigar o efeito da suplementação de bicarbonato de sódio sobre a contribuição dos sistemas energéticos durante a simulação de luta de taekwondo. Para tanto, foram avaliados 9 atletas de taekwondo, os quais foram submetidos a duas condições experimentais, separadas por um mínimo de 48 horas entre elas. Nas duas visitas os atletas ingeriram uma cápsula contendo $0,03 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa corporal de NaHCO_3 ou placebo (carbonato de cálcio), 90 minutos antes da simulação de luta de taekwondo, composta por 3 *rounds* de 2 minutos com 1 minutos de intervalo entre os *rounds*. A ordem das sessões experimentais foi randomizada, duplo-cego e cruzada. Todas as simulações de luta foram filmadas para quantificar as ações técnico-táticas durante os *rounds*. Foram mensuradas a concentração de lactato, a percepção subjetiva de esforço antes e após cada *round*, a frequência cardíaca e a contribuição dos sistemas energéticos foram estimadas durante a simulação de luta. Além disso, foram mensurados alguns índices da reativação parassimpática após o terceiro *round*. A concentração de lactato, a PSE, a FC e a contribuição dos sistemas energéticos foram comparadas usando análise de variância de dois fatores (condição e tempo). Além disso, os índices da reativação parassimpática foram comparados utilizando o teste t de *Student* entre as condições NaHCO_3 e placebo. Os principais resultados demonstraram que a suplementação de NaHCO_3 aumentou a contribuição do sistema

glicolítico e o tempo total de ataque em relação ao placebo. Porém, o NaHCO_3 não alterou a FC, a PSE ou a contribuição dos sistemas oxidativo e ATP-CP durante a simulação de luta quando comparados ao placebo. Além disso, nenhum índice da reativação parassimpática foi afetado pela suplementação de NaHCO_3 ou placebo.

Palavras-Chave: esportes de combate; recursos ergogênicos; sistemas energéticos.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the isolated effect of caffeine and sodium bicarbonate ingestion on performance, estimated energy system contribution and on post-exercise parasympathetic reactivation during a simulated taekwondo combat. Therefore, this thesis was divided in two studies: study 1 investigated the effect of caffeine, while study 2 investigated the effect of sodium bicarbonate. Thus, in study 1, the aim was to investigate the effect of caffeine supplementation on performance, estimated energy system contribution and on post-exercise parasympathetic reactivation during a taekwondo combat. Ten taekwondo athletes completed two experimental sessions separated by at least 48 hours. Athletes consumed a capsule containing either 5 mg·kg⁻¹ body mass of caffeine or placebo (cellulose) one hour before the combat simulation (3 rounds of 2 min separated by 1-min passive recovery), in a double blinded, randomized, repeated-measures crossover design. All simulated combat was video recorded to quantify the time spent fighting in each round. Lactate concentration and rate of perceived exertion were measured before and after each round, while heart rate and the estimated contribution of oxidative, ATP-PCr and glycolytic systems were calculated during the combat simulation. Furthermore, parasympathetic reactivation after the combat simulation was evaluated. Lactate concentration, rate of perceived exertion, heart rate, estimated system contributions and indices of time-motion were compared by two-way ANOVA (condition x time). All indices of parasympathetic reactivation were compared using a Student's t-test in both caffeine and placebo conditions. The main results showed that caffeine ingestion increased the estimated glycolytic system when compared to placebo condition. However, caffeine ingestion did not alter the rate of perceived exertion, heart rate, estimated oxidative and ATP-PCr contribution or improve the performance in relation to placebo condition. Furthermore, caffeine ingestion did not influence post-exercise parasympathetic reactivation following a taekwondo simulation when compared to placebo condition. In study 2, the main aim of the study was to investigate the effect of sodium bicarbonate ingestion on performance, estimated energy system contribution and on post-exercise parasympathetic reactivation during simulated taekwondo combat. Nine taekwondo athletes completed two experimental sessions separated by at least 48 hours. Athletes consumed 300 mg·kg⁻¹ body mass of sodium bicarbonate or calcium bicarbonate (placebo) 90 minutes before the combat simulation (3 rounds of 2 min separated by 1-min passive recovery), in a double blinded, randomized, repeated-measures crossover design. All simulated combat was video recorded to quantify the time spent fighting in each round. Lactate concentration and rate of perceived exertion were measured before and after each round, while heart rate, estimated contribution of oxidative, ATP-PCr and glycolytic systems were calculated during the combat simulation. Furthermore, parasympathetic reactivation after the combat simulation was calculated. Lactate concentration, rate of perceived exertion, heart rate, estimated system contributions and indices of time-motion were compared by two-way ANOVA (condition x time). All indices of parasympathetic reactivation were compared using a Student's t-test. The main results showed that sodium bicarbonate ingestion increased the lactate concentration, estimated glycolytic contribution and total attack time when compared with placebo condition. However, sodium bicarbonate ingestion did not influence heart rate, rate of perceived exertion, estimated oxidative and ATP-PCr contribution during combat simulation compared to placebo. Furthermore, no indices of parasympathetic reactivation were different between sodium bicarbonate and placebo conditions.

Keywords: combat sports; ergogenic aids; energy system contribution; taekwondo.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Temporalidade das lutas de taekwondo.....	20
Tabela 2 - Resumo dos estudos com suplementação de cafeína e desempenho intermitente.....	24
Tabela 3 - Resumo dos estudos com suplementação de bicarbonato de sódio e desempenho intermitente.....	40
Tabela 4 - Respostas fisiológicas durante a simulação de luta de taekwondo nas condições cafeína e placebo.....	59
Tabela 5 - Contribuição dos sistemas energéticos nos 3 <i>rounds</i> durante a simulação de luta de taekwondo nas condições cafeína e placebo.....	62
Tabela 6 - Estrutura temporal da luta de taekwondo nas condições cafeína e placebo...	65
Tabela 7 - Índices da reativação parassimpática da frequência cardíaca nas condições cafeína e placebo.....	67
Tabela 8 - Respostas fisiológicas durante a simulação de luta de taekwondo nas condições bicarbonato de sódio e placebo.....	69
Tabela 9 - Contribuição dos sistemas energéticos durante a simulação de luta de taekwondo nas condições bicarbonato de sódio e placebo e placebo.....	71
Tabela 10 - Estrutura temporal da luta de taekwondo nas duas condições bicarbonato de sódio e placebo.....	75
Tabela 11 - Índices da reativação parassimpática da frequência cardíaca nas condições bicarbonato de sódio e placebo.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Índices para avaliar a frequência cardíaca de recuperação (FCR)	45
Figura 2 - Representação gráfica das variáveis cinéticas comumente analisadas na resposta da frequência cardíaca de recuperação (FCR) após o exercício físico.....	46
Figura 3 - Representação esquemática do desenho experimental do estudo 1.....	51
Figura 4 - Representação esquemática do desenho experimental do estudo 2.....	53
Figura 5 - Concentração de lactato (Painel A) e delta da concentração de lactato (Painel B) antes e após o aquecimento, e após os <i>rounds</i> 1, 2 3 de luta simulada de taekwondo...60	
Figura 6 - Percepção subjetiva de esforço antes e após o aquecimento, e após o final de cada <i>round</i> nas condições cafeína e placebo.....	64
Figura 7 - Raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre os intervalos R-R adjacentes (RMSSD), em intervalos de 30s (RMSSD _{30s}) durante o período de 6 minutos recuperação após o terceiro <i>round</i> nas condições cafeína e placebo.....	67
Figura 8 - Frequência cardíaca de recuperação durante os 6 minutos após o terceiro <i>round</i> nas condições cafeína e placebo (n = 10, valores como média ± desvio padrão)	68
Figura 9 - Concentração de lactato (Painel A) e delta da concentração de lactato (Painel B) antes e após o aquecimento, e após os <i>rounds</i> 1, 2 3 de luta simulada de taekwondo70	
Figura 10 - Percepção subjetiva de esforço antes do primeiro <i>round</i> e imediatamente após os <i>rounds</i> 1, 2 e 3 nas condições bicarbonato de sódio e placebo.....	73
Figura 11 - Raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre os intervalos R-R adjacentes (RMSSD), em intervalos de 30s (RMSSD _{30s}) durante a o período de 6 minutos recuperação após o terceiro round nas condições bicarbonato de sódio e placebo.....	77
Figura 12 - Frequência cardíaca de recuperação durante os 6 minutos após o terceiro round nas condições bicarbonato de sódio e placebo.....	78

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

[La⁻]: Concentração de lactato sanguíneo
ATP: Trifosfato de adenosina
CaCO₃: Carbonato de sódio
CAF: Cafeína
CCI: Coeficiente de correlação intraclassa
CP: Creatina fosfato
EB: Excesso de base
ECG: Eletrocardiograma
FCR: Frequência cardíaca de recuperação
FCR_{60s}: Diferença absoluta entre a frequência cardíaca final do exercício e a frequência cardíaca após 60s de recuperação
FCR_τ: Constante de tempo do decaimento da frequência cardíaca, após um ajuste mono-exponencial
HCO₃⁻: Íons bicarbonato
IF: Índice de fadiga
ITF: International Taekwondo Federation
MECs: Modalidades esportivas de combate
MPP: média da potência pico
NaHCO₃⁻: Bicarbonato de sódio
NAR-SP: Núcleo de Alto Rendimento Esportivo de São Paulo
NR: não reportado.
PFK: Fosfrutoquinase
pH: Potencial hidrogeniônico
PLA: Placebo
PM: Potência média
PP: potência pico
PPR: Potência relativa
PSE: Percepção subjetiva de esforço
RMSSD_{30s}: Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre intervalos R-R normais adjacentes mensurado em segmentos de 30s
SJFT: *Special Judo Fitness Test*
SNP: Sistema nervoso parassimpático
SNS: Sistema nervoso simpático
TTR: Trabalho total realizado
TTS: Tempo total
VFC: Variabilidade da frequência cardíaca
VO_{2máx}: Consumo máximo de oxigênio
WT: World Taekwondo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Objetivos Gerais	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
1.1.3 Hipóteses	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Análise da temporalidade das lutas de taekwondo	18
2.2 Suplementação de cafeína	21
2.2.1 Cafeína e desempenho intermitente.....	21
2.3 Suplementação de Bicarbonato de sódio	34
2.3.1 Equilíbrio ácido-base.....	34
2.3.2 Dosagem e estratégia de suplementação com bicarbonato de sódio	36
2.3.3 Bicarbonato de sódio e desempenho intermitente	36
2.3.4 Ingestão de bicarbonato de sódio e desempenho em lutadores	38
2.3 Frequência cardíaca de recuperação	43
2.3.1 Evidências de reprodutibilidade	45
2.3.2 Fatores determinantes	48
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
3.1 Estudo 1	51
3.1.1 Amostra	51
3.1.2 Desenho Experimental.....	51
3.1.3 Simulação de luta	52
3.1.4 Análise Estatística	53
3.2 Estudo 2.....	53
3.2.1 Amostra	53
3.2.2 Desenho experimental do estudo 2.....	53
3.2.3 Questionário de desconforto gastrointestinal	54
3.2.4 Simulação de luta	54
3.2.5 Análise estatística	55
3.3 Análise dos vídeos	56
3.4 Variáveis fisiológicas e perceptivas	56
3.6 Frequência cardíaca e frequência cardíaca de recuperação	58
3.7 Índice temporal da variabilidade da frequência cardíaca	58
4 RESULTADOS.....	59
4.1 Estudo 1	59

4.1.1 Vendamento e recomendações pré-testes	59
4.1.2 Variáveis fisiológicas	59
4.1.3 Análise técnico-tática	64
4.2 Estudo 2	69
4.2.1 Vendamento e desconforto gastrointestinal.....	69
4.2.2 Análise técnico-tática	74
5 DISCUSSÃO	80
5.1 Estudo 1	80
5.2 Estudo 2	83
6 CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS	87
ANEXOS	95
ANEXO I – Artigo científico derivado do primeiro estudo da presente tese.....	96
ANEXO II – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	97
ANEXO III - Imagem digitalizada do parecer do Comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte – USP	100
ANEXO V - Questionário de desconforto gastrointestinal	103
ANEXO VI – Proteção anti-impacto para o analisador de gases	104
ANEXO VII – Escala de percepção subjetiva de esforço	105

1 INTRODUÇÃO

As modalidades esportivas de combates (MECs) são classificadas como atividades intermitentes, durante as quais existem períodos de alta intensidade intercalados com períodos de baixa intensidade (CHAABÈNE et al., 2012; FRANCHINI et al., 2011). Em relação às lutas de taekwondo, ações de alta intensidade são realizadas quando os atletas atacam os seus oponentes e tem duração de aproximadamente 1-5s (MATSUSHIGUE; HARTMANN; FRANCHINI, 2009; SANTOS; FRANCHINI; LIMA-SILVA, 2011). Por outro lado, os períodos de baixa intensidade são mais longos, aproximadamente 6-9s, servindo de preparação para a aplicação de uma nova técnica ou inatividade por parte dos atletas, quando da paralização por parte da arbitragem. Dessa forma, as lutas de taekwondo apresentam uma razão esforço:pausa entre 1:2 e 1:7 (BRIDGE et al., 2014).

Durante a luta de taekwondo a capacidade para manter ações de alta intensidade via metabolismo oxidativo é considerada um fator determinante (BRIDGE et al., 2014). Por exemplo, Campos et al. (2012) demonstraram que durante simulação de uma luta de taekwondo as ações técnicas de alta intensidade são mantidas pelo sistema ATP-CP. Porém, quando ações sucessivas são realizadas, a contribuição do metabolismo glicolítico tem sido considerada importante para a manutenção da intensidade elevada (SANT'ANA et al., 2014). Dessa forma, suplementos nutricionais, como a cafeína e/ou o bicarbonato de sódio (NaHCO_3), podem ser estratégias eficazes com o objetivo de aumentar a contribuição glicolítica durante a luta e, conseqüentemente, o desempenho, por permitirem que o atleta sustente maior quantidade de técnicas executadas em sequência ou o mesmo número de técnicas com intensidade superior em cada execução.

Em relação à suplementação de cafeína, apenas um estudo (SANTOS et al., 2014) foi realizado com o intuito de analisar a melhora no desempenho em atletas de taekwondo. Por exemplo, Santos et al. (2014) analisaram o efeito da ingestão de cafeína (5 mg.kg^{-1} de massa corporal) sobre o desempenho (número de ataques, soma dos ataques e o tempo de *step*) e a concentração de lactato em simulação de luta de taekwondo e reportaram benefícios como resultado dessa intervenção nutricional. Esses benefícios foram relatados através de aumento significativo no número de ataques, soma dos ataques e o tempo de *step* no *round* 1 quando comparado aos *rounds* 2 e 3 na condição com suplementação de cafeína. A soma do número de ataques foi maior no *round* 2 quando comparada ao *round* 3 e a concentração de lactato foi significativamente maior nos *rounds* 2 e 3 na condição

com suplementação de cafeína em comparação à condição placebo. Desse modo, a ingestão de cafeína aumentou a intensidade do primeiro *round* da simulação de luta de taekwondo, o que pode ter resultado em aumento na concentração de lactato no segundo e terceiro *rounds*. Porém, nenhum estudo analisou o efeito da ingestão de cafeína sobre a contribuição energética durante a simulação de luta de taekwondo. Portanto, a ingestão de cafeína pode ser uma estratégia nutricional interessante, com o objetivo de aumentar a contribuição glicolítica e, conseqüentemente, o desempenho durante a simulação de luta de taekwondo.

Além disso, durante as lutas de taekwondo existe um período de recuperação de 1 min entre cada *round*, tempo que pode ser insuficiente para que alguns metabólitos, como é o caso dos íons H^+ , sejam totalmente removidos. Dessa forma, alguns suplementos nutricionais, como é o caso do bicarbonato de sódio, podem minimizar o acúmulo de H^+ intracelular, ocasionando redução da acidose muscular, por meio do aumento no efluxo dos íons H^+ do músculo para o sangue e, conseqüentemente, promovendo aumento no desempenho em exercícios de curta duração e alta intensidade (BISHOP, 2010; BISHOP; CLAUDIUS, 2005; BISHOP et al., 2004). Além disso, a melhora no desempenho após a suplementação de $NaHCO_3$ ocorreria em decorrência do aumento na contribuição glicolítica. Nesse sentido, o $NaHCO_3$ pode ser outro suplemento eficaz quando o objetivo é aumentar a contribuição glicolítica e, conseqüentemente, a melhora do desempenho durante a simulação de luta de taekwondo.

A variabilidade de frequência cardíaca (VFC) e a frequência cardíaca de recuperação (FCR) são métodos não invasivos que fornecem informações em relação à modulação simpática e parassimpática durante e após o exercício (BUCHHEIT; LAURSEN; AHMAIDI, 2007a). A respeito da VFC, Goldberger et al. (2006) propuseram um índice parassimpático temporal para avaliar a reativação parassimpática após o exercício, o qual é derivado da raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre intervalos R-R normais adjacentes (RMSSD) mensurado em segmentos sucessivos de 30s (RMSSD_{30s}). Por sua vez, a FCR pode ser mensurada pelo número de batimentos cardíacos dentro de 60s após o final do exercício (COLE et al., 1999) por meio de funções mono-exponenciais (BUCHHEIT; GINDRE, 2006; PIERPONT; STOLPMAN; GORNICK, 2000) e analisando a constante de tempo durante 30s de recuperação (BUCHHEIT et al., 2007b). Além disso, Buchheit et al. (2007a) demonstraram alta correlação entre os índices da FCR e a contribuição anaeróbia durante exercício de alta intensidade. Porém, é desconhecido se o aumento no fornecimento de energia anaeróbia,

após a suplementação de cafeína e NaHCO_3^- , por exemplo, pode influenciar a reativação vagal após uma luta de taekwondo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Os objetivos do presente estudo foram:

- 1) Investigar o efeito da suplementação cafeína sobre a contribuição dos sistemas energéticos durante a simulação de luta de taekwondo¹;
- 2) Investigar o efeito da suplementação de bicarbonato de sódio sobre a contribuição dos sistemas energéticos durante a simulação de luta de taekwondo.

2.2 Objetivos Específicos

Serão objetivos específicos desse estudo:

- 1) Analisar o consumo de oxigênio, a concentração de lactato, a frequência cardíaca (FC) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) durante a simulação de luta de taekwondo após a suplementação de cafeína e bicarbonato de sódio;
- 2) Analisar o número total de ataques, o tempo total de pausa e a razão esforço:pausa durante a simulação de luta de taekwondo após a suplementação de cafeína e de bicarbonato de sódio.
- 3) Analisar a reativação parassimpática após a suplementação de cafeína e bicarbonato de sódio

2.3 Hipóteses

A hipótese do presente estudo é que tanto a ingestão de cafeína como de bicarbonato de sódio irão aumentar a contribuição glicolítica e melhorar o desempenho dos atletas durante a simulação de luta de taekwondo. Além disso, o aumento do fornecimento de energia anaeróbia, após a suplementação de cafeína e bicarbonato de sódio, irá atrasar a reativação parassimpática após a simulação de luta.

¹ O primeiro artigo científico oriundo dessa tese foi publicado: Lopes-Silva et al. (2015) "Caffeine ingestion increases estimated glycolytic metabolism during taekwondo combat simulation but does not improve performance or parasympathetic reactivation" Plos One, Nov 5;10 (11):e0142078. Doi:10.1371/journal.pone.0142078, 2015" (Anexo I).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Análise da temporalidade das lutas de taekwondo

A análise temporal das lutas é um método não invasivo que permite obter informações sobre os aspectos técnicos, táticos e a inferir a demanda fisiológica durante a luta (BRIDGE; JONES; DRUST, 2011). Essa metodologia permite quantificar o modo, frequência e o tipo de ações realizadas pelos atletas em competição ou simulação de luta. Nesse sentido, alguns estudos investigaram a relação esforço:pausa das luta de taekwondo (Tabela 1).

Por exemplo, Heller et al. (1998) reportaram a temporalidade de uma simulação de luta no estilo *International Taekwondo Federation* (ITF) e demonstraram que a razão esforço:pausa é de aproximadamente 1:3 a 1:4, as ações de alta intensidade duraram em torno de 3-5s. Porém, a maior parte da luta (~50%) é composta por ações sem contato entre os atletas. Adicionalmente, Matsushighe et al. (2009) relataram que as técnicas de alta intensidade foram executadas em intervalos de 31s, gerando uma relação esforço:pausa de 1:6 nas lutas do campeonato brasileiro de *Taekwondo Songham*. Em contrapartida, é importante frisar que os dois estudos supracitados analisaram diferentes estilos de luta de taekwondo, com diferentes regras em relação as competições internacionais organizadas pela *World Taekwondo* (WT).

Bridge et al. (2011) examinaram a temporalidade das lutas semifinais e finais do campeonato mundial de taekwondo de 2005. Nas competições regulares pela WT as lutas são compostas por 3 *rounds* de 2-min, com 1-min de intervalo entre os *rounds*. Os resultados do estudo demonstraram que o tempo de ataque dura em média 1,7s intercalado por períodos de 6,4s de preparação, resultando em uma razão esforço:pausa de 1:6 nas lutas do campeonato mundial. Além disso, os autores reportaram uma diminuição significativa na temporalidade da luta após o primeiro *round* em relação ao segundo e terceiro *rounds* (1:7, 1:5 e 1:5, respectivamente).

Santos et al. (2011) analisaram a temporalidade da luta de taekwondo no Campeonato Mundial de 2007 e nos Jogos Olímpicos de 2008. Quando os resultados da temporalidade das lutas foram expressos como média das duas competições, a razão esforço:pausa foi de 1:9, com os ataques durando em média 1,3s enquanto o tempo de *step* ficou em torno de 9,2s. Porém, as lutas do Campeonato Mundial (~1:8) apresentaram uma razão esforço:pausa menor em relação aos Jogos Olímpicos (~1:10). Essa diferença foi causada pela diminuição no tempo de *step* nas lutas dos Jogos Olímpicos, indicando que as lutas nos Jogos Olímpicos são menos cadenciadas e mais intensas. Além disso, nas

duas competições o padrão de lutas entre os *rounds* foi o mesmo, houve uma redução no tempo de *step* no terceiro round em relação ao primeiro e segundo *rounds*. Esse resultado indica que o terceiro *round* apresenta uma característica de definição nas lutas.

Santos et al. (2015) investigaram as diferenças entre o gênero e a categoria de peso nas lutas de taekwondo no campeonato mundial de 2007. Em relação ao gênero, não foram encontradas diferenças significante entre os gêneros para o número de ataques, tempo de ataque e tempo de *step* e, conseqüentemente, a razão esforço:pausa das lutas. (Tabela 1). Contudo, foi encontrada diferença significante entre as categorias de peso e o gênero ao longo dos *rounds*. Nas lutas do masculino o número de ataques da categoria leve (< 62 kg) foi maior e o tempo de *step* foi menor no *round* 3 quando comparado aos *rounds* 1 e 2. Ao passo que, o número de ataque da categoria pesada (>72 kg) foi maior no *round* 3 em relação ao *round* 1. Por outro lado, nas lutas feminina o número de ataques na categoria leve (< 55kg) foi maior no *round* 3 quando comparado ao *round* 1. Enquanto que o número de ataques e a razão esforço:pausa das mulheres na categoria pesada (> 63kg) foram maiores no *round* 3 em relação aos *rounds* 1 e 2, porém o tempo de *step* foi menor no *round* 3 quando comparado ao *round* 1. Em linhas gerais, a intensidade das lutas vai aumentando com o decorrer dos *rounds*, porém as mulheres aumentam mais a intensidade das lutas em relação aos homens.

Tabela 2 – Temporalidade das lutas de taekwondo.

Referências	Características dos atletas	Competição	Estilo	Número de lutas analisadas	Relação esforço:pausa	Tempo médio dos ataques (s)	Número de ataques (n)
Heller et al. (1998)	H (n = 11)	Campeonato nacional da república tcheca	Federação internacional de taekwondo	NR	1:3 – 1:4	NR	NR
Matsushighe et al. (2009)	H (n = 14)	Campeonato brasileiro	Taekwondo songahm	NR	1:6	NR	NR
Santos et al. (2011)	NR	Jogos olímpicos	WT	63	1:5	1,4 ± 0,5	7,4 ± 2,6
Santos et al. (2011)	NR	Campeonato Mundial	WT	65	1:7	1,3 ± 0,3	7,9 ± 3,3
Bridge et al. (2011)	H (n =12)	Campeonato Mundial	WT	12	1:6	1,7 ± 0,3	NR
Santos et al. (2014)	H e M	Campeonato Mundial	WT	88	H: ~1:14 M: ~1:13	H: 1,5 ± 0,3 M: 1,5 ± 0,3	H: 9,8 ± 4 M: 9,8 ± 3,6

WTF: *World taekwondo*; ITF: *International taekwondo federation*. NR: não reportado; H: homens; M: mulheres

3.2 Suplementação de cafeína

A cafeína (1,3,7 metilxantina) é um dos suplementos mais utilizados mundialmente e pode ser encontrada em vários produtos, como café, chá, chocolate etc. (BISHOP, 2010; DAVIS; GREEN, 2009), sendo rapidamente absorvida no intestino, movendo-se através da membrana celular, com a mesma eficácia que é absorvida e distribuída aos tecidos (GOLDSTEIN et al., 2010). É metabolizada no fígado e, por meio de ações enzimáticas, resulta em três metabólitos: teofilina, paraxantina e teobromina. Altas concentrações de cafeína aparecem na corrente sanguínea entre 15-45 min após a sua ingestão, porém o seu pico de concentração é evidenciado 60 min após a sua ingestão e apresenta meia-vida de aproximadamente 3-4 horas (GRAHAM, 2001).

Vários estudos demonstram que a cafeína (em dosagens de 3-6 mg.kg⁻¹ de massa corporal) melhora o desempenho esportivo, embora esses efeitos sejam tarefa-dependente e dos mecanismos envolvidos (DAVIS; GREEN, 2009; GRAHAM, 2001). A cafeína aumenta a oxidação dos ácidos graxos livres, poupando a utilização de glicogênio muscular em exercícios de intensidade moderada (60-80% VO_{2máx}) (SPRIET et al., 1992), aumenta a mobilização de cálcio intramuscular (LOPES et al., 1983; TARNOPOLSKY; CUPIDO, 2000) e eleva a concentração de adrenalina, ocasionando aumento no fornecimento de energia através da glicogenólise (COLLOMP et al., 1992). Portanto, a suplementação de cafeína pode ser um método interessante de aumentar o desempenho em atividades nas quais o metabolismo glicolítico desempenha papel importante, como nas modalidades esportivas de combate (MECs) (AEDMA; TIMPMANN; OOIPIK, 2013; FRANCHINI et al., 2011; LOPES-SILVA et al., 2015; SANTOS et al., 2014) Nesse sentido, alguns estudos disponíveis na literatura investigaram o efeito da suplementação de cafeína sobre o desempenho de lutadores (AEDMA et al., 2013; LOPES-SILVA et al., 2014; SANTOS et al., 2014), dentre os quais, dois estudos avaliaram o desempenho por meio de testes específicos para atletas de luta olímpica (AEDMA et al., 2013) e judô (LOPES-SILVA et al., 2014) e apenas um estudo investigou a eficácia da cafeína em uma simulação de luta de taekwondo (SANTOS et al., 2014).

3.2.1 Cafeína e desempenho intermitente

Embora seja bem estabelecido na literatura científica a efetividade da cafeína sobre o desempenho em exercícios prolongados (DAVIS; GREEN, 2009; GRAHAM, 2001), os resultados acerca dos efeitos sobre o desempenho em exercícios intermitentes, são inconclusivos, com alguns estudos apresentando melhoras tanto em cicloergômetro

(LEE et al., 2012) quando em corrida (CARR et al., 2008; GLAISTER et al., 2008), ao passo que outros não reportaram alteração no desempenho seja ele em cicloergômetro (GREER; MCLEAN; GRAHAM, 1998) ou corrida (BASSINI et al., 2013; KOPEC et al., 2016; PATON; HOPKINS; VOLLEBREGT, 2001). O resumo dos estudos com suplementação de cafeína e desempenho intermitente é apresentado na Tabela 2.

Por exemplo, Greer et al. (1998) investigaram se a suplementação de cafeína poderia ser efetiva na melhora do desempenho em exercício intermitente de alta intensidade. Foram avaliados 9 homens saudáveis os quais ingeriram uma cápsula contendo cafeína (6 mg.kg^{-1} da massa corporal) ou placebo, 60 min antes da realização do exercício intermitente de alta intensidade, que foi constituído por 4 séries do teste de Wingate (30s), intercalados por 4 min de intervalo entre as séries, com uma carga relativa a $0,09 \text{ kg.kg}^{-1}$ da massa corporal dos participantes. Os resultados não demonstraram diferenças na potência pico, potência média ou índice de fadiga entre as condições cafeína ou placebo. Porém, houve um efeito das séries, maior potência pico nas séries 1 e 2 quando comparado a série 4, ao passo que na condição placebo a potência pico na série 4 foi significativamente maior quando comparado a condição com cafeína. Adicionalmente, a potência média foi reduzida significativamente ao longo das séries nas duas condições, contudo os valores de potência média nas séries 3 e 4 foram significativamente maiores quando comparados a condição cafeína. Dessa forma, os resultados desse estudo demonstram que a suplementação de cafeína reduz o desempenho intermitente, quando avaliado através do teste de Wingate.

Paton et al. (2001) examinaram o efeito da suplementação de cafeína sobre o desempenho de *sprints* repetidos. Para tanto, 16 homens foram submetidos a duas sessões experimentais nas quais eles ingeriram cafeína (6 mg.kg^{-1} da massa corporal) ou placebo (glicose), 60 minutos antes da realização dos testes. O teste foi composto por 10 *sprints* de 20 metros, intercalados por 10s de recuperação entre eles. Foram mensurados o tempo de cada *sprint* e o índice de fadiga. Contudo, os autores reportaram os resultados desse estudo baseado na magnitude de resposta individual dos participantes após a suplementação de cafeína. Dessa forma, os resultados demonstraram que, em relação ao placebo, a ingestão de cafeína aumentou 0,1% no tempo médio para completar os 10 *sprints*. Adicionalmente, o índice de fadiga foi de 14% na condição placebo, enquanto na condição cafeína houve um aumento de 0,7% (14,7%). Porém, a variação individual sobre o índice de fadiga foi de apenas 2,4%.

Adicionalmente, Kopec et al. (2016) investigaram a eficácia da suplementação de cafeína sobre o desempenho de *sprints* repetidos realizados antes, durante e após um circuito de jogo simulado. Para tal, 11 homens foram recrutados para realizar o estudo, os quais ingeriram 6 mg.kg^{-1} da massa corporal de cafeína ou 0,55g de lactose/sacarose, 60 minutos antes da realização do teste, que foi composto por 6 *sprints* de 20 metros, intercalados por 25s de recuperação passiva entre eles. Foram mensurados o tempo do primeiro e do melhor *sprint*, o tempo total de *sprint*. Esse protocolo foi realizado imediatamente antes, no meio e após a simulação de jogo, o qual foi realizado durante 60 minutos, dividido em dois períodos de 30 minutos, com 10 minutos de intervalo entre eles. Cada período foi composto por 30 voltas ao redor da quadra, a cada minuto, nas quais eram realizados três *sprints* máximos, uma tarefa de 12 metros de mudança de direção (agilidade), um esforço de corda, dois períodos de trotes e três períodos de caminhada. Os participantes realizaram esse circuito em ~34-47s, com intervalo de recuperação de ~13-26s antes do início da próxima volta. A distância percorrida por volta foi de ~117 metros. Os resultados do estudo demonstraram que não houve melhora significativa em nenhum índice de desempenho entre as condições experimentais.

Embora os estudos citados anteriormente não tenham indicado melhoras no desempenho intermitente de alta intensidade após a suplementação de cafeína, seja ele quando avaliado através da repetição de testes de Wingate (GREER et al., 1998) ou por meio de protocolos de *sprints* repetidos (KOPEC et al., 2016; PATON et al., 2001), outros estudos corroboram com a hipótese que a suplementação de cafeína é capaz de melhorar o desempenho durante essas atividades (CARR et al., 2008; GLAISTER et al., 2008; LEE et al., 2012; SCHNEIKER et al., 2006).

Tabela 2 – Resumo dos estudos com suplementação de cafeína e desempenho intermitente.

Autores	Amostra	Dosagem	Tempo de dosagem	Protocolo de desempenho	Resultados
Greer et al. (1998)	9 Homens	6 mg.kg ⁻¹ da massa corporal	60 min	4 testes de Wingate	↔ PP, PM IF nas 4 séries do teste de Wingate
Paton et al. (2001)	16 Homens	6 mg.kg ⁻¹ da massa corporal	60 min	10 <i>sprints</i> x 10s, com intervalo de 10s	↔ TMS
Schneiker et al. (2006)	10 H	6 mg.kg ⁻¹ da massa corporal	60 min	2 x séries de 36 min de exercício intermitente	↑ TTR (+ 8,5%) na primeira série ↑ TTR (+ 7,6%) na segunda série ↑ MPP na primeira (+ 7%) e na segunda (6,6%) séries
Glaister et al. (2008)	21 Homens	5 mg.kg ⁻¹ da massa corporal	60 min	12 <i>sprints</i> x 30 metros	↓ TS, ↑IF
Carr et al. (2008)	10 Homens	6 mg.kg ⁻¹ da massa corporal	60 min	5 séries de 6 <i>sprints</i> x 20 metros	↓ TTS nas séries 3 e 4
Lee et al. (2012)	14 Homens	6 mg.kg ⁻¹ da massa corporal	60 min	2 séries de 12 <i>sprints</i> x 4s, 20s de recuperação 2 séries de 12 <i>sprints</i> x 4s, 90s de recuperação	↔ PP e TT; ↑IF ↑ PP, PM, TT; ↔ IF
Kopec et al. (2016)	11 Homens	6 mg.kg ⁻¹ da massa corporal	60 min	2 x 30 min de exercício intermitente (6 <i>sprints</i> x 20 metros)	↔ TTS, TPS, MS

PP: potência pico; PM: potência média; IF: índice de fadiga; TTR: trabalho total realizado (J); MPP: média da potência pico; TMS: tempo médio do *sprint*; TTS: tempo total do *sprint*; TPS: tempo no primeiro *sprint*; MS: melhor *sprint*; TS: tempo do *sprint*; IF: índice de fadiga.

Por exemplo, Schneiker et al. (2006) investigaram o efeito da suplementação de cafeína sobre o desempenho de *sprints* repetidos. Para tanto, foram avaliados 10 atletas do sexo masculino, os quais ingeriram uma cápsula contendo cafeína (6 mg.kg^{-1} da massa corporal) ou placebo (dextrose) 60 min antes da realização do protocolo experimental. O protocolo de desempenho foi composto por 2 blocos de 36 min (cada bloco composto por 18 séries de 2 minutos compostas por 4s de *sprint* máximo + 100s de recuperação ativa à 35% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ + 20s de repouso), entre cada bloco foi dado um período de 10 minutos de recuperação. Além disso, após os *sprints* 8 e 16, foi realizado uma série de *sprint* repetido, composta por 5 séries de 2s com intervalo de 20s entre eles. As atletas tinham um período de 10 min entre os períodos de exercício. O desempenho foi mensurado através da potência pico e potência média em cada *sprint*. Além disso, foram calculados o trabalho total, potência pico, potência média e o índice de fadiga nos dois períodos do teste. Na condição cafeína houve melhora significativa no trabalho total realizado no primeiro (+8,5%) e segundo (+7,6%) períodos do teste quando comparado ao placebo. Similarmente, a cafeína aumentou significativamente a potência pico média no primeiro (+7%) e segundo (+6,6%) períodos do teste em relação ao placebo. Porém, não foram encontradas diferenças significativas entre as condições cafeína e placebo quando o desempenho foi avaliado por meio da potência pico ou potência média em cada *sprint*.

Glaister et al. (2008) analisaram o efeito da suplementação de cafeína sobre o desempenho em múltiplos *sprints*. Para isso, foram avaliados 21 homens, que ingeriram uma cápsula contendo cafeína (5 mg.kg^{-1} da massa corporal) ou placebo (maltodextrina) uma hora antes da realização do protocolo de desempenho, o qual foi composto por 12 *sprints* de 30 metros, intercalados por 35s de intervalo entre eles e o desempenho foi mensurado através do tempo para realizar o *sprint* e do índice de fadiga. Os resultados do estudo demonstraram uma redução de $0,06\text{s} \pm 0,05\text{s}$ no tempo para realizar o *sprint* e um aumento de $1,2 \pm 1,7\%$ no índice de fadiga em comparação ao placebo.

Os resultados contraditórios reportados na literatura podem ter sido causados pelos diferentes protocolos utilizados, bem como pela diferença da razão esforço;pausa nos diferentes estudos (GLAISTER et al., 2008; GREER et al., 1998; SCHNEIKER et al., 2006). Nesse sentido, Carr et al. (2008) e Lee et al. (2012) manipularam o tempo de intervalo com o intuito de saber se a melhora no desempenho após a suplementação de cafeína poderia ser dependente do tempo de pausa entre os *sprints*. Carr et al. (2008) investigaram o efeito da suplementação de cafeína sobre o desempenho de *sprints* repetidos. Para isto, participaram da pesquisa 10 estudantes universitários, os quais

ingeriram uma cápsula contendo cafeína (6 mg.kg^{-1} do peso corpora) ou placebo (glicose) 60 minutos antes da realização do protocolo de desempenho, o qual foi composto por 5 séries de 6 *sprints* de 20 metros. Contudo, nas séries 1, 3 e 5 o tempo de intervalo entre os *sprints* foi de 25s, enquanto nas séries 2 e 4 esse tempo foi de 60s. O desempenho foi mensurado através do melhor tempo e do tempo total dos *sprints* em cada série. Os resultados do estudo demonstraram que não houve diferença significativa entre as condições ou entre as séries no melhor tempo. Contudo, houve efeito significativo no tempo total de *sprint*, com os valores nas séries 2 e 3 sendo significativamente menores na condição cafeína em relação ao placebo.

Lee et al. (2012) investigaram se a manipulação do período de intervalo entre as séries dos *sprints* poderia influenciar na resposta da suplementação de cafeína sobre o desempenho em *sprints* repetidos. Para tanto, foram investigados 14 homens, os quais ingeriram cafeína (6 mg.kg^{-1} da massa corporal) ou placebo (6 mg.kg^{-1} da massa corporal de maltodextrina), 60 minutos antes do protocolo experimental em 4 visitas diferentes. Nas duas primeiras, os participantes tinham que realizar duas séries compostas por 12 *sprints* máximos de 4s, com 20s de intervalo entre cada *sprint* e 4 minutos de recuperação ativa entre as séries. Nas duas últimas visitas, os participantes realizaram o mesmo protocolo, porém foi adotado um intervalo de 90s entre os *sprints*. O desempenho foi mensurado através da potência média e pico, trabalho total e o índice de fadiga. Os resultados demonstraram aumento significativo no trabalho total na condição com cafeína (+ 3,4%) na primeira série com 20s de recuperação em relação ao placebo, porém sem diferença significativa na segunda série. Porém, não houve diferença significativa na potência pico nas duas séries com o intervalo de 20s. Além disso, a cafeína aumentou significativamente a potência média na primeira série quando comparada à segunda série e quando comparado ao placebo. Por fim, a suplementação de cafeína aumentou significativamente o índice de fadiga na primeira e segunda séries quando comparado ao placebo. Quando foi avaliado o protocolo com 90s de recuperação, a cafeína aumentou significativamente o trabalho total na primeira série (+ 4,1%), sem diferenças significativas entre as condições na segunda série. Adicionalmente, a cafeína aumentou significativamente a potência pico na primeira série em relação ao placebo, contudo não foram encontradas diferenças significativas entre as condições na segunda série. Da mesma forma, a cafeína aumentou significativamente a potência média na primeira série em relação ao placebo, porém não foram encontradas diferenças significativas entre as

condições na segunda série. Adicionalmente, não foram encontradas diferenças significativas no índice de fadiga entre as condições em nenhuma das séries.

Dessa forma, os resultados acerca da suplementação de cafeína sobre o desempenho intermitente de alta intensidade são inconclusivos. Alguns estudos não apresentaram melhoras (GREER et al., 1998; KOPEC et al., 2016; PATON et al., 2001), ao passo que outros estudos reportaram melhoras no desempenho (CARR et al., 2008; GLAISTER et al., 2008; LEE et al., 2012; SCHNEIKER et al., 2006) (Tabela 1). Uma possível explicação para a discrepância nesses resultados pode ser devido à temporalidade, razão esforço:pausa, do protocolo utilizado nesses estudos. Por exemplo, a cafeína não melhorou o desempenho em protocolos com a razão esforço:pausa entre ~1:3 (PATON et al., 2001), ~1:0,5 (CROWE; LEICHT; SPINKS, 2006), ao passo que melhorou em protocolos com a razão esforço:pausa mais longos ~1:30 (SCHNEIKER et al., 2006), ~1:7,7 (GLAISTER et al., 2008) e ~1:5,5 (CARR et al., 2008). Nesse sentido, é provável que as durações do esforço e da pausa sejam fatores determinantes para a melhora no desempenho intermitente de alta intensidade, sendo mais efetiva em protocolos com razão esforço:pausa maior do que 1:5,5, como é o caso da luta de taekwondo, a qual apresenta uma razão esforço:pausa entre 1:6 a 1:9 (BRIDGE et al., 2014).

3.2.2 Ingestão de cafeína e desempenho de lutadores

O desempenho esportivo é afetado pelo período do dia, apresentando melhor desempenho no período da noite (em torno de 16:00 – 20:00 horas) em relação ao período da manhã (em torno das 07:00 – 10:00 h). Dessa forma, alguns estudos investigaram se a suplementação de cafeína poderia reverter a diminuição no desempenho ocasionada pelo período do dia (SOUISSI et al., 2012; 2013; 2015). Por exemplo, Soussi et al. (2012) estimaram o efeito da suplementação de cafeína ingerida no período da manhã sobre o desempenho de atletas de judô. Para tanto foram avaliados 12 atletas de judô, os quais realizaram dois testes no período da manhã (06:00 – 07:00h), após a ingestão de uma cápsula contendo cafeína (5 mg.kg^{-1} da massa corporal) ou placebo 60 min antes da realização de uma série de Wingate (30s) para os membros inferiores, com uma carga correspondente a $0,087 \text{ kg.kg}^{-1}$ da massa corporal dos atletas. O desempenho foi mensurado por meio da potência pico, potência média e índice de fadiga. Os resultados demonstraram aumento significativo na potência pico (+7,2%) e na potência média (+6,8%) na condição cafeína quando comparado ao placebo. Porém, não houve diferença

significativa no índice de fadiga. Portanto, a ingestão de cafeína pode ajudar a reverter a redução no desempenho no período da manhã.

Soussi et al. (2013) examinaram se a cafeína poderia influenciar o desempenho de atletas de judô em diferentes períodos do dia. Para tanto, foram avaliados 12 atletas de judô, os quais realizaram dois testes no período da manhã (06:00 – 07:00 horas) após a ingestão de cafeína (5 mg.kg^{-1} da massa corporal) e placebo e dois testes no período da noite (17:00 horas) após a ingestão de cafeína (5 mg.kg^{-1} da massa corporal) e placebo. Os atletas realizaram uma série do teste de Wingate (30s), com carga correspondente a $0,087 \text{ kg.kg}^{-1}$ da massa corporal, sendo determinada a potência pico, potência média e índice de fadiga. Os resultados demonstraram aumento significativo na potência pico no período da tarde quando comparado ao período da manhã, porém sem diferença significativa entre as condições cafeína e placebo. A cafeína aumentou significativamente a potência pico no período da manhã em relação ao placebo. Além disso, na condição cafeína a potência média foi significativamente maior em relação ao placebo, apenas no período da manhã. Por fim, em relação ao índice de fadiga, na condição cafeína o índice de fadiga foi significativamente maior em relação a condição placebo, apenas no período da manhã.

Soussi et al. (2015) investigaram se a ingestão de cafeína poderia potencializar o desempenho no período da tarde. Foram avaliados 10 atletas de judô, os quais realizaram dois testes no período da tarde (19:00 h), após a ingestão de cafeína (5 mg.kg^{-1} da massa corporal) ou placebo. O desempenho foi avaliado através da realização de uma série do teste de Wingate (30s) para os membros inferiores com carga correspondente a $0,087 \text{ kg.kg}^{-1}$ da massa corporal dos atletas, sendo calculadas a potência pico, potência média e índice de fadiga nas duas condições experimentais. Não foram encontradas diferenças significativas em nenhum índice do desempenho entre as condições experimentais. A ingestão de cafeína não potencializa o desempenho no período da tarde.

Portanto, a ingestão de cafeína pode ser uma estratégia eficaz para reverter o prejuízo no desempenho de atletas de judô, durante a realização de atividades no período da manhã, visto que esse período do dia o desempenho é reduzido em relação ao período da tarde.

As competições de luta olímpica duram algumas horas, durante as quais os atletas chegam a realizar 4 lutas com duração de 6 min, intercalados por curtos períodos de recuperação entre as lutas (~30 min). Dessa forma, são necessárias estratégias nutricionais que possam manter a capacidade para realizar ações de alta intensidade ao longo da

competição. Aedma et al. (2013) investigaram o efeito da ingestão de cafeína sobre o desempenho de lutadores de luta olímpica durante simulação de competição. Foram avaliados 14 atletas, os quais ingeriram cafeína (5 mg.kg^{-1} da massa corporal) ou placebo (glicose) 30 minutos antes da simulação de competição, 4 séries de exercício intermitente de alta intensidade (totalizando 6 min em cada série) com 30 min de intervalo entre as séries. O desempenho foi avaliado por meio de um teste intermitente de *sprint* para os membros superiores. O teste foi iniciado com 40s de cadência livre. Após esse período, os atletas tiveram 5s para alcançar a cadência máxima, em seguida, foi aplicada uma carga de $0,04 \text{ kg.kg}^{-1}$ da massa corporal e os atletas tiveram que manter a maior cadência possível durante o período de 15s, essa dinâmica foi mantida até completar 6 min de teste. Foram calculadas as potências pico e média para cada período de 15s de esforço máximo. Além disso, foram mensuradas a percepção subjetiva de esforço e a concentração de lactato antes e após cada série nas duas condições. Os resultados do estudo não demonstraram diferenças significantes no desempenho, potência média ou pico, ou na percepção subjetiva de esforço em nenhuma série do teste entre as condições cafeína e placebo. Porém, a suplementação de cafeína aumentou significativamente a concentração de lactato após as séries 3 e 4 quando comparado ao placebo. Portanto, é possível inferir que a suplementação de cafeína aumentou o fornecimento de energia através do metabolismo glicolítico durante a simulação de competição de luta olímpica. Contudo, esse aumento não foi capaz de melhorar o desempenho de atletas de luta olímpica no teste intermitente de alta intensidade.

A redução de peso dias antes da competição é uma estratégia utilizada entre os lutadores, recuperando-o subsequentemente, na tentativa de levar vantagem lutando com adversários menores, mais leves e fracos (ARTIOLI et al., 2010). Além disso, existe um período de tempo entre a pesagem e o início das lutas no qual os atletas podem realizar estratégias nutricionais que objetivam minimizar os efeitos negativos da perda de peso, otimizando o desempenho dos atletas durante as lutas. Nesse sentido, Lopes-silva et al. (2014) investigaram o efeito da suplementação de cafeína consumida durante o período de recuperação, após um período de perda de peso, sobre o desempenho em teste específico para atletas de judô. Para tanto, 6 atletas de judô reduziram 5% da sua massa corporal em um período de 5 dias. Após a redução do peso, foi realizada pesagem antes do período de recuperação de 4 horas. Porém, após 3 horas de recuperação, uma hora antes da realização dos testes, os atletas ingeriram uma cápsula contendo cafeína (6 mg.kg^{-1} da massa corporal) ou placebo (celulose). O desempenho foi avaliado por meio

da realização de três séries de um teste específicos para atletas de judô (*Special Judo Fitness Test*, SJFT), o qual é composto por 3 períodos (15, 30 e 30s) intercalados por 10s de recuperação entre cada período. Durante o teste os atletas têm que realizar o maior número de projeções executando a técnica *ippon-seoi-nage*. O desempenho foi mensurado através do número de arremessos em cada série do teste. Além disso, foram mensuradas a concentração de lactato e a percepção subjetiva de esforço antes e após cada série do *special judo fitness test*. Os resultados do estudo demonstraram que o período de 5 dias de perda de peso foi suficiente para os atletas reduzirem ~4% da sua massa corporal. Em contrapartida, a suplementação de cafeína não melhorou o desempenho, número total de projeções em nenhuma das 3 séries do *special judo fitness test* quando comparado ao placebo. Porém, a cafeína aumentou significativamente a concentração de lactato após a segunda série do *special judo fitness test*. Além disso, a cafeína reduziu a percepção de esforço dos atletas durante todo o teste quando comparado ao placebo. Dessa forma, a ingestão de cafeína consumida durante o período de recuperação, 3 horas antes da pesagem, não melhorou o desempenho no teste específico para atletas de judô. Por outro lado, houve redução na percepção subjetiva de esforço e aumento na concentração de lactato na condição cafeína. Portanto, é possível inferir que houve aumento no fornecimento de energia através do metabolismo anaeróbio e redução da sensação de fadiga dos atletas durante a realização dos testes, embora essas alterações não foram suficientes para melhorar o desempenho dos atletas durante a realização do *special judo fitness test*.

Adicionalmente, Felipe et al. (2016) investigaram o efeito da suplementação de cafeína sobre o desempenho de atletas de judô durante a realização do *special judo fitness test*. Para isso, foram avaliados 10 atletas de judô, de nível regional e nacional, os quais foram submetidos a uma condição na qual eles ingeriram cafeína ($6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) ou a uma condição placebo (celulose) 60 minutos antes da realização dos testes. O desempenho foi avaliado através da realização de 3 séries do *special judo fitness test*, intercalados por 5 minutos de recuperação entre cada série. Além disso, foram mensuradas a percepção subjetiva de esforço e a concentração de lactato nos minutos 1 e 5 após a realização de cada série do *special judo fitness test*. Os resultados do estudo demonstram que a suplementação de cafeína não melhorou o desempenho, número total de projeções em nenhuma das 3 séries, quando comparado ao placebo. Adicionalmente, a suplementação de cafeína aumentou significativamente a concentração de lactato após a primeira e segunda séries do *special judo fitness test*, em relação ao placebo. Contudo, não houve

diferença significativa na percepção subjetiva de esforço entre as condições ou entre as séries.

Recentemente, Astley, Souza e Polito (2017) investigaram o efeito da suplementação de cafeína sobre o desempenho de jovens atletas de judô. Para tanto, foram avaliados 18 atletas de judô ($16,1 \pm 1,4$ anos), os quais foram submetidos a três sessões experimentais: uma condição controle, suplementação de cafeína ($4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) e placebo (celulose). Após um período de 60 min, os atletas realizaram uma série do *special judo fitness test* e a percepção subjetiva de esforço foi mensurada imediatamente após o teste. Os resultados do estudo mostraram que a suplementação de cafeína aumentou o número total de projeções quando comparado ao grupo controle ($\sim +17\%$) e a condição placebo ($\sim 24\%$). Além disso, a suplementação de cafeína reduziu a percepção subjetiva de esforço em relação às condições controle e placebo.

Em linhas gerais, os resultados da suplementação de cafeína sobre o desempenho em testes intermitentes de alta intensidade em lutadores são inconclusivos, com alguns estudos não apresentando melhoras significativas com atletas de luta olímpica (AEDMA et al., 2013) e judô (LOPES-SILVA et al., 2014; FELLIPE et al., 2015), ao passo que a suplementação de cafeína melhorou o desempenho de jovens atletas durante a realização do SJFT (ASTLEY; SOUZA; POLITO, 2017). Em contrapartida, nesses estudos foram observadas as respostas fisiológicas relacionadas à suplementação de cafeína, como o aumento da concentração de lactato (LOPES-SILVA et al., 2014; AEDMA et al., 2013; FELLIPE et al., 2015) e redução na percepção subjetiva de esforço (LOPES-SILVA et al., 2014; ASTLEY; SOUZA; POLITO, 2017). Dessa forma, mais estudos são necessários para avaliar a efetividade da suplementação de cafeína sobre o desempenho em situações reais de luta, tendo em vista que a contribuição do metabolismo glicolítico é menor quando comparado aos metabolismos oxidativo e ATP-CP, como é o caso do taekwondo (CAMPOS et al., 2012), karatê (BENEKE et al., 2004; DORIA et al., 2009), boxe (DAVIS; LEITHAUSER; BENEKE, 2014) e judô (JULIO et al., 2017). Portanto, a justificativa para utilizar a suplementação de cafeína nas modalidades esportivas de combate é para saber se o aumento no fornecimento de energia glicolítica, por meio da suplementação de cafeína, pode resultar em melhoria de desempenho dos lutadores em situações reais de lutas.

Nesse sentido, Santos et al. (2014) investigaram o efeito da suplementação de cafeína sobre o desempenho em uma simulação de luta de taekwondo. Para tanto, 10 atletas de taekwondo realizaram duas simulações de luta, compostas por 3 *rounds* de 2

min com 1 min de intervalo entre cada *round*. Uma hora antes da primeira luta os atletas ingeriram uma cápsula contendo cafeína ($5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ da massa corporal) ou placebo. O desempenho durante a luta foi avaliado pelo tempo de ataque (tempo total durante o qual um atleta atacou ou tentou atacar o seu adversário), número de ataques (soma dos ataques), pontuação, tempo de *step* (tempo total sem ataque) e tempo de pausa (interrupção do árbitro) nas duas lutas. Além disso, foram mensuradas a percepção subjetiva de esforço e a concentração de lactato antes e após cada *round* nas duas lutas. Os resultados do estudo demonstraram redução no tempo de pausa nos *rounds* 1 e 2 na primeira luta na condição cafeína quando comparado ao placebo, sem diferença nos outros índices de desempenho no *round* 3. Além disso, não houve diferença significativa na percepção subjetiva de esforço ao longo dos *rounds* entre as condições ou entre as lutas. Em linhas gerais, os resultados do estudo demonstraram que na condição cafeína houve uma redução na interrupção pelos árbitros na primeira luta pode ter sido causada pelo aumento na concentração dos atletas durante a luta quando comparado à condição placebo. Esses resultados foram acompanhados por aumento na concentração de lactato nos *rounds* 1 e 2 da primeira luta na condição cafeína em relação a condição placebo. Adicionalmente, no primeiro *round* da segunda luta houve uma redução nos índices relacionados à pausa (tempo médio e total de *step*) e um aumento nos índices relacionados ao esforço (número de ataque e razão ataque/*step*) na condição cafeína quando comparado ao placebo.

Diaz-Lara et al. (2016) analisaram a efetividade da suplementação de cafeína durante uma simulação de luta de jiu-jitsu. Nesse sentido, 14 atletas de jiu-jitsu, ingeriram uma cápsula contendo cafeína ($3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) ou placebo (celulose) uma hora antes da realização de duas simulações de luta com 8 minutos de duração cada e intercaladas por 20 minutos de intervalo entre elas. O desempenho nas simulações de luta foi mensurado analisando as ações ofensivas e defensivas, de baixa e alta intensidade, bem como pelo número total de ações ofensiva realizadas. A concentração de lactato foi mensurada antes e imediatamente após as duas simulações de luta. A suplementação de cafeína aumentou a duração e o número de ações de alta intensidade nas duas simulações de luta quando comparada a condição placebo. Além disso, houve um aumento significativo das ações ofensivas realizadas na segunda luta após a ingestão de cafeína em relação a condição placebo. Por fim, a concentração de lactato foi significativamente maior antes e imediatamente após a segunda luta quando comparada a condição placebo.

Além dos estudos que investigaram se o desempenho em exercícios intermitente de alta intensidade é afetado pela suplementação de cafeína, como discutido anteriormente, alguns estudos avaliaram o efeito desse suplemento no tempo de reação de atletas de judô (SOUSSI et al., 2012; 2013) e taekwondo (SANTOS et al., 2014). Por exemplo, Soussi et al. (2012) investigaram o efeito da suplementação de cafeína, quando ingerida no período da tarde sobre o tempo de reação de atletas de judô. Foram avaliados 12 atletas de judô, os quais ingeriram 5 mg.kg^{-1} da massa corporal ou placebo, 60 minutos antes da realização do teste no qual os atletas tinham que responder, o mais rápido possível, a um estímulo visual enquanto eles empurravam uma tecla no computador. Os resultados do estudo demonstraram que a suplementação melhorou significativamente, reduzindo o tempo de reação dos atletas (- 11%) quando comparado ao placebo. Posteriormente, Soussi et al. (2013) investigaram se a suplementação de cafeína poderia reverter os efeitos da variação diurna sobre o tempo de reação de atletas de judô. Para tanto, foram avaliados 12 atletas de judô, os quais foram submetidos a um teste de tempo de reação, o mesmo utilizado no estudo de Soussi et al. (2012), após a suplementação de cafeína (5 mg.kg^{-1} da massa corporal). Foram realizados dois testes no período da manhã (06:00 – 07:00 horas) após a ingestão de cafeína e placebo e dois testes no período da noite (17:00 horas) após a ingestão de cafeína e placebo. Os resultados demonstraram que houve redução no tempo de reação após a ingestão de cafeína tanto no período da manhã (- 11%) quanto da tarde (- 13%) quando comparados ao placebo. Embora a suplementação de cafeína tenha melhorado o tempo de reação dos atletas de judô, se faz necessário mais estudos que investiguem o efeito desse suplemento no tempo de reação de atletas de judô em ações específicas da modalidade (ex: golpes, pegada, etc.).

Santos et al. (2014) investigaram se a suplementação de cafeína poderia melhorar o tempo de reação de atletas de taekwondo. Foram avaliados 10 atletas de taekwondo, os quais realizaram um teste de tempo de reação 60 minutos após a suplementação de cafeína (5 mg.kg^{-1} da massa corporal) ou placebo. O teste foi composto por 5 chutes, realizando a técnica *bandal tchagui*, intercalados por um período de 30s de recuperação. Os atletas iniciavam a realização da técnica após um estímulo luminoso e tinham que chutar o alvo. Além disso, os atletas tinham um sensor de movimento posicionado no calcanhar. O tempo de reação foi definido como a diferença entre o tempo despendido entre o estímulo luminoso e o momento de contato do pé com o alvo. Após a exclusão do melhor e pior tempo, o tempo de reação foi determinado pela média dos três chutes remanescentes. Os

resultados do estudo demonstraram que houve redução no tempo de reação na condição cafeína (- 11%) quando comparado ao placebo.

Enquanto alguns estudos demonstraram que a suplementação de cafeína não demonstrou melhora no desempenho em protocolos intermitentes de alta intensidade, outros estudos são mais consistentes, apresentando melhora no tempo de reação de lutadores de judô (SOUSSEI et al., 2012; 2013) e taekwondo (SANTOS et al., 2014). Dessa forma, a suplementação de cafeína pode ser um suplemento eficaz para lutadores, tendo em vista que esses atletas necessitam realizar técnicas explosivas durante as lutas.

3.3 Suplementação de Bicarbonato de sódio

3.3.1 Equilíbrio ácido-base

Em condições fisiológicas normais, em repouso, o pH sanguíneo é mantido em torno de 7,4, ligeiramente alcalino, enquanto o pH muscular é de aproximadamente 7,0. Contudo, esses valores podem sofrer influência de vários fatores, dentre eles o exercício, que pode diminuir o pH sanguíneo para 7,1, enquanto o muscular pode chegar até 6,8 (MCNAUGHTON; SIEGLER; MIDGLEY, 2008). Essa redução no pH abaixo dos valores de repouso, resulta em uma condição conhecida como acidose. Por outro lado, o aumento nos valores de pH sanguíneo é afetado pela suplementação de NaHCO_3^- , podendo alcançar valores de 7,5, 90 min após a ingestão de $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa corporal (BISHOP et al., 2004).

O corpo humano possui mecanismos reguladores do equilíbrio ácido-base, tanto intracelular (músculo) quanto extracelular (sangue), mantendo o pH em valores fisiológicos normais. Dentre eles, estão incluídos o sistema de tamponamento sanguíneo, respiratório e a regulação renal do equilíbrio ácido-base, constituídos pelo bicarbonato, fosfato, proteínas e aminoácidos. O bicarbonato é o tamponante extracelular mais importante, enquanto a manutenção do equilíbrio ácido-base é mantida por meio do transporte ativo dos $[\text{H}^+]$ para fora da célula. Por outro lado, dentro da célula, o tamponamento é mantido pelos íons fosfato, proteínas, peptídeos e pelos aminoácidos (ARTIOL et al., 2010).

O sistema do bicarbonato funciona para resistir às mudanças provocadas pelos $[\text{H}^+]$ quando um ácido ou base forte são adicionados. Quando um ácido forte é adicionado à célula, os íons bicarbonato (HCO_3^-) atuam com uma base fraca reagindo com os íons H^+ liberados pelo ácido forte, formando ácido carbônico (H_2CO_3), que por sua vez se

dissocia em água (H₂O) e dióxido de carbono (CO₂) (BISHOP, 2010), como pode ser notado na equação abaixo:

A redução no pH prejudica o fornecimento de energia e algumas propriedades contráteis do músculo; especialmente, a ligação da troponina com o cálcio (Ca⁺) é inibida pela diminuição no pH, danificando a formação do complexo actina-miosina que é responsável pela geração de tensão muscular (CHASE; KUSHMERICK, 1988). Além disso, a redução no pH reduz o fornecimento de energia via glicólise, por intermédio da inibição de duas enzimas regulatórias da glicogenólise, fosfrutoquinase e a fosforilase, respectivamente (FITTS, 1994). De fato, em condição de acidose muscular, induzida pela suplementação de 0,3 g.kg⁻¹ da massa corporal de NH₄Cl, a atividade dessas enzimas reguladoras da glicogenólise e, conseqüentemente, a produção de lactato sanguíneo, foram reduzidas durante a realização de exercício em três intensidade diferentes (30, 60 e 75% do VO_{2máx}) (HOLLIDGE-HORVAT et al., 1999).

Por outro lado, Gaitanos et al. (1993) demonstraram que a execução de um exercício intermitente de alta intensidade, 10 *sprints* de 6s com 30s de intervalo entre cada *sprint*, reduziu o fluxo glicolítico ao longo do exercício, possivelmente causado pelo aumento dos íons [H⁺] (SPRIET et al., 1987), acarretando a inibição de enzimas reguladoras da glicólise, como é o caso da fosfrutoquinase (PFK). A inibição da PFK aumenta a atividade das enzimas frutose-6-fosfato (F6P) e glicose-6-fosfato (G6F), aumentando a atividade das enzimas hexocinase e fosforilase, o que causa uma diminuição na produção de ATP via processo anaeróbio láctico (GLAISTER, 2005). Portanto, o fornecimento de energia através do metabolismo anaeróbio láctico é prejudicado pela acidose metabólica, tanto a induzida pela ingestão de um suplemento ácido (NH₄Cl), quanto pelo exercício intermitente de alta intensidade. Dessa forma, é possível imaginar que a redução na acidose, através da ingestão de um suplemento alcalino, como o NaHCO₃, pode ser uma estratégia para aumentar o metabolismo anaeróbio láctico e, conseqüentemente, o desempenho esportivo.

Nessa lógica, foram demonstradas correlações significativa entre as mudanças nos H⁺ (BISHOP; LAWRENCE; SPENCER, 2003) e na capacidade de tamponamento in vivo (β_{m in vivo}) (BISHOP et al., 2004). Dessa maneira, o desempenho esportivo é afetado negativamente, em condições ácidas, induzida pela suplementação de cloreto de amônia

(ROBERGS et al., 2005). Por outro lado, o desempenho é otimizado em condições alcalinas pela suplementação de NaHCO_3^- (BISHOP, 2010; CARR, A. J.; HOPKINS; GORE, 2011) ou citrato de sódio (REQUENA et al., 2005).

3.3.2 Dosagem e estratégia de suplementação com bicarbonato de sódio

A justificativa fisiológica para a utilização desse suplemento se dá pelo fato da membrana celular ser impermeável ao HCO_3^- , portanto o aumento extracelular nas concentrações de HCO_3^- , através da ingestão de NaHCO_3^- , aumentaria o pH extracelular (MCNAUGHTON et al., 2008). As $[\text{HCO}_3^-]$ em repouso no líquido extracelular estão em torno de 25 mmol.L^{-1} e o aumento nas $[\text{HCO}_3^-]$ é dose dependente, alcançando $29,8 \text{ mmol.L}^{-1}$ e $32,3 \text{ mmol.L}^{-1}$ após a ingestão crônica de $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa corpora e $0,5 \text{ g}$ de bicarbonato de sódio, da massa corporal, respectivamente (DOUROUDOS et al., 2006).

Nesse sentido, vários estudos demonstraram que a ingestão de $0,3 \text{ g}$ de $\text{NaHCO}_3^- \text{.kg}^{-1}$ de massa corporal é efetiva para aumentar o desempenho em exercícios de alta intensidade (ARTIOLI et al., 2007; CARR et al., 2011). Realmente, Carr et al. (2011) demonstraram em uma meta análise efeito positivo de $\sim 2\%$ ($\sim 1 \text{ min}$) no desempenho de *sprints* de curta duração e alta intensidade. Por outro lado, doses em torno de $0,18 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa corporal estão no limite para induzir alcalose (GAO et al., 1988; HORSWILL et al., 1988). Adicionalmente, doses acima de $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa corporal podem causar desconfortos gastrointestinais (JONES et al., 1977). Esses sintomas são reduzidos, principalmente no dia da realização dos testes, utilizando suplementação crônica, com baixas concentrações de NaHCO_3^- durante um período de 5 dias (MCNAUGHTON et al., 1999; TOBIAS et al., 2013). Embora não tenha sido estabelecido o momento mais eficaz para ingerir NaHCO_3^- , o tempo ideal utilizado está entre 60 e 90 min antes do início do exercício (BISHOP, 2010). Esse suplemento pode ser administrado por meio de cápsulas, em solução ou através de injeção intravenosa, porém quando o objetivo é avaliar o desempenho os estudos utilizam cápsulas (MCNAUGHTON et al., 2008).

3.3.3 Bicarbonato de sódio e desempenho intermitente

Na Tabela 3 são apresentados vários estudos demonstrando que a alcalose induzida pela suplementação de NaHCO_3^- , tanto de forma aguda (BISHOP; CLAUDIUS, 2005; BISHOP et al., 2004; PRICE; MOSS; RANCE, 2003) quanto de forma crônica (DOUROUDOS et al., 2006; MCNAUGHTON et al., 1999) são capazes de melhorar o

desempenho através do aumento no efluxo de H^+ e lactato para fora da célula (LINDERMAN; GOSSELINK, 1994). Essa ação é devido ao aumento da atividade do co-transporte de La^- e H^+ , o qual se torna mais ativo com o aumento do gradiente de H^+ intra e extracelular, durante a contração muscular (ROTH, 1991). Esse mecanismo diminui a fadiga muscular, por atrasar a diminuição no pH (MATSON; TRAN, 1993) e aumentar a capacidade contrátil muscular (MCNAUGHTON, L. et al., 1999), ocasionada pelo aumento da produção de ATP através da glicólise. Desse modo, a suplementação de $NaHCO_3^-$ pode ser uma estratégia nutricional efetiva com o objetivo de melhorar o desempenho em atividades esportivas intermitentes, nas quais o metabolismo anaeróbio desempenha papel importante, como é o caso do judô (FRANCHINI; DEL VECCHIO; et al., 2011), taekwondo (BRIDGE et al., 2014), boxe (CHAABÈNE et al., 2015) e karatê (CHAABÈNE et al., 2012).

Price et al. (2003) analisaram o efeito da suplementação de $NaHCO_3^-$ sobre o exercício intermitente prolongado. Foram avaliados 8 homens os quais ingeriram $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa corpora de $NaHCO_3^-$ ou $0,045 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa corporal de cloreto de sódio (NaCl), 60 min e 30 antes da realização de exercício intermitente prolongado (10 séries x (90s a 40% do $VO_{2\text{máx}}$ + 60s a 60% do $VO_{2\text{máx}}$ + 8s de repouso ativo + 14s de *sprint* máximo + 8s de repouso ativo). Foi mensurada a potência pico, média e mínima para cada *sprint* e o índice de fadiga entre os *sprints*. Os resultados do estudo não demonstraram diferenças significativas na potência pico entre as condições. Porém, houve aumento significativo na potência pico relativa ao primeiro *sprint* e no índice de fadiga na condição $NaHCO_3^-$ quando comparado ao placebo.

Adicionalmente, Bishop et al. (2004) examinaram a eficácia da suplementação de $NaHCO_3^-$ sobre a capacidade para realizar esforços repetidos (*repeated sprint ability* – RSA). Para tanto, 10 mulheres ingeriram $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de $NaHCO_3^-$ da massa corporal ou $0,207 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa corporal de NaCl 90 min antes da realização do teste, que foi composto por 6 *sprints* de 6s com um intervalo de 30s entre eles. Foram mensurados o trabalho total realizado nos 6 *sprints* e a potência pico em cada *sprint*. A suplementação de $NaHCO_3^-$ aumentou significativamente o trabalho total (+5,7%) em relação ao placebo. Consequentemente, a ingestão de $NaHCO_3^-$ aumentou significativamente a potência pico nos *sprints* 3, 4 e 5 quando comparados ao placebo.

Recentemente, Oliveira et al. (2016) investigaram os efeitos da suplementação crônica de $NaHCO_3$ sobre o desempenho intermitente de alta intensidade. Participaram do estudo 18 atletas treinados os quais foram submetidos a duas condições experimentais,

ingestão de $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de NaHCO_3 ou CaCO_3 (placebo), a suplementação foi realizada durante 5 dias consecutivos. Após esse período de ingestão os participantes realizaram 4 séries de Wingate, para membros superiores, com uma carga equivalente a 4% da massa corporal, intercalados por 3 minutos de recuperação ativa. O desempenho foi quantificado por meio do trabalho total realizado nas quatro séries do Wingate. Além disso, a $[\text{La}^{-1}]$ foi mensurada antes, imediatamente e 5 minutos após a última série de Wingate. A suplementação crônica de NaHCO_3 aumentou significativamente o trabalho total realizado (+ 2,9%) e a $[\text{La}^{-1}]$ em relação a condição placebo.

Dessa forma, a suplementação aguda de NaHCO_3^{-} parece ser capaz de melhorar o desempenho durante a realização de exercícios intermitente de alta intensidade, seja ele de curta ou longa duração. Por outro lado, alguns estudos analisaram o efeito da suplementação crônica desse suplemento sobre o desempenho intermitente de alta intensidade (DOUROUDOS et al., 2006; MCNAUGHTON et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2016). Nesse sentido, como apresentado na Tabela 2, os resultados dos estudos demonstram efeito positivo da suplementação de NaHCO_3^{-} sobre o desempenho de *sprints*, essa melhora é percebida tanto em protocolos agudos de suplementação, quanto se faz uso de crônico desse suplemento.

3.3.4 - Ingestão de bicarbonato de sódio e desempenho em lutadores

Embora a eficácia da ingestão de NaHCO_3^{-} sobre o desempenho intermitente de alta intensidade seja bem estabelecida (BISHOP, 2010; CARR et al., 2011; MCNAUGHTON et al., 2008), poucos estudos avaliaram o efeito desse suplemento no desempenho de lutadores (ARTIOLI et al., 2007; FELIPPE et al., 2016; SIEGLER; GLEADALL-SIDDALL, 2010; TOBIAS et al., 2013). Por exemplo, Artioli et al. (2006) investigaram o efeito da suplementação de NaHCO_3^{-} sobre o desempenho em simulação de luta de judô. Participaram do estudo 6 atletas do sexo masculino, os quais ingeriram $0,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ da massa corpora ou CaCO_3 da massa corporal, 2 horas antes das 3 simulações de luta composta por 5 min, intercaladas por um período de 15 min de intervalo entre elas. O desempenho durante a luta foi avaliado através da característica temporal (tempo de esforço, tempo de recuperação, tempo de luta em pé e tempo de luta no solo) e por meio das ações técnicas dos atletas (número de ataques em pé, número de ataques no solo, total de ataques e total de golpes que resultaram em pontuação). Porém, os resultados do estudo demonstraram que a suplementação de NaHCO_3^{-} não resultou em melhora em

nenhuma variável de desempenho nas 3 simulações de luta quando comparado ao placebo.

Siegler e Hirscher (2010) avaliaram o efeito da suplementação de NaHCO_3^- sobre o desempenho em uma simulação de luta de boxe. Os autores avaliaram 10 boxeadores os quais foram suplementados com NaHCO_3^- ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa corporal) ou NaCl ($0,045 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa corporal) 90 minutos antes da simulação de luta (4 *rounds* de 3 min com 1 min de intervalo entre eles. O desempenho durante a luta foi mensurado através da eficácia, avaliada por dois árbitros. Além disso, algumas variáveis do equilíbrio ácido-base sanguíneo (pH, $[\text{HCO}_3^-]$ e o excesso de base [EB]) foram analisadas antes da suplementação, 90 min após a suplementação (antes da luta) e imediatamente após a luta. Como esperado, a suplementação de NaHCO_3^- aumentou significativamente a concentração de HCO_3^- e o excesso de base em relação ao placebo antes da luta, e essas variáveis continuaram elevadas após a simulação de luta, porém não foram encontradas diferenças significativas no pH entre as condições. Além disso, houve uma melhora no desempenho, sendo observado aumento na eficácia dos socos após a suplementação de NaHCO_3 nos *rounds* 1, 2 e 4 em relação ao placebo. Nesse sentido, a alcalose induzida pela suplementação de NaHCO_3^- pode ser uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho em boxeadores.

Tabela 3 – Resumo dos estudos com suplementação de bicarbonato de sódio e desempenho intermitente

Autores	Amostra	Dosagem	Tempo da dosagem	Protocolo de desempenho	Resultados
Price et al. (2003)	8 Homens	0,3 g·kg ⁻¹ NaHCO ₃ 0,045 g·kg ⁻¹ NaCl (Placebo)	60 min	2 blocos de 30 min de exercício intermitente (10 séries x [90s a 40% do VO _{2máx} + 60s a 60% do VO _{2máx} + 8s de repouso ativo + 14s de <i>sprint</i> máximo + 8s de repouso ativo)	↑ PPR (%) ↑ IF (%)
Bishop e Claudius (2005)	7 Mulheres	0,2 g·kg ⁻¹ NaHCO ₃ 0,138 g·kg ⁻¹ NaCl	90 min	2 blocos de 36 min de exercício intermitente (séries de ~2 minutos compostas por 4s de <i>sprint</i> , 100s de recuperação ativa a 35% do VO _{2máx} e 20s de repouso)	↑ TR em 7 <i>sprints</i> da segunda série de exercício
Bishop et al. (2004)	10 Mulheres	0,3 g·kg ⁻¹ NaHCO ₃ 0,2 g·kg ⁻¹ NaCl	90 min	6 <i>sprints</i> x 6s	↑ TTR (5,1 %) ↑ PP nos <i>sprints</i> 4, 5 e 6
Oliveira et al. (2016)	18 Homens	0,3 g·kg ⁻¹ NaHCO ₃ 0,3 g·kg ⁻¹ CaCO ₃	5 dias	4 séries do teste de Wingate para mmss (30s)	↑ TR (2,9%)

PPR: potência relativa; IF: Índice de fadiga; TR: trabalho realizado (J); TTR: trabalho total realizado; PP: potência pico; PM: potência média; mmss: membros superiores.

Artioli et al. (2007) investigaram o efeito da alcalose metabólica sobre o desempenho em atletas de judô durante a realização de testes específicos e não específicos. Para tanto, foram avaliados 33 atletas de judô, dos quais 9 foram avaliados durante o SJFT e 14 foram avaliados durante o teste de Wingate. Os atletas ingeriram uma cápsula contendo $0,3\text{g/kg}^{-1}$ contendo bicarbonato de sódio (NaHCO_3^-) ou placebo (carbonato de cálcio- CaCO_3), 120 minutos antes da realização dos testes. No protocolo específico os atletas realizaram 3 séries do SJFT. O desempenho foi avaliado através do número projeções nas 3 séries. Foram mensuradas a PSE e a concentração de lactato ao longo dos testes. Houve aumento significativo no número de projeções nas séries 2 (+5,1%) e 3 (+5,5%) após a ingestão de NaHCO_3^- em relação ao placebo. Consequentemente, o NaHCO_3^- aumentou o número total de projeções (+4,8%). Além disso, a concentração de lactato foi significativamente maior na condição com NaHCO_3^- após a última série do SJFT quando comparado ao placebo, porém não foram detectadas diferenças significativas na percepção subjetiva de esforço entre as condições durante a realização dos testes. Por outro lado, no protocolo não específico os atletas realizaram 4 testes de Wingate para os membros superiores, com uma carga correspondente a 5% da massa corporal dos atletas, intercalados por 3 minutos de recuperação entre eles. O desempenho foi avaliado por meio da potência pico e média em cada série. Além disso, foram mensuradas a concentração de lactato e a percepção subjetiva de esforço ao longo da realização dos testes. Na condição NaHCO_3^- houve melhora significativa na potência média nas séries 3 e 4 em relação ao placebo. Além disso, houve um aumento significativo na potência pico após a ingestão de NaHCO_3^- na série 4 quando comparado ao placebo. Embora a concentração de lactato tenha aumentado após a ingestão de NaHCO_3^- , não foram encontradas diferenças significativas em relação ao placebo. Por fim, não foram encontradas diferenças significativas na PSE entre as condições.

Fellipe et al. (2015) investigaram o efeito da suplementação aguda de NaHCO_3 sobre o desempenho de atletas de judô durante a realização do SJFT. Para isso, foram avaliados 10 atletas de judô, de nível regional e nacional, os quais foram submetidos a uma condição com ingestão de $0,3\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de massa corporal de NaHCO_3 e uma condição com ingestão de placebo (celulose). Nas duas condições os suplementos foram divididos em três doses de $0,1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ as quais foram ingeridas nos intervalos de 120, 60 e 30 minutos antes da realização dos testes. O desempenho foi avaliado através da realização de 3 séries do SJFT, separados por 5 minutos de intervalo entre cada série. Além disso, foram mensuradas a concentração de lactato e a percepção subjetiva de esforço nos minutos 1 e

5 após a realização de cada série do SJFT. Os resultados do estudo demonstram que a suplementação de NaHCO_3 não melhorou o desempenho, número total de projeções, quando comparado ao placebo. Porém, houve um aumento significativo na concentração de lactato apenas após a segunda série do SJFT na condição NaHCO_3 quando comparado ao placebo, sem diferença significativa entre os outros momentos. Enquanto que não houve diferença significativa na PSE entre as condições ou entre as séries.

Desse modo, os resultados referentes a suplementação aguda com NaHCO_3 em atletas de judô são conflitantes. Enquanto Artioli et al. (2007) demonstraram melhora no desempenho de atletas de judô em testes específicos (SJFT) e não específicos (Wingate), Felli et al. (2015) reportaram que o mesmo suplemento não foi capaz de melhorar o desempenho no SJFT. Contudo, não é certo que a suplementação crônica é eficaz para melhorar o desempenho de atletas de judô.

Nesse sentido, Tobias et al. (2013) investigaram o efeito da suplementação crônica NaHCO_3 sobre o desempenho de lutadores. Foram avaliados 18 atletas de judô e jiu-jitsu, os quais foram submetidos a um período de suplementação de $500 \text{ mg.kg.dia}^{-1}$ de NaHCO_3^- ou CaCO_3 . Os atletas foram avaliados antes e após o período de suplementação. Após esse período os atletas realizaram um protocolo intermitente de alta intensidade, composto por 4 séries de Wingate para membros superiores, com uma carga correspondente a 5% da massa corporal, com 3 minutos de intervalo entre cada série. A concentração de lactato foi mensurada antes, imediatamente após e 5 min após a quarta e última série do teste. Os resultados demonstraram um aumento significativo no trabalho total realizado (+8%) após a ingestão crônica de NaHCO_3^- em relação aos valores antes da suplementação. Além disso, a ingestão de NaHCO_3^- aumentou significativamente a potência pico (+13,7%) e média na (+9,4%) série 4, quando comparado aos valores antes da suplementação, porém, como esperado, não foi encontrada melhora significativa na condição placebo. Além do mais, a ingestão crônica de NaHCO_3^- aumentou significativamente a concentração de lactato 5 min após a última série do Wingate comparado aos valores antes da suplementação.

Os resultados reportados na literatura são conflitantes (ARTIOLI et al., 2007; FELLIPE et al., 2015) no que diz respeito aos efeitos da alcalose induzida pela suplementação aguda de NaHCO_3 sobre o desempenho, enquanto a suplementação crônica foi efetiva para melhorar o desempenho intermitente de alta intensidade em testes não específicos (Wingate). Porém, quando a suplementação de NaHCO_3 é eficaz (ARTIOLI et al., 2007; TOBIAS et al., 2013) a melhora foi evidenciada nas últimas séries

dos testes, quando existe um certo grau de fadiga muscular. Além do mais, a eficácia da ingestão de NaHCO_3^- em testes laboratoriais não garante que o atleta irá melhorar durante uma luta, pelo fato de outros fatores, tais como técnico, tático e psicológico são importantes durante a luta. Nesse sentido, são necessários estudos que avaliem o efeito da suplementação de NaHCO_3^- em situações reais, por exemplo, durante simulações de luta.

3.3 Frequência cardíaca de recuperação

Na literatura científica os mecanismos que interferem na frequência cardíaca (FC) antes e após o exercício são bem estabelecidos (COOTE; BOTHAMS, 2001; RAVENS-SIEBERER et al., 2007), contudo pouca atenção tem sido dada aos mecanismos subjacentes à queda da FC após o final do exercício (COOTE, 2010). Em contrapartida, recentemente, alguns estudos clínicos têm relacionado a frequência cardíaca de recuperação (FCR), definida como a velocidade com a qual a FC diminui, como um preditor de mortalidade em pacientes com risco de doença cardíaca (COLE et al., 1999). Além disso, técnicos e atletas têm utilizado a avaliação da FCR como uma medida para monitorar o treino e os níveis de fadiga dos atletas (BORRESEN; LAMBERT, 2008; COOTE, 2010), com alguns estudos demonstrando que atletas treinados recuperam mais rapidamente quando comparados a indivíduos com níveis de atividade física menores (BUCHHEIT; GINDRE, 2006; OSTOJIC, 2011). Dessa forma, a velocidade de recuperação da FC após o exercício é importante em algumas modalidades esportivas, como nas lutas, por exemplo, tendo em vista que alguns atletas realizam várias lutas ao longo de um dia de competição.

A regulação da FC cardíaca é realizada pelo sistema nervoso autônomo (SNA), que é dividido em sistema nervoso simpático (SNS) e sistema nervoso parassimpático (SNP). No início do exercício o aumento na FC é causado pela ativação do comando central e dos receptores mecânicos que atuam inibindo a influência parassimpática (vagal) sobre o coração (NAKAMURA; YAMAMOTO; MURAOKA, 1993; YAMAMOTO; HUGHSON; PETERSON, 1991). À medida que a intensidade do exercício aumenta, há elevação na produção de metabólitos e na temperatura corporal e, consequentemente, aumento da atividade simpática cardíaca e da concentração de adrenalina plasmática, ocasionando aumento adicional nos valores da FC (NAKAMURA et al., 1993; YAMAMOTO et al., 1991). Ao final do exercício, a frequência cardíaca declina, usualmente dentro de minutos após o final do exercício (BORRESEN; LAMBERT, 2008;

DAANEN et al., 2012) e ocorre de maneira mono-exponencial. Dessa forma, tem crescido na literatura científica o monitoramento do SNA por meio da FC, incluindo o nível e a variabilidade da FC em repouso (PLEWS et al., 2013; STANLEY; PEAKE; BUCHHEIT, 2013), durante (BUCHHEIT et al., 2010), após o exercício (BUCHHEIT et al., 2010; BUCHHEIT et al., 2008; BUCHHEIT et al., 2012) e durante a recuperação após o exercício (DAANEN et al., 2012)..

Tradicionalmente o controle autonômico tem sido avaliado através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), que é mensurada pela variação no intervalo R-R de um eletrocardiograma (ECG) (BORRESEN; LAMBERT, 2008) e com esse método tem sido utilizada para avaliar a função autonômica. Em contrapartida, as medidas da VFC precisam ser mensuradas em condições estacionárias, ou seja, em repouso ou durante o exercício de intensidade moderada (BORRESEN; LAMBERT, 2008). Nesse sentido, a VFC não é um método eficiente para avaliar a reativação parassimpática durante intervalos de recuperação, como, por exemplo, em exercícios intermitentes de alta intensidade, nos quais existe um período de esforço intercalados com períodos de recuperação, como é o caso do taekwondo. Nesse caso, o método mais correto para avaliar a função parassimpática durante os períodos de pausa é por meio da FCR.

Nesse sentido, têm sido utilizado na literatura científica alguns índices pelos quais é possível avaliar a resposta autonômica após o exercício físico, incluindo: FCR_{60s} , que é representada pela diferença absoluta entre a FC final do exercício e a FC após 60s de recuperação (FCR_{60s}) (COLE et al., 1999); 2) T30, que é quantificada através da recíproca negativa da inclinação da reta aplicando uma função semi-logarítmica (T30), levando-se em consideração os valores da FC do décimo ao quadragésimo segundos (IMAI et al., 1994). Além disso, tem sido utilizado a constante de tempo do decaimento da FC, após um ajuste mono-exponencial ($FCR\tau$) (PERINI et al., 1989) (Figura 1).

Figura 1 – Índices para avaliar a frequência cardíaca de recuperação (FCR). Fase rápida: diferença absoluta entre a FC imediatamente após e a FC após 1 minuto de recuperação (FCR_{60s}) (painel A) e a constante de tempo da inclinação da regressão logarítmica da FC do 10° ao 40° segundo após o final do exercício (Painel B). Fase lenta: constante de tempo do decaimento da FC, após um ajuste mono-exponencial (FCR_{τ}) (Painel A).

Os índices FCR_{60s} e $T30$ representam a fase rápida da FCR, que não é afetada pela intensidade do exercício e por bloqueadores simpáticos, porém esses índices são sensíveis a bloqueadores parassimpáticos, sendo considerados como marcadores de reativação vagal após o exercício (BUCHHEIT et al., 2007a; IMAI et al., 1994). Por outro lado, a fase lenta é descrita pela FCR_{τ} , sendo dependente da carga de trabalho (BUCHHEIT et al., 2007b; IMAI et al., 1994; PERINI et al., 1989) e relacionada com a retirada gradual da atividade simpática cardíaca e com a liberação de metabólitos (epinefrina, H^+ , P_i , etc.) após o exercício de alta intensidade (PERINI et al., 1989).

3.3.1 Evidências de reprodutibilidade

Alguns estudos avaliaram a reprodutibilidade dos índices pelos quais a reativação parassimpática é mensurada por meio da FCR, tanto da fase rápida (AL HADDAD et al., 2011; IMAI et al., 1994; LAMBERTS et al., 2004) quanto da fase lenta (AL HADDAD et al., 2011; BOSQUET; GAMELIN; BERTHOIN, 2008; DUPUY et al., 2012; PIERPONT et al., 2000). Por exemplo, Bosquet et al. (2008) investigaram a reprodutibilidade da cinética da recuperação da frequência cardíaca. Para tanto, foram avaliados 30 participantes (22 homens e 8 mulheres), os quais realizaram dois testes progressivos máximos e dois testes submáximos de duração constante na esteira. O teste incremental progressivo foi iniciado com uma velocidade de 10 km/h e foram dados incrementos de 0,5 km/h a cada minuto até a exaustão voluntária, sendo o último estágio

realizado considerado como a velocidade pico na esteira. Por outro lado, no teste com duração constante a velocidade foi correspondente a 80% da velocidade pico na esteira. Ao final das sessões experimentais, a FCR foi mensurada durante um período de 5 minutos e posteriormente calculada a FCR_{60s} e a cinética da FC por meio de uma função mono-exponencial (Figura 2).

A_0 = assíntota do valor da FC; A_1 = é a diminuição abaixo do valor da FC ao final do exercício para $t = \infty$; t_1 = é a constante de tempo (ou seja, o tempo necessário para alcançar 63% do ganho, em segundos).

Figura 2 – Representação gráfica das variáveis cinéticas comumente analisadas na resposta da frequência cardíaca de recuperação (FCR) após o exercício físico.

Os resultados do estudo demonstraram que a reprodutibilidade FCR_{60s} não é dependente da intensidade do exercício, apresentando valores aproximados após o teste máximo e submáximo (CCI: 0,75 e 0,80, respectivamente). Enquanto os parâmetros derivados da função mono-exponencial foram dependentes da intensidade do exercício, a constante de tempo (τ) apresentou uma maior reprodutibilidade após o exercício máximo em relação ao exercício submáximo (CCI: 0,71 e 0,43, respectivamente), por outro lado, a amplitude (a_1) foi menos influenciada após o exercício submáximo quando comparada ao exercício máximo (CCI: 0,87 e 0,64, respectivamente).

Adicionalmente, Dupuy et al. (2012) examinaram a reprodutibilidade absoluta e relativa dos índices da reativação parassimpática e se à análise dos valores médios poderia melhorar a reprodutibilidade desses índices. Para tanto, os autores utilizaram os mesmos procedimentos do estudo realizado por Bosquet et al. (2008), dois testes progressivos e dois testes submáximos com duração fixa (6 minutos). Além disso, a FC foi mensurada durante os 10 minutos após o final dos testes, e a foram mensuradas a FCR_{τ} e a FCR_{60s} . Adicionalmente, os autores avaliaram a reprodutibilidade desses índices combinados, utilizando o valor médio dos dois testes submáximos, com o intuito de observar se essa análise poderia melhorar a reprodutibilidade. Os resultados do estudo demonstraram alta reprodutibilidade para FCR_{60s} , a_0 , FCR_{τ} (CCI: 0,77, 0,87 e 0,74, respectivamente), moderada para o a_1 (CCI: 0,60), contudo o T30 não foi reprodutível (CCI: 0,12). Por outro lado, após o exercício submáximo o a_0 e o a_1 apresentaram alta reprodutibilidade (CCI: 0,81 e 0,80), ao passo que para FCR_{60s} a reprodutibilidade foi moderada (CCI: 0,69). Todavia, o T30 e a FCR_{τ} não foram reprodutíveis após o exercício submáximo (CCI: 0,23 e 0,47). Além disso, a análise combinada dos dois testes não influenciou a reprodutibilidade das variáveis. Dessa forma, levando-se em consideração que a reprodutibilidade dos índices pode variar com a intensidade do exercício, é importante considerar essa variável quando o objetivo for avaliar a reativação parassimpática após o exercício, caso contrário, no estudo pode ser visto um efeito significativo pequeno, porém pode não ser detectado por essas medidas.

Por sua vez, Al Haddad et al. (2011) avaliaram a reprodutibilidade dos índices da FCR após dois tipos de exercícios e se a intensidade do exercício poderia influenciar a reprodutibilidade desses índices, através do erro típico da medida (ETM) e da porcentagem do coeficiente de variação (CV). Para tanto, foram avaliados 15 homens saudáveis, que foram submetidos a um teste intermitente progressivo máximo (30-15 *Intermittent Fitness Test*), para identificar a velocidade correspondente dos testes submáximos. Após isso, os participantes realizaram duas sessões experimentais, em dias diferentes: um teste submáximo, a uma intensidade correspondente a 45% da velocidade alcançada no final do teste progressivo e um teste supramáximo (teste de Wingate, com uma resistência relativa a 7,5% da massa corporal dos participantes). Foram mensuradas a FCR_{60s} e a FCR_{τ} . Os resultados do estudo demonstraram que o ETM desses índices foi dependente da intensidade do exercício realizado, a FCR_{60s} apresentou um menor CV após o exercício supramáximo em comparação ao exercício máximo (14,7 bpm e 25,7 bpm, respectivamente), da mesma forma, o CV da FCR_{τ} foi menor no exercício

supramáximo quando comparado ao submáximo (24,3s e 31,2s, respectivamente). Dessa forma, a utilização de intensidade submáximas pode ser um fator a ser considerado na avaliação da reativação parassimpática após o exercício.

Em linha gerais, os índices pelos quais a reativação parassimpática após o exercício é mensurada apresentam inconsistência quando são apresentados os valores da sua reprodutibilidade e esse fator é influenciado pela intensidade do exercício. Desse modo, se faz necessário a análise da reprodutibilidade dos índices bem como a intensidade do exercício a ser realizado, para que o efeito verificado no estudo não seja negligenciado pela variação da medida.

3.3.2 Fatores determinantes

Alguns estudos têm demonstrado que a reativação parassimpática, mensurada por meio da FCR, sofre influência de fatores relacionados ao tipo de exercício realizado (BUCHHEIT et al., 2007a; RANADIVE et al., 2011), a aptidão aeróbia (BUCHHEIT; GINDRE, 2006) e a maturação (BUCHHEIT et al., 2011). Por exemplo, Buchheit et al. (2007a) avaliaram a contribuição da potência muscular e aeróbia, metabolismo anaeróbio e o gasto calórico sobre a reativação parassimpática após a realização de *sprints* repetidos. Para tanto, foram avaliados 15 homens, os quais realizaram três exercícios diferentes: protocolo de *sprints* repetidos (*sprints* de 15 metros, intercalados por 17s de intervalo entre cada *sprint*, realizado durante 6 minutos), exercício de alta intensidade com contribuição anaeróbia equivalente ao protocolo de *sprints* repetidos (30s de corrida a 105% da velocidade aeróbia máxima, intercalados por 30s de recuperação passiva entre cada *sprint*, realizado durante 12 minutos) e exercício constante com intensidade submáxima (~75% da velocidade aeróbia máxima, com duração variando entre 368 s e 501s) com gasto calórico equivalente ao encontrado no protocolo de *sprints* repetidos. A reativação parassimpática foi avaliada através do FCR_{60s}, FCR_τ, T30. Os resultados do estudo demonstraram que a FCR_{60s} e T30 não foram diferentes após a realização de *sprints* repetidos e de alta intensidade ($37,4 \pm 1$ bpm, $288,3 \pm 19,9$ s e $35,9 \pm 1,7$ bpm, $295,2 \pm 30,4$ s, respectivamente), porém ambas foram significativamente menores em relação ao exercício de carga constante ($54,3 \pm 3,1$ bpm e $144,1 \pm 12,2$ s, respectivamente). Por outro lado, a FCR_τ foi significativamente menor após o exercício de carga constante em relação ao de *sprints* repetidos ($54,4 \pm 6,3$ s e $74,4 \pm 3,7$ s, respectivamente), e ambos foram significativamente menores quando comparados ao exercício de alta intensidade ($100,9 \pm 7$ s).

Além disso, os autores utilizaram uma análise de regressão linear múltipla para demonstrar a influência das características mecânicas e metabólicas sobre a regulação autonômica após o exercício. Esses resultados demonstraram que apenas o metabolismo anaeróbio apresentou correlação significativa com os índices parassimpáticos FCR_{τ} , FCR_{60s} e T30. Nesse sentido, a contribuição anaeróbia desempenha importância fundamental na reativação parassimpática após o exercício, isso pode ser causada pela persistência dos fatores adrenérgicos e metabólitos locais (adrenalina, noradrenalina e H^+) durante a recuperação.

Levando-se em consideração a influência do metabolismo anaeróbio sobre a reativação parassimpática após o exercício, Buchheit et al. (2010b) investigaram se a reativação parassimpática poderia ser influenciada pela idade, tendo em vista que a atividade glicolítica é dependente do estado maturacional. Para tanto, os autores avaliaram 23 voluntários, sendo 10 crianças, 6 adolescentes e 7 adultos. Todos os participantes foram submetidos a um teste de 10 *sprints* máximos com 10s de recuperação, intercalados por 5 minutos de recuperação passiva entre eles. O desempenho foi mensurado por meio da potência média nos testes. Após cada série de *sprint* foram calculadas a FCR_{60s} e a FCR_{τ} . Os resultados demonstraram diferença significativa entre as faixas etárias na potência média, com os adultos apresentando maiores valores em relação aos adolescentes e as crianças ($1097 \pm 179W$, $800 \pm 154W$ e $298 \pm 52W$, respectivamente). Além disso, os adolescentes apresentaram maior potência quando comparados às crianças. Consequentemente, a FCR_{60s} foi mais rápida nas crianças em relação aos adolescentes e adultos (50 ± 1 bpm, 37 ± 1 bpm e 39 ± 1 , respectivamente). Contudo, não houve diferença significativa entre os adolescentes e os adultos. Além disso, os resultados da FCR_{τ} apresentaram o mesmo comportamento, com valores mais rápidos nas crianças em relação aos adolescentes e adultos, porém sem diferença significativa entre os adultos e adolescente.

Adicionalmente, Ranadive et al. (2011) investigaram se a FCR seria influenciada durante exercício com os membros superiores ou inferiores. Para isso, participaram do estudo 20 voluntários, 11 homens e 9 mulheres, os quais realizaram dois exercícios progressivos até a exaustão voluntária, porém um utilizando os membros superiores, com incrementos de 30W a cada dois minutos até a exaustão voluntária e outro utilizando com os membros inferiores, com incrementos de 15W a cada dois minutos até a exaustão voluntária. A FCR foi mensurada através da FCR_{60s} e FCR_{120s} , contudo após o final do teste os participantes realizavam recuperação ativa. Os resultados demonstraram atraso

da reativação parassimpática, maior FCR_{60s} e FCR_{120s} após o exercício para membros superiores em relação ao exercício com membros inferiores (37 ± 2 , 51 ± 9 e 25 ± 1 , 44 ± 2 respectivamente).

Em linhas gerais, a FCR é um método não-invasivo e bastante utilizado na literatura para avaliar a reativação parassimpática após o exercício (BUCHHEIT, 2014; BUCHHEIT et al., 2007b). Vários mecanismos fisiológicos regulam a redução da FC após o exercício (IMAI et al., 1994; PECANHA; SILVA-JUNIOR; FORJAZ, 2014; PERINI et al., 1989). Por outro lado, o metabolismo anaeróbio é um dos mecanismos fisiológicos reguladores da reativação parassimpática após o exercício, embora não seja bem estabelecido na literatura se é metabolismo glicolítico ou o ATP-CP que influencia essa regulação (BUCHHEIT et al., 2007a).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A sessão de materiais e métodos foi estruturada apresentando os procedimentos que eram distintos (amostra, desenho experimental, suplementação, simulação de luta e análise estatística) ou idênticos (análise dos vídeos, cálculo da contribuição dos sistemas energéticos e análise dos índices da frequência cardíaca de recuperação).

4.1 – Estudo 1

4.1.1 - Amostra

Participaram do presente estudo 10 atletas de taekwondo do sexo masculino (idade: $21,9 \pm 4,1$ anos, massa corporal: $71,0 \pm 12,9$ kg, altura: $179,7 \pm 8,3$ cm), faixas-pretas, com no mínimo 9 anos de experiência. Todos os atletas eram competidores de nível nacional e internacional, estavam em uma fase de treinamento competitiva, com aproximadamente 12 horas de treinos semanais, divididos em sessões de treinos técnicos-tático, força e flexibilidade e todos os atletas não estavam em fase de redução rápida de massa corpora. A amostra foi composta por atletas de todas as categorias de peso olímpica: <58kg ($n = 3$), 58-68 kg ($n = 3$), 68-70 kg ($n = 2$), > 80kg ($n = 3$). Antes das sessões experimentais, todos os atletas foram informados dos procedimentos, incluindo os possíveis riscos envolvidos, e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Anexo I), o qual foi previamente aprovado pelo comitê de ética (Anexo II).

O cálculo do tamanho amostral foi realizado *a priori*, com base em dados publicados anteriormente (SANTOS et al., 2014), determinando que uma amostra com 8 participantes seria necessária para detectar uma diferença estatística com um tamanho do efeito estimado de 0,5, um erro de 0,8 e o valor de $P < 0,05$ para a principal variável independente do estudo a concentração de lactato. Assumindo que 10% dos voluntários desistem durante o procedimento, foram recrutados 11 atletas. Porém, um atleta foi excluído da análise final por causa de problemas durante a coleta de dados. Portanto, a análise estatística foi realizada com os dados de 10 atletas.

4.1.2 Desenho Experimental

O estudo foi conduzido no Núcleo de Alto Rendimento Esportivo de São Paulo (NAR-SP). Os dados foram coletados em duas sessões experimentais. Em cada uma das sessões experimentais os atletas ingeriram uma cápsula contendo 5 mg.kg^{-1} da massa corporal de cafeína pura (Farmácia Fórmula Ativa, São Paulo, São Paulo, Brasil) ou celulose (placebo), sessenta minutos antes do início da simulação de luta. A sequência

dos testes foi contrabalanceada, duplo-cego e com um período de 7 dias de *wash-out* entre as sessões experimentais. Após a suplementação, os atletas permaneceram sentados durante 50min e então realizaram aquecimento auto-selecionado durante 5 min. O aquecimento foi registrado e foi repetido na sessão experimental subsequente. Em seguida, os atletas tiveram um período de 5-min em repouso e a simulação de luta foi realizado 1 hora após a suplementação. Imediatamente após as simulações de luta, os atletas responderam um questionário para avaliar algum efeito colateral (ex.: aumento na produção de urina, problemas gastrointestinais, taquicardia, dor muscular ou dor de cabeça (PALLARES et al. 2013) (Anexo III). O resumo do desenho experimental é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Representação esquemática do desenho experimental do estudo 1. PSE: percepção subjetiva de esforço; [La⁻]: concentração de lactato; VO₂: consumo de oxigênio; FC: frequência cardíaca; FCR: frequência cardíaca de recuperação.

Todos os testes foram realizados no mesmo período do dia para minimizar possível variação circadiana. Antes da primeira sessão experimental todos os atletas preencheram um registro alimentar de 24 horas e foram instruídos a repetir a mesma dieta no dia anterior da segunda sessão experimental. Além disso, todos os atletas foram instruídos a não ingerir álcool ou bebidas contendo cafeína (ex.: café, chocolate, bebida energética, etc.) nas 24 horas antecedentes as sessões experimentais.

4.1.3 - Simulação de luta

As simulações de luta foram realizadas de acordo com as regras oficiais da *World Taekwondo* (WT), seguindo as categorias de peso olímpica. Brevemente, a luta foi composta por 3 *rounds* de 2 min com 1 min de intervalo entre os *rounds* (tamanho da área 8 x 8 metros). As lutas foram arbitradas por um atleta de taekwondo faixa preta, com experiência em arbitragem, o qual foi blindado da condição experimental do atleta

avaliado (SANTOS et al., 2014). Embora a nova regra do taekwondo estabeleça o uso de coletes eletrônicos para proteger o tronco dos atletas e ao mesmo tempo permite a identificar mais dos pontos mais confiável e precisa possível, esse sistema não foi utilizado no estudo por causa de uma possível interferência no sistema de aquisição de sinal do analisador de gases. Cada atleta realizou duas sessões experimentais as quais envolveram a mesma condição, um atleta suplementado (caféina ou placebo) vs. atletas não suplementado e apenas o atleta suplementado foi avaliado nas lutas. As filmagens foram realizadas com uma câmera de vídeo (Sony® DCR-SX40, China) e analisadas posteriormente.

4.1.4 - Análise Estatística

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade dos dados através do teste de Levene. Após a confirmação da normalidade e da homogeneidade, todas as variáveis foram comparadas usando uma análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas (condição e *round*). Quando necessário foi utilizado o teste de Bonferroni para identificar as possíveis diferenças entre as condições e o tempo. A esfericidade foi verificada pelo teste de Mauchley, quando esse pressuposto foi violado, o valor de F foi ajustado pelo valor de Greenhouse e Geisser. Adicionalmente, todos os índices da FCR foram comparados usando o teste t de student nas duas condições caféina e placebo (estudo 1) ou bicarbonato de sódio e placebo (estudo 2). Além disso, o tamanho do efeito foi calculado pelo η^2 e, em seguida, foi classificado como trivial ($< 0,25$), pequeno ($0,25 - 0,50$), moderado ($0,50 - 1$) e grande (> 1) (RHEA, 2004).

4.2 Estudo 2

4.2.1 Amostra

4.2.2 Desenho experimental do estudo 2

O estudo foi conduzido no Núcleo de Alto Rendimento Esportivo de São Paulo (NAR-SP). Os dados foram coletados em duas sessões experimentais. Em cada uma das sessões experimentais os atletas irão ingerir uma cápsula contendo NaHCO_3 ($0,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ da massa corporal) ou uma cápsula contendo $0,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ da massa corporal de carbonato de cálcio (CaCO_3 - placebo), noventa minutos antes do início da simulação de luta (BISHOP, 2010; BISHOP et al., 2004). Após esse período, os atletas realizaram uma simulação de luta, composta por 3 *rounds* de 2 min com 1 min de intervalo entre cada

round. A sequência dos testes foi contrabalanceada, duplo-cego e com um período de 7 dias de *wash-out* (Figura 4).

Figura 4 – Representação esquemática do desenho experimental do estudo 2. CaCO_3 : Carbonato de cálcio; NaHCO_3^- : Bicarbonato de sódio; PSE: percepção subjetiva de esforço; $[\text{La}^-]$: Concentração de lactato; VO_2 : Consumo de oxigênio; FC: Frequência cardíaca; FCR: Frequência cardíaca de recuperação.

Todos os testes foram realizados no mesmo período do dia para minimizar alguma variação circadiana. Antes da primeira sessão experimental todos os atletas preencheram um registro alimentar de 24 horas e foram instruídos a repetir a mesma dieta no dia anterior da segunda sessão experimental. Além disso, todos os atletas foram instruídos a não ingerir álcool ou bebidas contendo cafeína (ex: café, chocolate, bebida energética, etc.) nas 24 horas antecedentes as sessões experimentais.

4.2.3 Questionário de desconforto gastrointestinal

Nas duas condições, bicarbonato de sódio e carbonato de cálcio, os atletas responderam a um questionário para avaliar o desconforto gastrointestinal (FELIPPE et al., 2016; JEUKENDRUP et al., 2000). O questionário consistiu em 15 itens descrevendo possíveis efeitos colaterais relacionados a ingestão das substâncias, com os valores para cada item variando entre 1 (nenhum desconforto) e 10 (desconforto insuportável). Esses sintomas foram considerados severos quando esses valores foram iguais ou maiores do que o *score* 5 (JEUKENDRUP et al., 2000) (Anexo IV).

4.2.4 Simulação de luta

As simulações de luta foram realizadas de acordo com as regras oficiais da WT, seguindo as categorias de peso olímpica. Brevemente, a luta foi composta por 3 *rounds* de 2 min com 1 min de intervalo entre os *rounds* (tamanho da área 8 x 8 metros). As lutas

foram arbitradas por um atleta de taekwondo faixa preta, com experiência em arbitragem, o qual não tinha conhecimento da condição experimental do atleta avaliado (SANTOS et al., 2014; LOPES-SILVA et al., 2015). Embora a nova regra do taekwondo estabeleça o uso de coletes eletrônicos para proteger o tronco dos atletas e ao mesmo tempo permite a identificar mais dos pontos mais confiável e precisa possível, esse sistema não foi utilizado no estudo por causa de uma possível interferência no sistema de aquisição de sinal do analisador de gases. Além disso, o atleta avaliado utilizou uma proteção anti-impacto para o analisador de gases (Anexo V). Diante disso, foi possível manter a segurança dos atletas e a integridade do analisador de gases (HAUSEN et al., 2017). Cada atleta realizou duas sessões experimentais que envolveram a mesma condição, um atleta suplementado (bicarbonato de sódio ou carbonato de cálcio) lutando contra atleta não suplementado, porém as ações durante a luta foram analisadas separadamente para cada atleta. As filmagens foram realizadas com uma câmera de vídeo (Sony® DCR-SX40, China) e analisadas posteriormente.

4.2.5 - Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade dos dados através do teste de Levene. Após a confirmação da normalidade e da homogeneidade, todas as variáveis independentes foram comparadas usando análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas (condição e *round*). Quando necessário foi utilizado o teste de Bonferroni para identificar as possíveis diferenças entre as condições e o tempo. A esfericidade foi verificada pelo teste de Mauchly, quando esse pressuposto foi violado, o valor de F foi ajustado pelo valor de Greenhouse e Geisser. Quando a ANOVA apresentou diferença significativa, o tamanho do efeito foi calculado pelo η^2 e, em seguida, classificados de acordo com COHEN (1969) usando a seguinte escala: $< 0,2$ [pequeno]; $0,2 \leq 0,8$ [moderado]; $> 0,8$ [grande]. Por sua vez, quando o teste t de Student apresentou diferença significativa, o tamanho do efeito foi calculado pelo teste *d* de Cohen e classificado seguindo a proposta de (HOPKINS et al., 2009) usando a seguinte escala: $\leq 0,1$, [trivial]; $> 0,1-0,2$, [pequeno]; $> 0,2-0,6$, [moderado]; $> 0,6-1,2$, [grande]; $> 1,2-2,0$, [muito grande]; $> 2,0-4,0$, [quase perfeito]; e $> 4,0$, [perfeito]. Os resultados descritivos são apresentados como média $\pm$ desvio padrão (DP). O nível de significância foi definido como $P < 0,05$. Todas as análises foram realizadas usando o software SPSS (versão 17; IBM, Chicago, EUA).

4.3 - Análise dos vídeos

A análise dos vídeos foi realizada usando o software Sony Veras Pro 8.0® (Sony Creative Software, Middletown, WI, USA), como descrito anteriormente (Santos et al., 2011). O tempo de ataque, tempo de *step* e o tempo de pausa foram calculados separadamente. Foi considerado como tempo de ataque o tempo total em que o atleta tentou ou atacou efetivamente o adversário, constituído pelo tempo gasto entre o começo da técnica até a retomada do equilíbrio pelo atleta. O tempo de *step* foi definido como o tempo total em que não houve nenhuma tentativa de ataque. Além disso, o tempo de pausa foi considerado como o tempo em que o árbitro paralisou a luta.

O ataque foi considerado como o tempo decorrido desde o início do movimento do pé ou o punho, em direção ao adversário, para atacar ou fintar, e foi encerrado no momento em que o atleta terminou o movimento de ataque ou não continuou o ataque, por causa de uma queda ou interrupção do árbitro. O *step* foi definido como o tempo entre os ataques quando não houve interrupção na luta. A pausa foi o tempo em que o árbitro paralisou a luta. Em seguida, foram calculados os seguintes índices: tempo de ataque em cada *round*; tempo de *step* em cada *round*; soma do tempo de ataque em cada *round*; soma do tempo de *step* para cada *round*; número total de ataque para cada *round*; média da razão tempo de ataque/tempo de *step* para cada *round* e a razão média do (tempo de ataque + tempo de *step*)/tempo de pausa para cada *round* (CAMPOS et al., 2012; SANTOS et al., 2011; SANTOS et al., 2014). Para verificar a reprodutibilidade das variáveis todas as lutas foram analisadas duas vezes pelo mesmo pesquisador e a reprodutibilidade foi calculada através do coeficiente de correlação intraclasse (CCI). O CCI demonstrou que as 5 variáveis analisadas demonstraram alta reprodutibilidade, com os valores variando entre 0,95 e 0,99 ($P < 0,05$): tempo de ataque (CCI: 0,98; $p < 0,01$), número total de ataques em cada *round* (CCI: 0,95; $p < 0,01$), soma do tempo de ataque em cada *round* (CCI: 0,99; $P < 0,01$), tempo de *step* (CCI: 0,97; $P < 0,01$) e a soma do tempo de *step* em cada *round* (CCI: 0,99; $P < 0,01$).

4.4 - Variáveis fisiológicas e perceptivas

Durante a simulação da luta foram mensuradas as seguintes variáveis: consumo de oxigênio, frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço e a concentração de lactato.

Antes e após o aquecimento, bem como imediatamente após o final dos *rounds*, foram realizadas coletas de sangue arterializado do lóbulo da orelha, utilizando um tubo

capilar de 25 µl. Imediatamente após a coleta o sangue foi transferido para microtubos contendo 50µl de fluoreto de sódio a 1%. A concentração de lactato foi analisada por meio de um método eletroquímico, utilizando o equipamento Yellow Springs Sport® (Modelo 1500 Sport, Ohio, EUA).

O VO_2 foi mensurado, respiração a respiração, durante toda a simulação e ao longo dos 6 minutos após o término da luta. A mensuração foi realizada por um equipamento de sistema portátil e telemétrico de análise de gases K4 b² (Cosmed™, Roma, Itália), cuja validade foi determinada anteriormente (HAUSSWIRTH et al., 1997). A FC foi mensurada através de um cardiófrequencímetro (Polar S810i, Finlândia). Durante a simulação de luta, a PSE foi mensurada antes e após o aquecimento e ao final de cada *round*, através da escala de Borg 6-20 (BORG, 1982) (Anexo VI). Os indivíduos indicaram a sua percepção de esforço naquele momento, levando em consideração a percepção relacionada ao desconforto no organismo como um todo, tendo como base a sensação geral de esforço e desconsiderando aspectos localizados em determinadas regiões.

4.5 - Contribuição dos sistemas energéticos

Para a estimativa dos sistemas oxidativo, glicolítico e ATP-CP foram utilizados o VO_2 durante a atividade, o pico da concentração de lactato após a simulação de luta e a fase rápida do excesso do consumo de oxigênio ($\text{EPOC}_{\text{rápido}}$), respectivamente. Essas análises são similares as realizadas em atletas de caratê (BENEKE et al., 2004; DORIA et al., 2009), taekwondo (CAMPOS et al., 2012), boxe (DAVIS et al., 2014) e judô (FRANCHINI et al., 2011; JULIO et al., 2017).

O sistema oxidativo foi estimado através da subtração do VO_2 medido durante o repouso (período de 5 min de repouso antes do aquecimento) e do VO_2 durante os *rounds* pelo método trapezoidal (BERTUZZI et al., 2010). A participação do sistema glicolítico foi calculado tendo como base a concentração de lactato, assumindo que o acúmulo de 1 mmol.L⁻¹ equivale a 3 ml.O₂.kg⁻¹ de massa corporal (DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999).

A contribuição do sistema ATP-CP foi estimada considerando o consumo de oxigênio durante os períodos de intervalo entre os *rounds* sucessivos e o $\text{EPOC}_{\text{rápido}}$ após o terceiro *round*. Contudo, antes de determiná-lo não foram encontradas diferenças entre as modelagens matemáticas mono-exponencial e bi-exponencial para o EPOC , desse modo, foi adotado o modelo mono-exponencial (BERTUZZI et al., 2010).

Para a comparação das estimativas do gasto energético total entre as atividades foi realizada a somatória dos valores gerados pelos sistemas bioenergéticos os quais foram convertidos em quilojoules (kJ). Para tanto, foi assumido a equivalência de 20,92 kJ para cada litro de O₂ consumido (GASTIN, 2001).

4.6 - Frequência cardíaca e frequência cardíaca de recuperação

Durante os intervalos entre os *rounds*, os atletas permaneceram sentados. A FC foi mensurada continuamente durante a simulação de luta através de um monitor de FC (Polar S810i, Finlândia). A FC média (FC_{média}) foi calculada por meio dos valores médios da FC nos *rounds*, enquanto a FC pico (FC_{pico}) foi definida como o maior valor obtido durante os *rounds*. Além disso, foi mensurada a função parassimpática durante os primeiros 6-min após o terceiro *round*. Ao final do terceiro *round*, todos os atletas sentaram imediatamente em uma cadeira, em um período de no máximo 6-s. A frequência cardíaca de recuperação (FCR) foi calculada através dos seguintes índices: 1) diferença absoluta entre a FC final após o terceiro *round* (média de 5s) e a FC após 60s (FCR_{60s}: média de 5s); 2) levando-se em consideração a constante de tempo da FC obtida pelo ajuste mono-exponencial da FCR após o terceiro *round* (FCR_τ); e 3) analisando os primeiros 30s (10° ao 40°s) via uma análise de regressão logarítmica (BUCHHEIT; GINDRE, 2006; BUCHHEIT et al., 2007b).

4.7 - Índice temporal da variabilidade da frequência cardíaca

A variabilidade da frequência cardíaca foi calculada através da raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre os intervalos R-R adjacentes (RMSSD), em períodos de 30s de recuperação (RMSSD_{30s}). Para suavizar os valores atípicos da VFC, foi utilizado um filtro médio no qual cada valor foi substituído pela mediana desse valor, como também os valores anteriores e posteriores (BUCHHEIT; GINDRE, 2006; BUCHHEIT et al., 2007b; GOLDBERG et al., 2006).

5 RESULTADOS

5.1 Estudo 1

5.1.1 Vendamento e recomendações pré-testes

Dos dez atletas avaliados, seis atletas distinguiram corretamente qual cápsula eles tinham ingerido. Nesse sentido, 20% dos atletas reportaram aumento na sensação de taquicardia, 10% ansiedade/nervosismo e 60% aumento na sensação de vigor. Adicionalmente, todos os atletas relataram que seguiram as recomendações antes do teste, confirmando que não ingeriram álcool, cafeína e que não realizaram nenhum tipo de exercício vigoroso nas 24 horas antecedentes aos testes.

5.1.2 Variáveis fisiológicas

Os valores da FC e do consumo de oxigênio são apresentados na Tabela 4. Não houve efeito da condição para a $FC_{média}$ ($F_{1,8} = 3,02$; $P = 0,12$; $\eta^2 = 0,27$ [efeito pequeno]), mas houve efeito significativo do *round* ($F_{2,16} = 20,31$, $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,71$ [efeito moderado]), com menores valores no primeiro *round* quando comparado ao segundo ($P = 0,01$) e terceiro *rounds* ($P = 0,01$), e menores valores no segundo *round* em relação ao terceiro *round* ($P = 0,04$). Porém, não houve de interação ($F_{2,16} = 0,46$; $P = 0,63$; $\eta^2 = 0,05$ [efeito trivial]). Similar a $FC_{média}$, não houve efeito da condição para a FC_{pico} ($F_{1,8} = 3,35$; $P = 0,10$; $\eta^2 = 0,29$ [efeito pequeno]), mas houve um efeito significativo do *round* ($F_{2,16} = 12,15$, $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,60$ [efeito moderado]), com menores valores no primeiro *round* quando comparado ao segundo ($P = 0,02$) e terceiro *rounds* ($P = 0,02$), e menores valores no segundo em relação ao terceiro *round* ($P = 0,05$). Contudo, não houve efeito de interação ($F_{2,16} = 2,32$; $P = 0,13$; $\eta^2 = 0,22$ [efeito trivial]) (Tabela 4).

Não houve efeito da condição para os valores do $VO_{2médio}$ absoluto ($F_{1,9} = 4,33$; $P = 0,06$; $\eta^2 = 0,32$ [efeito pequeno]), porém houve um efeito significativo do *round* ($F_{2,18} = 20,74$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,69$ [efeito moderado]), com menores valores no primeiro *round* quando comparado ao segundo ($P = 0,01$) e terceiro *rounds* ($P = 0,05$), e menores valores no segundo em relação ao terceiro *round* ($P = 0,05$). Contudo, não houve efeito de interação ($F_{2,18} = 0,65$; $P = 0,55$; $\eta^2 = 0,06$ [efeito trivial]) (Tabela 4).

Tabela 4 - Respostas fisiológicas durante a simulação de luta de taekwondo nas condições cafeína e placebo (n = 10; dados como média $\pm$ desvio padrão).

	<i>Round 1</i>		<i>Round 2</i>		<i>Round 3</i>	
	CAF	PLA	CAF	PLA	CAF	PLA
FC _{média} (bpm)	170 $\pm$ 8 ^{a,b}	167 $\pm$ 13 ^{a,b}	175 $\pm$ 6 ^b	173 $\pm$ 10 ^b	178 $\pm$ 6	177 $\pm$ 10
FC _{pico} (bpm)	181 $\pm$ 10 ^{a,b}	177 $\pm$ 12 ^{a,b}	185 $\pm$ 7 ^b	183 $\pm$ 10 ^b	188 $\pm$ 8	188 $\pm$ 10
VO ₂ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	37,9 $\pm$ 4,2 ^{a,b}	34,5 $\pm$ 5,5 ^{a,b}	43,2 $\pm$ 5,9 ^b	41,35 $\pm$ 3,6 ^b	41,4 $\pm$ 5,1	38,4 $\pm$ 6,1

CAF: cafeína; PLA: placebo. FC_{pico}: frequência cardíaca pico; FC_{média}: média da frequência cardíaca; VO_{2médio} = consume médio de oxigênio. ^a diferente do *round 2* (P < 0.05); ^b diferente do *round 3* (P < 0.05).

Houve um efeito significativo da condição para a $[La^{-1}]_{pico}$ ($F_{1,9} = 8,90$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,5$ [efeito pequeno]) com maiores valores na condição cafeína quando comparado ao placebo ($P = 0,03$). Além disso, a $[La^{-1}]_{pico}$ aumentou significativamente ao longo da luta nas duas condições ($F_{4,36} = 120,27$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,93$ [efeito moderado]). Adicionalmente, houve um efeito significativo da interação ($F_{4,36} = 3,41$; $P < 0,01$; $\eta^2 = 0,16$ [efeito trivial]), com altos valores após o primeiro *round* em relação aos valores referentes a antes ($P < 0,01$) e após o aquecimento ($P < 0,01$) nas condições cafeína e placebo. Além disso, a $[La^{-1}]_{pico}$ após o terceiro *round* ($P < 0,01$) foi significativamente maior quando comparado ao segundo *round* na condição cafeína ($P < 0,01$) (Figura 5a).

Não houve efeito da condição para o $\Delta [La^{-1}]$ ($F_{1,9} = 2,64$; $P = 0,13$; $\eta^2 = 0,22$ [efeito trivial]), porém houve um efeito significativo do *round* ($F_{2,18} = 13,13$; $P = 0,01$; $\eta_p^2 = 0,6$ [efeito moderado]) com $\Delta [La^{-1}]$ após o primeiro *round* maior em relação ao segundo ($P = 0,05$) e terceiro ($P = 0,01$) *rounds*. Porém, não houve efeito de interação ($F_{2,18} = 1,33$; $P = 0,28$; $\eta_p^2 = 0,12$ [efeito trivial]) (Figura 5b).

Figura 5 – Concentração de lactato (Painel A) e delta da concentração de lactato (Painel B) antes e após o aquecimento, e após os rounds 1, 2 3 de luta simulada de taekwondo. #Significativamente maior em relação aos valores anteriores na condição PLA ($P < 0,05$); *Significativamente maior em relação ao valor anterior na condição CAF ($P < 0,05$); §Significativamente maior quando comparado ao round 3 ($P < 0,05$); CAF: Cafeína; PLA: Placebo ($n=10$; valores como média $\pm$ desvio padrão).

Não houve efeito da condição na contribuição oxidativa absoluta ($F_{1,9} = 0,27$, $P = 0,61$, $\eta^2 = 0,02$ [efeito trivial]), porém houve efeito significativo do *round* ($F_{2,18} = 13,81$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,60$ [efeito moderado]), com uma contribuição oxidativa absoluta maior no segundo *round* em relação ao primeiro ($P = 0,01$) e terceiro *rounds* ($P = 0,02$). Adicionalmente, não houve efeito significativo de interação na contribuição oxidativa absoluta ($F_{2,18} = 1,87$; $P = 0,18$; $\eta^2 = 0,17$ [efeito trivial]). Da mesma forma, não houve efeito da condição na contribuição oxidativa relativa ($F_{1,9} = 0,12$; $P = 0,91$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]), contudo houve um efeito significativo do *round* ($F_{2,18} = 15,72$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,63$ [efeito moderado]), com uma contribuição oxidativa relativa maior no terceiro *round* quando comparado ao primeiro ($P = 0,01$) e segundo ($P = 0,01$) *rounds*. Porém, não houve efeito de interação para a contribuição oxidativa relativa ($F_{2,18} = 0,97$; $P = 0,39$; $\eta^2 = 0,1$ [efeito trivial]) (Tabela 5).

Houve efeito significativo da condição na contribuição glicolítica absoluta ($F_{1,9} = 5,60$; $P = 0,04$; $\eta^2 = 0,38$ [efeito pequeno]), com maiores valores na condição cafeína quando comparado ao placebo ($P = 0,04$). Adicionalmente, houve um efeito significativo do *round* ($F_{2,18} = 10,47$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,53$ [efeito moderado]), com maiores valores no primeiro *round* quando comparado ao segundo ($P = 0,04$) e terceiro ($P = 0,01$) *rounds*. Porém não houve efeito significativo da interação ($F_{2,18} = 0,24$; $P = 0,78$; $\eta^2 = 0,02$ [efeito trivial]). Da mesma forma, houve efeito significativo da condição na contribuição glicolítica relativa ($F_{1,9} = 5,70$; $P = 0,04$; $\eta^2 = 0,38$ [efeito pequeno]), com altos valores na condição cafeína quando comparado ao placebo. Adicionalmente, houve efeito significativo do *round* ($F_{2,18} = 13,10$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,60$ [efeito moderado]) com maior contribuição glicolítica no primeiro *round* quando comparado ao segundo ($P = 0,02$) e terceiro ($P = 0,01$) *rounds*. Porém, não houve efeito de interação ($F_{2,18} = 1,32$; $P = 0,29$; $\eta^2 = 0,12$ [efeito trivial]) (Tabela 5).

Tabela 5 - Contribuição dos sistemas energéticos nos 3 *rounds* durante a simulação de luta de taekwondo nas condições cafeína e placebo (n = 10; dados como média $\pm$ desvio padrão).

	<i>Round 1</i>		<i>Round 2</i>		<i>Round 3</i>	
	CAF	PLA	CAF	PLA	CAF	PLA
Oxidativa						
Absoluta (kJ)	103,2 $\pm$ 11,8 ^b	97,1 $\pm$ 7,8 ^b	117,3 $\pm$ 15,2	116,8 $\pm$ 15,2	107,5 $\pm$ 20,8 ^b	109,8 $\pm$ 16,4 ^b
Relativa (%)	66 $\pm$ 6 ^b	63 $\pm$ 5 ^b	66 $\pm$ 6	70 $\pm$ 3	65 $\pm$ 6 ^b	64 $\pm$ 9 ^b
ATP-CP						
Absoluta (kJ)	37,8 $\pm$ 10,0	43,4 $\pm$ 7,4	43,1 $\pm$ 10,2	42,6 $\pm$ 8,7	55,3 $\pm$ 13,7 ^{ab}	54,7 $\pm$ 24,2 ^{ab}
Relativa (%)	24 $\pm$ 4	27 $\pm$ 3	24 $\pm$ 3	26 $\pm$ 2	31 $\pm$ 4 ^{ab}	33 $\pm$ 9 ^{ab}
Glicolítica						
Absoluta (kJ)	17,7 $\pm$ 9,94 ^c	13,3 $\pm$ 6,9	11,8 $\pm$ 7,9 ^{ac}	7,5 $\pm$ 5,5 ^a	8,1 $\pm$ 4,3 ^{ac}	5,8 $\pm$ 3,3 ^a
Relativa (%)	10 $\pm$ 5 ^c	9 $\pm$ 5	7 $\pm$ 4 ^{ca}	4 $\pm$ 3 ^a	4 $\pm$ 2 ^{ca}	3 $\pm$ 2 ^a
Gasto calórico (kJ)	158,4 $\pm$ 22,7 ^b	154,2 $\pm$ 17,0 ^b	175,3 $\pm$ 26,3	163,9 $\pm$ 27,1	173,6 $\pm$ 28,0	167,6 $\pm$ 38,3

CAF: Cafeína; PLA: Placebo. ^aDiferente do *round 1* (P < 0,05); ^bDiferente do *round 2* (P < 0,05); ^cDiferente da condição PLA (P < 0,05).

Na contribuição do sistema ATP-CP absoluta não houve efeito da condição ($F_{1,9} = 0,13$; $P = 0,72$; $\eta^2 = 0,15$ [efeito trivial]), porém houve um efeito significativo do *round* na contribuição ATP-CP absoluta ($F_{2,18} = 16,34$; $p = 0,01$; $\eta^2 = 0,64$ [efeito moderado]), com maiores valores no terceiro *round* em relação ao primeiro ($P = 0,01$) e segundo *rounds* ($P = 0,01$). Porém, não houve efeito significativo de interação ($F_{2,18} = 0,62$; $P = 0,54$; $\eta^2 = 0,06$ [efeito trivial]). Da mesma forma, não houve efeito da condição na contribuição ATP-CP relativa ($F_{1,9} = 1,83$; $P = 0,20$; $\eta^2 = 0,16$ [efeito trivial]). Contudo, houve efeito significativo do *round* na contribuição ATP-CP relativa ($F_{2,18} = 19,41$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,68$ [efeito moderado]), com maior contribuição do ATP-CP relativa no terceiro *round* quando comparado ao primeiro ($P = 0,01$) e segundo ($P = 0,02$) *rounds*. Adicionalmente, não houve efeito de interação ($F_{2,18} = 0,55$; $P = 0,94$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]) (Tabela 5).

Em relação ao gasto calórico total não houve efeito da condição ($F_{1,9} = 2,24$; $P = 0,16$; $\eta^2 = 0,20$ [efeito trivial]), porém houve efeito significativo do *round* ($F_{2,18} = 5,04$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,35$ [efeito pequeno]), com maior gasto calórico no segundo *round* quando comparado ao primeiro *round* ($P = 0,01$). Além disso, não foi encontrado efeito de interação ($F_{2,18} = 0,46$; $P = 0,63$; $\eta^2 = 0,04$ [efeito trivial]) (Tabela 5).

A percepção subjetiva de esforço não diferiu entre as condições ($F_{1,9} = 0,27$; $P = 0,62$; $\eta^2 = 0,03$ [efeito trivial]), porém foi encontrado um efeito significativo do *round* ($F_{4,36} = 105,82$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,92$ [efeito moderado]), com os valores aumentando significativamente ao longo da luta nas condições cafeína e placebo ($P = 0,01$). Porém, sem efeito de interação ($F_{3,27} = 1,24$; $P = 0,31$; $\eta^2 = 0,12$ [efeito trivial]) (Figura 6).

5.1.3 - Análise técnico-tática

Os resultados da análise técnico tática são apresentados na Tabela 6. Não houve efeito da condição ($F_{1,9} = 0,31$; $P = 0,58$; $\eta^2 = 0,03$ [efeito trivial]), *round* ($F_{2,18} = 0,40$; $P = 0,67$; $\eta^2 = 0,04$ [efeito trivial]) ou interação ($F_{2,18} = 0,70$; $P = 0,50$; $\eta^2 = 0,07$ [efeito trivial]) para o tempo de ataque. Similarmente, ao tempo de ataque, não houve efeito da condição ($F_{1,9} = 0,25$; $P = 0,62$; $\eta^2 = 0,02$ [efeito trivial]), *round* ($F_{2,18} = 3,17$; $P = 0,06$; $\eta^2 = 0,26$ [efeito pequeno]) ou interação ($F_{2,18} = 0,49$; $P = 0,61$; $\eta^2 = 0,05$ [efeito trivial]) para o tempo de *step* (Tabela 6).

Figura 6 - Percepção subjetiva de esforço antes e após o aquecimento, e após o final de cada *round* nas condições cafeína e placebo ($n = 10$; valores apresentados como média $\pm$ desvio padrão). *Significativamente maior quando comparado aos valores anteriores nas duas condições ($P < 0,05$). CAF: cafeína; PLA: placebo

A soma do tempo de ataque não apresentou diferença entre as condições ($F_{1,9} = 0,66$; $P = 0,43$; $\eta^2 = 0,06$ [efeito trivial]), *rounds* ($F_{2,18} = 2,45$; $P = 0,11$; $\eta^2 = 0,21$ [efeito trivial]) ou interação ($F_{2,18} = 2,20$; $P = 0,13$; $\eta^2 = 0,19$ [efeito trivial]). Além disso, não houve efeito da condição ($F_{1,9} = 0,10$; $P = 0,75$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]), *rounds* ($F_{2,18} = 2,82$; $P = 0,08$; $\eta^2 = 0,23$ [efeito trivial]) ou interação para a soma do tempo de *step* ($F_{2,18} = 0,27$; $P = 0,76$; $\eta^2 = 0,02$ [efeito trivial]) (Tabela 6).

Adicionalmente, não houve diferença da condição ($F_{1,9} = 0,04$; $P = 0,83$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]), *rounds* ($F_{2,18} = 3,05$; $P = 0,07$; $\eta^2 = 0,25$ [efeito trivial]) ou interação ($F_{2,18} = 1,27$; $P = 0,30$; $\eta^2 = 0,12$ [efeito trivial]) para o número de ataques. Também não houve efeito da condição ($F_{1,9} = 1,02$; $P = 0,33$; $\eta^2 = 0,10$ [efeito trivial]), *rounds* ($F_{2,18} = 0,38$; $P = 0,68$; $\eta^2 = 0,04$ [efeito trivial]) ou interação ($F_{2,18} = 1,18$; $P = 0,33$; $\eta^2 = 0,11$ [efeito trivial]) para a razão *step*/pausa (Tabela 6).

Tabela 6 -Estrutura temporal da luta de taekwondo nas condições cafeína e placebo (n = 10; dados como média $\pm$ DP).

	<i>Round 1</i>		<i>Round 2</i>		<i>Round 3</i>	
	CAF	PLA	CAF	PLA	CAF	PLA
Tempo de ataque (s)	1,3 $\pm$ 0,4	1,4 $\pm$ 0,8	1,3 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,3	1,2 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,2
Tempo de <i>Step</i> (s)	3,0 $\pm$ 1,0	3,0 $\pm$ 0,8	3,3 $\pm$ 1,0	3,7 $\pm$ 1,1	3,8 $\pm$ 2,6	4,0 $\pm$ 1,6
Soma do tempo de ataque (s)	35,2 $\pm$ 8,8	45 $\pm$ 2,9	33,6 $\pm$ 6,5	32,0 $\pm$ 7,3	32,8 $\pm$ 8,1	33,0 $\pm$ 10,0
Soma do tempo de <i>Step</i> (s)	73,5 $\pm$ 18,1	76,0 $\pm$ 14,0	79,2 $\pm$ 11	79,7 $\pm$ 14,5	79,3 $\pm$ 9,7	78,5 $\pm$ 14,1
Número de ataques (n)	28,0 $\pm$ 7,0	30,6 $\pm$ 7,0	25,1 $\pm$ 4,6	25,8 $\pm$ 7	27,2 $\pm$ 8,3	25,6 $\pm$ 8,5
Razão Tempo de ataque/tempo de <i>Step</i>	0,5 $\pm$ 0,2	0,6 $\pm$ 0,5	0,4 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,2	0,4 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,18
Razão da Soma do tempo sem ataque/número de ataques	0,8 $\pm$ 1,1	1,1 $\pm$ 0,9	1,2 $\pm$ 0,1	0,85 $\pm$ 0,6	1,5 $\pm$ 1,6	0,9 $\pm$ 0,9

CAF: Cafeína; PLA: Placebo.

Todos os índices da FCR são apresentados na Tabela 7. Não houve diferença na FCR_{60} ($t(8) = 1,17$, $P > 0,05$, tamanho do efeito = 0,38 [efeito pequeno], 95% CI = -3,96 – 12,1), FCR_{τ} ($t(8) = -1,18$, $P > 0,05$, tamanho do efeito = 0,38 [efeito pequeno], 95% CI = -66,7 – 21,4), T_{30} ($t(8) = -1,12$, $P > 0,05$, tamanho do efeito = 0,36 [efeito pequeno], 95% CI = -407,3 – 140,1), FC_{amp} ($t(8) = 1,57$, $P > 0,05$, tamanho do efeito = 0,48 [efeito pequeno], 95% CI = -4,2 – 22,3) entre as condições cafeína e placebo.

Tabela 7 – Índices da reativação parassimpática da frequência cardíaca nas condições cafeína e placebo ($n = 10$; dados como média $\pm$ desvio padrão).

	CAF	PLA
FCR_{60s} (bpm)	34 ± 8	38 ± 9
T_{30} (s)	$869,1 \pm 323,2$	$735,5 \pm 232,2$
FCR_{τ} (s)	$182,9 \pm 40,5$	$160,3 \pm 62,2$
FCR_{amp} (bpm)	$70,2 \pm 17,4$	$79,2 \pm 17,4$

FCR_{60s} , número de batimentos da frequência cardíaca nos 60s após o terceiro *round*; T_{30} , constante do tempo da frequência cardíaca de recuperação; FCR_{τ} , constante de tempo da FC durante os 6min de recuperação. CAF = Cafeína; PLA = Placebo.

Os valores do intervalo R-R após o terceiro *round* são ilustrados na Figura 7. Para a para $RMSSD_{30s}$ não houve efeito da condição ($F_{1,8} = 0,67$; $P = 0,67$; $\eta^2 = 0,07$ [efeito trivial]), tempo ($F_{11,88} = 1,92$; $P = 0,16$; $\eta^2 = 0,19$ [efeito trivial]) ou interação ($F_{11,88} = 1,96$; $P = 0,18$; $\eta^2 = 0,19$ [efeito trivial]).

Figura 7 - Raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre os intervalos R-R adjacentes (RMSSD), em intervalos de 30s (RMSSD_{30s}) durante a o período de 6 minutos recuperação após o terceiro round nas condições caféina e placebo (n= 10, valores como média $\pm$ desvio padrão). CAF: caféina; PLA: placebo.

Os valores da frequência cardíaca de recuperação após o terceiro *round* são apresentados na Figura 8. Não houve efeito da condição para a FCR ($F_{1,8} = 2,04$; $P = 0,43$; $\eta^2 = 0,18$ [efeito trivial]). Porém, houve um efeito do tempo ($F_{11,99} = 200,11$; $P = 0,04$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]), com valores superiores aos 150s após o terceiro *round* quando comparado aos valores após os 180s de recuperação. Além disso, não houve efeito de interação ($F_{11,99} = 1,63$; $P = 0,04$; $\eta^2 = 0,15$ [efeito trivial]).

Figura 8 - Frequência cardíaca de recuperação durante os 6 minutos após o terceiro *round* nas condições caféina e placebo ($n = 10$, valores como média $\pm$ desvio padrão). *Significativamente menor em relação aos tempos de 30, 60, 90, 120, e 150s após o final do terceiro *round* ($P < 0,05$). CAF: caféina; PLA: placebo.

5.2 Estudo 2

5.2.1 - Vendamento e desconforto gastrointestinal

Dos nove atletas avaliados, apenas um distinguiu corretamente qual cápsula tinha ingerido. Nenhum participante reportou desconforto gastrointestinal igual ou maior que 5 pontos antes da suplementação. Porém, na condição NaHCO_3 , um participante reportou arroto e azia (6 pontos) e outro reportou diarreia (8 pontos), enquanto um participante reportou diarreia (6 pontos) na condição placebo.

Os valores da FC e do consumo de oxigênio são apresentados na Tabela 8. Não houve efeito da condição para a $FC_{\text{média}}$ ($F_{1,8} = 0,03$; $P = 0,85$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]). Porém, houve efeito significativo dos *rounds* ($F_{2,16} = 50,91$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,86$ [efeito moderado]) com a $FC_{\text{média}}$ aumentando significativamente ao longo dos *rounds* ($P = 0,01$; $d = 0,18$ [efeito pequeno]). Além disso, não houve efeito de interação ($F_{2,16} = 3,02$; $P = 0,07$; $\eta^2 = 0,27$).

Não houve efeito da condição para os valores do consumo de oxigênio absoluto ($F_{1,8} = 2,93$; $P = 0,60$; $\eta^2 = 0,03$ [efeito pequeno]). Porém, houve efeito significativo dos

rounds ($F_{2,16} = 14,08$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,63$ [efeito moderado]), com maior consumo de oxigênio absoluto no primeiro *round* em comparação ao segundo ($P = 0,01$; $d = 3,96$, [quase perfeito]) e terceiro *rounds* ($P = 0,01$; $d = 3,54$ [quase perfeito]), porém sem diferença significativa entre o segundo e terceiro *rounds* ($P = 0,99$). Além disso, não houve efeito de interação ($F_{2,16} = 0,41$; $P = 0,66$; $\eta^2 = 0,04$ [efeito pequeno]) (Tabela 8).

Tabela 8 – Respostas fisiológicas durante a simulação de luta de taekwondo nas condições bicarbonato de sódio e placebo (n = 9; dados como média $\pm$ desvio padrão)

	<i>Round 1</i>		<i>Round 2</i>		<i>Round 3</i>	
	NaHCO ₃	Placebo	NaHCO ₃	Placebo	NaHCO ₃	Placebo
FC _{média} (bpm)	167 $\pm$ 17 ^{ab}	164 $\pm$ 17 ^{ab}	175 $\pm$ 14 ^b	177 $\pm$ 13 ^b	181 $\pm$ 13	183 $\pm$ 12
VO ₂ (ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	35,1 $\pm$ 2,6 ^{ab}	34,6 $\pm$ 4,0 ^{ab}	38,5 $\pm$ 3,7	38,7 $\pm$ 2,3	39,3 $\pm$ 4,7	38,3 $\pm$ 3,0 ¹⁾

Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio padrão. NaHCO₃: bicarbonato de sódio; Placebo: carbonato de cálcio; FC_{média}: frequência cardíaca média; VO₂: consumo de oxigênio). ^aDiferente do *round 2* ($P < 0,05$); ^bDiferente do *round 3* ($P < 0,05$).

Houve efeito significativo da condição para a $[La^{-1}]_{pico}$ ($F_{1,8} = 5,27$; $P = 0,41$; $\eta^2 = 0,41$ [efeito pequeno]), com maiores valores na condição NaHCO₃ em relação ao placebo ($P = 0,04$; $d = 3,70$ [quase perfeito]). Além disso, houve efeito significativo do *round* ($F_{4,32} = 183,90$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,95$ [efeito moderado]), com maiores valores após o terceiro *round* em relação aos valores antes ($P < 0,01$, $d = 26,05$ [perfeito]) e após o aquecimento ($P < 0,01$, $d = 23,50$ [perfeito]), e após o primeiro ($P = 0,01$, $d = 11,50$ [perfeito]) e segundo *rounds* ($P = 0,01$, $d = 6,25$ [perfeito]). Porém, não houve efeito de interação na $[La^{-1}]_{pico}$ ($F_{4,32} = 1,76$; $P = 0,16$; $\eta^2 = 0,18$ [efeito trivial]) (Figura 9a).

Figura 9 – Concentração de lactato (Painel A) e delta da concentração de lactato (Painel B) antes e após o aquecimento, e após os rounds 1, 2 3 de luta simulada de taekwondo. *Significativamente maior em relação a condição PLA ($P < 0,05$); #Significativamente maior em relação aos valores anteriores nas duas condições ($P < 0,05$); §Significativamente maior em relação ao segundo round nas duas condições ($P < 0,05$). NaHCO₃: bicarbonato de sódio; PLA: placebo. ($n = 9$; valores como média $\pm$ desvio padrão).

Não houve efeito da condição nos valores do $\Delta [La^{-1}]$ ($F_{1,8} = 1,87$; $P = 0,38$; $\eta^2 = 0,12$ [efeito trivial]). Porém, houve efeito significativo do round ($F_{2,16} = 7,35$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,47$ [efeito pequeno]), com maior $\Delta [La^{-1}]$ no primeiro round em relação ao segundo round ($P = 0,01$; $d = 4,48$ [perfeito]). Além disso, não houve efeito de interação nos valores do $\Delta [La^{-1}]$ ($F_{2,16} = 2,26$; $P = 0,13$; $\eta^2 = 0,22$ [efeito trivial]) (Figura 9b).

Os valores da contribuição dos sistemas energéticos são apresentados na Tabela 9. Não houve efeito da condição na contribuição oxidativa absoluta ($F_{1,8} = 0,21$; $P = 0,65$; $\eta^2 = 0,02$ [efeito trivial]). Contudo, houve efeito significativo do round ($F_{2,16} = 8,80$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,52$ [efeito moderado]), com maior contribuição oxidativa absoluta no segundo round em relação ao primeiro round ($P = 0,01$), porém sem diferença significativa em comparação ao terceiro round ($P = 0,06$). Além disso, não houve efeito significativo de interação na contribuição oxidativa absoluta ($F_{2,16} = 2,46$; $P = 0,11$; $\eta^2 = 0,23$ [efeito trivial]). Da mesma forma, não houve efeito da condição na contribuição oxidativa relativa ($F_{1,8} = 2,68$; $P = 0,14$; $\eta^2 = 0,25$ [efeito trivial]). Contudo, houve efeito significativo do round ($F_{2,16} = 4,24$; $P = 0,03$; $\eta^2 = 0,34$ [efeito pequeno]), com maior contribuição oxidativa relativa no segundo round em relação ao terceiro round ($P = 0,01$), porém sem diferença em relação ao primeiro round ($P = 0,18$) (Tabela 9).

Tabela 9 – Contribuição dos sistemas energéticos durante a simulação de luta de taekwondo nas condições bicarbonato de sódio e placebo e placebo (n = 9); (valores como média $\pm$ desvio padrão).

	<i>Round 1</i>		<i>Round 2</i>		<i>Round 3</i>		TOTAL	
	NaHCO ₃	Placebo	NaHCO ₃	Placebo	NaHCO ₃	Placebo	NaHCO ₃	Placebo
Oxidativo								
Absoluto (kJ)	97,2 $\pm$ 11,6	110 $\pm$ 28	122,1 $\pm$ 13,7 ^a	117 $\pm$ 15 ^a	120,2 $\pm$ 15,2	120 $\pm$ 18	113,2 $\pm$ 9,4	115,7 $\pm$ 17,5
Relativo (%)	62,7 $\pm$ 12,6	71,3 $\pm$ 6,6	73,9 $\pm$ 2,9	71,7 $\pm$ 3,9	67,2 $\pm$ 4,3 ^b	67,9 $\pm$ 3,8 ^b	67,9 $\pm$ 5,2	58,4 $\pm$ 7,1
ATP-CP								
Absoluto (kJ)	39,6 $\pm$ 14,3	39,8 $\pm$ 11	39,4 $\pm$ 9,8	40,9 $\pm$ 11,8	50,6 $\pm$ 7,7 ^{ab}	49,5 $\pm$ 13,7 ^{ab}	43,2 $\pm$ 9,3	43,4 $\pm$ 9,9
Relativo (%)	25,9 $\pm$ 6,5	24,8 $\pm$ 3,8	23,5 $\pm$ 3,4	24,5 $\pm$ 3,7	28,3 $\pm$ 3,8 ^b	28,4 $\pm$ 5,1 ^b	25,9 $\pm$ 3,4	25,9 $\pm$ 2,0
Glicolítico								
Absoluto (kJ)	12 $\pm$ 3,9	8,6 $\pm$ 3,2	4,2 $\pm$ 2,6 ^a	6,4 $\pm$ 1,9 ^a	7,1 $\pm$ 5,3 ^a	5,7 $\pm$ 3,5 ^a	8,3 $\pm$ 3,9	7,4 $\pm$ 1,1
Relativo (%)	8 $\pm$ 1,6	5,5 $\pm$ 1,9	2,6 $\pm$ 1,6 ^{ac}	3,8 $\pm$ 0,6 ^{ac}	4,7 $\pm$ 2,7 ^{ac}	4 $\pm$ 2,3 ^{ac}	5,1 $\pm$ 2,7	4,5 $\pm$ 0,9
Gasto calórico (kJ)	148,9 $\pm$ 24,3	155,2 $\pm$ 38,5	165,7 $\pm$ 21,7	164,1 $\pm$ 26,8	180,7 $\pm$ 22,0	177,8 $\pm$ 29,9	165,1 $\pm$ 18,6	165,7 $\pm$ 28,0

^aDiferente do *round 1*; ^bDiferente do *round 2* (P < 0,05); ^cDiferente do *round 1* na condição NaHCO₃ (P < 0,05). NaHCO₃: bicarbonato de sódio; PLA: placebo.

Não houve efeito da condição na contribuição do sistema ATP-CP absoluto ($F_{1,8} = 0,02$; $P = 0,88$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]). Contudo, houve efeito significativo do *round* ($F_{2,16} = 10,30$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,56$ [efeito moderado]), com maior contribuição do sistema ATP-CP no terceiro *round* em relação ao primeiro ($P = 0,03$) e segundo ($P = 0,01$) *rounds*. Além disso, não houve efeito significativo de interação ($F_{2,16} = 0,10$; $P = 0,89$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]). Similarmente, não houve efeito da condição do sistema ATP-CP relativo ($F_{1,8} = 0,02$; $P = 0,88$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]). Porém, houve efeito significativo do *round* ($F_{2,16} = 4,33$; $P = 0,03$; $\eta^2 = 0,35$ [efeito pequeno]), com maior contribuição do sistema ATP-CP relativo no terceiro *round* em relação ao segundo *round* ($P = 0,02$), porém sem diferença significativa quando comparado ao primeiro *round* ($P = 0,82$) (Tabela 9).

Não houve efeito da condição na contribuição glicolítica absoluta ($F_{1,8} = 2,37$; $P = 0,16$; $\eta^2 = 0,22$ [efeito trivial]). Porém, houve efeito significativo do *round* ($F_{2,16} = 6,32$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,44$ [efeito pequeno]), com maior contribuição glicolítica no primeiro *round* em relação ao segundo ($P = 0,01$) *round*, contudo sem diferença significativa em relação ao terceiro ($P = 0,33$) *round*. Além disso, não houve efeito de interação ($F_{2,16} = 2,16$; $P = 0,07$; $\eta^2 = 0,27$ [efeito pequeno]). Da mesma forma, não houve efeito da condição na contribuição glicolítica relativa ($F_{1,8} = 2,18$; $P = 0,17$; $\eta^2 = 0,21$ [efeito trivial]). Porém houve efeito do *round* ($F_{2,16} = 11,53$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,59$ [efeito moderado]), com maior contribuição glicolítica relativa no primeiro *round* em comparação ao segundo ($P = 0,01$) *round*, porém sem diferença significativa em relação ao terceiro ($P = 0,11$). Em contrapartida, houve efeito de interação ($F_{2,16} = 4,28$; $P = 0,03$; $\eta^2 = 0,34$ [efeito pequeno]), com maior contribuição glicolítica relativa no primeiro *round* em relação ao segundo ($P = 0,01$, $d = 3,38$ [quase perfeito]) e terceiro ($P = 0,01$, $d = 1,50$, [muito alto]) *rounds* na condição NaHCO_3 . Além disso, a contribuição glicolítica relativa na condição NaHCO_3 no primeiro *round* foi significativamente maior quando comparado ao segundo ($P = 0,01$, $d = 3,48$ [quase perfeito]) e terceiro ($P = 0,01$, $d = 2,02$, [quase perfeito]) *rounds* na condição placebo (Tabela 9).

Não houve efeito da condição ($F_{1,8} = 0,09$, $P = 0,92$, $\eta^2 = 0,01$ [efeito pequeno]) para o gasto calórico total. Porém, houve um efeito do *round* ($F_{2,16} = 11,14$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,58$ [moderado]), com menor gasto calórico no primeiro *round* em relação ao segundo ($P = 0,02$, $d = 1,57$ [pequeno]) e terceiro ($P = 0,01$, $d = 3,27$, [quase perfeito]) *rounds* nas duas condições.

Além disso, não houve efeito de interação ($F_{2,16} = 0,34$; $P = 0,71$; $\eta^2 = 0,04$ [efeito pequeno]) (Tabela 9).

Figura 10 – Percepção subjetiva de esforço antes do primeiro *round* e imediatamente após os *rounds* 1, 2 e 3 nas condições bicarbonato de sódio e placebo. Valores apresentados como média $\pm$ desvio padrão. *Significativamente maior em relação aos valores anteriores nas duas condições ($P < 0,05$). NaHCO₃: bicarbonato de sódio; PLA: placebo.

A percepção subjetiva de esforço não diferiu entre as condições entre as condições ($F_{1,8} = 0,20$; $P = 0,66$; $\eta^2 = 0,02$ [efeito trivial]). Porém, houve efeito do *round* ($F_{3,24} = 84,66$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,91$ [efeito moderado], com os valores aumentando ao longo dos *rounds* nas duas condições NaHCO₃ e placebo ($P = 0,01$). Além disso, não houve efeito de interação ($F_{3,24} = 2,18$; $P = 0,11$; $\eta^2 = 0,21$ [efeito trivial]) (Figura 10).

5.2.2 Análise técnico-tática

Os resultados da análise técnico-tática são apresentados na Tabela 10. Não houve efeito da condição ($F_{1,8} = 3,02$; $P = 0,12$; $\eta^2 = 0,27$ [efeito pequeno]), *round* ($F_{2,16} = 0,77$; $P = 0,47$; $\eta^2 = 0,08$ [efeito trivial]) ou interação ($F_{2,16} = 0,27$; $P = 0,76$; $\eta^2 = 0,03$ [efeito trivial]) para o tempo

de ataque (tabela 9). Por outro lado, houve efeito da condição ($F_{1,8} = 4,82$; $P = 0,05$; $\eta^2 = 0,37$ [efeito pequeno]) para a soma do tempo de ataque, com maiores valores na condição NaHCO_3 quando comparado ao placebo ($P = 0,05$). Além disso, houve um efeito do *round* ($F_{2,16} = 3,45$; $P = 0,05$; $\eta^2 = 0,30$ [efeito pequeno]), porém o *post hoc* não detectou diferença entre eles. Além disso, não houve efeito de interação ($F_{1,13,9,0} = 1,68$, $P = 0,21$; $\eta^2 = 0,17$ [efeito trivial]) para a soma do tempo de ataque (Tabela 10).

Não houve efeito da condição ($F_{1,8} = 0,93$; $P = 0,76$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]), *round* ($F_{2,16} = 0,70$; $P = 0,50$; $\eta^2 = 0,08$ [efeito trivial]) ou interação ($F_{2,16} = 2,41$; $P = 0,12$; $\eta^2 = 0,23$ [efeito trivial]) para o número de ataques (Tabela 9). Similarmente, ao número de ataques, não houve efeito da condição ($F_{1,8} = 0,61$; $P = 0,45$; $\eta^2 = 0,07$ [efeito trivial]), *round* ($F_{2,16} = 3,01$; $P = 0,07$; $\eta^2 = 0,27$ [efeito pequeno]) ou interação ($F_{2,16} = 2,32$; $P = 0,86$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]) para o número de golpes (Tabela 10).

Não houve efeito da condição ($F_{1,8} = 0,18$; $P = 0,67$; $\eta^2 = 0,02$ [efeito trivial]), *round* ($F_{2,16} = 0,88$; $P = 0,43$; $\eta^2 = 0,09$, [efeito trivial]) ou interação ($F_{2,16} = 1,21$; $P = 0,32$; $\eta^2 = 0,13$ [efeito trivial]) para o tempo de *step* (tabela 9). Além disso, não houve efeito da condição ($F_{1,8} = 4,64$; $P = 0,06$; $\eta^2 = 0,36$ [efeito pequeno]), com maior *round* ($F_{1,1,9,1} = 2,83$; $P = 0,12$; $\eta^2 = 0,26$, [efeito pequeno]) ou interação ($F_{2,16} = 1,16$; $P = 0,33$; $\eta^2 = 0,12$ [efeito pequeno]) para a soma do tempo de *step* (Tabela 9). Adicionalmente, não houve efeito da condição ($F_{1,8} = 0,33$; $P = 0,57$; $\eta^2 = 0,04$ [efeito trivial]) ou *round* ($F_{2,16} = 0,72$; $P = 0,49$; $\eta^2 = 0,08$ [efeito trivial]) para o número de *step*. Por outro lado, houve um efeito de interação ($F_{1,2,10,2} = 4,98$; $P = 0,04$; $\eta^2 = 0,38$ [efeito pequeno]) para o número de *step*, porém o *post hoc* não detectou tal diferença (Tabela 10).

Não houve efeito da condição ($F_{1,8} = 2,06$; $P = 0,18$; $\eta^2 = 0,20$ [efeito trivial], *round* ($F_{2,16} = 2,16$; $P = 0,11$; $\eta^2 = 0,23$ [efeito trivial]) ou interação ($F_{2,16} = 0,49$; $P = 0,62$; $\eta^2 = 0,05$ [efeito trivial]) para o tempo de pausa (Tabela 9). Tampouco foram observados efeitos da condição ($F_{1,8} = 2,33$; $P = 0,16$; $\eta^2 = 0,22$ [efeito trivial]), *round* ($F_{2,16} = 2,41$; $P = 0,12$; $\eta^2 = 0,23$ [efeito trivial]) ou interação ($F_{2,16} = 0,14$; $P = 0,86$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito trivial]) para a soma do tempo de pausa (Tabela 9). Além disso, houve efeito da condição ($F_{1,8} = 0,95$; $P = 0,35$; $\eta^2 = 0,10$ [efeito trivial]), *round* ($F_{2,16} = 2,78$; $P = 0,09$; $\eta^2 = 0,25$ [efeito trivial]) ou interação ($F_{2,16} = 1,73$; $P = 0,20$; $\eta^2 = 0,17$ [efeito trivial]) para o número de pausa (Tabela 10).

Não houve efeito da condição ($F_{1,8} = 1,61$; $P = 0,23$; $\eta^2 = 0,16$ [efeito pequeno]), *round* ($F_{2,16} = 1,58$; $P = 0,23$; $\eta^2 = 0,16$ [efeito pequeno]) ou interação ($F_{2,16} = 1,09$; $P = 0,35$; $\eta^2 = 0,12$) para a razão tempo de ataque/tempo de *step* (Tabela 10).

Tabela 10 – Estrutura temporal da luta de taekwondo nas duas condições bicarbonato de sódio e placebo (dados como média $\pm$ desvio padrão).

	<i>Round 1</i>		<i>Round 2</i>		<i>Round 3</i>		Total	
	NaHCO ₃	Placebo	NaHCO ₃	Placebo	NaHCO ₃	Placebo	NaHCO ₃	Placebo
Tempo de ataque (s)	1,5 $\pm$ 0,3	1,5 $\pm$ 0,3	1,5 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,2	1,7 $\pm$ 0,6	1,5 $\pm$ 0,3	1,6 $\pm$ 0,3	1,5 $\pm$ 0,2
Tempo de <i>step</i> (s)	6,9 $\pm$ 2,7	7,2 $\pm$ 3,5	6,1 $\pm$ 2,8	7,2 $\pm$ 3,2	6,4 $\pm$ 3	5,7 $\pm$ 2,6	6,5 $\pm$ 2,3	6,7 $\pm$ 2,6
Tempo de pausa (s)	2,7 $\pm$ 1,8	2,5 $\pm$ 1,7	4,7 $\pm$ 3,9	2,9 $\pm$ 2,2	5,4 $\pm$ 3,8	4 $\pm$ 2,7	4,3 $\pm$ 2,1	3,1 $\pm$ 1,3
Soma do tempo de ataque (s)	20,3 $\pm$ 7	21,7 $\pm$ 9,1 ^a	24,3 $\pm$ 7,6	19,7 $\pm$ 8,7 ^a	31,1 $\pm$ 17,6	24,4 $\pm$ 9,3 ^a	25,2 $\pm$ 9,4 ^a	22 $\pm$ 7,3
Soma do tempo de <i>step</i> (s)	93 $\pm$ 7,9	96,6 $\pm$ 14,2	87,4 $\pm$ 13,2	97,7 $\pm$ 10,4	84,3 $\pm$ 14	92,6 $\pm$ 10,3	88,2 $\pm$ 10,2	95,2 $\pm$ 10,2
Soma do tempo de pausa (s)	13,4 $\pm$ 12,4	9,4 $\pm$ 7,6	21,3 $\pm$ 15,7	13,1 $\pm$ 13,4	27,9 $\pm$ 23,7	19,3 $\pm$ 16,1	20,9 $\pm$ 9,8	15,2 $\pm$ 7,0
Número de ataques (n)	14,2 $\pm$ 4,8	14,9 $\pm$ 4,9	15,9 $\pm$ 3,8	14,0 $\pm$ 4,8	16,0 $\pm$ 6,0	16,5 $\pm$ 3,7	15,5 $\pm$ 3,6	15,1 $\pm$,73
Número de <i>step</i> (n)	16,1 $\pm$ 4,5	17,8 $\pm$ 4,4	18,3 $\pm$ 4,5	16,5 $\pm$ 5,5	17,6 $\pm$ 4	19,7 $\pm$ 4,2	17,3 $\pm$ 3,8	19,4 $\pm$ 4,3
Número de pausa (n)	1,9 $\pm$ 1,2	3,0 $\pm$ 1,7	2,7 $\pm$ 1,9	3,1 $\pm$ 2,8	3,9 $\pm$ 2,5	4,0 $\pm$ 2,4	2,8 $\pm$ 1,4	3,4 $\pm$ 2,1
Razão Tempo de ataque/tempo de <i>Step</i>	0,24 $\pm$ 0,08	0,27 $\pm$ 0,15	0,29 $\pm$ 0,11	0,24 $\pm$ 0,13	0,33 $\pm$ 0,11	0,31 $\pm$ 0,15	0,29 $\pm$ 0,11	0,27 $\pm$ 0,12

^aSignificativamente diferente em relação a condição NaHCO₃ (P < 0,05). NaHCO₃: bicarbonato de sódio; PLA: placebo.

Todos os índices da FCR são apresentados na Tabela 11. Não houve diferença na FCR₆₀ ($t(8) = -0,85$, $P > 0,05$, tamanho do efeito = 0,28 [efeito pequeno], 95% CI = -11,5 – 5,2), FCR τ ($t(8) = -0,52$, $P > 0,05$, tamanho do efeito = 0,17 [efeito pequeno], 95% CI = -27,9 – 17,5), T₃₀ ($t(8) = 0,25$, $P > 0,05$, tamanho do efeito = 0,01 [efeito pequeno], 95% CI = -161,7 – 202,5), FC_{amp} ($t(8) = 0,59$, $P > 0,05$, tamanho do efeito = 0,20 [efeito pequeno], 95% CI = -12,8 – 21,7) entre as condições cafeína e placebo.

Tabela 11 – Índices da reativação parassimpática da frequência cardíaca nas condições bicarbonato de sódio e placebo (n = 8) (valores como média $\pm$ desvio padrão).

	NaHCO ₃	PLA
FCR _{60s} (bpm)	37,8 $\pm$ 10,6	40,8 $\pm$ 11,08
T ₃₀ (s)	791,9 $\pm$ 450,6	771,5 $\pm$ 378,4
FCR τ (s)	210,9 $\pm$ 57,3	216,1 $\pm$ 67,2
FCR _{amp} (bpm)	87,9 $\pm$ 15,2	83,5 $\pm$ 22,1

FCR_{60s}, número de batimentos da frequência cardíaca nos 60s após o terceiro *round*; T₃₀, constante do tempo da frequência cardíaca de recuperação; FCR τ , constante de tempo da FC durante os 6min de recuperação. NaHCO₃ = bicarbonato de sódio; PLA = placebo.

Os valores do intervalo R-R após o terceiro *round* são ilustrados na Figura 11. Para a para RMSSD_{30s} não houve efeito da condição ($F_{1,7} = 0,13$; $P = 0,72$; $\eta^2 = 0,01$ [efeito pequeno]), tempo ($F_{11,77} = 1,63$; $P = 0,10$; $\eta^2 = 0,19$ [efeito pequeno]) ou interação ($F_{11,77} = 1,21$; $P = 0,29$; $\eta^2 = 0,14$ [efeito trivial]).

Os valores da FCR após o terceiro *round* são apresentados na Figura 12. Não houve efeito da condição para a FCR ($F_{1,7} = 1,76$; $P = 0,22$; $\eta^2 = 0,20$ [efeito pequeno]). Porém, houve efeito do tempo ($F_{11,771} = 269,03$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,08$ [efeito pequeno]), com valores superiores aos 120s após o terceiro *round* quando comparado aos valores após os 90s de recuperação. Além disso, não houve efeito de interação ($F_{11,77} = 0,67$; $P = 0,76$; $\eta^2 = 0,08$ [efeito pequeno]).

Figura 11 - Raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre os intervalos R-R adjacentes (RMSSD), em intervalos de 30s (RMSSD30s) durante a o período de 6 minutos recuperação após o terceiro round nas condições bicarbonato de sódio (NaHCO₃) e placebo (PLA) (n = 8, valores como média ± desvio padrão).

Figura 12 - Frequência cardíaca de recuperação durante os 6 minutos após o terceiro round nas condições bicarbonato de sódio (NaHCO₃) e placebo (PLA) (n = 7, valores como média ± desvio padrão). *Significativamente menor em relação aos tempos de 30, 60 e 90s após o final do terceiro round (P < 0,05).

6 DISCUSSÃO

6.1 Estudo 1

Os principais resultados do estudo foram: 1) a suplementação de cafeína (5 mg.kg^{-1}) aumentou a concentração de lactato e, consequentemente, a contribuição glicolítica durante a simulação de luta de taekwondo, porém esse aumento não foi capaz de melhorar o desempenho na luta; 2) a suplementação de cafeína não afetou o controle autonômico após a simulação de luta.

No presente estudo, a suplementação de cafeína não melhorou o desempenho técnico-tático durante simulação de luta de taekwondo. Estudos prévios reportaram benefícios após a suplementação de cafeína durante exercícios de alta intensidade (DAVIS; GREEN, 2009; SILVA-CAVALCANTE et al., 2013; GRAHAM, 2001; SANTOS et al., 2013), como também durante uma simulação de luta de taekwondo (SANTOS et al., 2014). Porém, em alguns estudos a suplementação de cafeína não melhorou o desempenho durante o exercício intermitente de alta intensidade (CROWE et al., 2006), e em aletas de luta olímpica (AEDMA et al., 2013) e de judô (LOPES-SILVA et al., 2014). Por exemplo, Lopes-Silva et al. (2014) reportaram que a suplementação de cafeína (6 mg.kg^{-1}) não melhorou o desempenho (número de arremessos) durante a realização do SJFT após um período de 5 dias de perda de peso quando comparado ao placebo. Recentemente, Fellipe et al. (2015) demonstraram que a suplementação de cafeína não melhorou o desempenho (número de arremessos) durante a execução do SJFT em relação a condição placebo. Por outro lado, Santos et al. (2014) demonstraram que a suplementação de cafeína (5 mg.kg^{-1}) reduziu a soma do tempo de pausa comandada pelo árbitro no primeiro e segundo *rounds* em simulação de luta de taekwondo quando comparado ao placebo. Embora as razões para essas diferenças não sejam tão claras, isso pode estar relacionado aos diferentes protocolos utilizados, com diferentes durações, intensidades e tipos de exercício (LOPES-SILVA et al., 2014). No presente estudo, o desempenho foi avaliado durante simulação de luta de taekwondo e durante esse tipo de atividade o desempenho técnico, tático e as características físicas e fisiológicas dos atletas determinam o desempenho competitivo (BRIDGE et al., 2014), e apesar da suplementação de cafeína ter aumentado contribuição glicolítica, essa alteração não foi capaz de alterar o padrão das ações técnicas durante a luta. Contudo, Santos et al. (2014) avaliaram as lutas com os dois atletas suplementados ou recebendo placebo (i.e., cafeína vs. cafeína e placebo vs. placebo), sugerindo que a melhora no desempenho pode ter sido causada pelo fato de que ambos os atletas estavam suplementados. Ao contrário do estudo

de Santos et al. (2014), no presente estudo os atletas foram avaliados separadamente (ou seja, suplementados x atletas não suplementados), portanto a suplementação de cafeína não melhorou nenhum índice de desempenho na simulação de luta de taekwondo.

Os resultados do presente estudo demonstram que a suplementação de cafeína não influenciou a frequência cardíaca, seja ela média ou pico. Os nossos resultados corroboram com o estudo de Santos et al. (2014), no qual não houve efeito significativo da suplementação de cafeína (5 mg.kg^{-1}), que não apresentou diferença significativa na FC quando comparada ao placebo. Dessa forma, os resultados do presente estudo demonstram que a suplementação de cafeína não foi capaz de aumentar a demanda cardiovascular durante simulação de luta de taekwondo.

A contribuição do metabolismo oxidativo foi predominante 65% durante a simulação de luta (3 *rounds* de 2 min intercalados por 1 min de intervalo entre eles), seguido pela contribuição dos sistemas ATP-CP (27%) e glicolítico (8%). Esses resultados corroboram com o estudo de Campos et al. (2012), no qual foi observado uma predominância de 66%, 30% e 6% dos sistemas oxidativo, ATP-CP e glicolítico, respectivamente, durante simulação de luta de taekwondo. A predominância oxidativa durante a luta de taekwondo pode ser uma consequência da baixa frequência das ações de alta intensidade em relação aos movimentos de pausa e *step* observados na luta (1:7). Além disso, o metabolismo oxidativo atua na ressíntese de ATP. Porém, os nossos resultados demonstram que a suplementação de cafeína não afetou o metabolismo oxidativo durante a luta. Adicionalmente, embora a cafeína não tenha efeito sobre a contribuição do sistema ATP-CP, no presente estudo houve aumento da contribuição deste sistema no terceiro *round* quando comparado ao segundo e terceiro *rounds*, independentemente da condição experimental. Essa diferença pode ter sido causada pelo método utilizado para calcular a contribuição do sistema ATP-CP, pelo fato do tempo de pausa entre os *rounds* (1 min) ser insuficiente para analisar a cinética *off* do VO_2 , enquanto no terceiro *round* o componente rápido do EPOC é levado em consideração.

Os resultados do presente estudo demonstram aumento linear na percepção subjetiva de esforço o longo dos *rounds*, mas esse aumento foi similar entre as condições cafeína e placebo. Esses resultados corroboram com o estudo de Santos et al. (2014), o qual reportou que a suplementação de cafeína (5 mg.kg^{-1}) não reduziu a percepção subjetiva de esforço em simulação de luta de taekwondo. Porém, Doherty e Smith (2004) demonstraram que a ingestão de cafeína reduziu a PSE e que 29% da variância explicando o efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho foi obtido pela redução na percepção

subjetiva de esforço durante exercício prolongado, com carga constante (ciclismo ~80% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$). Por outro lado, a luta de taekwondo é acíclica e os atletas podem distribuir os esforços realizados para executar as ações técnico-táticas durante os *rounds*. Dessa forma, nossos resultados demonstram que a suplementação de cafeína não influenciou o desempenho e a PSE em simulação de luta de taekwondo.

A suplementação de cafeína aumentou a concentração pico de lactato durante a luta. Esse resultado é reportado por outros estudos, nos quais foi demonstrado aumento na concentração de lactato após a suplementação de cafeína (SANTOS et al. 2014; LOPES-SILVA et al., 2014; CROWE et al. 2006; COLLOMP et al., 1992). Por exemplo, Santos et al. (2014) reportaram aumento na concentração de lactato após simulação de luta de taekwondo na condição com suplementação de cafeína (5 mg.kg^{-1}) quando comparada ao placebo. Além disso, Lopes-Silva et al. (2014) demonstraram que a suplementação de cafeína (6 mg.kg^{-1}), quando ingerida durante o período de recuperação, após um período de 5 dias de perda de peso, aumentou a concentração de lactato após séries sucessivas do *Special Judo Fitness Test* quando comparado ao placebo. Portanto, o aumento na concentração de lactato após a suplementação de cafeína corrobora com os resultados da literatura.

Consequentemente, os nossos resultados demonstram que a ingestão de cafeína (5 mg.kg^{-1}) aumentou a contribuição glicolítica durante a simulação de luta de taekwondo, quando comparado ao placebo. Embora, até o presente momento, nenhum estudo tenha demonstrado que a suplementação de cafeína aumenta a contribuição glicolítica durante simulação de luta de taekwondo, é bem estabelecido que a cafeína aumenta a contribuição anaeróbia em atividades prolongadas (SANTOS et al., 2013; SILVA-CAVALCANTE et al., 2013). Por exemplo, Santos et al. (2013) reportaram aumento na contribuição anaeróbia na parte média de uma prova de contra-relógio de 4 quilômetros após ingestão de cafeína (5 mg.kg^{-1}) em relação ao placebo. São propostos dois mecanismos para explicar esse aumento na contribuição anaeróbia após a suplementação de cafeína. Primeiro, a cafeína atua como antagonista nos receptores periféricos da adenosina, impedindo os efeitos inibitórios da adenosina sobre a atividade da enzima fosfofrutoquinase no músculo esquelético (SIMMONDS; MINAHAN; SABAPATHY, 2010). Segundo, a cafeína aumenta a liberação das catecolaminas, facilitando a conversão da fosforilase *b* para a sua forma mais ativa, a fosforilase *a*, acarretando aumento na glicogenólise (COLLOMP et al., 1992). Embora estudos prévios tenham demonstrado diminuição na contribuição glicolítica ao longo dos *rounds* na simulação de luta de

taekwondo (CAMPOS et al. 2012), os nossos resultados demonstram que a suplementação de cafeína aumentou a contribuição glicolítica na simulação de luta de taekwondo quando comparado ao placebo. Porém, não foram observadas mudanças nas ações técnicas realizadas pelos atletas.

Os nossos resultados demonstram que a suplementação de cafeína não influenciou nenhum índice da reativação parassimpática após a simulação de luta. Ao contrário dos nossos resultados, Bunsawat et al. (2015) reportaram que a suplementação de cafeína aumentou a frequência cardíaca 2 min após um teste progressivo máximo em esteira quando comparado ao placebo. Porém, esse atraso na frequência cardíaca foi acompanhado por um aumento no tempo até a exaustão na condição cafeína. Portanto, o atraso na recuperação autonômica após o teste progressivo pode ter sido causado por uma combinação do efeito da cafeína sobre a ativação simpática junto com o aumento no desempenho em relação à condição placebo. Além disso, embora os índices parassimpáticos após um exercício de *sprint* repetido sejam correlacionados com a contribuição anaeróbia, possivelmente através de uma elevação de fatores adrenérgicos e de metabólitos locais durante a recuperação (BUHCHHEIT et al., 2007a), o aumento na contribuição glicolítica após a suplementação de cafeína não influenciou os índices parassimpáticos após a simulação de luta de taekwondo.

6.2 Estudo 2

O principal resultado do estudo foi que a ingestão de bicarbonato de sódio ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$) aumentou a contribuição glicolítica relativa e, consequentemente, a soma do tempo de ataque durante a simulação de luta de taekwondo.

No nosso estudo, a ingestão de bicarbonato de sódio aumentou a concentração de lactato durante a simulação de luta. Esse resultado corrobora com estudos prévios, os quais mostraram que a suplementação de bicarbonato de sódio foi capaz de aumentar a concentração de lactato após exercícios de *sprints* repetidos (BISHOP et al., 2004) e durante o *Special Judo Fitness Test* (FELLIPE et al., 2016; ARTIOLI et al., 2007). Esse aumento na concentração de lactato após a ingestão de NaHCO_3 tem sido atribuído ao aumento do efluxo de H^+ e de lactato do meio intracelular para ambiente extracelular (THOMAS et al., 2012). Esse mecanismo parece prevenir a inibição de enzimas glicolíticas regulatórias (ex., glicogênio fosforilase e fosfrutoquinase) (HOLLIDGE-HORVAT et al., 2000), o que pode explicar o aumento na contribuição do sistema

glicolítico durante a simulação de luta de taekwondo após a ingestão de bicarbonato de sódio.

Além disso, no nosso estudo, a ingestão de bicarbonato de sódio aumentou a soma do tempo de ataque durante a simulação de luta, corroborando com estudos prévios que demonstraram que a ingestão de NaHCO_3 é capaz de melhorar o desempenho durante a realização de *sprints* repetidos (BISHOP et al., 2004; BISHOP; CLAUDIUS, 2004; (MILLER et al., 2016) e teste de desempenho específico para judocas (ARTIOLI et al., 2007; FELLIPE et al., 2016) e boxeadores (SIEGLER; GLEADALL-SIDDALL, 2010). Por exemplo, Artioli et al. (2007) e Felipe et al. (2016) reportaram que a ingestão de bicarbonato de sódio ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$) melhorou o desempenho (o número de projeções) durante a execução do *Special Judo Fitness Test* em relação ao placebo. Além disso, a suplementação de bicarbonato de sódio ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$) melhorou a eficácia dos socos de boxeadores em uma simulação de luta de boxe (4 *rounds* de 2 minutos intercalados por 1 min de recuperação entre eles) quando comparado à condição placebo. Nesse sentido, a alcalose induzida pela suplementação de bicarbonato de sódio pode ser uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho de judocas e boxeadores. Por outro lado, a ingestão de bicarbonato de sódio não melhorou o desempenho em um contrarrelógio de 4 km (CALLAHAN et al., 2017), exercício de carga constante (SIEGLER et al., 2007) ou durante simulação de luta de judô (ARTIOLI et al., 2006). Essa discrepância nos resultados pode ser relacionada ao protocolo de desempenho utilizado, pelo fato do efeito ergogênico da ingestão do bicarbonato de sódio ser efetivo durante a realização de exercícios intermitentes de alta intensidade (LANCHA-JUNIOR et al., 2015; MCNAUGHTON, L. R. et al., 2016; SIEGLER et al., 2016), como é o caso das modalidades esportivas de combate (BRIDGE et al., 2014; CHAABÈNE et al., 2012; FRANCHINI et al., 2011), pelo fato desse tipo de atividade causar uma maior acidose metabólica em relação aos exercícios de baixa intensidade e curta duração. Embora o desempenho na luta de taekwondo seja determinado por vários fatores (p.ex., características técnicas e fisiológicas dos atletas) e não apenas pelo tempo de ataque durante uma simulação de luta, o aumento das ações ofensivas pode contribuir para um melhor desempenho competitivo durante uma luta.

Durante a simulação de luta o fornecimento de energia foi predominantemente oxidativo (69%), seguido pelo ATP-CP (26%) e glicolítico (5%), esses resultados estão de acordo com dois estudos reportados na literatura (CAMPOS et al., 2012). Contudo, a suplementação de bicarbonato de sódio não foi capaz de afetar a contribuição oxidativa e

ATP-CP durante a simulação de luta. Nesse sentido, Brisola et al. (2015) não demonstraram aumento significativo na contribuição do sistema oxidativo e do ATP-CP durante um teste com intensidade constante de ciclismo, intensidade correspondente a 110% do $VO_{2máx}$, entre as condições bicarbonato de sódio e placebo. Dessa forma, os nossos resultados demonstram que suplementação de bicarbonato de sódio é mais efetiva para aumentar a contribuição glicolítica. Além disso, a percepção subjetiva de esforço durante a simulação de luta não foi afetada após a ingestão de bicarbonato de sódio, corroborando com alguns estudos que demonstraram que o bicarbonato de sódio não afetou a percepção subjetiva de esforço durante a realização do *special judo fitness test* quando comparado ao placebo.

7 CONCLUSÃO

Os resultados do estudo 1 demonstraram que a suplementação de cafeína aumentou a contribuição glicolítica durante a simulação de luta de taekwondo, porém esse aumento não foi capaz de melhorar o desempenho na luta. Além disso, a suplementação de cafeína não influenciou nenhum dos índices da reativação parassimpática após a simulação de luta. Por outro lado, no estudo 2, a suplementação de bicarbonato de sódio foi efetiva para aumentar a contribuição glicolítica e o tempo total de ataque na simulação de luta. No entanto, os índices da reativação parassimpática não foram afetados pela suplementação de bicarbonato de sódio.

REFERÊNCIAS

- AEDMA, M. et al. Effect of caffeine on upper-body anaerobic performance in wrestlers in simulated competition-day conditions. **International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 23, n. 6, p. 601-9, 2013.
- AL HADDAD, H. et al. Reliability of resting and postexercise heart rate measures. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 8, p. 598-605, 2011.
- ARTIOLI, G. G. et al. A ingestão de bicarbonato de sódio pode contribuir para o desempenho em lutas de judô? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p. 371-375, 2006.
- ARTIOLI, G. G. et al. Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judo performance? **International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 17, n. 2, p. 206-217, 2007.
- ARTIOLI, G. G. et al. Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 3, p. 436-42, 2010.
- ARTIOLI, G. G. et al. Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 6, p. 1162-73, 2010.
- ASTLEY, C. et al. Acute Caffeine Ingestion on Performance in Young Judo Athletes. **Pediatric Exercise Science**, v. 29, n. 3, p. 336-340, 2017.
- BASSINI, A. et al. Caffeine decreases systemic urea in elite soccer players during intermittent exercise. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 4, p. 683-90, 2013.
- BENEKE, R. et al. Energetics of karate kumite. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4-5, p. 518-23, 2004.
- BERTUZZI, R. C. et al. Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 7, p. 477-81, 2010.
- BISHOP, D. Dietary supplements and team-sport performance. **Sports Medicine**, v. 40, n. 12, p. 995-1017, 2010.
- BISHOP, D.; CLAUDIUS, B. Effects of Induced Metabolic Alkalosis on Prolonged Intermittent-Sprint Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 5, p. 759-767, 2005.
- BISHOP, D. et al. Induced Metabolic Alkalosis Affects Muscle Metabolism and Repeated-Sprint Ability. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, p. 807-813, 2004.

BISHOP, D. et al. Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 6, n. 2, p. 199-209, 2003.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-81, 1982.

BORRESEN, J.; LAMBERT, M. I. Autonomic control of heart rate during and after exercise - Measurements and implications for monitoring training status. **Sports Medicine**, v. 38, n. 8, p. 633-646, 2008.

BOSQUET, L. et al. Reliability of postexercise heart rate recovery. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 3, p. 238-43, 2008.

BRIDGE, C. A. et al. Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. **Sports Medicine**, v. 44, n. 6, p. 713-33, 2014.

BRIDGE, C. A. et al. The Activity Profile in International Taekwondo Competition Is Modulated by Weight Category. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 6, n. 3, p. 344-357, 2011.

BRISOLA, G. M. et al. Sodium bicarbonate supplementation improved MAOD but is not correlated with 200- and 400-m running performances: a double-blind, crossover, and placebo-controlled study. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 40, n. 9, p. 931-7, 2015.

BUCHHEIT, M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? **Frontiers in Physiology**, v. 5, p. 73, 2014.

BUCHHEIT, M. et al. Effect of maturation on hemodynamic and autonomic control recovery following maximal running exercise in highly trained young soccer players. **Frontiers in Physiology**, v. 2, p. 69, 2011.

BUCHHEIT, M. et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 6, p. 1153-67, 2010.

BUCHHEIT, M.; GINDRE, C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. **The American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 291, n. 1, p. H451-8, 2006.

BUCHHEIT, M. et al. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. **The American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 293, n. 1, p. H133-41, 2007a.

BUCHHEIT, M. et al. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 2, p. 362-71, 2008.

BUCHHEIT, M. et al. Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 293, n. 1, p. H8-10, 2007b.

BUCHHEIT, M. et al. Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 2, p. 711-23, 2012.

BUNSAWAT, K. et al. Caffeine delays autonomic recovery following acute exercise. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 22, n. 11, p. 1473-9, 2015.

CALLAHAN, M. J. et al. Single and Combined Effects of Beetroot Crystals and Sodium Bicarbonate on 4-km Cycling Time Trial Performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 27, n. 3, p. 271-278, 2017.

CAMPOS, F. A. et al. Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 4, p. 1221-8, 2012.

CARR, A. et al. Effect of caffeine supplementation on repeated sprint running performance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 48, n. 4, p. 472-8, 2008.

CARR, A. J et al. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: a meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 41, n. 10, p. 801-14, 2011.

CHAABÈNE, H. et al. Physical and physiological profile of elite karate athletes. **Sports Medicine** v. 41, n. 10, p. 8290843, 2012.

CHASE, P. B.; KUSHMERICK, M. J. Effects of pH on contraction of rabbit fast and slow skeletal muscle fibers. **Biophysical Journal**, v. 53, n. 6, p. 935-46, 1988.

COLE, C. R. et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **The New England Journal of Medicine**, v. 341, n. 18, p. 1351-7, 1999.

COLLOMP, K. et al. Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 64, n. 4, 377-380 1992.

COOTE, J. H. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. **Experimental Physiology**, v. 95, n. 3, p. 431-40, 2010.

COOTE, J. H.; BOTHAMS, V. F. Physiological Society Symposium - Vagal Control: From Axolotl to Man. **Experimental Physiology**, v. 86, n. 6, p. 811-815, 2001.

CROWE, M. J. et al. Physiological and cognitive responses to caffeine during repeated, high-intensity exercise. **International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 16, n. 5, p. 528-44, 2006.

DAANEN, H. A. et al. A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 7, n. 3, p. 251-60, 2012.

DAVIS, J. K.; GREEN, J. M. Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. **Sports Medicine**, v. 39, n. 10, p. 813-32, 2009.

DAVIS, P. et al. The energetics of semicontact 3 x 2-min amateur boxing. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 2, p. 233-9, 2014.

DI PRAMPERO, P. E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respiration Physiology**, v. 118, n. 2-3, p. 103-15, 1999.

DIAZ-LARA, F. J. et al. Enhancement of High-Intensity Actions and Physical Performance During a Simulated Brazilian Jiu-Jitsu Competition With a Moderate Dose of Caffeine. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 7, p. 861-867, 2016.

DOHERTY, M.; SMITH, P. M. Effects of caffeine ingestion on exercise testing: a meta-analysis. **International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 14, n. 6, p. 626-46, 2004.

DORIA, C. et al. Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 5, p. 603-10, 2009.

DOUROUDOS, I.I. et al. Dose-related effects of prolonged NaHCO₃ ingestion during high-intensity exercise. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 10, p. 1746-53, 2006.

DUPUY, O. et al. Reliability of heart rate measures used to assess post-exercise parasympathetic reactivation. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 32, n. 4, p. 296-304, 2012.

FELIPPE, L. C. et al. Separate and Combined Effects of Caffeine and Sodium-Bicarbonate Intake on Judo Performance. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 2, p. 221-6, 2016.

FITTS, R. H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. **Physiological Reviews**, v. 74, n. 1, p. 49-94, 1994.

FRANCHINI, E. et al. Physiological profiles of elite judo athletes. **Sports Medicine**, v. 41, n. 2, p. 147-66, 2011.

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. 334-43, 2011.

GAITANOS, G. C. et al. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 75, n. 2, p. 712-9, 1993.

GAO, J. P. et al. Sodium bicarbonate ingestion improves performance in interval swimming. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 58, n. 1-2, p. 171-4, 1988.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 10, p. 725-41, 2001.

GLAISTER, M. Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. **Sports Medicine**, v. 35, n. 9, p. 757-77, 2005.

GLAISTER, M. et al. Caffeine supplementation and multiple sprint running performance. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 10, p. 1835-40, 2008.

GOLDBERGER, J. J. et al. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 290, n. 6, p. H2446-52, 2006.

GOLDSTEIN, E. R. et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 5, 2010.

GRAHAM, T. E. Caffeine and Exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 11, p. 785-807, 2001.

GREER, F. et al. Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 85, n. 4, p. 1502-8, 1998.

HAUSEN, M. et al. Physiological responses and external validity of a new setting for taekwondo combat simulation. **PLoS One**, v. 12, n. 2, p. e0171553, 2017.

HELLER, J. et al. Physiological profiles of male and female taekwon-do (ITF) black belts. **Journal of Sports Science**, v. 16, n. 3, p. 243-9, 1998.

HOLLIDGE-HORVAT, M. G. et al. Effect of induced metabolic acidosis on human skeletal muscle metabolism during exercise. **American Journal of Physiology**, v. 277, n. 4 Pt 1, p. E647-58, 1999.

_____. Effect of induced metabolic alkalosis on human skeletal muscle metabolism during exercise. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 278, n. 2, p. E316-29, 2000.

HOPKINS, W. G. et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3-13, 2009.

HORSWILL, C. A. et al. Influence of sodium bicarbonate on sprint performance: relationship to dosage. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 20, n. 6, p. 566-9, 1988.

IMAI, K. et al. Vagally Mediated Heart-Rate Recovery after Exercise Is Accelerated in Athletes but Blunted in Patients with Chronic Heart-Failure. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 24, n. 6, p. 1529-1535, 1994.

JEUKENDRUP, A. E. et al. Relationship between gastro-intestinal complaints and endotoxaemia, cytokine release and the acute-phase reaction during and after a long-distance triathlon in highly trained men. **Clinical Science**, v. 98, n. 1, p. 47-55, 2000.

JULIO, U. F. et al. Energy-System Contributions to Simulated Judo Matches. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 5, p. 676-683, 2017.

KOPEC, B. J. et al. Effects of sodium phosphate and caffeine ingestion on repeated-sprint ability in male athletes. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 19, n. 3, p. 272-276, 2016.

LAMBERTS, R. P. et al. Variation in heart rate during submaximal exercise: implications for monitoring training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 641-5, 2004.

LANCHA JUNIOR, A. H. et al. Nutritional Strategies to Modulate Intracellular and Extracellular Buffering Capacity During High-Intensity Exercise. **Sports Medicine**, v. 45 Suppl 1, p. S71-81, 2015.

LEE, C. L. et al. Caffeine's effect on intermittent sprint cycling performance with different rest intervals. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 6, p. 2107-16, 2012.

LINDERMAN, J. K.; GOSSELINK, K. L. The Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion on Exercise Performance. **Sports Medicine**, v. 18, n. 2, p. 75-80, 1994.

LOPES-SILVA, J. P. et al. Caffeine ingestion after rapid weight loss in judo athletes reduces perceived effort and increases plasma lactate concentration without improving performance. **Nutrients**, v. 6, n. 7, p. 2931-45, 2014.

LOPES-SILVA, J. P. et al. Caffeine Ingestion Increases Estimated Glycolytic Metabolism during Taekwondo Combat Simulation but Does Not Improve Performance or Parasympathetic Reactivation. **PLoS One**, v. 10, n. 11, p. e0142078, 2015.

LOPES, J. M. et al. Effect of caffeine on skeletal muscle function before and after fatigue. **Journal of Applied Physiology Published**, v. 54, n. 5, p. 1303-1305, 1983.

MATSON, L. G.; TRAN, Z. V. Effects of sodium bicarbonate ingestion on anaerobic performance: a meta-analytic review. **International Journal of Sport Nutrition**, v. 3, n. 1, p. 2-28, 1993.

MATSUSHIGUE, K. A. et al. Taekwondo: Physiological responses and match analysis. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p. 1112-7, 2009.

MCNAUGHTON, L. et al. Effects of chronic bicarbonate ingestion on the performance of high-intensity work. **European Journal of Applied Physiol and Occupation Physiology**, v. 80, n. 4, p. 333-6, 1999.

MCNAUGHTON, L. R. et al. Recent Developments in the Use of Sodium Bicarbonate as an Ergogenic Aid. **Current Sports Medicine Reports**, v. 15, n. 4, p. 233-244, 2016.

MCNAUGHTON, L. R. et al. Ergogenic effects of sodium bicarbonate. **Current Sports Medicine Reports**, v. 7, n. 4, p. 230-6, 2008.

MILLER, P. et al. The Effects of Novel Ingestion of Sodium Bicarbonate on Repeated Sprint Ability. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 2, p. 561-8, 2016.

NAKAMURA, Y. et al. Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 74, n. 2, p. 875-81, 1993.

OLIVEIRA, L. F. et al. Chronic lactate supplementation does not improve blood buffering capacity and repeated high-intensity exercise. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 23 2016.

OSTOJIC, S. M. Ultra Short-Term Heart Rate Recovery after Maximal Exercise: Relations to Aerobic Power in Sportsmen. **The Chinese Journal of Physiology**, v. 54, n. 2, p. 105-110, 2011.

PATON, C. D. et al. Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team-sport athletes. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 5, p. 822-5, 2001.

PECANHA, T. et al. Heart rate recovery: autonomic determinants, methods of assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 34, n. 5, p. 327-39, 2014.

PERINI, R. et al. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. **European Journal of Applied Physiology and Occupation Physiology**, v. 58, n. 8, p. 879-83, 1989.

PIERPONT, G. L. et al. Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. **Journal of the Autonomic Nervous System**, v. 80, n. 3, p. 169-174, 2000.

PLEWS, D. J. et al. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. **Sports Medicine**, v. 43, n. 9, p. 773-81, 2013.

PRICE, M. et al. Effects of sodium bicarbonate ingestion on prolonged intermittent exercise. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 8, p. 1303-8, 2003.

RANADIVE, S. M. et al. Heart rate recovery following maximal arm and leg-ergometry. **Clinical Autonomic Research**, v. 21, n. 2, p. 117-20, 2011.

RAVENS-SIEBERER, U. et al. The KIDSCREEN-27 quality of life measure for children and adolescents: psychometric results from a cross-cultural survey in 13 European countries. **Qual Life Res**, v. 16, n. 8, p. 1347-56, 2007.

REQUENA, B. et al. Sodium bicarbonate and sodium citrate: ergogenic aids? **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 213-24, 2005.

ROBERGS, R. et al. Influence of pre-exercise acidosis and alkalosis on the kinetics of acid-base recovery following intense exercise. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 15, n. 1, p. 59-74, 2005.

ROTH, D. A. The sarcolemmal lactate transporter: transmembrane determinants of lactate flux. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 23, n. 8, p. 925-34, 1991.

SANT'ANA, J. et al. Anaerobic evaluation of taekwondo athletes. **International SportMed Journal**, v. 15, n. 4, p. 492-499, 2014.

SANTOS, V. G. et al. Relationship between attack and skipping in Taekwondo contests. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 6, p. 1743-51, 2011.

SANTOS, V. G. et al. Relationship between attack and pause in world taekwondo championship contests: effects of gender and weight category. **Muscles Ligaments Tendons Journal**, v. 4, n. 2, p. 127-131, 2014.

SANTOS, V. G. et al. Caffeine reduces reaction time and improves performance in simulated-contest of taekwondo. **Nutrients**, v. 6, n. 2, p. 637-49, 2014.

SCHNEIKER, K. T. et al. Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 3, p. 578-85, 2006.

SIEGLER, J. C.; GLEADALL-SIDDALL, D. O. Sodium bicarbonate ingestion and repeated swim sprint performance. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 11, p. 3105-11, 2010.

SIEGLER, J. C. et al. Mechanistic Insights into the Efficacy of Sodium Bicarbonate Supplementation to Improve Athletic Performance. **Sports Medicine Open**, v. 2, n. 1, p. 41, 2016.

SILVA-CAVALCANTE, M. D. et al. Caffeine increases anaerobic work and restores cycling performance following a protocol designed to lower endogenous carbohydrate availability. **PLoS One**, v. 8, n. 8, p. e72025, 2013.

SIMMONDS, M. J. et al. Caffeine improves supramaximal cycling but not the rate of anaerobic energy release. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 2, p. 287-95, 2010.

SOUISSI, M. et al. Effects of morning caffeine' ingestion on mood States, simple reaction time, and short-term maximal performance on elite judoists. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 3, n. 3, p. 161-8, 2012.

SOUISSI, M. et al. Effects of time-of-day and caffeine ingestion on mood states, simple reaction time, and short-term maximal performance in elite judoists. **Biological Rhythm Research**, v. 44, n. 6, p. 897-907, 2013.

SOUISSI, M. et al. Caffeine ingestion does not affect afternoon muscle power and fatigue during the Wingate test in elite judo players. **Biological Rhythm Research**, v. 46, n. 2, p. 291-298, 2015.

SPRIET, L. L. et al. Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. **Am J Physiol**, v. 262, n. 6 Pt 1, p. E891-8, 1992.

SPRIET, L. L. et al. Skeletal muscle glycogenolysis, glycolysis, and pH during electrical stimulation in men. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 62, n. 2, p. 616-21, 1987.

STANLEY, J. et al. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. **Sports Medicine**, v. 43, n. 12, p. 1259-77, 2013.

TARNOPOLSKY, M.; CUPIDO, C. Caffeine potentiates low frequency skeletal muscle force in habitual and nonhabitual caffeine consumers. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 5, p. 1719-1724, 2000.

THOMAS, C. et al. Effects of acute and chronic exercise on sarcolemmal MCT1 and MCT4 contents in human skeletal muscles: current status. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 302, n. 1, p. R1-14, 2012.

TOBIAS, G. et al. Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. **Amino Acids**, v. 45, n. 2, p. 309-17, 2013.

YAMAMOTO, Y. et al. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 71, n. 3, p. 1136-42, 1991.

ANEXOS

ANEXO I – Artigo científico derivado do primeiro estudo da presente tese.

RESEARCH ARTICLE

Caffeine Ingestion Increases Estimated Glycolytic Metabolism during Taekwondo Combat Simulation but Does Not Improve Performance or Parasympathetic Reactivation

Jollio Paulo Lopes-Silva^{1,2*}, Jonatas Ferreira da Silva Santos^{1,2}, Braulio Henrique Magnani Branco^{1,2}, César Cavinato Cal Abad^{2,3}, Luana Farias de Oliveira^{2,3}, Iliene Loturco^{1,2,3}, Emerson Franchini^{1,2}

1 Martial Arts and Combat Sports Research Group, School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, Brazil, **2** NAR-Núcleo de High Performance in Sport, São Paulo, Brazil, **3** Laboratory of Applied Nutrition and Metabolism, School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

* These authors contributed equally to this work.
* joao_lopes@hotmail.com

OPEN ACCESS

Citation: Lopes-Silva JP, Silva Santos JF, Branco BHM, Abad CCC, Oliveira LFI, Loturco I, et al. (2015) Caffeine Ingestion Increases Estimated Glycolytic Metabolism during Taekwondo Combat Simulation but Does Not Improve Performance or Parasympathetic Reactivation. PLoS ONE 10(11): e0142078. doi:10.1371/journal.pone.0142078

Editor: Nir Eylon, Victoria University, AUSTRALIA

Received: August 19, 2015

Accepted: October 16, 2015

Published: November 5, 2015

Copyright: © 2015 Lopes-Silva et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All relevant data are within the paper.

Funding: The authors have no support or funding to report.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interests exist.

Abstract

Objectives

The aim of this study was to evaluate the effect of caffeine ingestion on performance and estimated energy system contribution during simulated taekwondo combat and on post-exercise parasympathetic reactivation.

Methods

Ten taekwondo athletes completed two experimental sessions separated by at least 48 hours. Athletes consumed a capsule containing either caffeine (5 mg kg^{-1}) or placebo (cellulose) one hour before the combat simulation (3 rounds of 2 min separated by 1 min passive recovery), in a double-blind, randomized, repeated-measures crossover design. All simulated combat was filmed to quantify the time spent fighting in each round. Lactate concentration and rating of perceived exertion were measured before and after each round, while heart rate (HR) and the estimated contribution of the oxidative (W_{AER}), ATP-PCR (W_{PCR}), and glycolytic (W_{LA}) systems were calculated during the combat simulation. Furthermore, parasympathetic reactivation after the combat simulation was evaluated through 1) taking absolute difference between the final HR observed at the end of third round and the HR recorded 60-s after (ΔHR_{60s}), 2) taking the time constant of HR decay obtained by fitting the 6-min post-exercise HRR into a first-order exponential decay curve (HRR_τ), or by 3) analyzing the first 30-s via logarithmic regression analysis (T30).

ANEXO II – Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. DADOS DO INDIVÍDUO

Nome completo _____

Sexo ☐ Masculino
☐ Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

2. RESPONSÁVEL LEGAL

Nome completo _____

Natureza (grau de parentesco, tutor, curador, etc.) _____

Sexo ☐ Masculino
☐ Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. Título do Projeto de Pesquisa

Efeito da ingestão de cafeína e bicarbonato de sódio sobre a contribuição energética e desempenho durante simulação de luta de taekwondo

2. Pesquisador Responsável

Emerson Franchini

3. Cargo/Função

Docente

4. Avaliação do risco da pesquisa:

☒ RISCO MÍNIMO ☐ RISCO BAIXO ☐ RISCO MÉDIO ☐ RISCO MAIOR
(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. Duração da Pesquisa

10 meses

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

- O objetivo do presente estudo intitulado “efeito da suplementação de cafeína e de bicarbonato de sódio sobre a contribuição energética em uma simulação de luta de taekwondo” é analisar se a suplementação tanto cafeína quanto de bicarbonato de sódio irão aumentar a contribuição anaeróbia láctica e melhorar o desempenho em uma simulação de luta de taekwondo. Estudos demonstram que

esses dois suplementos, pode aumentar o desempenho esportivo, através de um aumento no metabolismo anaeróbio láctico. Além disso, durante uma luta de taekwondo, as ações técnicas de alta intensidade são determinadas pelo sistema anaeróbio láctico. Dessa forma, estratégias nutricionais, como é o caso da cafeína e do bicarbonato de sódio, podem aumentar a contribuição anaeróbia láctica e, conseqüentemente, o desempenho em uma simulação de luta de taekwondo.

2. O estudo terá duração total de 2 semanas, o qual será dividido em dois estudos. No estudo 1, você visitará o laboratório em dois dias diferentes. Nessas duas visitas, usando um desenho duplo-cego e contrabalançado, você realizará: 1) uma simulação de luta de 3 rounds de 2 min de duração, com um 1 minuto de intervalo entre cada round (PLA) com ingestão de placebo; 2) uma simulação de luta de 3 rounds de 2 minutos, com 1 minuto de intervalo entre cada round (CAF) com ingestão de cafeína. Antes, durante e após esses testes experimentais serão mensurados seu consumo de oxigênio, ventilação, frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca e coletas de lactato sanguíneo. Sessenta minutos antes do teste CAF, você consumirá uma cápsula contendo 5 mg.kg⁻¹ de cafeína pura. Adicionalmente, sessenta minutos antes do teste PLA, você irá ingerir uma cápsula contendo celulose microcristalina.
- No estudo dois, os dados também serão coletados em duas sessões experimentais. Em cada uma das sessões experimentais os atletas irão ingerir uma cápsula contendo NaHCO₃ (0.3 g.kg⁻¹) ou uma cápsula contendo 0.207 g.kg⁻¹ de NaCl (placebo), noventa minutos antes do início da simulação de luta. A sequência dos testes será contrabalanceada, duplo-cego e com um período de 7 dias de wash-out. Noventa minutos após a suplementação, os atletas participarão de uma simulação de luta, composta por 3 rounds de 2 min com 1 min de intervalo entre os rounds. Os atletas serão instruídos a não ingerirem bebidas contendo álcool ou cafeína e não praticarem exercícios vigorosos 24 horas antes dos testes.
3. Os riscos envolvidos na participação deste estudo são baixos. Você sentirá o mesmo tipo de desconforto que ocorre durante a realização de um combate que você está habituado a fazer. Esse desconforto é mínimo e passageiro (recuperação entre 10 a 20 minutos). A ingestão de substâncias como a cafeína e o bicarbonato de sódio, podem ocasionar algum tipo de desconforto gastrointestinal.
 4. Ao final dos testes e das análises, você terá total acesso aos seus dados. Com os testes realizados, poderão ser fornecidos valores de consumo máximo de oxigênio, frequência cardíaca máxima, além do desempenho (tempo e número de ataques, a pontuação, tempo de step e de pausa) durante a luta.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. Você terá acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas;
2. Você terá liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência;
3. Salva-guarda da confidencialidade, sigilo e privacidade; e

V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Emerson Franchini Av. Professor Mello Moraes, 65, Cidade Universitária Telefone: (11) 97312-7372 João Paulo Lopes da Silva Endereço: Av. Nossa Senhora da Assunção, 1233, Butantã Telefone: (11) 95793-1204
--

VI. - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ____/____/____

assinatura do sujeito da pesquisa

assinatura do pesquisador

ou responsável legal

(carimbo ou nome legível)

**ANEXO III - Imagem digitalizada do parecer do Comitê de ética em pesquisa da
Escola de Educação Física e Esporte – USP**

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito da ingestão de cafeína e bicarbonato de sódio sobre a contribuição energética e desempenho durante simulação de luta de taekwondo

Pesquisador: Emerson Franchini

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 41790614.4.0000.5391

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.093.210

Data da Relatoria: 28/05/2015

Apresentação do Projeto:

Durante uma luta de taekwondo a capacidade para manter ações de alta intensidade via metabolismo anaeróbio é considerada um fator determinante. Os suplementos nutricionais, como a cafeína e o bicarbonato de sódio, podem influenciar positivamente o metabolismo anaeróbio durante uma simulação de luta. E essas estratégias podem ser eficazes com o objetivo de aumentar essa contribuição anaeróbia láctica durante a luta.

Objetivo da Pesquisa:

Investigar o efeito da suplementação cafeína sobre a contribuição dos sistemas energéticos em uma simulação de luta de taekwondo; 2) Investigar o efeito da suplementação de bicarbonato de sódio sobre a contribuição dos sistemas energéticos em uma simulação de luta de taekwondo

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Vale salientar, que a ingestão de substâncias como o NaHCO_3 e NH_4Cl está relacionada e pode

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
 UF: SP Município: SÃO PAULO
 Telefone: (11)3091-3097 Fax: (11)3812-4141 E-mail: cep39@usp.br

ANEXO III - Imagem digitalizada do parecer do Comitê de ética em pesquisa da
Escola de Educação Física e Esporte – USP (continuação).

Continuação do Parecer: 1.063.210

ocasionar

algum tipo de desconforto gastrointestinal. No entanto, a dosagem (0,3 g.kg⁻¹ de MC) e a forma de administração (três doses iguais) dessas substâncias serão realizadas dessa maneira na tentativa de minimizar tais efeitos colaterais, uma vez que dosagens superiores às da especificada acima e a ingestão desses. Os resultados do presente estudo poderão auxiliar atletas e treinadores na escolha de um suplemento nutricional o qual possa melhorar o desempenho durante uma luta de taekwondo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Modificado conforme o parecer anterior.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Claro, conciso.

Recomendações:

Sem mais recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

SAO PAULO, 03 de Junho de 2015

Assinado por:
Edliamar Meneses de Oliveira
(Coordenador)

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3097 Fax: (11)3812-4141 E-mail: cep33@usp.br

ANEXO IV – Questionário para avaliar o tamanho do efeito derivado da ingestão de cafeína. Adaptado de Pallares et al. (2013)

	<u>Sim</u>	Não
Dor Muscular		
Aumento da produção de urina		
Taquicardia e palpitações cardíacas		
Ansiedade ou nervosismo		
Dor de cabeça		
Problemas Gastrointestinais		
Insônia		
Maior Vigor/ atuação efetiva		
Percepção de melhora no desempenho		

ANEXO V - Questionário de desconforto gastrointestinal (Jeukendrup et al., 2000)

Indicar em uma escala de 1 a 10 os desconfortos sentidos. 1 = nenhum desconforto, 10 = desconforto insuportável.

Queixas	nº
Problemas estomacais	
Náusea	
Tontura	
Dor de cabeça	
Flatulência	
Vontade de urinar	
Vontade de defecar	
Arroto	
Azia	
Inchaço	
Dores de estômago	
Cólica intestinal	
Vontade de vomitar	
Vômitos	
Diarréia	

ANEXO VI – Proteção anti-impacto para o analisador de gases

ANEXO VII – Escala de percepção subjetiva de esforço**PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO****(Borg & Noble, 1974)**

6	-
7	muito fácil
8	-
9	fácil
10	-
11	relativamente fácil
12	-
13	ligeiramente cansativo
14	-
15	cansativo
16	-
17	muito cansativo
18	-
19	exaustivo
20	-