

JUSCÉLIA CRISTINA PEREIRA

**EFEITO DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS COM E SEM  
CARBOIDRATOS SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P436e  
2013

Pereira, Juscélia Cristina, 1987-  
Efeito da ingestão de bebidas energéticas com e sem  
carboidratos sobre o desempenho físico / Juscélia Cristina  
Pereira. – Viçosa, MG, 2013.  
xviii, 137f. : il. ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: João Carlos Bouzas Marins

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Aptidão física. 2. Bebidas energéticas. 3. Cafeína - Efeito  
fisiológico. 4. Cafeína. 5. Aptidão física - Testes.

I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Educação  
Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

II. Título.

CDD 22. ed. 613.71

JUSCÉLIA CRISTINA PEREIRA

**EFEITO DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS COM E SEM  
CARBOIDRATOS SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de março de 2013.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Muniz Guttierres

---

Prof<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Luciana Moreira Lima  
(Coorientadora)

---

Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
(Orientador)

*A Deus, meus familiares,  
amigos,  
companheiros de todas as  
horas*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter traçado um destino maravilhoso para minha vida, colocando no meu caminho pessoas com as quais pude aprender muito e que ainda me ensinarão muitas coisas, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço à minha família, especialmente aos meus pais, que sempre dedicaram suas vidas a minha irmã e a mim, investindo no meu futuro, e me orientando sempre a seguir o caminho do bem. Obrigada pela paciência e confiança ao longo de todos esses anos. À minha irmã, pelas palavras de carinho e incentivo para a realização dos meus sonhos.

Agradeço ao meu querido orientador prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup>. João, que me incentivou desde o princípio a fazer o mestrado, que me proporcionou muitas oportunidades, que foi exemplo de competência e dedicação profissional e que contribuiu imensamente para a concretização deste trabalho.

Agradeço à minha coorientadora prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rita, pela atenção e pelas valiosas contribuições para realização deste trabalho.

Agradeço à prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana e prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana que aceitou gentilmente a participar da banca de defesa da minha dissertação.

Agradeço à Priscila, Mário, Ana Paula, Valéria, Euler e aos enfermeiros Cida, Regiana e Luciano, todos foram essenciais para o sucesso do experimento, auxiliando na coleta de dados e dispostos a ajudar no que fosse preciso. Agradeço ao Cristiano pela ajuda na estatística com seus conhecimentos e sempre muito disposto a me ajudar.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Educação Física, especialmente ao LAPEH, pela oportunidade da realização do mestrado e pela disponibilidade de estrutura física e materiais.

Agradeço à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos para realização do mestrado. Agradeço aos voluntários que participaram dos experimentos com muito comprometimento e presteza, sem eles não teria sido possível a realização deste trabalho. Agradeço aos meus amigos de mestrado, de Viçosa, de Formiga, que torceram por mim e incentivaram nesta tão sonhada conquista. A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, Muito Obrigado!

## **BIOGRAFIA**

Juscélia Cristina Pereira, filho de José Fonseca Pereira e Icléia Almeida Pereira, nasceu em 03 de março de 1987 em Formiga, MG.

Em 2006, ingressou-se no curso de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, na qual em Janeiro de 2011 graduou-se Bacharel e Licenciada em Educação Física.

Em março de 2011 ingressou-se no Programa de Pós-Graduação Stricto-Sensu em Educação Física na Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de Mestre em Março de 2013.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xviii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo Geral .....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
ARTIGO 1: EFEITO DA INGESTÃO DE TAURINA NO DESEMPENHO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA. ....	8
RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MÉTODOS.....	12
3. RESULTADOS.....	14
4. DISCUSSÃO.....	20
5. CONCLUSÕES.....	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
ARTIGO 2: BEBIDAS ENERGÉTICAS: POSSUEM EFEITOS ERGOGÊNICOS NO EXERCÍCIO FÍSICO? .....	31
RESUMO .....	32
ABSTRACT.....	333
1. INTRODUÇÃO.....	34

2. MÉTODOS .....	36
3. RESULTADOS .....	37
4. DISCUSSÃO .....	42
5. CONCLUSÕES .....	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
CAPÍTULO 1: EFEITOS AGUDOS DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS SOBRE OS PARAMÊTROS CARDIOVASCULARES, METABÓLICOS E NO DESEMPENHO EM INDIVÍDUOS FÍSICAMENTE ATIVOS .....	55
RESUMO .....	55
ABSTRACT .....	57
1. INTRODUÇÃO .....	58
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	60
3. RESULTADOS .....	69
4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO .....	76
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83
CAPÍTULO 2: EFEITOS DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS NO BALANÇO HÍDRICO-MINERAL EM EXERCÍCIO CONTÍNUO NO CICLOERGÔMETRO.....	92
RESUMO .....	92
ABSTRACT .....	94
1. INTRODUÇÃO .....	96
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	98
3. RESULTADOS .....	107
4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO .....	112
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	117
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	125
ANEXOS .....	126

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1: EFEITO DA INGESTÃO DE TAURINA NO DESEMPENHO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

**Tabela 1.** Efeitos da Taurina no desempenho físico aeróbico **16**

**Tabela 2.** Efeitos da Taurina no desempenho físico anaeróbico **19**

### ARTIGO 2: BEBIDAS ENERGÉTICAS POSSUEM EFEITOS ERGOGÊNICOS NO EXERCÍCIO FÍSICO?

**Tabela 1.** Efeitos das BE no desempenho físico aeróbico **39**

**Tabela 2.** Efeitos das BE no desempenho físico anaeróbico **41**

### CAPÍTULO 1: EFEITOS AGUDOS DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS SOBRE OS PARÂMETROS CARDIOVASCULARES, METABÓLICOS E NO DESEMPENHO EM INDIVÍDUOS FISICAMENTE ATIVOS

**Tabela 1.** Rotação dos procedimentos da ingestão de bebidas energéticas empregados **63**

**Tabela 2.** Composição do café da manhã em termos calóricos e composição de macronutrientes **64**

**Tabela 3.** Composição nutricional das bebidas utilizadas nos ensaios experimentais em 250 mL **65**

**Tabela 4.** Média  $\pm$  desvio padrão das respostas cardiovasculares apresentadas durante o repouso, exercício 65-75% do  $VO_{2máxEs}$  e o *sprint* **71**

**Tabela 5.** Média  $\pm$  desvio padrão do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), produção dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) e quociente respiratório (RQ) obtidos em cada tratamento aplicado durante o estudo **72**

### CAPÍTULO 2: EFEITOS DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS NO BALANÇO HÍDRICO-MINERAL EM EXERCÍCIO CONTÍNUO NO CICLOERGÔMETRO

**Tabela 1.** Rotação dos procedimentos da ingestão de bebidas energéticas empregados **101**

**Tabela 2.** Composição do café da manhã em termos calóricos e 102  
composição de macronutrientes

**Tabela 3.** Composição nutricional das bebidas utilizadas nos ensaios 103  
experimentais em 250 ml

**Tabela 4.** Média  $\pm$  desvio padrão dos parâmetros relacionados ao balanço 107  
hídrico e estado de hidratação apresentados pelos participantes do estudo

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1: EFEITO DA INGESTÃO DE TAURINA NO DESEMPENHO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

**Figura 1.** Procedimentos de identificação, triagem e seleção dos estudos para análise. **13**

### ARTIGO 2: BEBIDAS ENERGÉTICAS POSSUEM EFEITOS ERGOGÊNICOS NO EXERCÍCIO FÍSICO?

**Figura 1.** Procedimentos de identificação, triagem e seleção dos estudos para análise. **37**

### CAPÍTULO 1: EFEITOS AGUDOS DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS SOBRE OS PARÂMETROS CARDIOVASCULARES, METABÓLICOS E NO DESEMPENHO EM INDIVÍDUOS FISICAMENTE ATIVOS

**Figura 1.** Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo **68**

**Figura 2.** Tempo de duração do *sprint* para os três tratamentos. **70**

**Figura 3.** Oxidação de carboidratos e de gorduras durante os 60 minutos de exercício e durante o *sprint* para os três tratamentos. **73**

**Figura 4.** Média  $\pm$  desvio-padrão da glicemia e do lactato plasmático nos momentos pré-exercício (-110 min, -40 min e 0 min) nos testes experimentais. **74**

**Figura 5.** Média  $\pm$  desvio-padrão da glicemia e do lactato plasmático ao longo do exercício contínuo e após o *sprint* nos testes experimentais. **75**

### CAPÍTULO 2: EFEITOS DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS NO BALANÇO HÍDRICO-MINERAL EM EXERCÍCIO CONTÍNUO NO CICLOERGÔMETRO

**Figura 1.** Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo. **107**

**Figura 2.** Média  $\pm$  desvio-padrão das concentrações de sódio, potássio e hematócrito nos momentos pré-exercício (-110 min, -40 min e 0 min) nos teste experimentais. **109**

**Figura 3.** Média  $\pm$  desvio-padrão das concentrações de sódio, potássio e hematócrito ao longo do exercício contínuo e após o *sprint* nos testes experimentais. **111**

**LISTA DE ABREVIATURAS**

ABIRB	Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas Não- Alcoólicas
ACSM	Colégio Americano de Medicina do Esporte
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BE	Bebida Energética
Da	Desidratação absoluta
Dr	Desidratação relativa
DU	Densidade da urina
FC	Frequência cardíaca
FCM	Frequência cardíaca máxima
IPE	Índice de percepção de esforço
PA	Pressão arterial
PAD	Pressão arterial diastólica
PAS	Pressão arterial sistólica
PC	Peso corporal
PCi	Peso corporal inicial
PCf	Peso corporal final
RQ	Quociente respiratório
SBME	Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte
Tau	Taurina
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio
VCO <sub>2</sub>	Consumo de gás carbônico
VO <sub>2max</sub>	Consumo máximo de oxigênio
VO <sub>2maxEs</sub>	Consumo máximo de oxigênio estimado

## RESUMO

PEREIRA, Juscélia Cristina, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2013. **Efeito de diferentes bebidas energéticas no desempenho físico.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Co-orientadora: Rita de Cássia Gonçalves Alfenas

Esta dissertação é composta de dois artigos e de dois capítulos. O primeiro artigo já publicado na Revista Andaluza de Medicina del Deporte, objetivou-se descrever, através de revisão de literatura, os efeitos da taurina (Tau) no desempenho físico aeróbio e anaeróbio, além de apresentar os seus mecanismos de ação. Realizou-se uma revisão sistemática da literatura na base de dados PubMed/Medline e SportDiscus, tendo como critérios de inclusão estudos com humanos, publicados em língua inglesa, entre 1º de janeiro de 2000 e 1º de setembro de 2011. A forma de ingestão de Tau incluiu: Tau isolada ou como ingrediente das bebidas energéticas analisada com um suplemento placebo. Melhoras significativas foram observadas nas atividades aeróbicas e anaeróbicas após a ingestão de Tau vs. placebo. O principal efeito ergogênico observado do componente aeróbico está centrado no aumento da capacidade temporal de realização do exercício, enquanto que na atividade anaeróbica haveria uma melhor resposta dos íons de cálcio durante a contração muscular. Conclui-se que o consumo de apenas 1 g de Tau, independentemente do tempo prévio de ingestão, apresentou efeito benéfico tanto no desempenho físico aeróbio quanto no anaeróbio. O segundo artigo encaminhado para Revista Brasileira de Medicina do Esporte, investigou-se os possíveis efeitos ergogênicos das bebidas energéticas no desempenho físico aeróbio e anaeróbio e os seus mecanismos de ação. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura na base de dados PubMed/Medline e SportDiscus, tendo como critérios de inclusão estudos com humanos, entre 1º de janeiro de 2000 a 1º de abril de 2012. Em relação aos artigos sobre consequências das bebidas energéticas nos exercícios aeróbios, houve melhoras no tempo total de exercício, na capacidade cardiorrespiratória e no índice de percepção de esforço. Para as atividades anaeróbicas houve melhoras na resistência muscular e no tempo de *sprints*. Tendo em vista que os principais componentes das bebidas energéticas não considerados legais pela

Agência Mundial Anti-Doping (WADA) e que existem indícios científicos de que essas bebidas podem produzir uma ação ergogênica, torna-se interessante sua utilização, aprimorando o desempenho do atleta em competição ou na qualidade do treino em atividades de perfil aeróbico e anaeróbica. Antes do estudo experimental foi realizado um estudo piloto com 2 voluntários, tendo a finalidade de desenvolver as técnicas de registro de dados, o treinamento do pessoal de apoio, a calibração dos aparelhos e avaliação dos procedimentos e métodos empregados. Os resultados obtidos deste estudo não serão considerados no estudo experimental. O primeiro capítulo e o segundo capítulo correspondem a estudos experimentais que objetivaram verificar os efeitos da ingestão pré-exercício de bebidas energéticas com e sem carboidratos em parâmetros cardiovasculares, metabólicos e no desempenho; e identificar como a ingestão dessas duas bebidas influenciam o equilíbrio eletrolítico no exercício contínuo em cicloergômetro, respectivamente. Ambos os capítulos adotaram a mesma metodologia. Foram avaliados doze indivíduos do sexo masculino com idade de  $24,41 \pm 6,68$  anos e  $VO_{2max}$  estimado ( $VO_{2MáxEs}$ ) de  $54,56 \pm 4,85$  mL.(kg.min)<sup>-1</sup>, praticantes regulares de ciclismo. O protocolo de exercício consistia de três sessões experimentais com duração de 60 minutos de exercício contínuo (65-75%  $VO_{2MáxEs}$ ), seguido por um *sprint* de 6 km, respeitando um intervalo de pelo menos 2 dias entre as sessões. O desenho experimental adotado foi duplo cego, em *cross over* randomizado, em que 40 minutos antes do início dos exercícios foram ingeridas uma das três bebidas: BE com (BE1) e sem carboidratos (BE2) ou bebida placebo. A quantidade de bebida consumida foi calculada individualmente, para fornecer uma dose de 2 mg de cafeína/kg de peso corporal (PC). Durante cada uma das situações experimentais, o procedimento de hidratação foi com água na proporção de 3 mL/kg de PC imediatamente antes do início do exercício, a cada 15 minutos, bem como após o final do *sprint*. As amostras sanguíneas foram coletadas nos seguintes momentos: antes do café da manhã (-110min), antes da ingestão da bebida (-40 min), imediatamente antes do início do exercício (0 min), a cada 20 minutos de exercício contínuo e ao final do *sprint*. Foram realizadas medições das taxas de trocas respiratórias, por um analisador de gases, ao início do exercício, nos mesmos intervalos de 20 minutos e durante o *sprint*. Para avaliar o balanço hídrico e o estado de hidratação dos avaliados, foram registrados o PC e a densidade da urina antes e após o

exercício, o volume urinário após o exercício e o hematócrito. O registro do PC e do volume urinário permitiu o cálculo da perda hídrica (relativa e absoluta), do percentual de desidratação (relativa e absoluta e da taxa de sudorese). Todos os testes experimentais foram realizados em semelhantes condições experimentais de temperatura e umidade relativa do ar. Os principais resultados do primeiro capítulo apontam que o tempo gasto para completar o *sprint* foi significativamente maior para o placebo comparado as bebidas energéticas BE1 ( $p < 0,001$ ) e BE2 ( $p = 0,003$ ); entre os tratamentos (BE1 e BE2) houve redução significativa ( $p > 0,001$ ) no tempo de *sprint* após o consumo de BE1. Não foram observadas diferenças ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos para frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e diastólica,  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , oxidação de gordura e concentração plasmática de glicose e de lactato. O quociente respiratório (QR) foi significativamente maior nos intervalos 40-45 minutos ( $p = 0,005$ ) e 55-60 minutos ( $p = 0,022$ ) no tratamento BE1 comparado ao placebo. Durante o *sprint*, a oxidação de carboidratos foi maior ( $p = 0,017$ ) no tratamento BE1 comparado ao placebo. O valor do IPE ao final do *sprint* foi maior no tratamento placebo comparado com BE1 ( $p = 0,012$ ) e com BE2 ( $p = 0,022$ ). Os principais resultados do segundo capítulo apontam que os parâmetros referentes ao balanço hídrico e do estado de hidratação não apresentaram diferença significativa entre os três testes experimentais ( $p > 0,05$ ). Contudo, houve redução estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ) do PC e da densidade da urina após o exercício ( $p < 0,05$ ) para todos os tratamentos. As concentrações plasmáticas de sódio não mudaram significativamente durante os 60 minutos de exercício contínuo e após o *sprint* para todos os tratamentos e não foram observadas diferenças entre os tratamentos. As concentrações de potássio foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) durante o exercício contínuo e após o *sprint* quando comparadas ao repouso para todos os tratamentos. Após o *sprint*, no tratamento placebo, houve aumento significativo nos valores de potássio comparado as bebidas energéticas BE1 ( $p = 0,017$ ) e ao BE2 ( $p = 0,012$ ). Já a concentração de hematócrito se manteve estável ao longo dos 60 minutos de exercício e aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) após o *sprint* para todos os tratamentos. Considerando as condições ambientais e de exercício propostas no presente estudo, é possível concluir que as bebidas energéticas ministradas numa quantidade que seja fornecida 2mg de cafeína / kg de PC, produzem semelhante efeito sobre o balanço hídrico-mineral

em relação ao placebo, para o grupo populacional estudado (praticantes regulares de ciclismo e com um baixo consumo diário de cafeína), não sendo assim observado efeito diurético durante o exercício. Contudo, a ingestão da BE1, foi mais efetiva para maximização da capacidade de *sprint* de 6 km, indicando o seu consumo antes do exercício, visto que não foi observado nenhum efeito ergolítico.

## ABSTRACT

PEREIRA, Juscélia Cristina, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, march de 2013.. **Effect of different energy drinks on physical performance.** Adviser: João Carlos Bouzas Marins. Co-adviser: Rita de Cássia Gonçalves Alfenas.

This dissertation consists of two articles and two chapters. The first article ever published in the Revista Andaluza de Medicina del Deporte aimed to describe, through literature review, the effects of taurine (Tau) on aerobic and anaerobic physical performance as well as its mechanisms of action. A systematic literature review on PubMed/Medline and SPORTDiscus was performed, including studies on humans which were published in English between January 1<sup>st</sup>, 2000 and September 1<sup>st</sup>, 2011. The forms of Tau intake were as the isolated compound (Tau) or as an ingredient in energy drinks analyzed with a placebo supplement. Significant improvements were observed in aerobic activities and in anaerobic activities after intake of Tau, compared to the placebo. The main ergogenic effect observed in the aerobic component was an increase on the temporal capacity of performing an exercise, whereas for the anaerobic activity there was a better response of calcium ions during muscle contraction. The consumption of only 1 g of Tau, regardless of the time prior to intake, showed a beneficial effect on aerobic and anaerobic physical performance. The second article submitted to Brazilian Journal of Sports Medicine, investigated the potential ergogenic effects of energy drinks on aerobic and anaerobic exercise performance and their mechanisms of action. We performed a systematic review of the literature in PubMed/Medline and SportDiscus, with the inclusion criteria of human studies, and published in English or Spanish between January 1<sup>st</sup>, 2000 and April 1<sup>st</sup>, 2012. Regarding articles about consequences of energy drinks in aerobic exercise, there were significant improvements in total exercise time, cardiorespiratory capacity and rate of perceived exertion. For anaerobic activities, there were improvements in endurance and sprint time. Considering that the main components of energy drinks are considered legal by the World Anti-Doping Agency (WADA) and that there is scientific evidence that these drinks can produce an ergogenic action, it becomes interesting to use, improving the athlete's performance in competition or

the quality of training in activities of aerobic and anaerobic profile. Before the experimental study was carried out a pilot study and two volunteers, in order to develop technical data logging, training of support staff, of calibrating and evaluating the procedures and methods employed. The results of this study will not be considered in the experimental study. The first chapter and the second chapter correspond to experimental studies that aimed to assess the effects of pre-exercise ingestion of energy drinks with and without carbohydrates in cardiovascular parameters, metabolic and performance, and identify if intake of these beverages affect similarly the water balance in mineral-continuous exercise on a cycle ergometer, respectively. Both chapters have adopted the same methodology. Twelve males with age between  $24,41 \pm 6,68$  years old and  $VO_{2max}$  estimate ( $VO_{2MáxEs}$ ) of  $54,56 \pm 4,85$  mL.(kg.min)<sup>-1</sup>, regular practitioners of cycling. The exercise's protocol consisted in three experimental sessions of min in continuous exercise (65-75% $VO_{2MáxEs}$ ), followed for a 6km sprint, respecting the interval of at least two days between sessions. This is a double blind study, in cross over randomized, which 40 min before begin exercise was ingested one of the three drinks: ED with (ED1) and without carbohydrates (ED2) or placebo drink. The amount of drink consumed was calculated individually, for offer 2mg of caffeine/kg of body weight (BW). During each experimental procedure situation, the hydration was with water in the ratio of 3 mL / kg BW immediately before the exercise, every 15 minutes, and after the final sprint. Blood samples were collected at the following times: before breakfast (-110min), before drink ingestion (-40 min), immediately before the start of exercise (0 min), every 20 minutes of continuous exercise and final sprint. Measurements were performed respiratory exchange rates for a gas analyzer, the beginning of exercise, at the same intervals of 20 minutes and during the sprint. To evaluate fluid balance and hydration status of the subjects was recorded BW and density of urine before and after exercise, urinary volume after exercise and hematocrit. To evaluate fluid balance and hydration status of the subjects was recorded BW and density of urine before and after exercise, urinary volume after exercise. These measures allowed the monitoring of the percentage of relative and absolute dehydration and sweat rate. All experimental tests were performed in similar experimental conditions of temperature and relative humidity air. The key findings from the first chapter indicate that the time taken to complete the sprint was

significantly higher compared to placebo than the other energetic supplement ED1 ( $p < 0,001$ ) and ED2 ( $p = 0,003$ ); between treatments (ED 1 and ED 2) had a significant decrease ( $p > 0,001$ ) in the sprint time after ED1 consumption. Heart rate and arterial pressure systolic and diastolic were similar ( $p > 0,05$ ) between the treatments. There was observed any difference ( $p > 0,05$ ) between the treatments for  $VO_2$ , and  $VCO_2$ , fat oxidation and plasmatic concentration of glucose and lactate. The respiratory quotient was significantly larger to the intervals of 40-45min ( $p = 0,005$ ) and 55-60 min ( $p = 0,022$ ) ED1 treatment compared to placebo. During the sprint, the carbohydrates oxidation was larger ( $p = 0,017$ ) in the ED1 compared to placebo. The effort perception index in the sprint's end was larger in the placebo treatment compared to ED1 ( $p = 0,012$ ) and with ED2 ( $p = 0,022$ ). The Key findings of second chapter indicate the parameters related to the water balance any significant difference was showed between the three experimental tests ( $p > 0,05$ ). However, there was a significant statistically decrease ( $p < 0,001$ ) in the BW and in the urine density after exercise ( $p < 0,05$ ) for all treatments. Potassium concentrations were significantly higher ( $p < 0,05$ ) during exercise and continued after the sprint when compared to in a rest situation for all treatments. After the sprint, at the placebo treatment, a significant increase in the potassium values compared to ED1 supplements ( $p = 0,017$ ) and ED2 ( $p = 0,012$ ). The hematocrit concentration remained stable throughout the 60 minutes of exercise and increased significantly ( $p < 0,05$ ) after sprint for all treatments. Considering the environmental conditions and of exercise proposed in this study, is possible to conclude Considering the environmental conditions and of exercise proposed in this study, was possible to conclude, that energy drinks administered in an amount that provides 2mg of caffeine / kg BW, generated similar mineral-water balance over placebo for the study population group and thus not observed diuretic effect during exercise. However, ingestion of ED1, was more effective in maximizing the capacity of 6 km sprint, indicating that ED1 can be used before exercise, since there was no observable effect ergolítico.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Na última década, o consumo de bebida energética (BE) tornou-se popular entre estudantes (ATTILA; CAKIR, 2011), pessoas ativas (TSITSIMPIKOU et al., 2011) e principalmente atletas (BUXTON; HAGAN, 2012), devido à suposição de um possível efeito ergogênico (CAMPBELL et al., 2013; KAZEMI et al., 2009) o que seria especialmente interessante para esse último grupo durante a participação em competições.

É importante diferenciar bebida esportiva de BE. As bebidas esportivas, como Gatorade<sup>®</sup> e Powerade<sup>®</sup>, são elaboradas para recuperar os níveis de glicogênio, de eletrólitos, de íons e evitar a desidratação dos atletas durante e após sua *performance* (KAZEMI et al., 2009; RAHNAMA; GAEINI; KAZEMI, 2010). Entretanto, BE estaria relacionada com outras respostas fisiológicas sendo associadas ao aumento da capacidade energética, da agilidade mental e ao desempenho físico, durante os treinamentos e as competições (BUXTON; HAGAN, 2012; IVY et al., 2009).

A maioria das bebidas energéticas contém na sua composição cafeína, taurina (Tau), carboidratos e vitaminas (CAMPBELL et al., 2013). Em teoria, os ingredientes agem sinergicamente para melhorar o desempenho físico; no entanto, cafeína e Tau são apontadas como principais ingredientes ativos dessas bebidas, sendo responsáveis pelos principais efeitos ergogênicos (GWACHAM; WAGNER, 2012; RUTHERFORD; SPRIET; STELLINGWERFF, 2010). A Tau é o principal aminoácido intracelular livre da maior parte dos tecidos dos mamíferos (STURMAN; CHESNEY, 1995) e estudos mostraram efeito positivo da ingestão aguda de Tau na melhoria no desempenho físico, tanto em animais (MIYAZAKI et al., 2004; YATABE et al., 2003) quanto em seres humanos (BAUM; WEISS, 2001; ZHANG et al., 2004). Já a cafeína é utilizada com grande frequência como substância ergogênica de forma aguda, antes da realização de exercícios físicos, com o intuito de protelar a fadiga e, conseqüentemente, aprimorar a *performance* (BACKHOUSE et al., 2011; CANDOW et al., 2009).

Apesar do seu efeito ergogênico, nutricionistas, médicos e fisiologistas do esporte têm advertido seus atletas a evitarem o consumo de cafeína ou de bebidas cafeinadas previamente ou durante o exercício, devido ao seu potencial

diurético (ARMSTRONG et al., 2007), gerando assim uma maior desidratação e conseqüentemente redução da *performance*. Tem sido sugerido que a cafeína reduz o fluxo sanguíneo cutâneo, aumentando a temperatura interna durante o exercício que pode potencialmente levar a exaustão pelo calor (ARMSTRONG, 2002; ARMSTRONG et al., 2007).

Desta forma é interessante investigar o efeito do consumo prévio de BE no balanço hídrico durante o exercício, uma vez que, a maioria dos estudos avalia o efeito diurético da cafeína quando consumida em dose isolada (DEL COSO; ESTEVEZ; MORA-RODRIGUEZ, 2009; FALK et al., 1990; GANIO et al., 2011; SIMMONDS; MINAHAN; SABAPATHY, 2010; WEMPLE; LAMB; MCKEEVER, 1997) ou inserida nas bebidas esportivas (DEL COSO et al., 2009; MILLARD-STAFFORD et al., 2007; GUTTIERRES et al., 2008).

Quanto à presença de carboidratos na BE, esses são fundamentais para fornecer energia exógena e auxiliar na absorção e retenção de líquidos (OSTERBERG et al., 2010). Além disso, alguns autores constataram que a adição de carboidratos à bebida cafeinada pode potencializar o efeito ergogênico durante o exercício físico (DEL COSO; ESTEVEZ; MORA-RODRIGUEZ, 2008; GANT; ALI; FOSKETT, 2010). Todavia, nos últimos anos, a ingestão de BE sem carboidratos (*sugar free*) aumentou entre os esportistas e praticantes de atividade física, possivelmente porque muitos indivíduos ativos optam por ser uma bebida cafeinada, sem açúcar e com baixo teor calórico (CANDOW et al., 2009).

Diante da escassez de estudos que comparam o efeito da BE com e sem a presença de carboidratos (*sugar free*) nos parâmetros cardiovasculares, e metabólicos, no desempenho físico e no balanço hídrico-mineral, torna-se importante identificar qual das bebidas trazem mais benefícios ergogênicos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar o efeito da ingestão de bebidas energéticas com e sem carboidratos no desempenho físico durante exercício em cicloergômetro.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Descrever os efeitos da taurina no desempenho físico aeróbio e anaeróbico, além de apresentar os seus mecanismos de ação;

Determinar os possíveis efeitos ergogênicos das bebidas energéticas no desempenho físico aeróbio e anaeróbico e descrever os seus mecanismos de ação;

Comparar os efeitos das bebidas energéticas na frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e diastólica;

Comparar os efeitos das bebidas energéticas na oxidação de substratos;

Comparar os efeitos das bebidas energéticas nas concentrações plasmáticas de glicose, lactato, hematócrito, sódio e potássio;

Comparar os efeitos das bebidas energéticas nos parâmetros subjetivos, como sintomas gastrointestinais e índice de percepção de esforço;

Comparar os efeitos das bebidas energéticas no equilíbrio eletrolítico;

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, L. E. Caffeine, body fluid-electrolyte balance, and exercise performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 12, n. 2, p. 189-206, 2002.

ARMSTRONG, L. E.; CASA, D. J.; MARESH, C. M.; GANIO, M. S. Caffeine, fluid-electrolyte balance, temperature regulation, and exercise-heat tolerance. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 35, n. 3, p. 135-140, 2007.

ATTILA, S.; CAKIR, B. Energy-drink consumption in college students and associated factors. **Nutrition**, v. 27, n. 3, p. 316-322, 2011.

BACKHOUSE, S. H.; BIDDLE, S. J.; BISHOP, N. C.; WILLIAMS, C. Caffeine ingestion, affect and perceived exertion during prolonged cycling. **Appetite**, v. 57, n. 1, p. 247-252, 2011.

BAUM, M.; WEISS, M. The influence of a taurine containing drink on cardiac parameters before and after exercise measured by echocardiography. **Amino Acids**, v. 20, n. 1, p. 75-82, 2001.

BUXTON, C.; HAGAN, J. E. A survey of energy drinks consumption practices among student -athletes in Ghana: lessons for developing health education intervention programmes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 9, 2012.

CAMPBELL, B., WILBORN, C.; LA BOUNTY, P.; TAYLOR, L.; NELSON, M.T.; GREENWOOD, M.; ZIEGENFUSS, T.N.; LOPEZ, H.L.; HOFFMAN, J.R.; STOUT, J.R.; SCHMITZ, S.; COLLINS, R.; KALMAN, D.S.; ANTONIO, J.; KREIDER, R.B. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. **International Society of Sport Nutrition**, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2013.

CANDOW, D. G.; KLEISINGER, A. K.; GRENIER, S.; DORSCH, K. D. Effect of sugar-free Red Bull energy drink on high-intensity run time-to-exhaustion in young

adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p. 1271-1275, 2009

DEL COSO, J.; ESTEVEZ, E.; MORA-RODRIGUEZ, R. Caffeine during exercise in the heat: thermoregulation and fluid-electrolyte balance. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v. 41, n. 1, p. 164-173, 2009.

DEL COSO, J.; ESTEVEZ, E.; MORA-RODRIGUEZ, R. Caffeine effects on short-term performance during prolonged exercise in the heat. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v. 40, n. 4, p. 744-751, 2008.

FALK, B.; BURSTEIN, R.; ROSENBLUM, J.; SHAPIRO, Y.; ZYLBER-KATZ, E.; BASHAN, N. Effects of caffeine ingestion on body fluid balance and thermoregulation during exercise. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 68, n. 7, p. 889-892, 1990.

GANIO, M. S.; JOHNSON, E. C.; KLAU, J. F.; ANDERSON, J. M.; CASA, D. J.; MARESH, C. M.; VOLEK, J. S.; ARMSTRONG, L. E. Effect of ambient temperature on caffeine ergogenicity during endurance exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 6, p. 1135-1146, 2011.

GANT, N.; ALI, A.; FOSKETT, A. The influence of caffeine and carbohydrate coingestion on simulated soccer performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 20, n. 3, p. 191-197, 2010.

GWACHAM, N.; WAGNER, D. R. Acute effects of a caffeine-aurine energy drink on repeated sprint performance of American college football players. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 22, n. 2, p. 109-116, 2012.

GUTTIERRES, A.P.M.; GATTI, K.; LIMA, J.R.P.; NATALI, A.J.; ALFENAS, R.C.G; MARINS, J.C.B. Efeito de bebida esportiva cafeinada sobre o estado de hidratação de jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 29, n.2, p.147-163, 2008.

KAZEMI, F.; GAEINI, A. A.; KORDI, M. R.; RAHNAMA, N. The acute effects of two energy drinks on endurance performance in female athlete students. **Sport Sciences for Health**, v. 5, p. 55-60, 2009.

MILLARD-STAFFORD, M. L.; CURETON, K. J.; WINGO, J. E.; TRILK, J.; WARREN, G. L.; BUYCKX, M. Hydration during exercise in warm, humid conditions: effect of a caffeinated sports drink. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 17, n. 2, p. 163-177, 2007.

MIYAZAKI T, MATSUZAKI Y, IKEGAMI T, MIYAKAWA S, DOY M, TANAKA N, BOUSCAREL B. Optimal and effective oral dose of taurine to prolong exercise performance in rat. **Amino Acids**, v. 27, n. 3-4, p. 291-8, 2004

OSTERBERG, K. L.; PALLARDY, S. E.; JOHNSON, R. J.; HORSWILL, C. A. Carbohydrate exerts a mild influence on fluid retention following exercise-induced dehydration. **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 2, p. 245-250, 2010.

RAHNAMA, N.; GAEINI, A. A.; KAZEMI, F. The effectiveness of two energy drinks on selected indices of maximal cardiorespiratory fitness and blood lactate levels in male athletes. **Journal of Research in Medical Sciences**, v. 15, n. 3, p. 127-132, 2010.

RUTHERFORD, J. A.; SPRIET, L. L.; STELLINGWERFF, T. The effect of acute taurine ingestion on endurance performance and metabolism in well-trained cyclists. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 20, n. 4, p. 322-329, 2010.

SIMMONDS, M. J.; MINAHAN, C. L.; SABAPATHY, S. Caffeine improves supramaximal cycling but not the rate of anaerobic energy release. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 2, p. 287-295, 2010.

STURMAN, J. A.; CHESNEY, R. W. Taurine in pediatric nutrition. **Pediatric Nutrition**, v.42, p. 879-897, 1995.

TSITSIMPIKOU, C.; CHRISOSTOMOU, N.; PAPALEXIS, P.; TSAROUHAS, K.; TSATSAKIS, A.; JAMURTAS, A. The use of nutritional supplements among

recreational athletes in Athens, Greece. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 21, n. 5, p. 377-384, 2011.

YATABE, Y.; MIYAKAWA, S.; MIYAZAKI, T.; MATSUZAKI, Y.; OCHIAI, N. Effects of taurine administration in rat skeletal muscles on exercise. **Journal of Orthopaedic Science**, v. 8, n. 3, p. 415-419, 2003.

ZHANG, M.; IZUMI, I.; KAGAMIMORI, S.; SOKEJIMA, S.; YAMAGAMI, T.; LIU, Z.; QI, B. Role of taurine supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress in healthy young men. **Amino Acids**, v. 26, n. 2, p. 203-207, 2004.

**ARTIGO 1: EFEITO DA INGESTÃO DE TAURINA NO DESEMPENHO FÍSICO:  
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.**

Juscélia Cristina Pereira<sup>1</sup>  
Rafael Goncalves Silva<sup>1</sup>  
Alex Andrade Fernandes<sup>1</sup>  
João Carlos Bouzas Marins<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Estudos em Performance Humana, Departamento de Educação Física,  
Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

**ARTIGO PUBLICADO:**

J.C. Pereira, R. G. Silva, A.A. Fernandes e J.C.B. Marins. Efeito da ingestão de taurina no desempenho físico: uma revisão sistemática. Rev Andal Med Deporte. 2012;5(4):156-162.

## RESUMO

**Objetivos:** Descrever os efeitos da taurina (Tau) no desempenho físico aeróbio e anaeróbio, além de apresentar os seus mecanismos de ação. **Métodos:** Realizou-se uma revisão sistemática da literatura na base de dados PubMed/Medline e SportDiscus, tendo como critérios de inclusão estudos com humanos, publicados em língua inglesa, entre 1º de janeiro de 2000 e 1º de setembro de 2011. A forma de ingestão de Tau incluiu: Tau isolada ou como ingrediente das bebidas energéticas analisada com um suplemento placebo. A qualidade dos estudos selecionados foi avaliada pela escala de PEDro e incluídos os artigos com pontuação superior a 5. **Resultados:** Foram selecionados, após o processo de filtragem, 14 estudos, sendo 11 com alterações no desempenho físico aeróbio e 3 no desempenho físico anaeróbio. Melhoras significativas foram observadas nas atividades aeróbicas (8 dos 11 artigos) e nas atividades anaeróbicas (2 dos 3 estudos) após a ingestão de Tau vs. placebo. **Conclusão:** O consumo de apenas 1 g de Tau, independentemente do tempo prévio de ingestão, apresentou efeito benéfico no desempenho físico aeróbio e anaeróbio. O principal efeito ergogênico observado do componente aeróbio está centrado no aumento da capacidade temporal de realização do exercício, enquanto que na atividade anaeróbia haveria melhor resposta dos íons de cálcio durante a contração muscular.

**Palavras-chave:** Taurina. Recursos ergogênicos. Bebida energética. Esportes.

## ABSTRACT

**Objectives:** Describe the effects of taurine (Tau) on aerobic and anaerobic physical performance as well as its mechanisms of action. **Methods:** A systematic literature review on PubMed/Medline and SPORTDiscus was performed, including studies on humans which were published in English between January 1<sup>st</sup>, 2000 and September 1<sup>st</sup>, 2011. The forms of Tau intake were as the isolated compound (Tau) or as an ingredient in energy drinks analyzed with a placebo supplement. The quality of the selected articles was assessed using the PEDro scale and included articles with at least 5 points. **Results:** After the filtering process, 14 studies were selected from which 11 presented changes in aerobic physical performance and 3 in anaerobic physical performance. Significant improvements were observed in aerobic activities (8 out of 11 articles) and in anaerobic activities (2 out of 3 studies) after intake of Tau, compared to the placebo. **Conclusion:** The consumption of only 1 g of Tau, regardless of the time prior to intake, showed a beneficial effect on aerobic and anaerobic physical performance. The main ergogenic effect observed in the aerobic component was an increase on the temporal capacity of performing an exercise, whereas for the anaerobic activity there was a better response of calcium ions during muscle contraction.

**Keywords:** Taurine. Ergogenic resources. Energy drinks. Sports.

## 1. INTRODUÇÃO

Taurina (Tau) (ácido 2-aminoetanossulfônico) é o principal aminoácido intracelular livre da maior parte dos tecidos dos mamíferos<sup>1,2</sup>. A Tau está presente em quantidade relativamente alta na retina e nos tecidos muscular esquelético e cardíaco<sup>3</sup>. É derivada do metabolismo da cisteína e sintetizada no fígado através de várias etapas enzimáticas e, por conseguinte, é considerada não essencial ou condicionalmente essencial<sup>4,5</sup>. Sua maior concentração ocorre naturalmente em frutos do mar, peixes, carne escura de aves e leite materno<sup>6,7</sup>.

A Tau proveniente da dieta é prontamente absorvida pelo trato gastrointestinal e sua captação contribui de forma significativa para o seu equilíbrio no organismo humano, podendo ser decisiva quando sua síntese se mostrar debilitada<sup>8,9</sup>. A administração oral alcança o seu pico no soro uma hora após a sua ingestão e demonstra meia-vida de 1 a 2 horas<sup>10</sup>.

Experimentos clínicos têm sugerido que o ácido 2-aminoetanossulfônico exerce ação osmorreguladora, deixando células expostas ao estímulo hipotônico através de diferentes canais permeáveis a Tau e ânions<sup>11,12</sup>. Estudos sobre a Tau no músculo esquelético revelaram papel poderoso na estabilização de fosfolipídios de membrana<sup>13,14</sup> e na regulação da concentração de  $Ca^{+2}$  intracelular, aumentando a taxa de absorção do retículo sarcoplasmático (RS) e a capacidade de armazenamento total das vesículas do RS<sup>15,16</sup>.

Existe uma ação scavenger (sequestradora) da Tau sobre os radicais livres e na regulação da taxa de geração de espécies reativas de oxigênio (ROS) por mitocôndria<sup>17</sup>. Isto é importante, porque elevada geração de superóxido por mitocôndria é capaz de iniciar a transição de permeabilidade mitocondrial, que, por sua vez, aciona a cascata apoptótica<sup>18</sup>. Dessa forma, levou à proposição de que a suplementação de Tau pode ser benéfica em condições que impliquem aumento da susceptibilidade à lesão muscular e estresse oxidativo, como envelhecimento<sup>19</sup> e exercício físico exaustivo<sup>20,21</sup>.

Devido a essas funções fisiológicas da Tau, este aminoácido tornou-se ingrediente funcional (aproximadamente 1.000-2.000 mg por porção) das bebidas energéticas (BE), com a alegação de efeitos ergogênicos por parte dos fabricantes<sup>22</sup>. O recorde de 7 bilhões de vendas em 2005 e o elevado consumo

das BE por atletas treinados<sup>23-25</sup> e pessoas ativas<sup>23,24</sup> levaram a um aumento nas pesquisas com BE contendo Tau<sup>23,24,26-30</sup>.

Existe uma literatura extensa apoiando a ingestão de Tau para melhorar o desempenho físico aeróbio<sup>2,22-24,27,29-36</sup> e anaeróbio<sup>20,27,29,33,35,37,38</sup>. Contudo, alguns estudos não apresentaram evidências de um efeito ergogênico<sup>22,28,39,40</sup>. Além disso, não há um consenso na literatura em relação às doses necessárias de Tau para a prática esportiva, havendo sugestão de 1 g /dia<sup>27,41</sup>, 1,66 g /dia<sup>22,42</sup>, 2g/dia<sup>29,32</sup> ou 6 g/dia<sup>2</sup>.

Há muitas lacunas quando se discutem os efeitos da Tau, tanto quando consumida de forma isolada ou quando se encontra contida em uma BE em relação ao dano muscular e ao desempenho físico em diferentes indivíduos e modalidades de exercícios. Assim, o objetivo desta revisão sistemática é explorar os efeitos da Tau no desempenho físico aeróbio e anaeróbio e descrever os seus mecanismos de ação.

## 2. MÉTODOS

Estudos foram identificados através de uma revisão sistemática da literatura, via PubMed/Medline e SportDiscus em setembro de 2011, utilizando-se uma combinação das seguintes palavras-chave: “taurine” and “exercise”, “taurine” and “strength”, “taurine” and “power”, “taurine” and “resistance training”, “taurine” and “endurance”.

As referências bibliográficas dos estudos identificados pela pesquisa eletrônica foram revisadas para detectar estudos adicionais.

***Critérios de Exclusão:*** Artigos com foco de pesquisa em doenças genéticas, reabilitação e,ou, terapias cognitivas e estudos realizados em animais.

***Critérios de Inclusão:*** Estudos nos quais foram relatadas alterações no desempenho físico de *endurance* e,ou, exercícios de alta intensidade e curta duração após o consumo de Tau. A forma de ingestão de Tau incluiu: Tau isolada ou como ingrediente das BE, analisada com um suplemento placebo. As BE foram incluídas pelo fato de a Tau ser considerada um dos compostos

responsáveis pelos possíveis efeitos ergogênicos. A pesquisa bibliográfica foi limitada a artigos disponíveis e publicados em língua inglesa entre 1º de janeiro de 2000 e 1º de setembro de 2011.

**Escala de PEDro:** A escala de PEDro (Physiotherapy Evidence Database) foi utilizada como critério para pontuar os artigos. Esta escala foi desenvolvida pelo Centro de Fisioterapia Baseada em Evidências<sup>43</sup> e projetada para avaliar objetivamente a validade interna do estudo. Cada artigo foi avaliado em vários critérios previamente estabelecidos para produzir pontuação máxima de 10 pontos. Dois pesquisadores (autores) aplicaram a escala de forma independente, sendo as discordâncias entre eles resolvidas mediante discussão e consenso. Os artigos que apresentaram pontuação superior a cinco, na escala, foram considerados de alta expressividade metodológica (Figura 1).

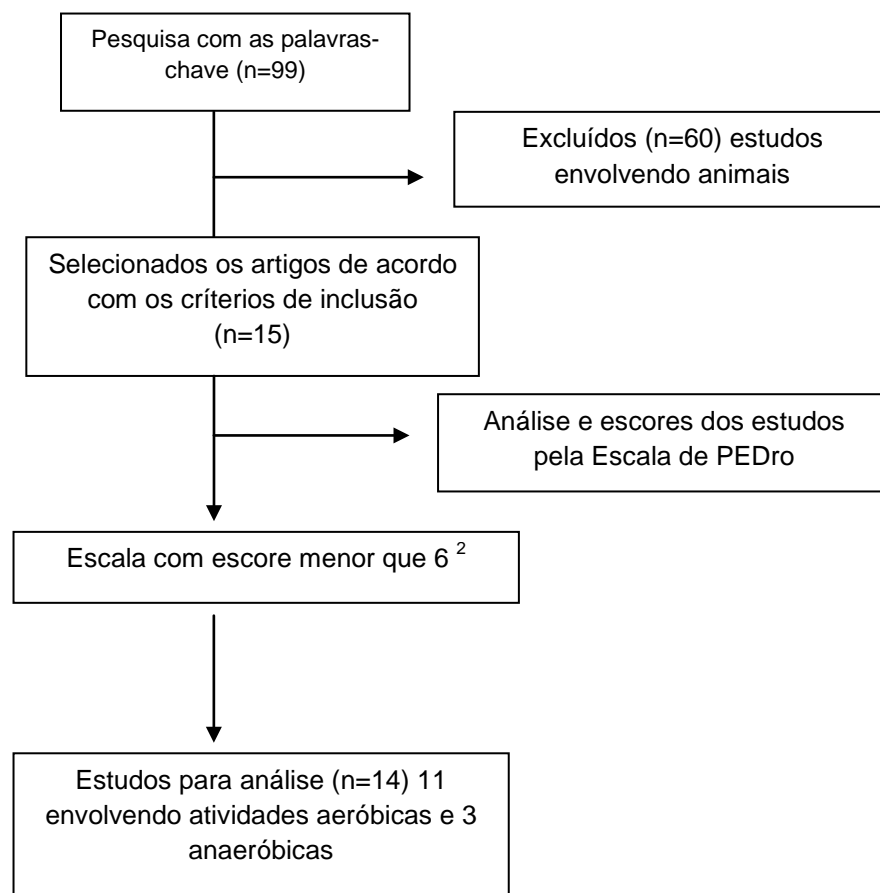


Figura 1- Procedimentos de identificação, triagem e seleção dos estudos para análise.

### 3. RESULTADOS

A média da escala de PEDro foi  $8,50 \pm 1,01$  pontos; três dos 14 estudos receberam pontuação igual a 10. Os artigos selecionados apresentaram critérios de elegibilidade especificados, distribuição aleatória dos tratamentos e design duplo-cego. A ausência destes critérios pode acarretar interferências nos resultados e na relevância dos estudos.

Alterações no desempenho físico aeróbio envolvendo 11 estudos podem ser vistos na Tabela 1, enquanto que a Tabela 2 apresenta três estudos com desempenho anaeróbio. Ambas as tabelas trazem um resumo do desenho das pesquisas, por exemplo, número de avaliados, dose e tempo de ingestão de Tau empregados, protocolo de exercício, principais resultados, percentual de melhora e a pontuação da escala de PEDro.

Em relação aos artigos envolvendo exercícios aeróbicos (Tabela 1), oito dos 11 artigos revelaram melhoras significativas na *performance* após a ingestão de Tau vs. placebo.

Alguns trabalhos relataram aumento no tempo (minutos) total de exercício<sup>23,24,27,33</sup>, na capacidade cardiorrespiratória<sup>23,24</sup>, na oxidação de gordura<sup>22</sup>, no volume de ejeção<sup>29</sup> e na velocidade do fluxo diastólico final; diminuição do índice de percepção de esforço<sup>24,31</sup> e do tempo (minutos) de exercício<sup>30</sup>.

Em sete estudos a Tau foi administrada em forma de BE, com doses de 1g<sup>23,27,44</sup>, 1,5 g<sup>45</sup>, 2g<sup>29,30</sup> e 2,05g<sup>33</sup>. Em dois estudos<sup>24,31</sup> a média do consumo de Tau (6mL/kg de peso corporal) dos avaliados não foi mencionada. Um estudo<sup>22</sup> apresentou aumento significativo na oxidação de gordura durante exercício contínuo, após a ingestão de 1,66 g de Tau dissolvida em suco light.

Em relação ao tempo de consumo de Tau antes do exercício físico aeróbio, estudos apresentaram melhora significativa com 40 minutos<sup>23,24,29,30</sup>, 30 minutos<sup>27,31</sup>, 60 minutos<sup>22</sup> e 10 minutos<sup>33</sup>.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do desempenho físico após o consumo de Tau. Em relação aos artigos selecionados, dois dos três revelaram melhoras significativas na *performance* após a ingestão de Tau vs. placebo para os seguintes aspectos: aumento do tempo (minutos) de *sprint*<sup>27</sup> e do número de repetições<sup>46</sup> de 1 repetição máxima (RM). Em todos os artigos analisados, a

administração de Tau foi através de BE, variando-se a concentração de gramas entre os estudos: 1 g<sup>27</sup> e 25 mg/kg de peso corporal<sup>46</sup>. Não foi mencionada qual a média de ingestão de Tau dos avaliados, o que dificulta a comparação com outros estudos.

Em relação ao tempo de consumo de Tau antes do exercício físico anaeróbio, estudos apresentaram melhora significativa com 30 minutos<sup>27</sup> e 60 minutos<sup>46</sup>. As atividades envolvidas nestes estudos foram *sprint* (ciclismo)<sup>27</sup> e repetições máximas no *bench press*<sup>46</sup>.

Tabela 1 - Efeitos da Taurina no desempenho físico aeróbico

Autor	Amostra	Doses	TI (minutos)	Protocolo	Resultados	Percentual de melhora vs. placebo	Escala De PEDro
Alford et al. <sup>27</sup>	7M / 7 F (18-35 anos)	1g‡	30	Pedalar a 65-75% da FCM	↑ Tempo total de exercício	9*	8
Baum e Weib <sup>29</sup>	13 M (26 ± 4 anos)	2g‡	40	Pedalar: 6 min (2 mmol/l) 6 min (3 mmol/l) 6min(5-6 mmol/l) 6 min (acima de 8 mmol/l)	↑ Volume de ejeção ↑ Velocidade do fluxo diastólico final	NR* NR*	9
Gallowey et al <sup>42</sup>	8 M (22 ± 1 anos)	4,98 g/dia (7 dias)		Pedalar 120 min 60% VO <sub>pico</sub>	Não houve efeito: FC, V <sub>O2</sub> , RER e taxas de oxidação de CHO e de gordura	NR	7
Ivy et al <sup>30</sup>	6 M /6 F (27,3 ± 1,7 anos)	2g‡	40	Pedalar uma quantidade de trabalho padronizado correspondente a 60 min de bicicleta o mais rápido possível	↓ Tempo total de exercício	- 4,7 *	10
Kazemi et al <sup>24</sup>	12 F (22± 0,63 anos)	6ml/Kg PC (1 g/250 ml)‡	40	Teste de esteira (Bruce)	↑ Tempo total de exercício ↑ VO <sub>2MÁX</sub> ↓ IPE	9,3* 6,9* -4,5*	9

---

Nienhueser et al. <sup>44</sup>	10 M (21.4 ± 1.6 anos)	1,25 g‡ (B1) 1g‡ (B2) 1g‡ (B3)	60	Caminhar / correr 50% do VO <sub>2MÁX</sub> por 15 min	Não houve efeito noVO <sub>2</sub> , FC e RER		7
Rahnama et al. <sup>23</sup>	10 M (22,4 ± 2,1)	1 g‡ ( B1) 1g‡ (B2)	40	Teste de esteira (Bruce)	↑ Tempo total de ↑ VO <sub>2MÁX</sub>	B1: 10,5* B2: 9,7*  B1: 1,53* B2: 9,9*	9
Rutherford et al. <sup>22</sup>	11 M ( 27,2 ± 1,5anos)	1,66 g	60	Pedalar 90 min a 65% do VO <sub>2MÁX</sub> / seguido por 5 KJ de Watt/kg de PC, o mais rápido possível.	Não houve efeito no tempo total de exercício, FC e IPE ↑ Oxidação de gordura (90 minutos)	NR  16 *	10
Sheehan e Hartzler <sup>45</sup>	9M/ 3F (20.6 ±1.6 anos)	1,5 g‡	30	Teste de esteira Ellestad modificado	Não houve efeito: VO <sub>2MÁX</sub> ,FCM, RER	NR	8

---

Umana-Alvarado e Moncada-Jimenez <sup>31</sup>	11M (30,18±11,50 anos)	6ml/ Kg PC (400 mg/ 100ml‡)	30	Corrida 10 km ( <i>cross country</i> )	Não houve efeito no SG e no tempo total de exercício  ↓ IPE	NR  NR*	8
Walsh et al <sup>33</sup>	9M/6F (20,9 ± 1,0 anos)	2,05g‡	10	Corrida na esteira (70 % VO <sub>2MÁX</sub> ) até à exaustão	↑ Tempo total de exercício	12,5*	10

M= Masculino; F = Feminino; TI= Tempo de ingestão; B1= Bebida 1; B2= Bebida 2; B3= Bebida 3; FCM= Frequência Cardíaca Máxima; VO<sub>2MÁX</sub>= Consumo Máximo de Oxigênio; PC= Peso Corporal; FC= Frequência Cardíaca; IPE: Índice de Percepção de Esforço; V<sub>O2</sub> = Consumo de Oxigênio; RER= Razão de Troca Respiratória; CHO= Carboidratos; NR= Não Relatado; SG= Sintomas Gastrointestinais; ‡ Tau Contida em Bebida Energética; \* Melhora Significativa (p<0,05) vs. Placebo.

Tabela 2 - Efeitos da taurina no desempenho físico anaeróbico

Autor	Amostra	Doses	TI (minutos)	Protocolo	Resultados	Percentual de melhora vs. placebo	Escala de Pedro
Alford et al. <sup>27</sup>	M / 5F 20-21 anos)	1g ‡	30	Pedalar na carga máxima de trabalho	↑ Tempo total de exercício	24*	8
Astorino et al. <sup>28</sup>	15F (19,5 ± 1,1 anos)	1g‡	60	Três séries de oito sprints no T-test modificado	Não houve efeito no tempo do teste, FC e IPE	NR	8
Forbes et al. <sup>46</sup>	11M/ 4 F (21 ± 5 anos)	25 mg/kg PC‡	60	Três séries a 70% 1RM ( <i>bench press</i> ) + Três testes de Wingate	↑ Número de repetições;  Não houve efeito na potência (Watts)	6 *  NR	8

## 4. DISCUSSÃO

Devido a sua estrutura molecular, a Tau apresenta diversas ações: osmorreguladora, antioxidante, reguladora do fluxo de cálcio intracelular e estabilização da membrana celular<sup>15</sup>. Portanto, é razoável supor que a Tau pode exercer um efeito benéfico sobre o desempenho físico. Dessa forma uma análise dos possíveis efeitos ergogênicos levantados na Tabela 1 e 2 serão apresentados em dois grandes grupos: efeitos ergogênicos sobre o sistema aeróbio e anaeróbio, respectivamente. Em cada um existem mecanismos específicos que serão abordados em sub-tópicos.

### 4.1. Efeito da taurina no desempenho físico aeróbio

Os resultados revelaram que de um total de 11 dos estudos analisados nesta revisão para o componente aeróbico, 8 (72,8%) apontaram um efeito positivo na *performance* após o consumo de Tau em forma isolada ou como ingrediente de BE (Tabela1). Esses benefícios estiveram concentrados sobre o aumento do tempo total de exercício e da oxidação de gorduras. Também foram mencionados achados positivos quanto ao sistema cardiovascular destacando-se: um aumento no volume de ejeção, na velocidade do fluxo diastólico final, e no  $VO_{2max}$ . Por último, foram encontrados indícios de uma menor percepção de esforço. A seguir serão apresentados mais detalhes de cada um desses fatores.

#### a) Tempo total de exercício

Dentre os onze artigos analisados seis destes fizeram um acompanhamento sobre a questão do tempo total de exercício. Foram encontrados efeitos positivos, quanto o aumento na capacidade temporal de execução de exercício<sup>23,24,27,30,33</sup>, enquanto que outros<sup>31,47</sup>, não obtiveram vantagens significativas. Esse possível efeito ergogênico foi testado em animais, havendo também uma sinalização de um efeito ergogênico quanto a capacidade temporal de exercício<sup>34,38</sup>.

Existem evidências que sinalizam que a suplementação de Tau pode contribuir para aumentar a capacidade temporal de sustentação do exercício. Esse resultado estaria relacionado na potencialização da oxidação de gorduras, contribuindo com a desaceleração da taxa de utilização de carboidratos e poupando os estoques de glicogênio, que são extremamente importantes para a realização do exercício de *endurance*<sup>48</sup>. Além disso, a Tau pode reduzir alguns marcadores de estresse oxidativo induzidos pelo exercício, como a creatina quinase (CK) conhecida como marcador de lesão da musculatura esquelética após os exercícios<sup>20</sup>. No estudo de Tromm et al<sup>37</sup>, o grupo suplementado com Tau apresentou redução significativa da atividade da CK. Isto pode ser atribuído ao potencial antioxidante deste aminoácido em sequestrar espécies reativas de oxigênio (ERO) e nitrogênio e modular a homeostase de cálcio celular<sup>20</sup>. Outro mecanismo, segundo Schurr e Rigor<sup>49</sup>, é que a Tau pode ter efeito sobre o tônus vascular através da vasodilatação, melhorando o fluxo sanguíneo e a oferta de oxigênio, diminuindo assim o processo de isquemia e a produção de ERO.

Em eventos de alto rendimento, estratégias de suplementação poderiam aumentar a capacidade temporal desempenho físico do atleta. Essa adaptação é extremamente importante em ambiente de treinamento de provas de longa duração, principalmente quando há maior volume de treinamento. Outra situação prática seria em provas de ultra-endurance e de aventura.

#### b) Oxidação de gorduras

Dos 11 artigos que relataram o consumo de Tau no desempenho aeróbio, apenas em dois estudos<sup>42,47</sup> foi avaliada a oxidação de substratos durante o exercício, indicado assim que ainda é necessário maior aprofundamento sobre essa resposta metabólica. Contudo, o estudo de Rutherford et al<sup>47</sup> revelou aumento de 16% nas taxas de oxidação de gordura durante exercício contínuo após o consumo de 1,66 g de Tau, sinalizando que o aumento na oxidação de gordura durante o exercício poderia ser decorrente dos efeitos da Tau. Cabe destacar que vários estudos com cultura de células *in vitro* têm mostrado que a produção de cAMP pode ser diretamente estimulada pela Tau, através da ativação da enzima adenilato ciclase<sup>50-52</sup> ou, talvez, por meio de um aumento da secreção de catecolaminas<sup>53</sup>. Este mecanismo é responsável pela elevação da

lipólise e oxidação de gordura durante a realização de exercícios de intensidade moderada. Esta hipótese pode ser confirmada em trabalhos de Jester et al<sup>54</sup>, que verificaram que bebida contendo taurina, cafeína e carboidratos resultou em aumento significativo dos níveis de epinefrina e norepinefrina no plasma em comparação à bebida com quantidades idênticas de cafeína e carboidratos; em outro estudo<sup>32</sup> foi mostrado aumento de ácidos graxos livres no plasma após 45 minutos de um exercício submáximo no cicloergômetro com a ingestão de uma bebida contendo taurina, carboidratos e cafeína, em comparação à uma bebida com as mesmas quantidades de carboidratos e cafeína.

Já Galloway et al<sup>42</sup> analisaram a suplementação de 4,98g/dia por um período de sete dias e verificaram que durante o exercício contínuo não houve diferença significativa na taxa de oxidação de substratos. Os autores justificaram estes resultados destacando que este potencial da Tau de afetar a lipólise é decorrente da ligação com os receptores da membrana celular e, com isso, o músculo esquelético não conseguiria captar Tau extra após a suplementação de uma semana. Dessa forma, são necessários que examinem o efeito agudo e crônico da administração apenas de Tau antes da prática esportiva, para corroborar estes achados sobre a oxidação de substratos. Confirmada essa ação ergogênica, não somente atletas de provas de longa distância poderiam ser beneficiados, mas principalmente a população que realiza exercícios com o propósito de emagrecer, pois poderia potencializar a velocidade de emagrecimento.

### c) Respostas do sistema cardiovascular

O desempenho aeróbio foi analisado em 11 artigos, porém, em apenas sete foram investigadas respostas do sistema cardiovascular após o consumo de Tau. Algumas melhoras significativas foram verificadas na capacidade cardiorrespiratória<sup>23,24</sup>, no volume de ejeção<sup>29</sup> e na velocidade do fluxo diastólico final<sup>29</sup>.

Diversos fatores têm sido relacionados a essas respostas, entre elas a indicação que Tau exerce ação protetora quando o coração está sob situações de estresse<sup>55</sup>. Os mecanismos atribuídos a Tau incluem a modulação da capacidade do depósito de cálcio no retículo sarcoplasmático e maior taxa de bombeamento

de cálcio ativada pela ATPase ou as influências nos canais iônicos<sup>15</sup>. Outro biomecanismo atribuído poderia ser o *turnover* do cAMP aumentado no coração através da estimulação da adenilciclase e fosfodiesterase induzida pela taurina<sup>16</sup>. Em estudo realizado por Baum e Weib<sup>29</sup> com investigação ecocardiográfica, antes e depois do exercício, os autores relataram aumento na contratilidade do átrio esquerdo, maior fração de encurtamento cardíaco (*Fractional Shortening*), acompanhada de grande ejeção sanguínea após o consumo de Tau em combinação com cafeína. Estes aumentos não foram observados no grupo que ingeriu apenas cafeína. Outros autores observaram efeito inotrópico positivo deste aminoácido<sup>32,56</sup> ingerida isoladamente e, ou, em combinação com cafeína, podendo, dessa forma, explicar a razão de a Tau melhorar o desempenho físico<sup>34</sup>.

Essas respostas no sistema cardiovascular, se confirmadas, podem ter efeitos importantes, tanto em atletas submetidos de forma crônica e aguda ao treinamento, atuando como um fator de cardioproteção, quanto em cardíacos submetidos a um programa de treinamento, potencializando assim sua recuperação. São focos interessantes de novos estudos realizados em humanos e também em modelo animal.

#### d) Redução da percepção de esforço

Apenas em três estudos<sup>24,31,47</sup> foi analisada a percepção de esforço após a suplementação com Tau. Verificou-se, em estudos de Kazemi et al<sup>24</sup> e Umana-Alvarado e Moncada-Jimenez<sup>31</sup>, redução significativa do índice de percepção de esforço (IPE) vs. placebo. Porém, segundo estes autores, tal resultado deveu-se à presença de cafeína, que pode reduzir a sensação de dor através de seus efeitos como um antagonista de adenosina. Já em estudo de Rutherford et al<sup>47</sup> não foi encontrada diferença no IPE, e estes não explicaram a ocorrência de tal fato. Dessa forma, é necessário ampliar os estudos nessa linha da psicofisiologia, visando à obtenção de resultados mais consistentes.

Tendo em vista que o consumo de Tau é considerado legal pela WADA<sup>57</sup> e que existem fortes indícios científicos de que este suplemento possa produzir uma ação ergogênica, passa a ser interessante a sua utilização, aprimorando o desempenho em competição ou a qualidade do treino, em atividades de perfil aeróbio como ciclismo, mountain bike, triathlon e corrida de longa duração. Outros

grupos populacionais também podem ser potencialmente beneficiados como os obesos e cardíacos, requerendo, contudo, que se focam estudos mais aprofundados.

#### **4.2. Efeito da taurina no desempenho físico anaeróbio**

Exercícios intensos e de curta duração, por exemplo provas de 100 metros (m), levantamento repetitivo de pesos, natação de 25 m, movimentos rápidos do futebol, no voleibol e basquete, requerem fornecimento imediato de energia<sup>58</sup>. Nesta situação, a transferência de energia eficiente é fundamental para a manutenção do desempenho, e, nesse caso, o consumo de Tau poderia assim estar relacionado com a melhoria no desempenho dessas modalidades.

Os resultados revelaram que dois dos três artigos analisados nesta revisão apontaram efeito positivo no desempenho, após o consumo deste aminoácido presente nas BE (Tabela 2). Esses benefícios estiveram concentrados sobre o aumento do tempo total de exercício de carga máxima<sup>27</sup> e do número de repetições a 1 RM<sup>46</sup>.

A suplementação de Tau pode contribuir para tais benefícios, tendo em vista que seu consumo pode manter a concentração deste substrato nos músculos esqueléticos, regular a concentração de cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) intracelular, aumentar a taxa de absorção do retículo sarcoplasmático (RS), além de sua capacidade de armazenamento total das vesículas do RS, contribuindo assim para a contração muscular<sup>16</sup>.

Bakker e Berg<sup>59</sup> verificaram aumento na produção de força nas fibras musculares de animais roedores após a suplementação de Tau, possivelmente em razão de maior liberação de  $\text{Ca}^{+2}$  do retículo sarcoplasmático e da sensibilidade do  $\text{Ca}^{+2}$  no acoplamento excitação-contração. Matsuzaki et al<sup>60</sup> demonstraram, em estudo realizado em ratos, que as concentrações de Tau muscular diminuem significativamente após o exercício, sendo esse decréscimo específico para fibras de contração rápida. Essa diminuição tem sido explicada por várias hipóteses como ação sinérgica da Tau e AMPc durante a contração muscular, contribuindo, portanto, para aumentar a atividade das enzimas glicolíticas através de um provável aumento na secreção de catecolaminas. Esse decréscimo poderia também estar associado à queda da concentração de sódio e

ao aumento da concentração de lactato no soro, uma vez que o transporte de Tau é facilitado pelos íons de cloro e sódio e inibido pelo lactato e alanina <sup>60</sup>. Tudo indica que a reposição de Tau pode ser apropriada para praticantes de modalidades com perfil eminentemente anaeróbio.

No estudo de Astorino et al<sup>28</sup> não houve diferença no tempo de *sprint* entre as bebidas. Segundo estes autores, a ausência de um efeito positivo de Tau pode ser devida ao número de *sprints* insuficiente para gerar um quadro de fadiga, principalmente por se tratar de jogadoras de futebol que já estão habituadas com este tipo de estímulo.

Cabe destacar que todos os estudos foram realizados em ambiente terrestre, o que abre uma possibilidade de estudo em ambiente aquático. Também não foram realizados estudos em condições de exercício acíclico e intermitente, como o futebol ou judô, possibilitando assim novos horizontes interessantes de estudo.

#### **4.3. Posição crítica sobre os estudos**

O consumo de apenas 1 g de Tau, independentemente do tempo prévio de ingestão, apresentou efeitos ergogênicos no desempenho físico aeróbio e anaeróbio. Entretanto, não se pode afirmar que estes benefícios se devem ao consumo de Tau de forma exclusiva, pois as BE contêm outros ingredientes como cafeína, glucoronolactona e vitaminas do grupo B que, quando combinados, podem contribuir na performance.

Não é possível apontar qual a melhor dose e o tempo ideal de ingestão da Tau na melhora do desempenho esportivo, uma vez que nenhum estudo teve como objetivo principal a análise destes fatores. Além disso, as discrepâncias dentre as atividades realizadas, as características amostrais e o local dos experimentos dificultam a comparação entre os estudos selecionados. Estudos futuros deverão explorar o efeito do consumo pré- exercício de Tau nos esportes e investigar a dose e o tempo ideal de ingestão para a obtenção de melhores resultados.

## 5. CONCLUSÕES

Existem evidências de que o consumo de apenas 1 g de Tau, independentemente do tempo prévio de ingestão, apresentou efeito ergogênico tanto em exercícios de componente aeróbio quanto no anaeróbio. No componente aeróbio foram observados efeitos positivos sobre o aumento do tempo total de exercício, na oxidação de gorduras e no sistema cardiovascular. Já no exercício de componente anaeróbio os efeitos foram observados sobre o aumento do tempo total de exercício de carga máxima e do número de repetições a 1 RM.

Existe uma série de implicações metabólicas decorrentes do consumo da Tau. Dentre as principais, destacam-se: maior potencial de oxidação de gorduras durante o exercício aeróbio e melhor resposta dos íons de cálcio na contração muscular no exercício anaeróbio.

Os efeitos ergogênicos de Tau, se comprovados, podem ser interessantes tanto na dinâmica diária de treinamento e competição de atletas como de certas populações especiais, a exemplo de obesos e de cardíacos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Camerino DC, Tricarico D, Pierno S, Desaphy J-F, Liantonio A, Pusch M, et al. Taurine and Skeletal Muscle Disorders. *Neurochem Res.* 2004;29:135-42.
2. Zhang M, Izumi I, Kagamimori S, Sokejima S, Yamagami T, Liu Z, et al. Role of taurine supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress in healthy young men. *Amino Acids.* 2004;26:203-7.
3. Timbrell JA, Seabra V, Waterfield CJ. The in vivo and in vitro protective properties of taurine. *Gen Pharmacol.* 1995;26:453-62.
4. Brosnan JT, Brosnan ME. The sulfur-containing amino acids: an overview. *J Nutr.* 2006;136:1636S-49S.
5. van de Poll MC, Dejong CH, Soeters PB. Adequate range for sulfur-containing amino acids and biomarkers for their excess: lessons from enteral and parenteral nutrition. *J Nutr.* 2006;136:1694S-700S.
6. Laidlaw SA, Grosvenor M, Kopple JD. The taurine content of common foodstuffs. *J Parenteral Enteral Nutr.* 1990;14:183-8.

7. Rana SK, Sanders TA. Taurine concentrations in the diet, plasma, urine and breast milk of vegans compared with omnivores. *J Nutr.* 1986;56:17-27.
8. Stipanuk M. Role of the Liver in Regulation of Body Cysteine and Taurine Levels: A Brief Review. *Neurochem Res.* 2004;29:105-10.
9. Korang K, Milakofsky L, Hare TA, Hofford JM, Vogel W, H. Taurine administration raises plasma taurine levels and affects certain plasma amino acids and related compounds in rats. *Adv Exp Med Biol.* 1996;403:51-3.
10. Thompson GN. Excessive fecal taurine loss predisposes to taurine deficiency in cystic fibrosis. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 1988;7:214-9.
11. Schaffer S, Takahashi K, Azuma J. Role of osmoregulation in the actions of taurine. *Amino Acids.* 2000;19(3-4):527-46.
12. Pasantes-Morales H, Quesada O, Moran J. Taurine: an osmolyte in mammalian tissues. *Adv Exp Med Biol.* 1998;442:209-17.
13. Conte CD, Bryant SH, Mambrini M, Franconi F, Giotti A. The action of taurine on muscle fibers of normal and congenitally myotonic goats. *Pharmacol Res.* 1990;22:93-4.
14. Pasantes MH, Wright CE, Gaull GE. Taurine protection of lymphoblastoid cells from iron-ascorbate induced damage. *Biochem Pharmacol.* 1985;34:2205-7.
15. Huxtable RJ. Physiological actions of taurine. *Physiol Rev.* 1992;72:101-63.
16. Schaffer SW, Jong CJ, Ramila KC, Azuma J. Physiological roles of taurine in heart and muscle. *J Biomed Sci.* 2010;17 Suppl 1:S2.
17. Schaffer SW, Azuma J, Mozaffari M. Role of antioxidant activity of taurine in diabetes. *Can J Physiol Pharmacol.* 2009;87:91-9.
18. Ricci C, Pastukh V, Leonard J, Turrens J, Wilson G, Schaffer D, et al. Mitochondrial DNA damage triggers mitochondrial-superoxide generation and apoptosis. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2008;294:C413-22.
19. Conte Camerino D, Tricarico D, Pierno S, Desaphy JF, Liantonio A, Pusch M, et al. Taurine and skeletal muscle disorders. *Neurochem Res.* 2004;29:135-42.
20. Silva LA, Silveira PC, Ronsani MM, Souza PS, Scheffer D, Vieira LC, et al. Taurine supplementation decreases oxidative stress in skeletal muscle after eccentric exercise. *Cell Biochem Funct.* 2011;29:43-9.
21. Lourenco R, Camilo ME. Taurine: a conditionally essential amino acid in humans? An overview in health and disease. *Nutr Hosp.* 2002;17:262-70.

22. Rutherford JA, Spriet LL, Stellingwerff T. The effect of acute taurine ingestion on endurance performance and metabolism in well-trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2010;20:322-9.
23. Rahnema N, Gaeini A, Kazemi AF. The effectiveness of two energy drinks on selected indices of maximal cardiorespiratory fitness and blood lactate levels in male athletes. *J Res Med Sci.* 2010;15:127-32.
24. Kazemi F, Gaeini AA, Kordi MR, Rahnema N. The acute effects of two energy drinks on endurance performance in female athlete students. *Sport Sciences for Health.* 2009;5:55-60.
25. Petróczi A, Naughton DP, Pearce G, Bailey R, Bloodworth A, McNamee M. Nutritional supplement use by elite young UK athletes: fallacies of advice regarding efficacy. *J Int Soc Sports Nutr.* 2008;5:22.
26. Seidl R, Peyrl A, Nicham R, Hauser E. A taurine and caffeine-containing drink stimulates cognitive performance and well-being. *Amino Acids.* 2000;19:635-42.
27. Alford C, Cox H, Wescott R. The effects of Red Bull Energy Drink on human performance and mood. 2001;21:139-150.
28. Astorino TA, Matera AJ, Basinger J, Evans M, Schurman T, Marquez R. Effects of red bull energy drink on repeated sprint performance in women athletes. *Amino Acids.* 2012 ;42:1803-8.
29. Baum M, Weiss M. The influence of a taurine containing drink on cardiac parameters before and after exercise measured by echocardiography. *Amino Acids.* 2001;20:75-82.
30. Ivy JL, Kammer L, Ding Z, Wang B, Bernard JR, Liao Y-H, et al. Improved Cycling Time-Trial Performance After Ingestion of a Caffeine Energy Drink. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009;19:61-78.
31. Umana-Alvarado M, Moncada-Jimenez J. Consumption of an 'Energy Drink' does not Improve Aerobic Performance in Male Athletes. *International Journal of Applied Sports Sciences.* 2005; 17:26-34.
32. Geib KR, Jester I, Falke W, Hamm M, Waag KL. The effect of a taurine containing drink on performance in 10 endurance-athletes. *Amino Acids.* 1994;7:45-56.
33. Walsh AL, Gonzalez AM, Ratamess NA, Kang J, Hoffman JR. Improved time to exhaustion following ingestion of the energy drink Amino Impact. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010;7:14.
34. Yatabe Y, Miyakawa S, Miyazaki T, Matsuzaki Y, Ochiai N. Effects of taurine administration in rat skeletal muscles on exercise. *J Orthop Sci.* 2003;8:415-9.

35. Goodman CA, Horvath D, Stathis C, Mori T, Croft K, Murphy RM, et al. Taurine supplementation increases skeletal muscle force production and protects muscle function during and after high-frequency in vitro stimulation. *J Appl Physiol.* 2009;107:144-54.
36. Dawson R, Jr., Biasetti M, Messina S, Dominy J. The cytoprotective role of taurine in exercise-induced muscle injury. *Amino Acids.* 2002;22:309-24.
37. Baumer Tromm C, Bom K, Moreira da Silva D, Wingist Guerreiro G, Laurentino da Rosa G, Pinho RAd, et al. Taurine supplementation decreases serum oxidative stress after eccentric exercise. *Brazilian Journal of Biomotricity.* 2011;5:34-44.
38. Miyazaki T, Matsuzaki Y, Ikegami T, Miyakawa S, Doy M, Tanaka N, et al. Optimal and effective oral dose of taurine to prolong exercise performance in rat. *Amino Acids.* 2004;27:291-8.
39. Dall'Agnol T, Souza PFA. Efeitos fisiológicos da taurina contida em uma bebida energética em indivíduos fisicamente ativos. *Rev Bras Med Esporte.* 2009;15:123-6.
40. Candow DG, Kleisinger AK, Grenier S, Dorsch KD. Effect of Sugar-Free Red Bull energy drink on high-intensity run time-to-exhaustion in young adults. *J Strength Cond Res.* 2009;23:1271-5.
41. Schuller-Levis GB, Park E. Taurine: new implications for an old amino acid. *FEMS Microbiol Lett.* 2003;226:195-202.
42. Galloway SDR, Talanian JL, Shoveller AK, Heigenhauser GJF, Spriet LL. Seven days of oral taurine supplementation does not increase muscle taurine content or alter substrate metabolism during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2008;105:643-51.
43. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy.* 2003;83:713-21.
44. Nienhueser J, Brown GA, Shaw BS, Shaw I. Effects of Energy Drinks on Metabolism at Rest and During Submaximal Treadmill Exercise in College Age Males. *Int J Exerc Sci.* 2011;4:65-76.
45. Sheehan KM, Hartzler HLK. Effects of XS® Energy Drink on Aerobic Exercise Capacity of Athletes. *Int J Exerc Sci.* 2011;4:152-63.
46. Forbes SC, Candow DG, Little JP, Magnus C, Chilibeck PD. Effect of Red Bull energy drink on repeated Wingate cycle performance and bench-press muscle endurance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2007;17:433-44.
47. Rutherford JA, Spriet LL, Stellingwerff T. The Effect of Acute Taurine Ingestion on Endurance Performance and Metabolism in Well-Trained Cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2010;20:322-9.

48. Morifuji M, Kanda A, Koga J, Kawanaka K, Higuchi M. Preexercise ingestion of carbohydrate plus whey protein hydrolysates attenuates skeletal muscle glycogen depletion during exercise in rats. *Nutrition*. 2011;27:833-7.
49. Schurr A, Rigor BM. The mechanism of neuronal resistance and adaptation to hypoxia. *FEBS Lett*. 1987;224:4-8.
50. Chen YX, Zhang XR, Xie WF, Li S. Effects of taurine on proliferation and apoptosis of hepatic stellate cells in vitro. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*. 2004;3:106-9.
51. Mal'chikova LS, Elizarova EP. [Taurine and the adenosine cyclic monophosphate levels in the heart]. *Kardiologija*. 1981;21:85-9.
52. Mal'chikova LS, Speranskaia NV, Elizarova EP. [Effect of taurine on cyclic AMP and GMP levels in the hearts of rats exposed to stress]. *Biull Eksp Biol Med*. 1979;87:134-7.
53. Takekura H, Tanaka H, Watanabe M, Yoshikawa T, Ono M. Effect of taurine on glycolytic and oxidative enzyme activities of rat skeletal muscles. *Sulfur-Containing Amino Acids*. 1986;9:125-32.
54. Jester I, Grigereit M, Bernhardt M, Heil S, Banzer W. Effects of ingesting taurine-enriched, caffeine-containing drink on performance and haemodynamics in acyclic trained athletes. *Amino Acids*. 1997;13:72-3.
55. Azuma J, Sawamura A, Awata N. Usefulness of taurine in chronic congestive heart failure and its prospective application. *Jpn Circ J*. 1992;56:95-9.
56. Ono M, Watanabe M, Minato K. Effects of taurine on the metabolism under physical exercise. *Sulfur Amino Acids*. 1987;10:183-6.
57. Agency. WA-D. The 2011 Prohibited list World Anti-Doping code. [ Acesso 09 dez 2011]. Disponível em [http://www.wada-ama.org/Documents/World\\_Anti-Doping\\_Program/WADP-Prohibited-list/To\\_be\\_effective/WADA\\_Prohibited\\_List\\_2011\\_EN.pdf](http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-Prohibited-list/To_be_effective/WADA_Prohibited_List_2011_EN.pdf)
58. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 6.<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008;
59. Bakker AJ, Berg HM. Effect of taurine on sarcoplasmic reticulum function and force in skinned fast-twitch skeletal muscle fibres of the rat. *J Physiol*. 2002;538:185-94.
60. Matsuzaki Y, Miyazaki T, Miyakawa S, Bouscarel B, Ikegami T, Tanaka N. Decreased taurine concentration in skeletal muscles after exercise for various durations. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:793-7.

## **ARTIGO 2: BEBIDAS ENERGÉTICAS: POSSUEM EFEITOS ERGOGÊNICOS NO EXERCÍCIO FÍSICO?**

Juscélia Cristina Pereira<sup>1</sup>  
Rafael Goncalves Silva<sup>1</sup>  
Alex Andrade Fernandes<sup>1</sup>  
Rita de Cássia Gonçalves Alfenas<sup>2</sup>  
João Carlos Bouzas Marins<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (UFV), MG, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (UFV), MG, Brasil

### **ARTIGO SUBMETIDO:**

Revista Brasileira de Medicina do Esporte  
Seção: Nutrição Esportiva- Artigo de Revisão  
Data de submissão : 22 de setembro de 2012

## RESUMO

As bebidas energéticas (BE) têm sido associadas ao aumento do nível de energia dos indivíduos, à agilidade mental e ao desempenho físico durante os treinamentos e as competições. Objetivou-se determinar os possíveis efeitos ergogênicos das BE no desempenho físico aeróbio e anaeróbio e descrever os seus mecanismos de ação. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura na base de dados PubMed/Medline e SportDiscus, tendo como critérios de inclusão estudos com humanos, publicados em inglês ou espanhol, entre 1º de janeiro de 2000 e 1º de abril de 2012. Foram selecionados, após o processo de filtragem, 12 estudos, sendo 7 com alterações no desempenho físico aeróbio e 5 no desempenho físico anaeróbio. Quanto ao desempenho aeróbio, foram avaliados os seguintes parâmetros: tempo total de exercício, consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e índice de percepção de esforço (IPE). Já nas atividades anaeróbicas foram avaliados a resistência muscular, os testes físicos anaeróbicos e o lactato sanguíneo. O principal efeito ergogênico observado do componente aeróbio está centrado no aumento da capacidade temporal de realização do exercício, enquanto que na atividade anaeróbia houve melhor resposta da contração muscular, contribuindo para um aumento da resistência muscular e redução do tempo de *sprints*. Conclui-se que há evidências científicas de que o consumo de BE tem um efeito ergogênico positivo no desempenho físico tanto em atividades de perfil aeróbio quanto anaeróbio.

**Palavras-chave:** Bebida energética. Esportes. Recursos ergogênicos. Desempenho físico.

## ABSTRACT

Energy drinks (ED) are associated with increased energy levels in individuals, and greater mental alertness and physical performance during training and competitions. This study aimed to determine the potential ergogenic effects of ED on aerobic and anaerobic exercise performance and describe their mechanisms of action. We performed a systematic review of the literature in PubMed/Medline and SportDiscus, with the inclusion criteria of human studies, and published in English or Spanish between January 1<sup>st</sup>, 2000 and April 1<sup>st</sup>, 2012. Twelve studies were selected after the filtering process, 7 with changes in physical performance in aerobic and 5 with changes in anaerobic physical performance. For aerobic performance, the following parameters were assessed: total exercise time, maximal oxygen consumption (VO<sub>2</sub>max), index of perceived exertion (IPE). Five articles reported significant improvements in some aerobic activity parameters analyzed. For anaerobic activities, muscular endurance, anaerobic physical tests, and blood lactate. The main observed ergogenic effect of the aerobic component was an increase in the ability of temporal completion of the exercise, while in anaerobic activity the main ergogenic effect was better response of muscle contraction, which helped to increase muscle strength and reduce time for sprints. These findings provide scientific evidence that consumption of ED have positive ergogenic effects on physical performance in both aerobic and anaerobic activities.

**Keywords:** Energy drinks. Sports. Ergogenic resources. Physical Performance.

## 1. INTRODUÇÃO

Em 1998, foi publicada a portaria nº868 que regulamenta a identificação, a produção e a venda de bebidas energéticas (BE) no Brasil, sendo denominadas “Composto Líquido Pronto para Consumo”. De acordo com o estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)<sup>1</sup> a expressão “bebida energética” ou “energy drink” é atribuída a produtos que contém inositol e/ou glucoronolactona e/ou taurina e/ou cafeína, podendo ser adicionados vitaminas e minerais e outros ingredientes, desde que esses não descaracterizem o produto.

De acordo com Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas Não-Alcoólicas (ABIRB)<sup>2</sup>, o consumo dessas BE, no Brasil, expandiu-se 325% entre 2006 e 2010. Uma ampla variedade de marcas de BE está disponível no mercado, sendo as mais conhecidas Red Bull<sup>®</sup>, Flash Power<sup>®</sup>, Red Devil<sup>®</sup>, Extasis<sup>®</sup> e Flying Horse<sup>®</sup>.

É importante diferenciar bebidas esportivas de bebidas energéticas. A recomendação da Anvisa<sup>3</sup> é que bebidas esportivas sejam consumidas apenas por atletas, depois de uma atividade física pesada ou indicada por um especialista. Estas são elaboradas com o objetivo de recuperar os níveis de glicogênio, eletrólitos, íons e evitar a desidratação dos atletas durante e após sua *performance*<sup>4-6</sup>. Contrariamente, as BE têm sido associadas ao aumento do nível de energia dos indivíduos, à agilidade mental e ao desempenho físico durante os treinamentos e as competições<sup>7,8</sup>.

A cafeína tem sido utilizada com grande frequência como uma substância ergogênica antes da realização de exercícios físicos, com o intuito de protelar a fadiga e, conseqüentemente, aprimorar o desempenho físico em atividades de curta, média e longa duração<sup>9-11</sup>.

A Tau é o principal aminoácido intracelular livre da maior parte dos tecidos dos mamíferos, e até 75% encontra-se distribuído pela musculatura<sup>12</sup>. Estudos mostraram efeito positivo da Tau melhorando a *performance* física<sup>13-15</sup>.

O inositol é um composto derivado do metabolismo da glicose e, na literatura científica, também é discutível ser uma vitamina<sup>16</sup>. É encontrado e amplamente distribuído na dieta humana, tanto em fontes vegetais como animais. Faz parte das membranas das células, desempenha papel na quebra das

gorduras no fígado, age no funcionamento do sistema nervoso, nutrindo as células cerebrais e, desta forma, auxilia a transmissão de impulsos nervosos, melhorando a comunicação cerebral, a memória e a inteligência<sup>17</sup>.

A glucoronolactona é um tipo de carboidrato biossintetizado a partir da glicose, podendo ser encontrado também no vinho tinto, cereais, maçãs e peras. É essencial para a desintoxicação e metabolismo de ampla variedade de xenobióticos e medicamentos, via conjugação no fígado, que são excretados na urina<sup>18</sup>. Os processos bioquímicos da glucoronolactona sobre o exercício físico ainda estão sendo estudados.

A vitamina B12 pode facilitar o desempenho mental, e a concentração, através do seu papel na síntese de novas células, como células do sangue e na reparação das células danificadas<sup>19</sup>. Indivíduos ativos com um estado nutricional de vitaminas B12 baixo podem ter diminuição da capacidade de realizar exercícios em intensidades elevadas<sup>20</sup>.

A ingestão de carboidratos pode retardar o aparecimento da fadiga e aumentar o desempenho durante exercícios prolongados<sup>21</sup>. Diversos mecanismos podem estar envolvidos nesse processo, incluindo a manutenção das concentrações de glicose plasmática, a contribuição para a economia de glicogênio muscular durante o exercício e o aumento da taxa de oxidação de carboidratos<sup>22-24</sup>.

Há na literatura um significativo número de artigos publicados sobre esses elementos (carboidratos, cafeína, taurina), de forma isolada, tanto em animal<sup>25,26,27</sup> quanto em seres humanos<sup>28-30</sup>. Alguns estudos apontam resultados positivos<sup>25,27-29</sup> de uma possível ação ergogênica, enquanto outros não observam nenhum efeito<sup>26,30</sup>. As BE normalmente possuem em sua composição esses elementos como principais ingredientes, sendo interessante investigar como atuam quando estão integrados em uma mesma formulação.

Alguns trabalhos encontraram efeitos ergogênicos das BE no desempenho físico aeróbio<sup>4,7,8,31,32</sup> e anaeróbio<sup>32-34</sup>. Contudo, alguns estudos não apresentaram evidências de efeitos ergogênicos<sup>35-37</sup>. Apesar de não haver um consenso sobre o efeito ergogênico das BE no desempenho físico<sup>4,7</sup>, há um elevado consumo dessas bebidas no esporte e na atividade física. Atletas fazem consumo rotineiro dessas bebidas, por vezes em quantidade elevada. Tal consumo é relatado por diversos estudos de práticas e hábitos de hidratação em diferentes praticantes de

esportes, como atletas de karatê<sup>38</sup>, de futebol<sup>39</sup>, de mountain bike<sup>40</sup> e de triathlon ironman<sup>41</sup>.

Desta forma, torna-se importante realizar uma análise das evidências científicas apresentadas por estudos bem elaborados e conduzidos, visando ter maior clareza dos possíveis efeitos ergogênicos em humanos, possibilitando assim maior esclarecimento aos atletas e ao coletivo de profissionais envolvidos no meio esportivo. Assim, o objetivo desta revisão sistemática é explorar os efeitos das BE no desempenho físico aeróbio e anaeróbio e descrever os seus mecanismos de ação.

## 2. MÉTODOS

Fez-se uma revisão sistemática na literatura, especialmente sobre as BE, via PubMed/Medline e SportDiscus, utilizando-se uma combinação das seguintes palavras-chave: “energy drink” and “strength”, “energy drink” and “power”, “energy drink” and “resistance training”, “energy drink” and “endurance”, “energy drink” and “aerobic training”, “energy drink” and “performance”. A pesquisa bibliográfica foi limitada a artigos disponíveis e publicados em língua inglesa entre janeiro de 2000 a abril de 2012 e foram utilizados os seguintes limites: Title/Abstract; Free Full Text; Abstract Available e Humans. As referências bibliográficas dos estudos identificados pela pesquisa eletrônica foram revisadas para detectar estudos adicionais.

Os estudos pré-selecionados foram avaliados por dois revisores para identificação dos seguintes critérios de inclusão: estudos que relatam alterações no desempenho físico de *endurance* e, ou, exercícios de alta intensidade e de curta duração após o consumo de BE. Pesquisas envolvendo doenças genéticas, reabilitação e, ou, terapias cognitivas foram excluídas da revisão. Os procedimentos para a seleção dos estudos podem ser observados na Figura 1.

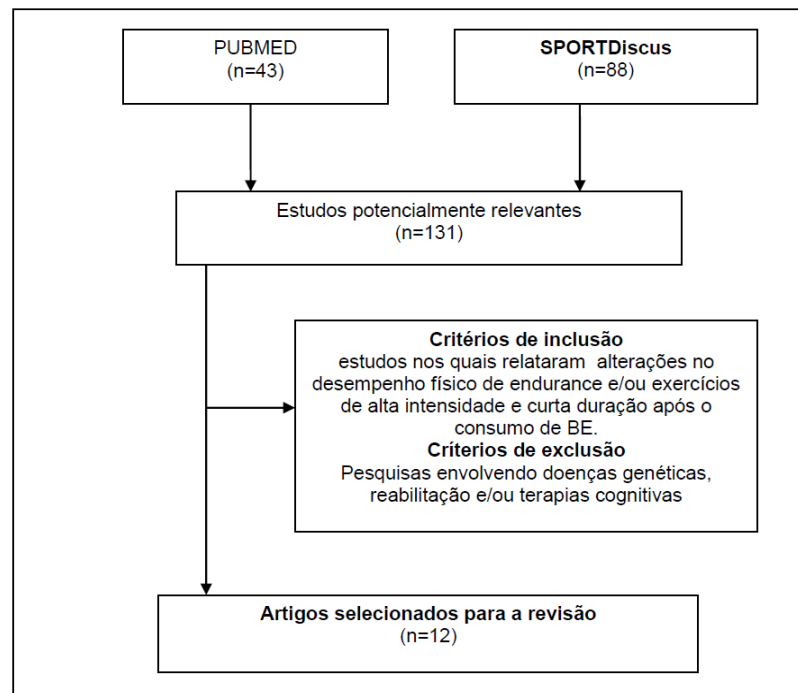


Figura 1- Procedimentos de identificação, triagem e seleção dos estudos para análise.

### 3. RESULTADOS

Após análise preliminar, foram identificados 12 estudos. Alterações no desempenho físico aeróbio foram relatadas em 7 estudos (Tabela 1). A Tabela 2 apresenta 5 estudos em que foram observadas alterações no desempenho anaeróbio. Ambas as tabelas trazem informações das pesquisas, como número de avaliados, quantidade de BE consumida, tempo de ingestão, protocolo de exercício e principais resultados.

Em relação aos artigos sobre consequências das BE nos exercícios aeróbicos (Tabela 1), cinco revelaram melhoras significativas na *performance* do atleta após a ingestão da BE nos seguintes aspectos: aumento no tempo (minutos) total de exercício<sup>7,31,32</sup>, na capacidade cardiorrespiratória<sup>7</sup>, na diminuição do ndice de percepção de esforço (IPE)<sup>7,42</sup> e do tempo total do exercício<sup>8</sup>.

Dos cinco estudos anteriores, quatro foram realizados em ambiente laboratorial, envolvendo ciclismo<sup>8,32</sup> e corrida<sup>7,31</sup>, e um estudo com corrida *cross country*<sup>42</sup>.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do desempenho físico relacionado ao componente anaeróbio após o consumo de BE. Em relação aos artigos selecionados, quatro revelaram melhoras significativas na *performance*, após a ingestão de BE, nos seguintes aspectos: aumento do tempo de *sprint*<sup>9,31</sup>, número de repetições de uma repetição máxima (RM) no supino<sup>32</sup>, potência anaeróbica<sup>6</sup>, velocidade de corrida<sup>33</sup>, altura do salto<sup>33</sup>, distância percorrida<sup>33</sup> e diminuição do lactato sanguíneo<sup>6,33</sup>.

Tabela 1 – Efeitos das BE no desempenho físico aeróbio

Autor	Amostra	Doses	TI (minutos)	Protocolo	Resultados	Percentual de melhora vs. placebo
Alford et al. <sup>32</sup>	7M / 7 F (18-35 anos)	250 mL	30	Pedalar a 65-75% da FCM	↑ Tempo total de exercício	9*
Ivy et al. <sup>8</sup>	6 M /6 F (27,3 ± 1,7 anos)	500 mL	40	Pedalar 60 min de bicicleta o mais rápido possível.	↓ Tempo total de exercício	- 4,7 *
Kazemi et al. <sup>7</sup>	12 F (22± 0,63 anos)	6mL / kg PC	40	Teste de esteira (Bruce)	↑ Tempo total de exercício ↑ VO <sub>2MÁX</sub> ↓ IPE	9,3* 6,9* -4,5*
Walsh et al. <sup>31</sup>	9H/6M (20,9 ± 1,0 anos)	500mL	10	Corrida na esteira (70 % VO <sub>2MÁX</sub> ) até a exaustão	↑ Tempo total de exercício	12,5*

Umana-Alvarado e Moncada-Jimenez <sup>42</sup>	11H (30,18 ± 11,50 anos)	6mL/ kg PC	30	Corrida 10 km ( <i>cross country</i> )	Não houve efeito no tempo total de exercício  ↓ IPE	NR  NR*
Sheehan e Hartzler <sup>55</sup>	9H/ 3M (20,6 ± 1,6 anos)	250 mL	30	Teste de esteira (Ellestad modificado)	Não houve efeito no VO <sub>2MÁX</sub>	NR
Candow et al. <sup>36</sup>	9 M/8F (21 ± 4 anos)	2 mg/ kg PC	60	Corrida na esteira (87% VO <sub>2MÁX</sub> ) até a exaustão	Não houve efeito no tempo total de exercício e no IPE	NR

M= Masculino; F = Feminino; TI= Tempo de ingestão prévia a atividade; VO<sub>2MÁX</sub>= Consumo Máximo de Oxigênio; PC= Peso Corporal; IPE: Índice de Percepção de Esforço; NR= Não Relatado; \* Melhora Significativa (p<0,05) vs. Placebo.

Tabela 2 – Efeitos das BE no desempenho físico anaeróbio

Autor	Amostra	Doses	TI (minutos)	Protocolo	Resultados	Percentual de melhora vs. placebo
Alford et al. <sup>32</sup>	7M / 5F (20-21 anos)	250 ml	30	Pedalar na carga máxima de trabalho	↑ Tempo total de <i>sprint</i>	24*
Astorino et al. <sup>29</sup>	15F (19.5 ± 1.1 anos)	255ml	60	3 séries de 8 <i>sprints</i> (T-test modificado)	Não houve efeito Tempo total de <i>sprint</i>	NR
Forbes et al. <sup>34</sup>	11M/ 4 F (21 ± 5 anos)	2 mg/kg PC (cafeína)	60	3 séries a 70% 1RM (supino) + Teste de Wingate	↑ Número de repetições;  Não houve efeito: Potência anaeróbica	6 *  NR
Alandari et al. <sup>6</sup>	30 M (22.34 ± 1.74)	6 ml/kg PC	40	6 tiros de 35 metros (intervalo de 10 segundos)	↑ Potência anaeróbica  ↓ Níveis de LS	9,5*  3,63*
Coso et al. <sup>33</sup>	19 M (21 ± 2 anos)	3 mg/kg PC (cafeína)	60	Salto vertical por 15 segundos 7 tiros de 30 metros- intervalo de 30 segundos entre cada tiro; jogo simulado de futebol (2 tempos de 40 minutos)	↑ Altura do salto vertical ↑ Velocidade de corrida ↑ Distância percorrida ↑ Número de <i>sprints</i>	3,2 2,8 30 30

M= Masculino; F = Feminino; TI= Tempo de ingestão; PC= Peso Corporal; LS= Lactato Sanguíneo; NR= Não Relatado; \* Melhora Significativa (p<0,05) vs. Placebo.

## 4. DISCUSSÃO

Quanto aos possíveis efeitos ergogênicos originários do consumo de BE nas atividades caracterizadas como aeróbicas, os estudos apontaram um efeito positivo no tempo total de exercício, na capacidade cardiorrespiratória, no índice de percepção de esforço (IPE). Nas atividades anaeróbicas os estudos enfocaram na resistência anaeróbica, os testes físicos anaeróbicos e o lactato sanguíneo (LS). A seguir será analisado cada um desses parâmetros.

### 4.1. Possíveis efeitos ergogênicos da BE relacionados ao componente aeróbico.

#### a) Tempo total de exercício

Trabalhos investigativos do efeito de BE no metabolismo aeróbio indicaram que a ingestão dessa bebida aumentou o tempo total de exercício<sup>7,31,32</sup>, enquanto outros<sup>36,42</sup>, os resultados não foram significativos (Tabela 1).

Esse aumento pode estar relacionado com a presença de carboidratos, de cafeína e de Tau na composição das BE. A suplementação alimentar com carboidratos pode retardar o aparecimento da fadiga e aumentar o desempenho durante exercícios prolongados, pois atuam na manutenção da glicose plasmática, contribuindo para a economia de glicogênio muscular durante o exercício<sup>43</sup>, ou um efeito cognitivo central<sup>44</sup>.

A cafeína, outro substrato presente nas BE, também pode contribuir para o aumento do tempo até a exaustão, pois promove a desaceleração da taxa de utilização de carboidratos, poupando os estoques de glicogênio, aumentando a lipólise do tecido adiposo e a oxidação de gorduras durante exercícios prolongados<sup>9,35</sup>. A suplementação com Tau pode manter a concentração deste substrato nos músculos esqueléticos, regular a concentração de cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) intracelular, aumentar a taxa de absorção do retículo sarcoplasmático e a capacidade de armazenamento total das vesículas do RS, contribuindo assim para a contração muscular<sup>45</sup>.

Candow et al.<sup>36</sup> observaram que a ingestão de BE não contribuiu para a melhora do tempo até a exaustão. Segundo os autores, uma possível explicação para tal efeito seria a ausência de carboidratos na BE (*sugar free*), visto que alguns artigos<sup>46-48</sup> mostram efeito ergogênico da Tau combinada com a cafeína. Umana-Alvarado e Moncada-Jimenez<sup>42</sup> também não encontraram efeitos ergogênicos no tempo total de exercício após o consumo de BE, uma vez que o volume de BE fornecido foi de apenas 1,90 mg de cafeína/kg de peso corporal. Segundo os autores, essa quantidade não foi suficiente para causar melhoras significativas no desempenho do atleta, sendo necessária uma dose mínima de 3 mg de cafeína /kg de peso corporal. Dessa forma, são necessários mais estudos que examinem o efeito agudo de BE antes da prática esportiva. Confirmada essa ação ergogênica, atletas de provas de longa distância poderiam ser beneficiados principalmente em períodos de treinamento de aquisição de volume com aumento da quilometragem ou do tempo total de exercício.

#### b) Redução do tempo de prova

Em eventos de alto rendimento, estratégias de suplementação alimentar para aumentar o desempenho físico do atleta podem contribuir para reduzir o tempo na prova e em consequência, obter um título ou uma vitória. O consumo de BE apresentou-se como uma alternativa para provas que envolvem exercício contínuo com o tempo fixo, pois os atletas suportaram maior intensidade de esforço por mais tempo.

Ivy et al.<sup>8</sup> verificaram redução no tempo total para se completar uma quantidade padronizada de carga igual a uma hora de ciclismo, a 70% da carga máxima. Os autores destacam que as BE podem ser consumidas efetivamente quando a suplementação durante o exercício não é possível. O mecanismo pelo qual a BE melhorou esse desempenho não está totalmente esclarecido. Para alguns autores, o consumo de carboidratos, antes do exercício tem sido sugerido como uma alternativa para minimizar a depleção de glicogênio muscular (GM), que ocorre tanto ao longo do exercício de força<sup>49</sup> quanto de resistência aeróbia<sup>50</sup>. O efeito ergogênico da suplementação de carboidratos parece ocorrer em resposta à elevação dos níveis de glicose sanguínea, reduzindo o uso de GM<sup>8</sup>, considerado um fator limitante para a *performance*, podendo afetar o

desempenho pela modificação da funcionalidade do sistema nervoso central através das alterações sanguíneas de glicose<sup>51</sup>. Além disso, a cafeína age sobre o retículo sarcoplasmático aumentando sua permeabilidade ao cálcio, tornando este mineral prontamente disponível para o processo de contração muscular. Assim, é provável que a cafeína possa influenciar a sensibilidade das miofibrilas ao cálcio.

Considerando esse efeito ergogênico verdadeiro, o consumo de BE seria um recurso ergogênico nutricional interessante em modalidades como o futebol, com tempo determinado em 90 minutos de partida, assim como as provas de corrida de meia e longa distância.

### c) Redução do IPE

Apenas em três estudos<sup>7,36,42</sup> foi analisada a percepção de esforço após a suplementação com BE. Verificou-se, nos estudos de Kazemi et al.<sup>7</sup> e Umana-Alvarado e Moncada-Jimenez<sup>42</sup>, redução significativa do IPE comparado ao placebo. Segundo estes autores, tal resultado deveu-se à presença de cafeína, que pode reduzir a sensação de dor através de seus efeitos como um antagonista de adenosina<sup>52</sup>. Adenosina é um neurotransmissor que age na diminuição da atividade celular, inibe a expressão de dopamina (neurotransmissor que estimula a atividade do SNC) e a transmissão sináptica do cérebro via ativação dos seus receptores<sup>29</sup>. A cafeína, por possuir estrutura molecular semelhante à da adenosina, ocupa alguns de seus receptores e minimiza o efeito deste neurotransmissor sobre o organismo<sup>9</sup>. Assim, a dopamina passa a ser menos inibida, aumentando suas concentrações durante o exercício físico. Outro mecanismo ergogênico da cafeína é a diminuição da expressão da Triptofano Hidroxilase (TPH), a degradação do triptofano é responsável pela modulação das concentrações de serotonina na barreira hematoencefálica<sup>53</sup>. Com a diminuição da razão serotonina/dopamina, há menor indução da fadiga central, favorecendo a melhora do desempenho<sup>54</sup>.

Cawdow et al.<sup>36</sup> concluíram em seus estudos que a ingestão de BE não contribui para a redução da percepção de esforço. Uma possível explicação é a dose ingerida de cafeína e de taurina (2mg/kg de peso corporal e 1,0-1,9 g, respectivamente). Com base nesse resultado, as ações potenciais desses

substratos durante exercícios de alta intensidade até a exaustão só podem ser observadas quando doses maiores são administradas.

Esse aspecto psicofisiológico torna interessante seu consumo em treinamentos com alta densidade e durante competições em ambientes extremos, que podem afetar a percepção de esforço. Contudo, esses resultados podem ser considerados exploratórios, havendo a necessidade de maior aprofundamento para a certificação do efeito positivo.

#### d) Capacidade Cardiorrespiratória ( $VO_{2\text{máx}}$ )

No estudo de Kazemi et al.<sup>7</sup>, houve melhora do  $VO_{2\text{máx}}$  após o consumo de BE. Esse resultado pode ser proveniente do efeito benéfico da Tau no que diz respeito à função cardíaca, através da regulação na homeostasia de  $Ca^{+2}$  intracelular pela modulação no fluxo de cátions e pela melhor disponibilidade desse íon para contração. Além disso, a Tau induz a diminuição dos níveis de norepinefrina no sangue e minimiza a adesão de catecolaminas nas células musculares cardíacas, protegendo o coração contra o estresse causado pela alta liberação de catecolaminas. Esse mecanismo alia-se a uma ação cardíaca mais econômica<sup>14</sup>.

Sheehan et al.<sup>55</sup> observaram que não há impacto positivo sobre o  $VO_{2\text{máx}}$ . Falhas metodológicas podem ter influenciado os resultados, pois os avaliados não foram instruídos sobre quais e quando os alimentos poderiam ser ingeridos. O consumo de café e de refrigerantes antes dos testes podem ter superestimado os dados do estudo. Além disso, a hora do dia em que os participantes realizaram os testes não foi adequado para todos participantes. As diferenças individuais nos níveis de energia em pontos diferentes do dia pode também ter influenciado as variáveis fisiológicas.

Não é possível ter uma clara evidência de que o consumo das BE afetam o  $VO_{2\text{max}}$ , tendo em vista os resultados analisados. Cabe destacar que os estudos se concentraram em exercícios de corrida, havendo ainda a necessidade de desenvolver estudos em outras atividades como o ciclismo ou a natação.

## 4.2. Possíveis efeitos ergogênicos da BE relacionados ao componente anaeróbio.

### a) Resistência muscular e potência anaeróbica

Os estudos de Forbes et al.<sup>34</sup> e de Alandari et al.<sup>6</sup> indicariam que o consumo de BE aumentou a resistência muscular dos membros superiores e a potência anaeróbica, respectivamente. Para os autores, tais resultados se devem a atuação da cafeína na bomba de sódio e potássio, de forma a manter o meio intracelular mais concentrado do que o meio extracelular, retardando a fadiga. Além disso, baixas concentrações de potássio no plasma auxiliam na manutenção da excitabilidade de membrana dos músculos contráteis durante o exercício<sup>56</sup>. Contudo, Forbes et al.<sup>34</sup> não observaram alterações na potência anaeróbica após o consumo de BE, talvez pela ingestão de baixa dose de cafeína (2mg/kg de peso corporal) e nível de treinamento.

### b) Testes físicos anaeróbicos

Na pesquisa de Coso et al.<sup>33</sup>, a ingestão de 3 mg de cafeína/kg de peso corporal de uma BE, sem açúcar, aumentou o salto vertical, a velocidade de corrida, a distância percorrida e o número de *sprints* durante o jogo. A capacidade de realizar *sprints* repetidos, com recuperação mínima entre as séries, é crucial para atletas de esportes coletivos<sup>57</sup>. Além disso, maior habilidade de repetir *sprints* está relacionada com jogo em maior nível competitivo, especialmente no futebol<sup>58</sup>. Assim, os autores concluíram que as BE na dosagem correta podem ser um auxílio eficaz para a melhoria do desempenho físico no futebol ou em esportes com exigências físicas similares.

Alford et al.<sup>32</sup> verificaram uma redução no tempo de *sprint* após o consumo de BE. Os autores ressaltaram que outros ingredientes, além da cafeína e da Tau, podem ser responsáveis pela melhora do desempenho, como as vitaminas B12, que podem facilitar o desempenho mental, aumentando a concentração, e em casos de depleção podem restaurar as vitaminas do grupo B e a glucoronolactona, que fornece energia extra para o exercício físico.

No estudo de Astorino et al.<sup>35</sup>, porém, não houve diferença no tempo de *sprint* de atletas que ingeriram BE. Segundo os autores, a ausência de um efeito positivo de Tau pode ser devido ao número de *sprints* insuficiente para gerar um quadro de fadiga principalmente por se tratar de jogadoras de futebol que estão habituadas com este tipo de estímulo.

#### c) Lactato Sanguíneo (LS)

Em relação aos níveis de LS, apenas um trabalho indica que houve redução após a ingestão de BE<sup>8</sup>. A base fisiológica para essa redução é a ação ergogênica da substância alcalina presente na BE em atividades de alta intensidade e curta duração. O aumento do pH sanguíneo causado pela alcalose proporcionaria retardo no aparecimento da fadiga e melhora do desempenho de exercícios com essa característica. A elevada concentração de  $\text{HCO}_3^-$  causada pela alcalose promove aumento do fluxo dos íons  $\text{H}^+$  das células musculares para o sangue, onde são tamponados<sup>59</sup>. Isso resulta na diminuição da acidose intramuscular, o que, por sua vez, prolonga o funcionamento da via glicolítica e retarda o aparecimento da fadiga<sup>60</sup>.

Esses resultados ainda são incipientes, contudo podem ser interessantes para atletas de provas cíclicas, que têm grande predomínio do sistema anaeróbio láctico, como os 400 metros no atletismo.

### 4.3. Efeitos ergolíticos

É importante destacar que o consumo de BE também pode provocar efeitos ergolíticos. O risco associado aos altos níveis de cafeína parece ser o problema mais comum nessas bebidas, em comparação com outras substâncias que elas contêm. A ingestão de doses acima de 6 mg/kg de peso corporal pode resultar em níveis tóxicos no sangue (em torno de 200 mmol/ml), prejudicar a estabilidade dos membros superiores, provocar insônia, irritabilidade, ansiedade, náuseas e desconforto gastrointestinal, além de agravar problemas gástricos, como a gastrite ou úlcera, quando ingerida em jejum, podendo comprometer o desempenho do atleta<sup>60</sup>. Tendo em vista os problemas relacionados com o consumo de cafeína, desencadeando assim um efeito ergolítico, a opção por

utilizar a cafeína, buscando seus “possíveis” efeitos ergogênicos, deverá ser estudada ao longo do período de treinamento, tendo em vista que as respostas podem ser individuais.

A otimização do desempenho esportivo é influenciado por um conjunto de variáveis, de maneira que as BE não são uma fórmula mágica para o sucesso de um atleta. O número de trabalhos com resultados positivos consistentes ainda são escassos, apesar de haver evidências científicas. É necessário ampliar o rol de estudos em outras situações do ambiente esportivo, visando ampliar a base de conhecimento sobre o tema. Assim, é necessário um consumo prudente das BE, avaliando a adaptação, a aceitabilidade, o momento de periodização e o resultado individual, devendo ser testadas inicialmente em ambiente de treinamento, com consumo supervisionado e orientado, preferencialmente, por um nutricionista ou médico.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste artigo sugerem que as BE podem contribuir para a melhora de vários aspectos do desempenho aeróbio e anaeróbio. O principal efeito ergogênico observado no exercício aeróbio está centrado no aumento do gasto temporal para sua realização. Na atividade anaeróbia, houve melhor resposta da contração muscular, contribuindo para um aumento da resistência muscular e redução do tempo de *sprints*.

Tendo em vista que os principais componentes (cafeína, taurina e carboidratos) das BE são considerados legais pela Agência Mundial Anti-Doping (WADA)<sup>61</sup> e que existem indícios científicos de que este suplemento pode produzir uma ação ergogênica, torna-se interessante sua utilização, aprimorando o desempenho do atleta em competição ou na qualidade do treino em atividades de perfil aeróbio como ciclismo, mountain bike, triatlon e corrida de longa duração, em atividades de perfil anaeróbico que exigem movimentos repetitivos dos membros superiores, como o remo, ou atividades acíclicas e intermitentes como futebol, voleibol, basquetebol.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Portaria nº 222 de 24 de março de 1998. Disponível em <[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)>. Acesso em: 20 abr. 2013.
2. OSCAR, N. Consumo bebidas energéticas cresce 325%. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 18 fev. 2011. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,consumo-de-bebidas-energeticas-cresce-325-,55706,0.htm>>. Acesso em 22 out. 2012.
3. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA) . Resolução RDC nº 273, de 22 de setembro de 2005. Disponível em <[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)>. Acesso em: 21 abr. 2013.
4. Rahnema N, Gaeini AA, Kazemi F. The effectiveness of two energy drinks on selected indices of maximal cardiorespiratory fitness and blood lactate levels in male athletes. *J Res Med Sci* 2010;15:127-32.
5. Carvajal-Sancho A, Moncada-Jimenez J. The acute effect of an energy drink on physical and cognitive performance of male athletes. *Kinesiologia Slovenica* 2005;11:5-16.
6. Alamdari KA, Kordi M, Choobineh S, Abbasi A. Acute effects of two energy drinks on anaerobic power and blood lactate levels in male athletes. *Physical Education and Sport* 2007;5:153 - 62.
7. Kazemi F, Gaeini AA, Kordi MR, Rahnema N. The acute effects of two energy drinks on endurance performance in female athlete students. *Sport Sci Health* 2009;5:55-60.
8. Ivy JL, Kammer L, Ding Z, et al. Improved cycling time-trial performance after ingestion of a caffeine energy drink. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2009;19:61-78.
9. Backhouse SH, Biddle SJ, Bishop NC, Williams C. Caffeine ingestion, affect and perceived exertion during prolonged cycling. *Appetite* 2011;57:247-52.
10. Duncan MJ, Taylor S, Lyons M. The effect of caffeine ingestion on field hockey skill performance following physical fatigue. *Res Sports Med* 2012;20:25-36.

11. Lorino AJ, Lloyd LK, Crixell SH, Walker JL. The effects of caffeine on athletic agility. *J Strength Cond Res* 2006;20:851-4.
12. Galloway SD, Talanian JL, Shoveller AK, Heigenhauser GJ, Spriet LL. Seven days of oral taurine supplementation does not increase muscle taurine content or alter substrate metabolism during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol* 2008;105:643-51.
13. Baum M, Weiss M. The influence of a taurine containing drink on cardiac parameters before and after exercise measured by echocardiography. *Amino Acids* 2001;20:75-82.
14. Zhang M, Izumi I, Kagamimori S, Sokejima S, Yamagami T, Liu Z, et al. Role of taurine supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress in healthy young men. *Amino Acids* 2004;26(2):203-7
15. Rutherford JA, Spriet LL, Stellingwerff T. The effect of acute taurine ingestion on endurance performance and metabolism in well-trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2010;20:322-9.
16. Einat H, Belmaker RH. The effects of inositol treatment in animal models of psychiatric disorders. *J Affect Disord* 2001; 62:113–121.
17. Balla T. Regulation of Ca<sup>2+</sup> entry by inositol lipids in mammalian cells by multiple mechanisms. *Cell Calcium* 2009; 45(6):527-534.
18. Zółtaszek R, Hanausek M, Kilianska ZM, Walaszek Z. The biological role of D-glucaric acid and its derivatives: potential use in medicine [in Polish]. *Postepy Hig Med Dosw (Online)* 2008; 62:451-462.
19. Woolf K, Manore M. B-vitamins and exercise: does exercise alter requirements? *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2006;16:453-84.
20. Lukaski HC. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition* 2004;20:632-44.
21. Currell K, Jeukendrup AE. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:275-81.
22. Roberts JD, Tarpey MD, Kass LS, Roberts MG. An investigative study into the influence of a commercially available carbohydrate-protein-electrolyte beverage on short term repeated exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr* 2012;9:5.

23. Campbell C, Prince D, Braun M, Applegate E, Casazza GA. Carbohydrate-supplement form and exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008;18:179-90.
24. Vandenberg TJ, Hopkins WG. Effects of acute carbohydrate supplementation on endurance performance: a meta-analysis. *Sports Med* 2011;41:773-92.
25. Ryu S, Choi SK, Joung SS, et al. Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rats and athletes. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2001;47:139-46.
26. Denadai BS. Effect of caffeine on the metabolism of rats exercising by swimming. *Braz J Med Biol Res* 1994; 27: 2481-5.
27. Silva LA, Silveira PC, Ronsani MM, Souza PS, Scheffer D, Vieira LC, et al. Taurine supplementation decreases oxidative stress in skeletal muscle after eccentric exercise. *Cell Biochem Funct* 2011; 29(1): 43-9.
28. Welsh RS, Davis JM, Burke JR, Williams HG. Carbohydrates and physical/mental performance during intermittent exercise to fatigue. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:723-31.
29. Astorino TA, Terzi MN, Roberson DW, Burnett TR. Effect of caffeine intake on pain perception during high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2011;21:27-32.
30. Brunetto D, Ribeiro JL, Trussardi Fayh AP. Efeitos do Consumo Agudo de Cafeína sobre Parâmetros Metabólicos e de Desempenho em Indivíduos do Sexo Masculino. *Rev Bras Med Esporte* 2010;16:171-5.
31. Walsh AL, Gonzalez AM, Ratamess NA, Kang J, Hoffman JR. Improved time to exhaustion following ingestion of the energy drink Amino Impact™. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2010;7:14.
32. Alford C, Cox H, Wescott R. The effects of red bull energy drink on human performance and mood. *Amino Acids* 2001;21(2):139-50.
33. Del Coso J, Muñoz-Fernández VE, et al. Effects of a Caffeine-Containing Energy Drink on Simulated Soccer Performance. *PLoS One* 2012;7:e31380.
34. Forbes SC, Candow DG, Little JP, Magnus C, Chilibeck PD. Effect of Red Bull energy drink on repeated Wingate cycle performance and bench-press muscle endurance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2007;17:433-44.

35. Astorino TA, Matera AJ, Basinger J, Evans M, Schurman T, Marquez R. Effects of red bull energy drink on repeated sprint performance in women athletes. *Amino Acids* 2012;42:1803-8.
36. Candow DG, Kleisinger AK, Grenier S, Dorsch KD. Effect of sugar-free Red Bull energy drink on high-intensity run time-to-exhaustion in young adults. *J Strength Cond Res* 2009;23:1271-5.
37. Dall'agnol T, Souza PFAD. Efeitos fisiologicos da taurina contida em uma bebida energetica em individuos fisicamente ativos. *Rev Bras Med Esporte* 2009;15:123-6.
38. Brito ISS, Brito.C.J., Pinheiro SF, Marins JCB. Caracterização das práticas de hidratação em karatecas do estado de Minas Gerais. *Fitness & Performance Journal* 2006;5:24-30.
39. Ferreira FG, Altoé JL, Silva RP, et al. Nível de conhecimento e práticas de hidratação em atletas de futebol de categoria de base. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2009;11:202-9.
40. Cruz MAE, Cabral CAC, Marins JCB. Nível de conhecimento e hábitos de hidratação dos atletas de mountain bike. *Fit Perf J* 2009;8:79-89.
41. Desbrow B, Leveritt M. Awareness and use of caffeine by athletes competing at the 2005 Ironman Triathlon World Championships. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2006;16:545-58.
42. Umana-Alvarado M, Moncada-Jimenez J. Consumption of an 'Energy Drink' does not Improve Aerobic Performance in Male Athletes. *International Journal of Applied Sports Sciences* 2005;17:26-34.
43. Backhouse SH, Ali A, Biddle SJH, Williams C. Carbohydrate ingestion during prolonged high-intensity intermittent exercise: impact on affect and perceived exertion. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2007;17:605-10.
44. Chambers ES, Bridge MW, Jones DA. Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *J Physiol* 2009;587:1779-94.
45. Schaffer SW, Jong CJ, Ramila KC, Azuma J. Physiological roles of taurine in heart and muscle. *J Biomed Sci* 2010;17 Suppl 1:S2.

46. Cox GR, Desbrow B, Montgomery PG, et al. Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *J Appl Physiol* 2002;93:990-9.
47. Kovacs EM, Stegen J, Brouns F. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *J Appl Physiol* 1998;85:709-15.
48. Powers SK, Byrd RJ, Tulley R, Callender T. Effects of caffeine ingestion on metabolism and performance during graded exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983;50:301-7.
49. Haff GG, Koch AJ, Potteiger JA, et al. Carbohydrate supplementation attenuates muscle glycogen loss during acute bouts of resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000;10:326-39.
50. Burke LM, Claassen A, Hawley JA, Noakes TD. Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes effect of glycemic index of preexercise meal. *J Appl Physiol* 1998;85:2220-6.
51. Backhouse SH, Bishop NC, Biddle SJH, Williams C. Effect of Carbohydrate and Prolonged Exercise on Affect and Perceived Exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2005;37:1768-73.
52. Desbrow B, Biddulph C, Devlin B, Grant GD, Anoopkumar-Dukie S, Leveritt MD. The effects of different doses of caffeine on endurance cycling time trial performance. *J Sports Sci* 2012;30:115-20.
53. Lim BV, Jang MH, Shin MC, et al. Caffeine inhibits exercise-induced increase in tryptophan hydroxylase expression in dorsal and median raphe of Sprague-Dawley rats. *Neurosci Lett* 2001;308:25-8.
54. Meeusen R, Watson P, Hasegawa H, Roelands B, Piacentini MF. Central fatigue: the serotonin hypothesis and beyond. *Sports Med* 2006;36:881-909.
55. Sheehan KM, Hartzler HLK. Effects of XS® Energy Drink on Aerobic Exercise Capacity of Athletes. *Int J Exerc Sci* 2011;4:152-63.
56. Davis JK, Green JM. Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. *Sports Med* 2009;39:813-32.
57. Barbero-Alvarez JC, Coutts A, Granda J, Barbero-Alvarez V, Castagna C. The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *J Sci Med Sport* 2010;13:232-5.

58. Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R, Impellizzeri FM. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med* 2007;28:1018-24.
59. Bishop D, Edge J, Davis C, Goodman C. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:807-13.
60. Astorino TA, Terzi MN, Roberson DW, Burnett TR. Effect of two doses of caffeine on muscular function during isokinetic exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:2205-10.
61. World Anti-Doping Agency W. The 2011 Prohibited list World Anti-Doping code. [Acesso 09 dez 2011]. Disponível em [http://www.wada-ama.org/Documents/World\\_Anti-Doping\\_Program/WADP-Prohibited-list/To\\_be\\_effective/WADA\\_Prohibited\\_List\\_2011\\_EN.pdf](http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-Prohibited-list/To_be_effective/WADA_Prohibited_List_2011_EN.pdf).

## CAPÍTULO 1: EFEITOS AGUDOS DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS SOBRE OS PARÂMETROS CARDIOVASCULARES, METABÓLICOS E NO DESEMPENHO EM INDIVÍDUOS FÍSICAMENTE ATIVOS

### RESUMO

A bebida energética (BE) tem sido associada ao aumento da capacidade energética, da agilidade mental e do desempenho físico durante os treinamentos e as competições. O objetivo do estudo foi verificar os efeitos da ingestão pré-exercício de BE com e sem carboidratos em parâmetros cardiovasculares, metabólicos e no desempenho em cicloergômetro. Doze indivíduos do sexo masculino com idade de  $24,41 \pm 6,68$  anos e  $VO_{2max}$  estimado ( $VO_{2MáxEs}$ ) de  $54,56 \pm 4,85$  mL.(kg.min)<sup>-1</sup>, praticantes regulares de ciclismo. O protocolo de exercícios consistia de três sessões experimentais com duração de 60 minutos de exercício contínuo (65-75%  $VO_{2MáxEs}$ ), seguido por um *sprint* de 6 km, respeitando um intervalo de pelo menos 2 dias entre as sessões. O desenho experimental adotado foi duplo cego, em *cross over* randomizado, em que 40 minutos antes do início dos exercícios foram ingeridas uma das três bebidas: BE com (BE1) e sem carboidratos (BE2) ou bebida placebo. A quantidade de bebida consumida foi calculada individualmente, para fornecer uma dose de 2 mg de cafeína/kg de peso corporal (PC). O tempo gasto para completar o *sprint* foi significativamente maior para o placebo comparado as bebidas energéticas BE1 ( $p < 0,001$ ) e BE2 ( $p = 0,003$ ); entre os tratamentos (BE1 e BE2) houve redução significativa ( $p > 0,001$ ) no tempo de *sprint* após o consumo de BE1. Frequência cardíaca e pressão arterial sistólica e diastólica foram semelhantes ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos. Não foram observadas diferenças ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos para  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , oxidação de gordura e concentração plasmática de glicose e de lactato. O quociente respiratório foi significativamente maior nos intervalos 40-45 minutos ( $p = 0,005$ ) e 55-60 minutos ( $p = 0,022$ ) no tratamento BE1 comparado ao placebo. Durante o *sprint*, a oxidação de carboidratos foi maior ( $p = 0,017$ ) no tratamento BE1 comparado ao placebo. O valor do índice de percepção de esforço ao final do *sprint* foi maior no tratamento placebo comparado com BE1

( $p=0,012$ ) e com BE2 ( $p=0,022$ ). A ingestão da BE1 (2mg de cafeína/kg de PC), 40 minutos antes do exercício de intensidade moderada, foi mais efetiva para maximização da capacidade de *sprint* de 6 km, indicando o seu consumo antes do exercício, visto que, não foi observado nenhum efeito ergolítico.

**Palavras-chave:** Bebida energética. Ciclismo. Desempenho. Cafeína.

## ABSTRACT

The energetic drink (ED) has been associated to the energetic capacity increase, mental agility and of the physical performance during trainings and competitions. The aim of the study was to verify the pre-exercise ingestion effects of ED with and without carbohydrates in cardiovascular parameters, metabolic and performance in the ergometer. Twelve males with age between  $24,41 \pm 6,68$  years old and  $VO_2\text{max}$  estimate ( $VO_2\text{MáxEs}$ ) of  $54,56 \pm 4,85$  mL.(kg.min)<sup>-1</sup>, regular practitioners of cycling. The exercise's protocol consisted in three experimental sessions of min in continuous exercise (65-75% $VO_2\text{MáxEs}$ ), followed for a 6km sprint, respecting the interval of at least two days between sessions. This is a double blind study, in cross over randomized, which 40 min before begin exercise was ingested one of the three drinks: ED with (ED1) and without carbohydrates (ED2) or placebo drink. The amount of drink consumed was calculated individually, for offer 2mg of caffeine/kg of body weight (BW). The time taken to complete the sprint was significantly higher compared to placebo than the other energetic supplement ED1 ( $p < 0,001$ ) and ED2 ( $p = 0,003$ ); between treatments (ED 1 and ED 2) had a significant decrease ( $p > 0,001$ ) in the sprint time after ED1 consumption. Heart rate and arterial pressure systolic and diastolic were similar ( $p > 0,05$ ) between the treatments. There was observed any difference ( $p > 0,05$ ) between the treatments for  $VO_2$ , and  $VCO_2$ , fat oxidation and plasmatic concentration of glucose and lactate. The respiratory quotient was significantly larger to the intervals of 40-45min ( $p = 0,005$ ) and 55-60 min ( $p = 0,022$ ) BE1 treatment compared to placebo. During the sprint, the carbohydrates oxidation was larger ( $p = 0,017$ ) in the ED1 compared to placebo. The effort perception index in the sprint's end was larger in the placebo treatment compared to ED1 ( $p = 0,012$ ) and with ED2 ( $p = 0,022$ ). The ED1 ingestion (2mg of caffeine/kg of BW), 40 min before exercise in moderate intensity, was more effective to the sprint maximization capacity of 6 km lindicacion that ED1 can be used before exercise, since there was no effect ergolítico.

**Keywords:** Energetic Drink. Cycling. Performance. Caffeine.

## 1. INTRODUÇÃO

O recurso ergogênico se refere à aplicação de um procedimento ou recurso nutricional, farmacológico, físico, mecânico ou psicológico capaz de aprimorar a capacidade de realizar um trabalho físico ou um desempenho atlético (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2008). Os ergogênicos nutricionais servem principalmente para aumentar o tecido muscular, a oferta de energia para o músculo e a taxa de produção de energia no músculo (TSITSIMPIKOU et al., 2011).

Na última década, o consumo de bebida energética (BE) tornou-se popular entre estudantes (ATTILA; CAKIR, 2011), pessoas ativas (TSITSIMPIKOU et al., 2011) e principalmente atletas (BUXTON; HAGAN, 2012), devido à suposição de um possível efeito ergogênico (CAMPBELL et al., 2013; KAZEMI et al., 2009) o que seria especialmente interessante para esse último grupo durante a participação em competições. De acordo com Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas Não- Alcoólicas (ABIRB), o consumo de BE, no Brasil, expandiu-se 325% entre 2006 e 2010 (OSCAR, 2011). O crescimento é em média dez vezes maior que as demais modalidades de bebidas.

É importante diferenciar bebida esportiva de BE. As bebidas esportivas, como Gatorade<sup>®</sup> e Powerade<sup>®</sup>, são elaboradas para a reposição dos níveis de glicogênio, de eletrólitos, de íons e evitar a desidratação dos atletas durante e após sua *performance* (KAZEMI et al., 2009; RAHNAMA; GAEINI; KAZEMI, 2010). Entretanto, BE estaria relacionada com outras respostas fisiológicas sendo associadas ao aumento da capacidade energética, da agilidade mental e ao desempenho físico, durante os treinamentos e as competições (BUXTON; HAGAN, 2012; IVY et al., 2009). Cabe destacar que a AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA, 2005) classifica as bebidas energéticas como compostos líquidos prontos para o consumo, não sendo oficialmente considerados produtos que possam aprimorar positivamente o rendimento esportivo.

Um dos primeiros estudos que avaliaram os efeitos da BE no rendimento físico foi conduzido por Alford, Cox e Wescott (2001). Esses autores verificaram a melhora no tempo de reação, no estado de alerta e na performance aeróbia e

anaeróbia. Posteriormente, outros trabalhos constataram a existência de efeitos ergogênicos da BE tanto no desempenho físico aeróbio (GEIB et al., 1994; IVY et al., 2009; KAZEMI et al., 2009; RAHNAMA et al., 2010; WALSH et al., 2010) quanto no anaeróbio (DEL COSO et al., 2012a; DEL COSO et al., 2012b; FORBES et al., 2007). Os principais efeitos encontrados foram: aumento no tempo total de exaustão (GEIB et al., 1994; KAZEMI et al., 2009; WALSH et al., 2010), no número de *sprints* (DEL COSO et al., 2012a), na resistência muscular dos membros superiores (FORBES et al., 2007) e na força máxima (DEL COSO et al., 2012b); redução do índice de percepção de esforço (KAZEMI et al., 2009; UMANA-ALVARADO; MONCADA-JIMENEZ, 2005) e do tempo para completar determinada carga de trabalho (IVY et al., 2009). Além disso, houve melhora do desempenho em alguns testes de caráter anaeróbico como: salto vertical (DEL COSO et al., 2012a), velocidade de corrida (DEL COSO et al., 2012a) e distância percorrida (DEL COSO et al., 2012a). Contudo, resultados de outros estudos não suportam as evidências de um efeito ergogênico após o consumo de BE (ASTORINO et al., 2012b; CANDOW et al., 2009; DALL'AGNOL; SOUZA, 2009).

A maioria das bebidas energéticas contém na sua composição cafeína, taurina (Tau), carboidratos e vitaminas (CAMPBELL et al., 2013). Em teoria, os ingredientes agem sinergicamente para melhorar o desempenho físico; no entanto, cafeína e Tau são apontadas como principais ingredientes ativos dessas bebidas, sendo responsáveis pelos principais efeitos ergogênicos (GWACHAM; WAGNER, 2012; RUTHERFORD; SPRIET; STELLINGWERFF, 2010). A cafeína tem sido utilizada com grande frequência como substância ergogênica de forma aguda, antes da realização de exercícios físicos, com o intuito de protelar a fadiga e, conseqüentemente, aprimorar a *performance* (BACKHOUSE et al., 2011; CANDOW et al., 2009). Assim como a cafeína, estudos mostraram efeito positivo da ingestão aguda de Tau na melhoria no desempenho físico, tanto em animais (MIYAZAKI et al., 2004; YATABE et al., 2003) quanto em seres humanos (BAUM; WEISS, 2001; ZHANG et al., 2004)

Quanto à presença de carboidratos, esses são fundamentais em provas de perfil aeróbio principalmente quando essas possuem mais de uma hora de duração, sendo considerado como um agente ergogênico e indicado por alguns organismos internacionais ligados à Medicina do Esporte (RODRIGUEZ; DI MARCO; LANGLEY, 2009; SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA DO

ESPORTE, 2009). Além disso, alguns autores constataram que a adição de carboidratos à bebida cafeinada pode potencializar o efeito ergogênico durante o exercício físico (DEL COSO; ESTEVEZ; MORA-RODRIGUEZ, 2008; GANT; ALI; FOSKETT, 2010). Contudo, nos últimos anos, houve um aumento da ingestão de BE sem carboidratos (*sugar free*) entre os esportistas e praticantes de atividade física, possivelmente porque muitos indivíduos ativos optam por ser uma bebida cafeinada, sem açúcar e com baixo teor calórico (CANDOW et al., 2009). Porém, os benefícios dessa bebida no desempenho físico não estão esclarecidos. Apenas dois estudos (CANDOW et al., 2009; DEL COSO et al., 2012a) avaliaram a *performance* após a ingestão deste tipo de bebida energética (BE) e encontraram resultados divergentes; um apontou que houve aumento do número de *sprints* durante partida de futebol (DEL COSO et al., 2012a) e no outro não houve melhora no tempo até a exaustão (CANDOW et al., 2009).

Diante da escassez de estudos que comparam o efeito da BE com e sem a presença de carboidratos (*sugar free*) no desempenho físico, associado ao aumento do consumo de ambas as bebidas no meio esportivo, torna-se importante identificar qual das bebidas trazem mais benefícios ergogênicos. Além disso, poucos estudos (DEL COSO et al., 2012a; FORBES et al., 2007; IVY et al., 2009; RAHNAMA et al., 2010) analisaram as taxas de oxidação (IVY et al., 2009) e as respostas metabólicas (DEL COSO et al., 2012; FORBES et al., 2007; RAHNAMA et al., 2010) durante o exercício, após a suplementação com BE. Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos da ingestão pré-exercício de BE com e sem carboidratos em parâmetros cardiovasculares, metabólicos e no desempenho em cicloergômetro.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **Amostra**

Doze indivíduos do sexo masculino (idade =  $24,41 \pm 6,68$  anos, massa corporal =  $72,77 \pm 7,21$ kg, estatura =  $175,5 \pm 0,05$  cm, IMC =  $23,49 \pm 2,33$  (kg/m<sup>2</sup>), percentual de gordura corporal (%GC) =  $11,7 \pm 3,5$  %,  $VO_{2máx}$  estimado ( $VO_{2MáxEs}$ )

=  $54,56 \pm 4,85 \text{ mL. (kg.min)}^{-1}$ , praticantes regulares de ciclismo participaram voluntariamente deste estudo. Os indivíduos praticavam exercícios físicos pelo menos três vezes por semana, com duração mínima de 2 horas cada sessão com características eminentemente aeróbias há pelo menos 2 anos. Todos os indivíduos eram considerados aparentemente saudáveis, conforme avaliado pelo questionário PAR-Q (CHISHOLM et al., 1975) (Anexo1), da tabela de risco coronariano proposta pela *Michigan Heart Association* (MCARDLE et al., 2008) (Anexo 2) além de responderem o questionário avançado de anamnese do *Software Avaesporte*<sup>®</sup> onde ficou destacado não haver antecedentes de hipertensão arterial, doenças cardíacas ou diabetes mellitus; não sendo usuários de álcool ou de medicamentos que afetam a ingestão de alimentos e ou metabolismo energético e não fumantes.

Também foram caracterizados como de baixo consumo diário de cafeína (< 200mg/dia) (HUNTLEY; JULIANO, 2012) (Anexo 5) classificados de acordo com sua resposta a um questionário quantitativo de frequência alimentar adaptado para a ingestão de cafeína. Os participantes foram solicitados a informar o número de porções, o tamanho da porção, a marca dos produtos e o número de dias da semana que consumiam os produtos contendo cafeína. O teor de cafeína dos alimentos foi fornecido diretamente dos fabricantes ou baseados nas informações contidas nos rótulos dos diversos produtos.

Todos os participantes foram informados dos objetivos, da dinâmica e riscos associados aos procedimentos do estudo antes de assinarem o termo de consentimento (Anexo 3). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, conforme as normativas do Conselho Nacional de Saúde com número de registro 154/2011 (Anexo 7).

O cálculo do tamanho amostral foi baseado nas fórmulas propostas por Mera, Thompson e Prasad (1998). O tempo de *sprint* (segundos) foi considerado a variável principal, com um poder estatístico de 95%. Valores publicados do desvio padrão foram aplicados nesses cálculos, sendo adotada uma diferença de 15% para o valor médio de *sprint*, como base no estudo de Rankin et al. (2006). As mulheres não foram incluídas no grupo amostral devido às alterações hormonais decorrentes do seu ciclo menstrual, pois a fase lútea pode promover

alterações no metabolismo da cafeína (MOTL; O'CONNOR; DISHMAN, 2003), o que poderia afetar os resultados.

### Teste Preliminar

Antes do início dos ensaios experimentais foram avaliadas medidas antropométricas e composição corporal, além da capacidade cardiorrespiratória dos participantes selecionados para o estudo. Todas as medidas foram obtidas no Laboratório de *Performance Humana* (LAPEH) da Universidade Federal de Viçosa por um avaliador treinado. Para as medidas antropométricas, o peso corporal (PC) foi aferido utilizando-se uma balança eletrônica digital com capacidade de 150 quilogramas e precisão de 50g (Welmy, W200A, Brasil). A estatura dos avaliados foi mensurada utilizando-se um estadiômetro milimetrado com extensão de 2 metros e escala de 0,5 cm (Welmy, W200A, Brasil). A avaliação da composição corporal foi realizada por meio do aparelho de bioimpedância *Body Composition Analyser (Biodynamics Model 310e, Seattle, WA, USA)*.

A capacidade cardiorrespiratória dos voluntários foi mensurada por meio do analisador de gases metabólicos (VO2000, *Aerosport, Medgraphics, St. Paul, Minnesota*), durante um teste em cicloergômetro eletromagnético (SCIFIT modelo ISSO1000, Oklahoma, Estados Unidos) e analisadas pelo *software Aerograph 4.3 (Medical Graphics Corporation)*. O teste ergométrico foi composto por 3 minutos de aquecimento com carga correspondente ao PC de cada voluntário (MARINS, 2005), e a partir disso foram adicionados 30 W a cada minuto até que se atingisse 85% da frequência cardíaca (FC) calculada previamente através da equação  $FCT_{\text{frequência cardíaca de treino}} = \% (FC_{\text{máxima}} - FC_{\text{repouso}}) + FC_{\text{repouso}}$  (KARVONEN; KENTALA; MUSTALA, 1957), sendo  $FC_{\text{máxima}}$  calculada pela equação  $FCM = 202 - 0,72 \times (\text{Idade})$  (JONES et al., 1985). Com a intenção de preservar a integridade física do voluntário e em conformidade com Marsh (MARSH, 2012), foi adotado o  $VO_{2MáxEs}$  para o cálculo da carga de trabalho. Esse foi obtido a partir da equação gerada por uma regressão linear com os valores de FC e do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) registrados durante o exercício até o momento em que este foi interrompido (85% da FC). A partir dele foi determinada a carga que corresponderia à faixa de 65 a 75% do  $VO_{2MáxEs}$  para ser utilizada como a carga inicial nos testes

experimentais. A regressão linear foi estabelecida através do *software* SigmaPlot® Version 11.0 (*Systat Software, Inc., Chicago, IL, USA*).

Após o teste preliminar, os voluntários foram orientados a evitarem consumo de cafeína e álcool por 48 horas e prática de atividade física superior aos 4 METs, de acordo com as recomendações do *AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE* (ACSM, 2011), antes de cada visita ao laboratório, mantendo o mesmo tipo de conduta dietética e treinamento ao longo do estudo. O desenho experimental adotado foi duplo cego, em *crossover* randomizado, sendo os testes separados por pelo menos 2 dias. A Tabela 1 apresenta a sequência de rotação dos procedimentos da ingestão de bebidas energéticas empregados.

Tabela 1- Rotação dos procedimentos da ingestão de bebidas energéticas empregados.

<b>Avaliado</b>	<b>Dia 1</b>	<b>Dia 2</b>	<b>Dia 3</b>
1	BE1	BE2	BE3
2	BE2	BE3	BE1
3	BE3	BE1	BE2
4	BE1	BE2	BE3
5	BE2	BE3	BE1
6	BE3	BE1	BE2
7	BE1	BE2	BE3
8	BE2	BE3	BE1
9	BE3	BE1	BE2
10	BE1	BE2	BE3
11	BE2	BE3	BE1
12	BE3	BE1	BE2

## Protocolo Experimental

Cada avaliado chegou ao laboratório ao mesmo tempo pela manhã (entre 6 e 9 h) após jejum de 10 a 12 h. Todos os ensaios experimentais ocorreram no mesmo horário do dia a fim de evitar variações circadianas, auxiliando para homogeneização das condições basais de avaliação. Assim que chegavam ao laboratório, um enfermeiro inseriu um cateter jelco intravenoso n°22 em uma veia do antebraço, sendo afixada uma torneira de 3 vias para a coleta de sangue antes e durante o exercício contínuo e após o *sprint*. Após esse procedimento, os avaliados consumiram um “café da manhã” que de acordo com as recomendações do *Institute of Medicine* (2002), fornecia 15% da Necessidade Estimada de Energia (EER - *Estimated Energy Requirement*), calculada a partir das necessidades nutricionais de cada participante. Os alimentos que compunham esse café da manhã eram suco de uva, pão de forma branco, queijo mussarela e maçã. O desjejum fornecido a cada participante foi calculado por um nutricionista. A Tabela 2 apresenta a composição dos macronutrientes e aporte calórico previsto do café da manhã adotado, considerando os valores energéticos previstos por unidades.

Tabela 2– Composição do café da manhã em termos calóricos e composição de macronutrientes

Alimento	Unidade	Peso	kcal	Proteína	Carboidratos	Gordura
Pão de forma	Fatia	50g	124	4,34	24,5	0,98
Queijo tipo Mussarela	Fatia média	40g	130	10,88	0	9,6
Suco de uva industrializado	Copo duplo	200 mL	112	0	28	0
Maçã com casca tipo Fuji	Und média	145g	94,25	0,43	22,04	0,43
Total			460,25	15,65	74,54	11,01
% kcal				13%	64	21

Fonte: Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO /NEPA (TACO, 2006); Tabela para avaliação do consumo alimentar em medidas caseiras (PINHEIRO et al., 2002)

A dieta ingerida pelos participantes no dia anterior aos testes foi monitorada através do recordatório alimentar 24 horas (Anexo 4), coletado antes

de cada protocolo experimental. Os voluntários foram orientados a manter o mesmo padrão de refeição no dia anterior aos três testes.

Uma hora após a ingestão do café da manhã, cada avaliado consumiu uma das três bebidas. As bebidas energéticas utilizadas no presente estudo são industrializados e comercializados no Brasil, com autorização da Vigilância Sanitária, não havendo manipulação das propriedades nutricionais dos produtos. A Tabela 3 apresenta a composição nutricional de cada bebida.

Tabela 3- Composição nutricional das bebidas utilizadas nos ensaios experimentais em 250 ml

<b>Ingredientes</b>	<b>Bebida Energética (BE1)</b>	<b>Bebida Energética (BE2) <i>Sugar Free</i></b>	<b>Bebida Placebo</b>
Calorias (kcal)	110	10	6,37
Carboidratos (g)	28	3	0
Proteína (g)	0	0	0
Gordura (g)	0	0	0
Cafeína (mg)	80	80	0
Tau (mg)	1000	1000	0
Outros ingredientes	Glucuronolactona, inositol, sódio, água e vitaminas do grupo B	Glucuronolactona, inositol, sódio, água e vitaminas do grupo B	Sódio

Na seleção das bebidas energéticas, buscaram-se no mercado brasileiro aquelas que possuíssem a composição dos ingredientes mais semelhantes para efeito de comparação, diferindo apenas na presença (BE1) ou não de carboidratos (BE2), e a solução placebo foi preparada com suco Clight Zero sabor limão dissolvidos a 500 mL de água gaseificada. As bebidas foram ingeridas 40 minutos antes do início dos ensaios experimentais para permitir picos de cafeína na corrente sanguínea que ocorre dentro de 30 a 60 minutos (CAMPBELL et al., 2013) após o seu consumo, sendo fornecidas em garrafas de plástico opacas para evitar identificação. Os voluntários tinham em torno de 15 minutos para a ingestão total das bebidas.

Tendo em vista que o sabor placebo não era idêntico as demais bebidas energéticas, os avaliados foram informados que todas as bebidas tinham substâncias ergogênicas misturadas na sua composição. A quantidade de líquido consumida ( $454,72 \pm 44,17$  ml) foi calculada individualmente para fornecer uma dose de 2 mg de cafeína/kg de PC. A dosagem selecionada toma em

consideração as indicações (FORBES et al., 2007; IVY et al., 2009) que apontam para uma melhora do desempenho físico sem resultar efeitos ergolíticos em perfil populacional semelhante ao do presente estudo.

Após 40 minutos do consumo da bebidas, os avaliados, ainda em repouso, tiveram a pressão arterial (PA) aferida utilizando esfigmomanômetro da marca Tycos® e para monitoramento da FC foi utilizado um frequencímetro Polar RS800cx (Polar® Electro Ltd, Kempele, Finlândia). Em seguida, iniciou-se o exercício no mesmo cicloergômetro onde o teste ergométrico foi realizado, com uma fase inicial de 5 minutos de aquecimento entre 45 e 55 % do  $VO_{2MáxEs}$  e parte principal com ritmo contínuo entre 65 e 75 % do  $VO_{2MáxEs}$ .

Imediatamente após os 60 minutos de exercício, os avaliados executaram um *sprint* de 6 km com a mesma carga que realizaram todo o teste. A frequência de pedaladas foi mantida em 65 a 70 rpm durante os 60 minutos do teste. Um encorajamento verbal foi dado a todos os participantes na fase do *sprint*, onde a velocidade era auto-selecionada.

O procedimento de hidratação adotado durante os 60 minutos de exercício foi exclusivamente com água durante cada uma das situações experimentais correspondendo a um cálculo individual de 3ml/kg de PC, imediatamente antes do início do exercício e a cada 15 minutos ao longo do exercício, bem como após o final do *sprint*, conforme empregado em outros estudos (COCATE et al., 2011; FARIA et al., 2011). No mesmo intervalo de tempo, a PA foi aferida e os participantes eram solicitados a responderem verbalmente a escala do índice de percepção de esforço (IPE) que variava de 6 a 20 (BORG, 1982) (Anexo 6) e um questionário para avaliação de sintomas gastrointestinais (PFEIFFER et al., 2009). Esse era organizado em três seções, cada um incluindo quatro a seis sintomas gastrointestinais. A seção 1 era constituída de problemas abdominais superiores (refluxo, azia, inchaço, cólica, vontade de vomitar e náusea); a seção 2, problemas abdominais inferiores (cólicas intestinais, flatulência, vontade de defecar, dor abdominal do lado esquerdo, dor abdominal do lado direito e diarreia); a seção 3, problemas sistêmicos (tonteira, dor de cabeça, câibras musculares e vontade de urinar). Os sintomas eram classificados em uma escala de 10 pontos, dados foram utilizadas as médias dos sintomas gastrointestinais avaliados nos diversos momentos. que variava de 0, nenhum tipo de sintoma, a 9, o pior que já sentiu. Para o tratamento dos Durante todo o exercício contínuo, a

FC foi monitorada e os registros foram realizados a cada 15 segundos, sendo que o gerenciamento de dados foi feito pelo *software* Polar ProTrainer. Para a análise, os dados foram agrupados em intervalos de cinco minutos, utilizando o valor médio da FC obtida nesses intervalos.

Durante o exercício contínuo, a cada 20 minutos eram realizadas medições das taxas de trocas respiratórias pelo analisador de gases por um período de 5 minutos cada medição. Estas medições também foram realizadas durante todo o *sprint*. Foram determinados o consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), a produção de gás carbônico (VCO<sub>2</sub>) e o quociente respiratório (RQ). A partir dos valores de VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub> (L.min<sup>-1</sup>), as taxas de oxidação de carboidrato e de gordura (g.min<sup>-1</sup>) foram calculadas utilizando-se equações estequiométricas (JEUKENDRUP; WALLIS, 2005), com a suposição de que a oxidação de proteína durante o exercício é insignificante. Foram empregadas as seguintes equações:

$$\text{Oxidação de carboidrato} = 4,21 \text{ VCO}_2 - 2,962 \text{ VO}_2$$

$$\text{Oxidação de gordura} = 1,695 \text{ VO}_2 - 1,701 \text{ VCO}_2$$

As amostras sanguíneas foram coletadas nos seguintes momentos: antes do café da manhã (-110min), antes da ingestão da bebida (-40 min), imediatamente antes do início do exercício (0 min), a cada 20 minutos de exercício contínuo e ao final do *sprint*. Após cada coleta de sangue, a via de coleta sanguínea era salinizada com solução fisiológica a 0,9%, a fim de evitar a coagulação do sangue e manter o acesso venoso, permitindo a realização das demais coletas. Era retirado 1 mL de sangue à cada coleta em seringas descartáveis e transferidas imediatamente para *ependorfs*, de onde eram retirados 100 µL de sangue por meio de uma pipeta automática. Em seguida, esta amostra de sangue total era injetada em um cartucho descartável de uso único e analisada por equipamento portátil de análise sanguínea à beira do leito (i-STAT, Abbott®, Illinois, Estados Unidos) para determinação de glicose. Neste cartucho, a glicose é medida por amperimetria. A oxidação da glicose, catalisada pela enzima glicose oxidase, produz peróxido de hidrogênio que é oxidado em um eletrodo para produzir uma corrente elétrica proporcional à concentração de glicose. Uma gota de sangue foi recolhida do *ependorfs*, e colocada no analisador portátil de lactato (Accutrend, Roche®, Mannheim, Alemanha), para determinar os valores de

lactato no início do exercício, a cada 20 minutos durante o exercício e ao final do *sprint*, conforme utilizado em outros estudos (CANDOW et al., 2009; FORBES et al., 2007). O esquema ilustrativo do protocolo adotado no estudo está representado na Figura 1.

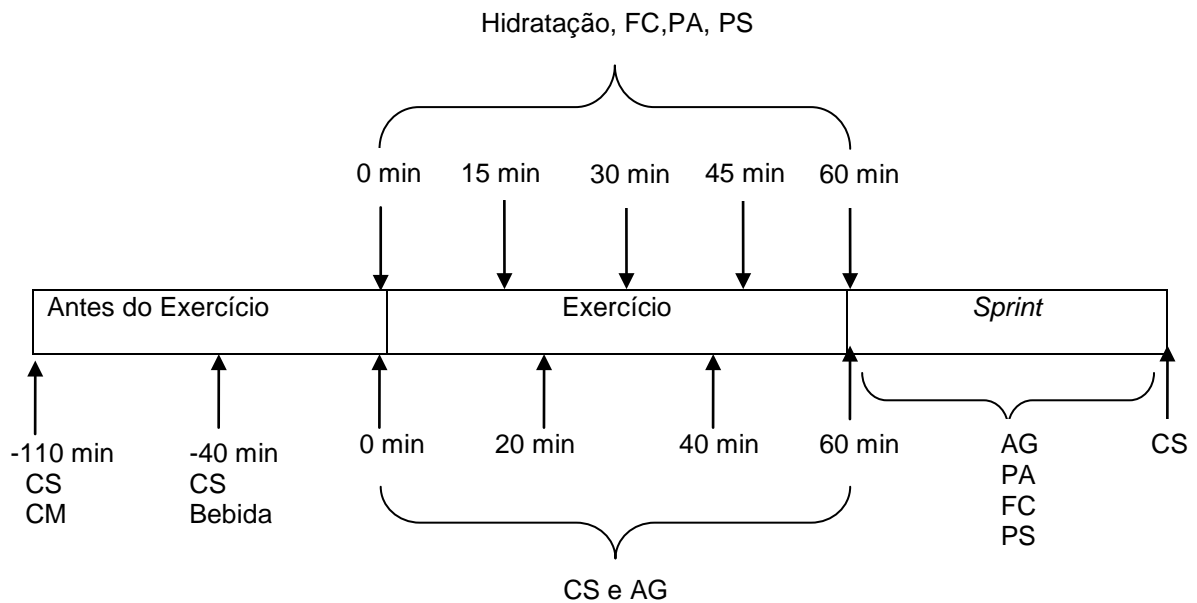


Figura 1- Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo. Nota: CS= coleta de sangue, CM =café da manhã, AG= análise de gases respiratórios, PA= pressão arterial, FC= frequência cardíaca, PS= parâmetros subjetivos .

O desempenho do voluntário foi avaliado, sendo o tempo gasto para completar o *sprint* de 6km, considerado em segundos, procedimento semelhante ao adotado em outros estudos (ASTORINO et al., 2012a; PEREIRA et al., 2012) que utilizaram a distância para investigar o desempenho aeróbio.

Todos os testes experimentais foram realizados em condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar (UR) (*Hygro Thermometer*<sup>®</sup>) semelhantes ( $p>0,05$ ) ( $23,2 \pm 0,91^{\circ}\text{C}$  e  $69,5 \pm 5,56$  UR para o tratamento com BE1;  $22,9 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$  e  $68,8 \pm 4,89$  UR para o tratamento com BE2;  $23,4 \pm 0,78^{\circ}\text{C}$  e  $69,8 \pm 5,3$  UR para o tratamento com placebo), podendo ser caracterizado como um ambiente com moderada carga térmica (ACSM, 2007).

## **Análise Estatística**

Todos os resultados foram descritos em média e desvio-padrão. Para comparação no tempo de duração do *sprint* entre os diferentes tratamentos, empregou-se o teste de *Anova One Way* de medidas repetidas com *post-hoc de Tukey HSD*. Para verificação da interação entre os diferentes tratamentos x momentos utilizou-se o teste de *Anova Two Way* para medidas repetidas (Split-plot *Anova*). Verificação de normalidade ocorreu pelo teste de Shapiro-Wilk e o teste de Mauchly foi consultado e a correção de Greenhouse–Geisser aplicada quando violado o pressuposto da esfericidade. Valores de *p* significativos foram identificados para efeitos de interação (momentos x tratamento), se a suplementação foi considerada como tendo influenciado a resposta foram realizadas análises simples. Valores significativos nos momentos foram investigados usando comparações pareadas com ajuste de intervalo de confiança de *Bonferroni*. A análise estatística foi realizada usando SPSS (v17.0, EUA). Foi adotado nível de significância  $p < 0,05$ .

## **3. RESULTADOS**

### **Avaliação do desempenho físico**

O tempo gasto para completar *sprint* de 6 km foi significativamente maior para o placebo comparado as bebidas energéticas BE1 ( $p < 0,001$ ) e BE2 ( $p = 0,003$ ) (Figura 2). Entre os tratamentos, BE1 e BE2, houve redução significativa ( $p > 0,001$ ) no tempo de *sprint* após o consumo de BE1. A média de melhora no desempenho foi de 2,01 % e de 2,78% comparado ao BE2 e ao placebo, respectivamente.

Tempo de sprint (segundos)

Figura 2- Tempo de duração do *sprint* para os três tratamentos.\* Diferença significativa comparada ao BE2 ( $p<0,001$ ) e ao placebo ( $p<0,001$ ).\*\* Diferença significativa comparada ao BE1 ( $p<0,001$ ) e ao placebo ( $p=0,003$ ).

### Parâmetros Fisiológicos aos testes experimentais

As respostas cardiovasculares estão representadas na Tabela 4. A FC e pressão arterial sistólica (PAS) foram significativamente maiores ( $p<0,001$ ) durante os 60 minutos de exercício contínuo e durante o *sprint* quando comparados ao repouso para todos os tratamentos. Houve um aumento significativo ( $p<0,001$ ) da FC e da PAS durante o *sprint* comparado aos valores obtidos durante o exercício contínuo em todos os tratamentos. Não foram observadas diferenças na FC e na PAS entre os tratamentos tanto no repouso, quanto nos 60 minutos de exercício contínuo e no *sprint*. A pressão arterial diastólica (PAD) se manteve estável ao longo do exercício a 65-75% do  $VO_{2máxEs}$  não se diferenciando do repouso e aumentou significativamente ( $p>0,001$ ) durante o *sprint*, para todos os tratamentos. Não foi observada diferença na PAD entre os tratamentos tanto no repouso, quanto nos 60 minutos de exercício e no *sprint*.

Tabela 4- Média  $\pm$  desvio-padrão das repostas cardiovasculares apresentadas durante o repouso, exercício a 65-75% do  $VO_{2\text{máxEs}}$  e o *sprint*

		Tipo de Tratamento		
	Condição	BE1	BE2	Placebo
PAS	Repouso	114,50 $\pm$ 9,65	113,00 $\pm$ 9,04	115,30 $\pm$ 6,51
	Exercício	147,50 $\pm$ 14,04*	148,00 $\pm$ 16,06*	150,54 $\pm$ 14,51*
	<i>Sprint</i>	197,33 $\pm$ 19,22 <sup>§</sup>	198,50 $\pm$ 19,13 <sup>§</sup>	200,00 $\pm$ 17,06 <sup>§</sup>
PAD	Repouso	70,83 $\pm$ 7,93	74,83 $\pm$ 9,96	75,16 $\pm$ 6,68
	Exercício	73,95 $\pm$ 5,58	71,62 $\pm$ 9,11	77,29 $\pm$ 9,38
	<i>Sprint</i>	90,83 $\pm$ 13,11 <sup>§</sup>	90,83 $\pm$ 16,21 <sup>§</sup>	93,45 $\pm$ 19,23 <sup>§</sup>
FC (bat/min)	Repouso	55,75 $\pm$ 7,16	55,08 $\pm$ 7,77	56,75 $\pm$ 9,38
	Exercício	145,82 $\pm$ 8,93*	148,06 $\pm$ 7,77*	146,44 $\pm$ 12,17*
	<i>Sprint</i>	173,71 $\pm$ 7,37 <sup>§</sup>	171,57 $\pm$ 7,05 <sup>§</sup>	173,27 $\pm$ 9,86 <sup>§</sup>

\*Diferença significativa em relação ao repouso e ao *sprint* ( $p < 0,001$ ).

<sup>§</sup> Diferença significativa em relação ao repouso e ao exercício ( $p < 0,001$ ).

Nota: PAS= pressão arterial sistólica; PAD= pressão arterial diastólica; FC= frequência cardíaca; bat/min= batimentos por minuto.

O  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , RQ durante os 60 minutos de exercício e durante o *sprint* estão representados na Tabela 5. As taxas de  $VO_2$  e  $VCO_2$  não foram estatisticamente diferentes entre os três testes experimentais tanto nos 60 minutos de exercício quanto no *sprint*. Para todos os testes experimentais,  $VO_2$  e  $VCO_2$  aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) durante o *sprint* comparado aos demais intervalos (0-60 minutos). O valor de RQ se manteve estável ao longo dos 60 minutos de exercício, aumentando significativamente ( $p < 0,001$ ) durante o *sprint* para todos os testes experimentais. O RQ foi significativamente maior nos intervalos 40-45 minutos ( $p = 0,005$ ) e 55-60 minutos ( $p = 0,022$ ) no tratamento BE1 comparado ao placebo.

Tabela 5- Média  $\pm$  desvio padrão do consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ), produção dióxido de carbono ( $\text{VCO}_2$ ) e quociente respiratório (RQ) obtidos em cada tratamento aplicado durante o estudo

	Intervalo (min)	$\text{VO}_2$ ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$\text{VCO}_2$ ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ )	RQ
BE1	0-5	2,80 $\pm$ 0,08	2,60 $\pm$ 0,18	0,85 $\pm$ 0,11
	20-25	2,76 $\pm$ 0,08	2,47 $\pm$ 0,19	0,90 $\pm$ 0,07
	40-45	2,73 $\pm$ 0,10	2,44 $\pm$ 0,17	0,89 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>
	55-60	2,70 $\pm$ 0,14	2,40 $\pm$ 0,17	0,89 $\pm$ 0,07 <sup>c</sup>
	<i>sprint</i>	2,90 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	2,78 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	1,13 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
BE2	0-5	2,78 $\pm$ 0,09	2,56 $\pm$ 0,11	0,88 $\pm$ 0,04
	20-25	2,71 $\pm$ 0,11	2,43 $\pm$ 0,13	0,86 $\pm$ 0,02
	40-45	2,71 $\pm$ 0,07	2,42 $\pm$ 0,19	0,86 $\pm$ 0,02
	55-60	2,69 $\pm$ 0,08	2,41 $\pm$ 0,15	0,85 $\pm$ 0,03
	<i>sprint</i>	2,92 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	2,79 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	1,12 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
Placebo	0-5	2,80 $\pm$ 0,05	2,59 $\pm$ 0,17	0,84 $\pm$ 0,08
	20-25	2,78 $\pm$ 0,05	2,52 $\pm$ 0,19	0,84 $\pm$ 0,06
	40-45	2,75 $\pm$ 0,05	2,49 $\pm$ 0,14	0,82 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>
	55-60	2,70 $\pm$ 0,08	2,45 $\pm$ 0,17	0,82 $\pm$ 0,04 <sup>c</sup>
	<i>sprint</i>	2,92 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	2,85 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	1,11 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Diferença significativa em relação aos demais intervalos ( $p < 0,05$ ).

<sup>b</sup> Diferença significativa entre os tratamentos BE1 e placebo ( $p = 0,005$ ).

<sup>c</sup> Diferença significativa entre os tratamentos BE1 e placebo ( $p = 0,022$ ).

A Figura 3 ilustra a oxidação de carboidratos e de gorduras durante os 60 minutos de exercício e durante o *sprint*. A oxidação de carboidratos se manteve estável ao longo dos 60 minutos de exercício, aumentando significativamente ( $p < 0,001$ ) durante o *sprint* para todos os testes experimentais. Durante o *sprint*, a oxidação de carboidratos foi maior ( $p = 0,017$ ) no tratamento BE1 comparado ao placebo. A oxidação de gordura foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) durante o *sprint* comparado aos intervalos 20-25 minutos, 40-45 minutos e 55-60 minutos, em todos os tratamentos. Entretanto, não houve diferença na oxidação de gordura entre os tratamentos.

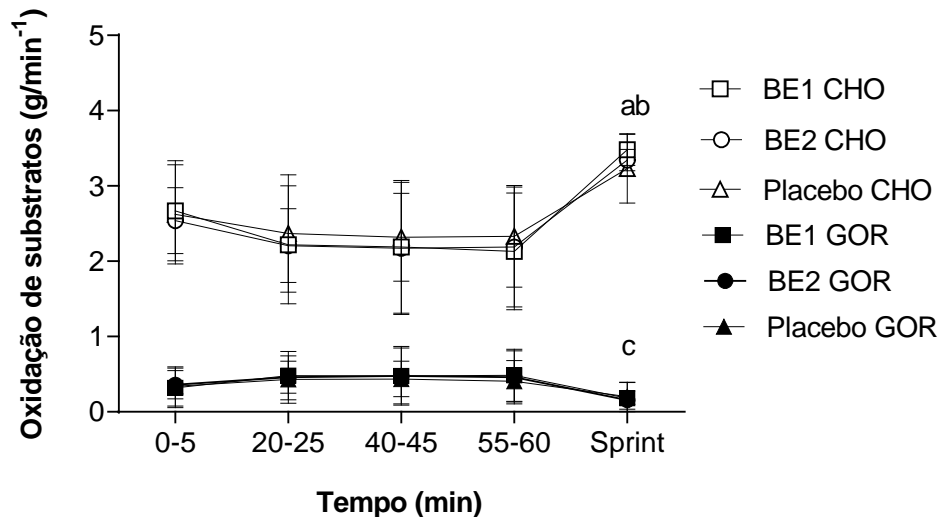


Figura 3- Oxidação de carboidratos e de gorduras durante os 60 minutos de exercício e durante o *sprint* para os três tratamentos. <sup>a</sup> Diferença significativa ( $p < 0,001$ ) comparado aos demais intervalos (0-60 min) em todos os tratamentos. <sup>b</sup> Diferença significativa ( $p < 0,017$ ) durante o *sprint* entre os tratamentos BE1 e placebo. <sup>c</sup> Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) durante o *sprint* comparada aos intervalos 20-25 minutos, 40-45 minutos e 55-60 minutos, em todos os tratamentos. CHO= carboidratos; GOR= gordura.

### Metabólicos plasmáticos

A Figura 4 apresenta as concentrações plasmáticas de glicose e de lactato nos seguintes momentos: jejum (-110min), antes da ingestão do suplemento energético (-40min) e imediatamente antes do início do exercício (0 min). Houve redução significativa ( $p < 0,001$ ) da glicose plasmática e aumento do lactato plasmático ( $p < 0,001$ ) no momento 0 min comparado com os valores em jejum nos três tratamentos. Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos para todos os momentos analisados, indicando que os avaliados iniciaram o exercício contínuo em condições metabólicas semelhantes.

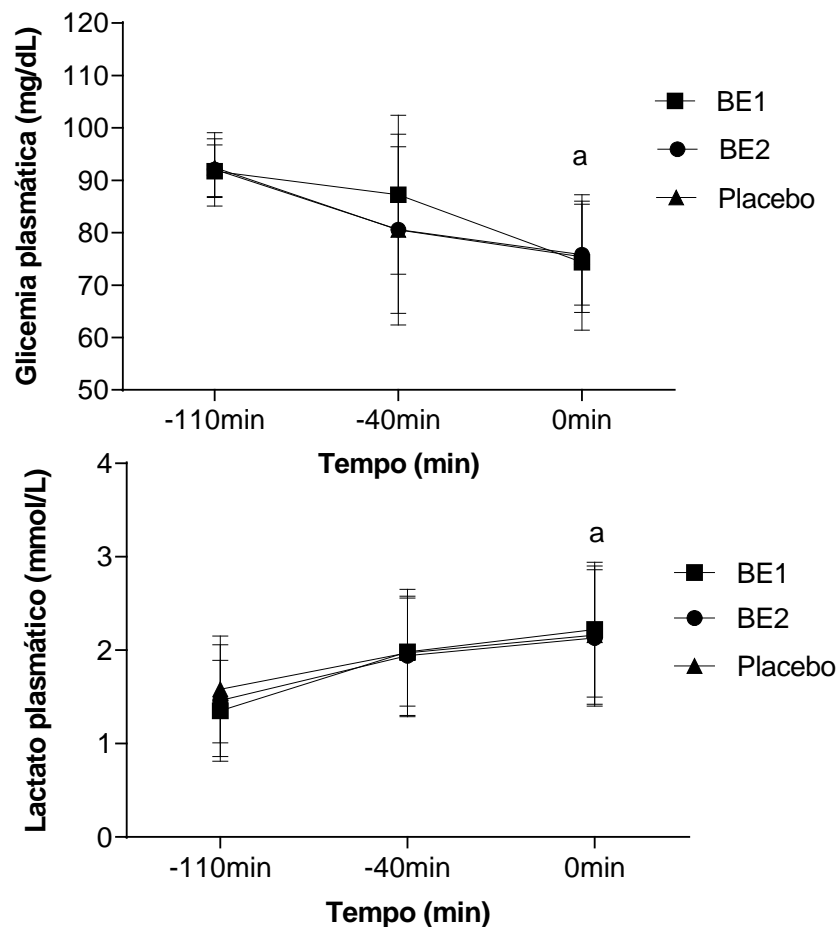


Figura 4- Média  $\pm$  desvio-padrão da glicemia e do lactato plasmático nos momentos pré-exercício (-110 min, -40 min e 0 min) nos testes experimentais. <sup>a</sup> Diferença significativa ( $p < 0,001$ ) comparado ao jejum (-110 min) em todos os tratamentos.

As concentrações plasmáticas de glicose e lactato no repouso (0 min), durante o exercício a 65-75% do  $VO_{2máxEs}$  e após o *sprint* estão representadas na Figura 4.

Em todos os tratamentos, observou-se que as concentrações plasmáticas de glicose e de lactato foram significativamente maiores ( $p < 0,001$ ) após o *sprint* quando comparados ao repouso e ao exercício contínuo. Não foram observadas diferenças nos valores plasmáticos de glicemia e de lactato entre os tratamentos no repouso, durante o exercício contínuo e após *sprint*.

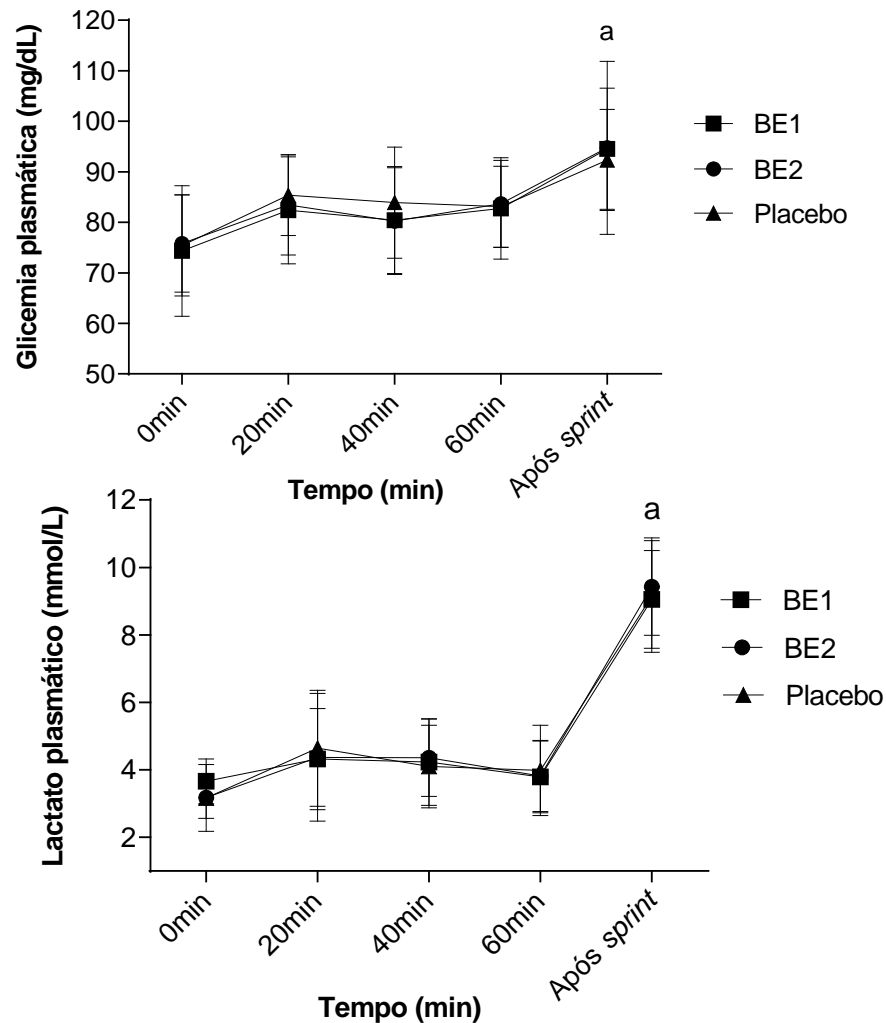


Figura 5- Média  $\pm$  desvio-padrão da glicemia e do lactato plasmático ao longo do exercício contínuo e após o *sprint* nos testes experimentais. <sup>a</sup> Diferença significativa ( $p < 0,001$ ) comparado aos demais intervalos (0-60 min) em todos os tratamentos.

### Sintomas gastrointestinais e IPE

Nos três tratamentos, não foi relatado nenhum dos problemas abdominais superiores. Em relação aos problemas abdominais inferiores, apenas um avaliado apresentou flatulência durante o tratamento com bebida placebo durante os 60 minutos de exercício. A vontade de urinar foi o único fator dos problemas sistêmicos relatado pelos avaliados ( $2,18 \pm 1,52$  para BE1,  $2,00 \pm 1,04$  para BE2 e  $1,89 \pm 0,89$  para placebo). Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

O IPE se manteve estável ao longo do exercício a 65 a 75% do  $VO_{2máxEs}$  ( $13,41 \pm 0,59$  para BE1,  $13,41 \pm 0,44$  para BE2 e  $13,48 \pm 0,65$  para placebo) e aumentou significativamente ( $p < 0,001$ ) durante o *sprint* para todos os tratamentos

( $18,25 \pm 1,35$  para BE1,  $18,5 \pm 1,62$  para BE2 e  $19,15 \pm 1,07$  para placebo). O valor do IPE ao final do *sprint* foi maior no tratamento placebo comparado com BE1 ( $p=0,012$ ) e com BE2 ( $p=0,022$ ).

#### 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos da ingestão pré-exercício de BE com e sem carboidratos em parâmetros cardiovasculares, metabólicos e no desempenho em cicloergômetro.

No presente estudo, o tempo para realizar *sprint* de 6 km foi significativamente maior para o placebo comparado as bebidas energéticas BE1 ( $p<0,001$ ) e BE2 ( $p=0,003$ ) (Figura 2). A melhora do desempenho foi de 2,01% e de 2,78% com a ingestão de BE1 comparado a BE2 e ao placebo, respectivamente, podendo esta diferença ser decisiva no resultado da competição. Essa melhora no desempenho após a ingestão de bebidas energéticas é consistente com outros estudos (ALFORD et al., 2001; DEL COSO et al., 2012a; GEIB et al., 1994; IVY et al., 2009; KAZEMI et al., 2009; WALSH et al., 2010).

Geib et al. (1994) e Ivy et al. (2009) estudaram o efeito da ingestão de 500 mL de BE no desempenho e observaram aumento no tempo de exaustão e redução do tempo para completar determinada carga, respectivamente, no ciclismo em atletas de *endurance*. Os estudos de Walsh et al. (2010) e de Kazemi et al. (2009) encontraram resultados semelhantes durante corrida na esteira até exaustão a 70% do  $VO_{2máxEs}$  e no teste de Bruce, respectivamente, com aumento de 12,5% e de 9,3 % na *performance* após o suplemento com BE comparado ao placebo. Alford et al. (2001) também observaram melhora de 9% na *performance* aeróbia, mantendo o exercício contínuo (65-75% da FCM) por mais tempo comparado ao placebo. Nesses estudos, a suplementação com BE apresentou-se como uma estratégia que pode contribuir para melhora no rendimento, pois os atletas suportaram maior intensidade de esforço por mais tempo. Além disso, na pesquisa de Del Coso et al. (2012a), a ingestão de BE *sugar free* (3mg de caféina/ kg PC), aumentou o número de *sprints* durante o jogo de futebol. A capacidade de realizar *sprints* repetidos, com recuperação mínima entre as

séries, é crucial para atletas de esportes coletivos, aumentando a capacidade competitiva do jogo, especialmente no futebol e em esportes com exigências físicas similares (DEL COSO et al., 2012a).

Os mecanismos pelo quais as bebidas energéticas melhoram a *performance* ainda não estão totalmente esclarecidos. Alguns autores acreditam que a cafeína é o principal ingrediente ativo das BE, sendo responsável pelos efeitos ergogênicos relacionados ao desempenho físico (CANDOW et al., 2009; DEL COSO et al., 2012b). Diversos mecanismos podem estar envolvidos, incluindo, atuação sobre o retículo sarcoplasmático aumentando a disponibilidade de cálcio para a potencialização da contração muscular (DESBROW et al., 2012), antagonista aos receptores de adenosina levando a um aumento da ativação do sistema nervoso central e das epinefrinas plasmáticas (DESBROW et al., 2012), alteração nas concentrações de potássio auxiliando na manutenção da excitabilidade de membrana dos músculos contráteis durante o exercício (MOHR; NIELSEN; BANGSBO, 2011).

Embora a cafeína seja considerada o principal ingrediente ativo das bebidas energéticas, a Tau, pode também contribuir para efeito ergogênico no exercício (GWACHAM; WAGNER, 2012). Alguns estudos apontaram que a suplementação com Tau pode contribuir para aumentar a capacidade de sustentação do exercício tanto em humanos (BAUM; WEISS, 2001; ZHANG et al., 2004) quanto em animais (MIYAZAKI et al., 2004; YATABE et al., 2003), possivelmente por atuar na estabilização de fosfolípidios de membrana e por aumentar a disponibilidade de cálcio no músculo (SCHAFFER et al., 2010). A combinação da ingestão de cafeína e Tau em uma mesma formulação apresentou melhoras significativas na função ventricular, aumentando o volume sistólico (BAUM; WEISS, 2001) e no tempo de exaustão (GEIB et al., 1994; JESTER et al., 1997) comparado com bebidas contendo apenas cafeína. Desta forma, esses compostos agem sinergicamente, podendo melhorar a *performance* nos treinamentos e nas competições.

O presente estudo foi o primeiro a investigar e a comparar o consumo de bebidas energéticas com (BE1) e sem a presença de carboidratos (BE2) no desempenho. A BE1 apresentou-se ser mais efetiva no desempenho, pois, reduziu 2,01% no tempo gasto para completar *sprint* de 6 km comparado a BE2. Os resultados corroboram com outros estudos que apontam que a combinação de

cafeína e carboidratos pode potencializar o efeito ergogênico durante o exercício físico (DEL COSO et al., 2008; GANT et al., 2010). A cafeína atua no aumento da absorção intestinal de glicose e na utilização de carboidratos exógenos (YEO et al., 2005), minimizando a depleção de glicogênio muscular e retardando o aparecimento da fadiga durante exercícios de características aeróbias.

Os valores da FC aumentaram gradualmente durante os 60 minutos de exercício contínuo e durante o *sprint*, mas nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os tratamentos (Tabela 4). Esses resultados são suportados por estudos prévios envolvendo o consumo de BE no desempenho (ASTORINO et al., 2012b; RAHNAMA et al., 2010). Rahnama et al. (2010) compararam o tempo de exaustão no teste de esteira de Bruce sob o efeito da ingestão (6ml/kg de PC) de duas bebidas energéticas disponíveis no mercado, consumidos 40 minutos antes do início do exercício. Houve aumento no tempo de exaustão com o consumo das bebidas energéticas comparadas ao placebo ( $p < 0,05$ ). Contudo, não houve diferença nos valores da FC entre os tratamentos. Astorino et al. (2012b) examinaram o efeito da ingestão de 255 mL BE (60 minutos antes do exercício) em *sprints* repetitivos do teste t em jogadoras de futebol. Os autores não encontraram diferenças significativas na FC ( $p = 0,40$ ) e no tempo dos *sprints* ( $p = 0,68$ ) nos tratamentos BE vs. placebo e sugerem que a ausência de um efeito positivo de BE pode ser devido ao número de *sprints* insuficiente para gerar um quadro de fadiga, principalmente por se tratar de jogadoras de futebol que já estão habituadas com este tipo de estímulo.

Como a cafeína induz a liberação de adrenalina durante o exercício era esperado valores mais elevados da FC (DESBROW et al., 2012) nos tratamentos com bebidas energéticas. No entanto, alguns estudos registraram diminuição da FC durante exercícios submáximos após a ingestão de bebida contendo Tau (GEIB et al., 1994; RUTHERFORD et al., 2010), sugerindo que a Tau poderia alterar a fisiologia cardiovascular. Corroborando com esta hipótese, Baum e Weiss (2001) encontraram que a Tau em combinação com cafeína aumentou significativamente o volume de ejeção em atletas de *endurance* após o exercício, decorrente do maior volume diastólico final do ventrículo esquerdo e uma diminuição do volume sistólico final do ventrículo esquerdo, enquanto a fração de encurtamento cardíaca (*fractional shortening*) aumentou significativamente, contribuindo para menores valores de FC. Essas respostas no sistema

cardiovascular, se confirmadas, podem ter efeitos importantes, em atletas submetidos de forma crônica e aguda ao treinamento, atuando como um fator de cardioproteção.

Assim, como encontrado em estudo prévio (ALFORD et al., 2001), no presente estudo, valores médios da PAS no repouso, durante o exercício e no *sprint* foram menores após o consumo de bebidas energéticas em comparação com o placebo, porém, não significativos. Nos valores de PAD também não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos. Ragsdale et al. (2010) analisaram o efeito de duas bebidas energéticas, semelhante as bebidas utilizadas no presente estudo (BE1e BE2), na função cardiovascular durante 2 horas de repouso e também não encontraram nenhum efeito do consumo de BE nos níveis pressóricos comparado com os placebos. Contudo, no estudo Franks et al. (2012) os participantes receberam um suplemento energético (contendo em cada dose de 250 ml, 80mg de cafeína) ou suplementação de cafeína (80mg de cafeína dissolvidos em água) ingeridos ao longo do dia (7h, 8 h, 11h, 15h e 19h ) e foram submetidos ao MAPA (monitorização ambulatorial da pressão arterial) de 24 horas. Os autores verificaram aumento significativo ( $p=0,04$ ) da PAS e da PAD ( $p=0,02$ ) durante o dia que consumiram suplemento energético. A ausência de estudos que analisaram a PA durante o exercício após o consumo de BE dificulta a comparação e a interpretação dos resultados. Desta forma, estudos adicionais são necessários para identificar se o consumo de BE afetaria os valores pressóricos tanto no repouso quanto no exercício, principalmente quando consumidos de forma crônica e não aguda como do presente estudo.

O IPE aumentou significativamente após o *sprint* comparado aos valores obtidos durante o exercício contínuo. O IPE no *sprint* foi significativamente maior no tratamento placebo comparado com BE1 ( $p=0,012$ ) e com BE2 ( $p=0,022$ ) (Tabela 4). Umana-Alvarado e Moncada-Jimenez (2005) encontraram resultado semelhante sobre os valores de IPE após a ingestão de 6ml/kg de PC de BE, 30 minutos antes de correr duas voltas de 10km cross-country em corredores e /ou triatletas. No estudo de Kazemi et al. (2009) após corrida até a exaustão, também houve redução significativa do IPE após o consumo de suplemento energético comparado ao placebo. Acredita-se que a cafeína reduz a sensação de dor através de seus efeitos como um antagonista de adenosina (ASTORINO et al., 2011). Adenosina é um neurotransmissor que age na diminuição da atividade

celular, inibe a expressão de dopamina (neurotransmissor que estimula a atividade do SNC) e a transmissão sináptica do cérebro via ativação dos seus receptores (ASTORINO et al., 2011). A cafeína, por possuir estrutura molecular semelhante à da adenosina, ocupa alguns de seus receptores e minimiza o efeito deste neurotransmissor sobre o organismo (BACKHOUSE et al., 2011). Assim, a dopamina passa a ser menos inibida, aumentando suas concentrações durante o exercício físico. Outro mecanismo ergogênico da cafeína é a diminuição da expressão da Triptofano Hidroxilase (TPH), a degradação do triptofano é responsável pela modulação das concentrações de serotonina na barreira hematoencefálica (LIM et al., 2001). Com a diminuição da razão serotonina/dopamina, há menor indução da fadiga central, favorecendo a melhora do desempenho (LIM et al., 2001). Um potencial efeito ergogênico de redução do IPE seria importante para atletas submetidos a longos períodos de treino ou durante competições de várias horas, como por exemplo, no triatlon tipo *Iron Man*, provas de aventura ou de ciclismo.

A Tabela 5 indica que os valores do RQ foram significativamente maiores ( $p=0,005$ ) e ( $p=0,022$ ) nos estágios finais (40-45 minutos e 55-60 minutos), respectivamente, no tratamento BE1 comparado ao placebo. Os valores obtidos sugerem maior utilização de carboidratos nos últimos 20 minutos de exercício contínuo no tratamento BE1 comparado ao placebo. Desta forma, a suplementação com BE1 pode ser importante no meio esportivo, pois, maior utilização de carboidratos, permite ao atleta competir ou treinar em maior intensidade, obtendo melhores resultados no seu desempenho.

No presente estudo, durante o exercício contínuo, observou-se diminuição da oxidação de carboidratos e aumento da oxidação de gorduras nos três tratamentos, contudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p>0,05$ ) (Figura 3). Ivy et al. (2009) encontraram resultados semelhantes durante exercício em cicloergômetro e observaram uma tendência para menor oxidação de carboidratos após ingerir BE, porém não foi detectado diferença significativa entre os tratamentos ( $p=0,09$ ). Contrariando tais resultados, Jester et al. (1997) verificaram aumento significativo na oxidação de gordura durante o exercício até a exaustão, após o consumo de bebida contendo carboidratos, Tau e cafeína em comparação à bebida com quantidades idênticas de cafeína e de carboidratos, sinalizando que o aumento na oxidação de gordura durante o exercício poderia

ser decorrente dos efeitos da Tau. Cabe destacar que vários estudos com cultura de células *in vitro* têm mostrado que a produção de adenosina 3',5'-monofosfato cíclico (cAMP) pode ser diretamente estimulada pela Tau, através da ativação da enzima adenilato ciclase (AC) (CHEN et al., 2004) ou, talvez, por meio de um aumento da secreção de catecolaminas (TAKEKURA et al., 1986). Esse mecanismo é responsável pela elevação da lipólise e da oxidação de gordura durante a realização de exercícios de intensidade moderada. Essa hipótese pode ser confirmada no trabalho de Rutherford et al. (2010) que verificaram aumento de 16% nas taxas de oxidação de gordura durante 90 minutos pedalando a 65%  $VO_{2máx}$  após o consumo de 1,66 g de Tau, 60 minutos antes do início do exercício.

Os resultados mostraram que não houve diferença nos níveis de glicose plasmática durante o exercício contínuo e o *sprint* entre os três tratamentos (Figura 5). Ivy et al. (2009) e Geib et al. (1994) também não encontraram diferença nos valores de glicemia durante o exercício entre os tratamentos BE e placebo. Desta forma, as bebidas energéticas foram igualmente eficientes em manter os níveis de glicose plasmática durante o exercício contínuo e no *sprint*. Contudo, estudos adicionais são necessários, para investigar se as bebidas energéticas irão manter os níveis de glicemia em exercícios com duração superior a 60 minutos, já que o estoque de glicogênio muscular é suficiente para um tempo pouco superior a uma hora de esforço com intensidade moderada, fazendo, desta forma, com que os músculos dependam também da captação de glicose circulante para manter a contração (CURI et al., 2000). É fundamental a manutenção da glicemia, pois quando há redução da mesma, pode ser observada uma diminuição da glicemia para aproximadamente 40-50  $mg.dL^{-1}$ , levando o indivíduo à exaustão, obrigando-o a interromper o exercício (IVY et al., 1980). No presente estudo, nenhum dos avaliados apresentou um quadro de hipoglicemia (concentração plasmática de glicose abaixo de 70  $mg.dL^{-1}$ ) em algum momento do exercício. Dessa forma os resultados obtidos apontam que a presença ou não de carboidratos não interferiu na cinética da glicose plasmática provavelmente influenciada pelo consumo do “café da manhã” pré- exercício que tenha sido a responsável por essa resposta.

Também não se observou nenhuma diferença nas concentrações plasmáticas de lactato sanguíneo entre os tratamentos (Figura 5). Forbes et al.

(2007) também não encontraram diferença ( $p > 0,05$ ) nos valores de lactato entre o consumo de BE (2mg/kg de PC) e placebo em adultos saudáveis. Nos estudos de Candow et al. (2009) e de Rahanma et al. (2010), a ingestão de BE *sugar free* (2mg/kg de PC) e de 6ml/kg de PC de BE, respectivamente, não influenciou ( $p > 0,05$ ) nas respostas do lactato sanguíneo durante corrida até a exaustão. Entretanto, Ivy et al. (2009) demonstraram que os níveis de lactato foram significativamente maiores ( $p > 0,05$ ) após o consumo de BE. Os níveis de concentração de lactato possuem um importante papel no processo de fadiga em exercício de alta intensidade (GLADDEN, 2000), como o foi o caso da etapa do *sprint* de 6 km no presente estudo. Tendo em vista que os resultados apontaram um melhor tempo das bebidas energéticas frente ao consumo de placebo, porém sem diferença na concentração de lactato, é possível inferir que essa melhora do desempenho tenha sido por adaptações celulares específicas.

As respostas do questionário de sintomas gastrointestinais sinalizaram que bebidas energéticas, ingeridas nas mesmas condições do presente estudo, não causam desconforto gastrointestinal, evitando possíveis prejuízos ao desempenho causados por estes sintomas.

É importante destacar que o consumo de BE também pode provocar efeitos ergolíticos. O risco associado aos altos níveis de cafeína parece ser o problema mais comum nessas bebidas, em comparação com outras substâncias que elas contêm. A ingestão de doses acima de 6 mg/kg de PC pode ser tóxicas ao organismo, resultando em níveis sanguíneos elevados de cafeína, prejudicar a estabilidade dos membros superiores, provocar insônia, irritabilidade, ansiedade, náuseas e desconforto gastrointestinal, além de agravar problemas gástricos, como a gastrite ou úlcera, quando ingerida em jejum, podendo comprometer o desempenho do atleta (BUXTON; HAGAN, 2012; CAMPBELL et al., 2013). Tendo em vista os problemas relacionados com o consumo excessivo de cafeína, desencadeando assim um efeito ergolítico, a opção por utilizar a cafeína, buscando seus “possíveis” efeitos ergogênicos, deverá ser estudada ao longo do período de treinamento, tendo em vista que as respostas podem ser individuais. Assim como no presente estudo, a revisão feita por Campbell et al. (2013) também indica que dosagem de 2mg de cafeína/kg de PC ingeridos entre 10 e 40 minutos previamente ao exercício produzem resultados ergogênicos na *performance*, sem efeito ergolítico, indicando ser seguro seu consumo.

É possível considerar como limitações do presente estudo, a ausência de biópsia muscular para análise do glicogênio muscular e do exame eletromiográfico que poderiam oferecer informações importantes sobre o comportamento dos músculos quando submetidos aos diversos tipos de sobrecarga. Uma outra limitação importante foi a diferença entre o sabor das bebidas energéticas e da bebida placebo.

Considerando o grupo populacional avaliado (praticantes regulares de ciclismo e com um baixo consumo diário de cafeína) e as condições de exercícios propostas no presente estudo, é possível concluir que a suplementação com BE1 (2mg de cafeína/kg de PC), 40 minutos antes do exercício de intensidade moderada, foi mais efetiva na melhora do desempenho no *sprint* de 6 km. Isso indica que a BE1 pode ser utilizada antes do exercício quando a suplementação durante o exercício não for possível. Contudo, pesquisas adicionais utilizando-se outras doses, outros grupos populacionais como mulheres e consumidores habituais de cafeína, bem como a verificação dos efeitos em outras modalidades esportivas, devem ser realizadas para ampliar as evidências científicas encontradas no presente estudo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA) .Resolução RDC nº 273, de 22 de setembro de 2005. Disponível em <[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)>. Acesso em: 19 fev. 2013.

ALFORD, C.; COX, H.; WESCOTT, R. The effects of red bull energy drink on human performance and mood. **Amino Acids**, v. 21, n. 2, p. 139-150, 2001.

AMERICAN COLLEGE SPORTS MEDICINE (ACSM). Position stand on exertional heat illness during training and competition. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v.39, n.3, p.556-572, 2007.

AMERICAN COLLEGE SPORTS MEDICINE (ACSM). Position stand on Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory,

musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334-1359, 2011.

ASTORINO, T. A.; LOZANO, A.T.; ABURTO-PRATT, K.; DUHON, J. Effect of caffeine on RPE and perceptions of pain, arousal, and pleasure/displeasure during a cycling time trial in endurance trained and active men. **Physiology and Behavior**, v. 106, n. 2, p. 211-217, 2012a.

ASTORINO, T. A.; MATERA, A.J.; BASINGER, J.; EVANS, M.; SCHURMAN, T.; MARQUEZ, R. Effects of red bull energy drink on repeated sprint performance in women athletes. **Amino Acids**, v. 42, n. 5, p. 1803-8, 2012b.

ASTORINO, T. A.; TERZI, M. N.; ROBERSON, D. W.; BURNETT, T. R. Effect of caffeine intake on pain perception during high-intensity exercise. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 21, n. 1, p. 27-32, 2011.

ATTILA, S.; CAKIR, B. Energy-drink consumption in college students and associated factors. **Nutrition**, v. 27, n. 3, p. 316-322, 2011.

BACKHOUSE, S. H.; BIDDLE, S. J.; BISHOP, N. C.; WILLIAMS, C. Caffeine ingestion, affect and perceived exertion during prolonged cycling. **Appetite**, v. 57, n. 1, p. 247-252, 2011.

BAUM, M.; WEISS, M. The influence of a taurine containing drink on cardiac parameters before and after exercise measured by echocardiography. **Amino Acids**, v. 20, n. 1, p. 75-82, 2001.

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

BUXTON, C.; HAGAN, J. E. A survey of energy drinks consumption practices among student -athletes in Ghana: lessons for developing health education intervention programmes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 9, 2012.

CAMPBELL, B., WILBORN, C.; LA BOUNTY, P.; TAYLOR, L.; NELSON, M.T.; GREENWOOD, M.; ZIEGENFUSS, T.N.; LOPEZ, H.L.; HOFFMAN, J.R.; STOUT, J.R.; SCHMITZ, S.; COLLINS, R.; KALMAN, D.S.; ANTONIO, J.; KREIDER, R.B. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. **International Society of Sport Nutrition**, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2013.

CANDOW, D. G.; KLEISINGER, A. K.; GRENIER, S.; DORSCH, K. D. Effect of sugar-free Red Bull energy drink on high-intensity run time-to-exhaustion in young adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p. 1271-1275, 2009.

CHEN, Y. X.; ZHANG, X. R.; XIE, W. F.; LI, S. Effects of taurine on proliferation and apoptosis of hepatic stellate cells in vitro. **Hepatobiliary and Pancreatic Diseases International**, v. 3, n. 1, p. 106-109, 2004.

CHISHOLM, D. M.; COLLIS, M.L.; KUKAK, L.L.; DAVENPORT, W.; GRUBER, N. Physical activity readiness. **British Columbia Medical Journal**, v. 17, n. 11, p. 375-378, 1975.

COCATE, P. G.; PEREIRA, L. G.; MARINS, J. C.; CECON, P. R.; BRESSAN, J.; ALFENAS, R. C. Metabolic responses to high glycemic index and low glycemic index meals: a controlled crossover clinical trial. **Nutrition Journal**, v. 10, n.1, 2011.

CURI, R.; LAGRANHA, C. J.; RODRIGUES Jr, J.; PITHON-CURI, T.C.; LANCHETA Jr, A.H.; PELLEGRINOTTI, I. L. Ciclo de Krebs como fator limitante na utilização de ácidos graxos durante o exercício aeróbico. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 47, n. 2, p. 135-143, 2000.

DALL'AGNOL, T.; SOUZA, P. F. A. D. Efeitos fisiológicos da taurina contida em uma bebida energética em indivíduos fisicamente ativos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 2, p. 123-126, 2009.

DEL COSO, J.; ESTEVEZ, E.; MORA-RODRIGUEZ, R. Caffeine effects on short-term performance during prolonged exercise in the heat. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v. 40, n. 4, p. 744-751, 2008.

DEL COSO, J.; MUÑOZ-FERNÁNDEZ, V. E.; MUÑOZ, G.; FERNÁNDEZ-ELÍAS, V. E.; ORTEGA, J. F.; HAMOUTI, N.; BARBERO, J. C.; MUÑOZ-GUERRA, J.; LUCIA, A. Effects of a Caffeine-Containing Energy Drink on Simulated Soccer Performance. **PLoS One**, v. 7, n. 2, p. e31380, 2012a.

DEL COSO, J.; SALINERO, J. J.; GONZALEZ-MILLAN, C.; ABIAN-VICEN, J.; PEREZ-GONZALEZ, B. Dose response effects of a caffeine-containing energy drink on muscle performance: a repeated measures design. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 21, 2012.

DESBROW, B.; BIDDULPH, C.; DEVLIN, B.; GRANT, G. D.; ANOOPKUMAR-DUKIE, S.; LEVERITT, M. D. The effects of different doses of caffeine on endurance cycling time trial performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 2, p. 115-120, 2012.

FARIA, V. C.; CAZAL, M.N.; CABRAL, C.A.C.; MARINS, J.C.B. Influência do índice glicêmico na glicemia em exercício físico aeróbico. **Motriz**, v. 17, n. 3, p. 395-405, 2011.

FORBES, S. C.; CANDOW, D. G.; LITTLE, J. P.; MAGNUS, C.; CHILIBECK, P. D. Effect of Red Bull energy drink on repeated Wingate cycle performance and bench-press muscle endurance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 17, n. 5, p. 433-444, 2007.

FRANKS, A. M. ; SCHMIDT, J.M.; MCCAIN, K.R.; FRAER, M. Comparison of the effects of energy drink versus caffeine supplementation on indices of 24-hour ambulatory blood pressure. **The Annals of Pharmacotherapy**, v. 46, n. 2, p. 192-199, 2012.

GANT, N.; ALI, A.; FOSKETT, A. The influence of caffeine and carbohydrate coingestion on simulated soccer performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 20, n. 3, p. 191-197, 2010.

GEIB, K. R.; JESTER, I.; FALKE, W.; HAMM, M.; WAAG, K.L. The effect of taurine-containing drink on performance in 10 endurance-athletes. **Amino Acids**, v. 7, p. 45-56, 1994.

GLADDEN, L. B. Muscle as a consumer of lactate. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v. 32, n. 4, p. 764-771, 2000.

GWACHAM, N.; WAGNER, D. R. Acute effects of a caffeine-aurine energy drink on repeated sprint performance of American college football players. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 22, n. 2, p. 109-116, 2012.

HUNTLEY, E.D.; JULIANO, L.M. Caffeine Expectancy Questionnaire (CaffEQ): construction, psychometric properties, and associations with caffeine dependence, and other related variables. **Psychological Assessment**, v.24, n.3, p.592-607, 2012.

INSTITUTE OF MEDICINE. Energy. In: **Dietary Reference Intakes - Energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids**. The National Academy Press, Washington, D.C., 2002, Pt 1:5.1 - 5.114.

IVY, J. L.; COSTILL, D. L.; VAN HANDEL, P. J.; ESSIG, D. A.; LOWER, R. Contribution of medium and long chain triglyceride intake to energy metabolism during prolonged exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 1, p. 15-20, 1980.

IVY, J. L.; KAMMER, L.; DING, Z.; WANG, B.; BERNARD, J. R.; LIAO, Y. H.; HWANG, J. Improved cycling time-trial performance after ingestion of a caffeine energy drink. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 19, n. 1, p. 61-78, 2009.

JESTER, I.; GRIGEREIT, M.; BERNHARDT, M.; S., H.; BANZER, W. Effects of ingesting a taurine-enriched, caffeine-containing drink on performance and haemodynamics in acyclic trained athletes. **Amino Acids**, v. 13, p. 72-73, 1997.

JEUKEKENDRUP, A. E.; WALLIS, G. A. Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26 Suppl 1, p. S28-S37, 2005.

JONES, N. L.; MAKRIDES, L.; HITCHCOCK, C.; CHYPCHAR, T.; MCCARTNEY, N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. **The American Review of Respiratory Disease**, v. 131, n. 5, p. 700-708, 1985.

KAZEMI, F.; GAEINI, A. A.; KORDI, M. R.; RAHNAMA, N. The acute effects of two energy drinks on endurance performance in female athlete students. **Sport Sciences for Health**, v. 5, p. 55-60, 2009.

LIM, B. V.; JANG, M. H.; SHIN, M. C.; KIM, H. B.; KIM, Y. J.; KIM, Y. P.; CHUNG, J. H.; KIM, H.; SHIN, M. S.; KIM, S. S.; KIM, E. H.; KIM, C. J. Caffeine inhibits exercise-induced increase in tryptophan hydroxylase expression in dorsal and median raphe of Sprague-Dawley rats. **Neuroscience Letters**, v. 308, n. 1, p. 25-28, 2001.

MARINS, J. C. B. Avaliação cardiorrespiratória aplicada ao ciclismo "indoor". In: DOMINGUES FILHO, L.A. (Org.). **Ciclismo indoor: guia teórico prático**. Jundiaí, SP: Fontoura, 2005. cap 3, p. 45-71.

MARSH, C. E. Evaluation of the American College of Sports Medicine submaximal treadmill running test for predicting VO<sub>2</sub>max. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 548-54, 2012.

MCARDLE, W.; KATCH, F.; KATCH, V. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 1099 p.

MERA, R.; THOMPSON, H.; PRASAD, C. How to Calculate Sample Size for an Experiment: A Case-Based Description. **Nutritional Neuroscience**, v. 1, p. 87-91, 1998.

MIYAZAKI T, MATSUZAKI Y, IKEGAMI T, MIYAKAWA S, DOY M, TANAKA N, BOUSCAREL B. Optimal and effective oral dose of taurine to prolong exercise performance in rat. **Amino Acids**, v. 27, n. 3-4, p. 291-8, 2004

MOHR, M.; NIELSEN, J. J.; BANGSBO, J. Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle interstitial potassium accumulation. **Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 5, p. 1372-9, 2011.

MOTL, R. W.; O'CONNOR, P. J.; DISHMAN, R. K. Effect of caffeine on perceptions of leg muscle pain during moderate intensity cycling exercise. **The Journal of Pain**, v. 4, n. 6, p. 316-321, 2003.

OSCAR, N. Consumo bebidas energéticas cresce 325%. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 18 fev. 2011. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,consumo-de-bebidas-energeticas-cresce-325-,55706,0.htm>>. Acesso em 22 out. 2012.

PEREIRA, L.G.; AMORIM, P.S.; LOPES, P.R.N.R.; ALFENAS, R.C.G.; MARINS, J.C.B. Diferentes formas de suplementos de carboidrato durante o exercício: Impactos metabólicos e no desempenho. **Motricidade**, v.8., n.S2, p.167-176, 2012.

PFEIFFER, B.; COTTERILL, A.; GRATHWOHL, D.; STELLINGWERFF, T.; JEUKENDRUP, A. E. The effect of carbohydrate gels on gastrointestinal tolerance during a 16-km run. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 19, n. 5, p. 485-503, 2009.

PINHEIRO, A. B. V.; LACERDA, E.M.A.; BENZECRY, E.H.; GOMES, M.C.S; COSTA, V.M. **Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras. 4 ed.** São Paulo: Atheneu, 2002.

RAGSDALE, F. R.; GRONLI, T. D.; BATOOL, N.; HAIGHT, N.; MEHAFFEY, A.; MCMAHON, E. C.; NALLI, T. W.; MANNELLO, C. M.; SELL, C. J.; MCCANN, P. J.; KASTELLO, G. M.; HOOKS, T.; WILSON, T. Effect of Red Bull energy drink on cardiovascular and renal function. **Amino Acids**, v. 38, n. 4, p. 1193-1200, 2010.

RAHNAMA, N.; GAEINI, A. A.; KAZEMI, F. The effectiveness of two energy drinks on selected indices of maximal cardiorespiratory fitness and blood lactate levels in male athletes. **Journal of Research in Medical Sciences**, v. 15, n. 3, p. 127-132, 2010.

RANKIN, J. W.; SHUTE, M.; HEFFRON, S. P.; SAKER, K. E. Energy restriction but not protein source affects antioxidant capacity in athletes. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 41, n. 6, p. 1001-1009, 2006.

RODRIGUEZ, N. R.; DI MARCO, N. M.; LANGLEY, S. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. **Journal American Diet Association** , v. 109, n. 3, p. 509-527, 2009.

RUTHERFORD, J. A.; SPRIET, L. L.; STELLINGWERFF, T. The effect of acute taurine ingestion on endurance performance and metabolism in well-trained cyclists. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 20, n. 4, p. 322-329, 2010.

SCHAFFER, S. W.; JONG, C. J.; RAMILA, K. C.; AZUMA, J. Physiological roles of taurine in heart and muscle. **Journal of Biomedical Science**, v. 17 Suppl 1, p. S2, 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA DO ESPORTE (SBME). Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais de riscos para a saúde. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 3, p. 3-12, 2009.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos/NEPA-UNICAMP-** Versão II. 2 ed. Campinas-SP: NEPA-UNICAMP, 2006.113 p.

TAKEKURA, H.; TANAKA, H.; WATANABE, M.; YOSHIKAWA, T.; ONO, M. Effect of taurine on glycolytic and oxidative enzyme activities of rat skeletal muscles. **Sulfur-Containing Amino Acids**, v. 9, p. 125-132, 1986.

TSITSIMPIKOU, C.; CHRISOSTOMOU, N.; PAPALEXIS, P.; TSAROUHAS, K.; TSATSAKIS, A.; JAMURTAS, A. The use of nutritional supplements among recreational athletes in Athens, Greece. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 21, n. 5, p. 377-384, 2011.

UMANA-ALVARADO, M.; MONCADA-JIMENEZ, J. Consumption of an 'Energy Drink' does not Improve Aerobic Performance in Male Athletes. **International Journal of Applied Sports Sciences**, v. 17, n. 2, p. 26-34, 2005.

WALSH, A. L.; GONZALEZ, A. M.; RATAMESS, N. A.; KANG, J.; HOFFMAN, J. R. Improved time to exhaustion following ingestion of the energy drink Amino Impact™. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, n. 1, p.14, 2010.

YATABE, Y.; MIYAKAWA, S.; MIYAZAKI, T.; MATSUZAKI, Y.; OCHIAI, N. Effects of taurine administration in rat skeletal muscles on exercise. **Journal of Orthopaedic Science**, v. 8, n. 3, p. 415-419, 2003.

YEO, S.E.; JENTJENS,R.L.; WALLIS,G.A.; JEUKENDRUP, A.E. Caffeine increases exogenous carbohydrate oxidation during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 99, n. 3, p. 844-850, 2005.

ZHANG, M.; IZUMI, I.; KAGAMIMORI, S.; SOKEJIMA, S.; YAMAGAMI, T.; LIU, Z.; QI, B. Role of taurine supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress in healthy young men. **Amino Acids**, v. 26, n. 2, p. 203-207, 2004.

## CAPÍTULO 2: EFEITOS DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS NO EQUILÍBRIO ELETROLÍTICO EM EXERCÍCIO CONTÍNUO NO CICLOERGOMETRO

### RESUMO

Atletas frequentemente são advertidos a evitarem o consumo de cafeína ou de bebidas cafeínadas, como a bebida energética (BE), previamente ou durante o exercício, devido ao seu potencial diurético. O objetivo do estudo foi verificar o efeito da ingestão prévia de BE com e sem carboidratos sobre o equilíbrio eletrolítico no exercício contínuo em cicloergômetro. Foram avaliados doze indivíduos do sexo masculino com idade de  $24,41 \pm 6,68$  anos e  $VO_{2max}$  estimado ( $VO_{2MáxEs}$ ) de  $54,56 \pm 4,85$  mL.(kg.min)<sup>-1</sup>, praticantes regulares de ciclismo. O protocolo de exercícios consistia de três sessões experimentais com duração de 60 minutos de exercício contínuo (65-75%  $VO_{2MáxEs}$ ), seguido por um *sprint* de 6 km, respeitando um intervalo de pelo menos 2 dias entre as sessões. O desenho experimental adotado foi estudo duplo cego, em *cross over* randomizado, em que 40 minutos antes do início dos exercícios foram ingeridas uma das três bebidas: BE com (BE1) e sem carboidratos (BE2) ou bebida placebo. A quantidade de bebida consumida foi calculada individualmente, para fornecer uma dose de 2 mg de cafeína/kg de peso corporal (PC). Durante cada uma das situações experimentais, o procedimento de hidratação foi com água na proporção de 3 mL/kg de PC imediatamente antes do início do exercício, a cada 15 minutos, bem como após o final do *sprint*. Para avaliar o balanço hídrico e o estado de hidratação dos avaliados foi registrado o PC e a densidade da urina antes e após o exercício, o volume urinário após o exercício. Essas medidas permitiram o acompanhamento do percentual de desidratação relativa e absoluta e da taxa de sudorese. Também foram monitorados os eletrólitos sódio e potássio plasmáticos e o hematócrito antes do início do exercício, aos 20, 40 e 60 minutos durante sua realização e após o *sprint*. Em relação aos parâmetros referentes ao balanço hídrico não apresentaram diferença significativa entre os três testes experimentais ( $p>0,05$ ). Contudo, houve redução estatisticamente significativa ( $p<0,001$ ) do PC e da densidade da urina após o exercício ( $p<0,05$ ) para todos os tratamentos. As

concentrações plasmáticas de sódio não mudaram significativamente durante os 60 minutos de exercício contínuo e após o *sprint* para todos os tratamentos e não foram observadas diferenças entre os tratamentos. As concentrações plasmáticas de potássio foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) durante o exercício contínuo e após o *sprint* quando comparadas ao repouso para todos os tratamentos. Após o *sprint*, no tratamento placebo, houve aumento significativo nos valores de potássio comparado às bebidas energéticas BE1 ( $p = 0,017$ ) e ao BE2 ( $p = 0,012$ ). Já a concentração de hematócrito se manteve estável ao longo dos 60 minutos de exercício e aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) após o *sprint* para todos os tratamentos. Considerando as condições ambientais e de exercício propostas no presente estudo, foi possível concluir que as bebidas energéticas ministradas numa quantidade que fornecesse 2mg de cafeína / kg de PC, geraram semelhante equilíbrio eletrolítico em relação ao placebo, para o grupo populacional estudado, não sendo assim observado efeito diurético durante o exercício.

**Palavras-chave:** Bebidas energéticas. Equilíbrio Hidroeletrolítico. Desidratação. Ciclismo. Cafeína.

## ABSTRACT

Athletes are often advised to avoid the consumption of caffeine or caffeinated beverages such as energetic beverage (EB) before or during exercise, due to its diuretic potential. The objective of the study was to identify if previous consumption of EB with and without carbohydrates affect in the same way the mineral-water balance in continuous exercise on a cycle ergometer. Review of twelve males with average age between  $24.41 \pm 6.68$  years old and  $VO_{2max}$  estimated ( $VO_{2MaxEs}$ ) of  $54.56 \pm 4.85$  mL. (kg.min)<sup>-1</sup>, they were regular cycling practitioners. The protocol of exercises consisted in three experimental sessions during 60 minutes of continuous exercise (65-75%  $VO_{2MáxEs}$ ), followed for a 6 km sprint, taking in consideration an interval of at least 2 days between sessions. The experimental design was adopted double blind, cross over randomized, that 40 minutes before start the exercises were ingested one of three the beverages: with EB (EB1) and without (EB2) carbohydrates or placebo drink. The amount of consumed beverage was individually calculated, to show a level 2 mg caffeine / kg body weight (BW). During each experimental procedure situation, the hydration was with water in the ratio of 3 mL / kg BW immediately before the exercise, every 15 minutes, and after the final sprint. To evaluate fluid balance and hydration status of the subjects was recorded BW and density of urine before and after exercise, urinary volume after exercise. These measures allowed the monitoring of the percentage of relative and absolute dehydration and sweat rate. Also monitored were the electrolytes sodium and potassium and hematocrit before the beginning of the year, at 20, 40 and 60 minutes during its implementation and after the sprint. Regarding the parameters related to the water balance any significant difference was showed between the three experimental tests ( $p > 0.05$ ). However, there was a significant statistically decrease ( $p < 0.001$ ) in the BW and in the urine density after exercise ( $p < 0.05$ ) for all treatments. Plasma sodium concentrations did not change significantly during the 60 minutes of continuous exercise and after the sprint for all treatments and there were no differences among the treatments. Potassium concentrations were significantly higher ( $P < 0.05$ ) during exercise and continued after the sprint when compared to in a rest situation for all treatments. After the

sprint, at the placebo treatment, a significant increase in the potassium values compared to EB1 supplements ( $p = 0.017$ ) and EB2 ( $p = 0.012$ ). The hematocrit concentration remained stable throughout the 60 minutes of exercise and increased significantly ( $p < 0.05$ ) after sprint for all treatments. Considering the environmental conditions and of exercise proposed in this study, was possible to conclude, that energy drinks administered in an amount that provides 2mg of caffeine / kg BW, generated similar mineral-water balance over placebo for the study population group and thus not observed diuretic effect during exercise.

**Keywords:** Energy drinks. Mineral-Water Balance. Dehydration. Cycling. Caffeine.

## 1. INTRODUÇÃO

A prática de exercícios proporciona um aumento da taxa metabólica e que dependendo de diversos fatores, principalmente das condições ambientais de calor e do tipo de vestimenta utilizada, leva a um aumento significativo da temperatura corporal (TC) (MARINS, 2011a). O mecanismo de regulação da TC, promove um aumento do fluxo sanguíneo para a pele e aumento da secreção de suor (SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA DO ESPORTE, 2009). A sudorese é a via primária de perda calor quando o exercício é realizado em ambiente quente e úmido, proporcionando perda de líquido corporal e de eletrólitos, como sódio e potássio (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2007a).

A perda hídrica pela sudorese durante o exercício pode levar o organismo à desidratação, com aumento da osmolalidade (LOGAN-SPRENGER et al., 2012), da concentração de sódio no plasma (SAWKA, 1992) e diminuição do volume plasmático (YANAGISAWA et al., 2012). Além de prejudicar o desempenho durante exercícios aeróbios, principalmente os de longa duração, a desidratação também pode aumentar o esforço cardiovascular por elevar desproporcionalmente a frequência cardíaca com uma concomitante redução do débito cardíaco (LOGAN-SPRENGER et al., 2012; YANAGISAWA et al., 2012).

Para evitar possíveis efeitos adversos da desidratação sobre o desempenho esportivo e estado de saúde, a ingestão de água em quantidades suficientes para repor a perda hídrica pela sudorese tem sido recomendada por posicionamentos internacionais (ACSM, 2007a; CASA et al., 2000) e nacionais (SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA DO ESPORTE, 2009) estabelecendo valores entre 200 e 250 mL a cada 15 minutos. Contudo, Murray et al. (1989), Saat et al. (2005) e Marins (2011b) sugerem reposição mais individualizada, levando em consideração o peso corporal (PC) do indivíduo, o que provavelmente pode facilitar a manutenção da homeostase hídrica.

A homeostase hídrica será comprometida se o consumo de líquidos for inferior à perda de líquidos ou por ingestão de diuréticos (MAUGHAN; GRIFFIN, 2003). Os diuréticos geralmente consumidos incluem o álcool e compostos da família de metilxantina (teofilina, cafeína e teobromina) (ARMSTRONG et al.,

2005). A cafeína possui ação diurética e utilizada com grande frequência como substância ergogênica de forma aguda, antes da realização de exercícios físicos, com o intuito de protelar a fadiga e, conseqüentemente, aprimorar a *performance* (ASTORINO et al., 2012; MOHR; NIELSEN; BANGSBO, 2011).

Apesar do seu efeito ergogênico, nutricionistas, médicos e fisiologistas do esporte têm advertido seus atletas a evitarem o consumo de cafeína ou de bebidas cafeinadas previamente ou durante o exercício, devido ao seu potencial diurético (ARMSTRONG et al., 2007), gerando assim uma maior desidratação e conseqüentemente redução da *performance*. Tem sido sugerido que a cafeína reduz o fluxo sanguíneo cutâneo, aumentando a temperatura interna durante o exercício que pode potencialmente levar a exaustão pelo calor (ARMSTRONG, 2002; ARMSTRONG et al., 2007).

Em repouso, a ingestão de bebida cafeinada (240 e 586 mg) aumentou a taxa de produção urinária (RIESENHUBER et al., 2006; WEMPLE; LAMB; MCKEEVER, 1997) e esse efeito diurético também foi observado quando a cafeína (250 mg) foi consumida após exercício (GONZALEZ-ALONSO; HEAPS; COYLE, 1992). Contudo, vários estudos (DEL COSO; ESTEVEZ; MORARODRIGUEZ, 2009; FALK et al., 1990; GANIO et al., 2011; MILLARD-STAFFORD et al., 2007) constataram que a ingestão prévia ou durante o exercício de cafeína (380 a 582 mg) não influenciou a diurese durante exercícios prolongados, mesmo em doses elevadas. Possivelmente, o exercício de alguma forma interfere com os efeitos estimulantes da cafeína sobre a taxa de filtração glomerular renal que é observada em repouso (DEL COSO et al. 2009; WEMPLE et al.1997). Tendo em vista esses resultados conflitantes é necessário ampliar a base de estudo sobre a cafeína e seu possível efeito diurético, auxiliando assim na indicação ou não de seu consumo em condição de exercício.

A bebida energética (BE) contém na sua composição cafeína e tornou-se popular entre estudantes (ATTILA; CAKIR, 2011), pessoas ativas (TSITSIMPIKOU et al., 2011) e principalmente atletas (PETROCZI et al., 2008), devido à suposição de um possível efeito ergogênico o que seria especialmente importante para esse último grupo durante a participação em competições. À vista disso, seria interessante investigar o efeito do consumo prévio de BE no balanço hídrico durante o exercício, uma vez que, a maioria dos estudos avalia o efeito diurético da cafeína quando consumida em dose isolada (DEL COSO et al., 2009;

FALK et al., 1990; GANIO et al., 2011; SIMMONDS; MINAHAN; SABAPATHY, 2010; WEMPLE et al., 1997) ou inserida nas bebidas esportivas (DEL COSO et al., 2009; MILLARD-STAFFORD et al., 2007).

Quanto à presença de carboidratos na BE, esses são fundamentais para fornecer energia exógena e auxiliar na absorção e retenção de líquidos (OSTERBERG et al., 2010). Essa maior absorção de líquidos se deve ao mecanismo de co-transporte de água no intestino delgado através do transportador de glicose-sódio-dependente (OLSSON; SALTIN, 1970) ou pela reposta insulínica provocada pela hiperglicemia que pode levar a um aumento da reabsorção de sódio e líquidos nos túbulos renais (SECHI; BARTOLI, 1996). Todavia, nos últimos anos, a ingestão de BE sem carboidratos (*sugar free*) aumentou entre os esportistas e praticantes de atividade física, possivelmente porque muitos indivíduos ativos optam por ser uma bebida cafeinada, sem açúcar e com baixo teor calórico (CANDOW et al., 2009).

Deste modo, é de fundamental importância avaliar o efeito da BE no equilíbrio hídrico durante o exercício. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da ingestão prévia de BE com e sem carboidratos sobre o equilíbrio eletrolítico no exercício contínuo em cicloergômetro.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **AMOSTRA**

Doze indivíduos do sexo masculino (idade =  $24,41 \pm 6,68$  anos, massa corporal =  $72,77 \pm 7,21$ kg, estatura =  $175,5 \pm 0,05$  cm, IMC =  $23,49 \pm 2,33$  (kg/m<sup>2</sup>), percentual de gordura corporal (%GC) =  $11,7 \pm 3,5$  %,  $VO_{2máx}$  estimado ( $VO_{2máxEs}$ ) =  $54,56 \pm 4,85$  mL.(kg.min)<sup>-1</sup>, praticantes regulares de ciclismo ou de corrida participaram voluntariamente deste estudo. Os indivíduos praticavam exercícios físicos pelo menos três vezes por semana, com duração mínima de 2 horas cada sessão com características eminentemente aeróbias há pelo menos 2 anos. Todos os indivíduos eram considerados aparentemente saudáveis, conforme avaliado pelo questionário PAR-Q (CHISHOLM *et al.*, 1975) (Anexo 1) e pela tabela de risco coronariano proposta pela *Michigan Heart Association* (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2008) (Anexo 2) além de responderem o

questionário avançado de anamnese do Software Avaesporte® onde ficou destacado não haver antecedentes de hipertensão arterial, doenças cardíacas ou diabetes mellitus; não sendo usuários de álcool ou de medicamentos que pudessem afetar a ingestão de alimentos e ou metabolismo energético e não fumantes.

Também foram caracterizados como de baixo consumo diário de cafeína (< 200 mg/dia) (HUNTLEY; JULIANO, 2012), classificados de acordo com sua resposta a um questionário quantitativo de frequência alimentar adaptado para a ingestão de cafeína (Anexo 5). Os participantes foram solicitados a informar o número de porções, o tamanho da porção, a marca dos produtos e o número de dias da semana que consumiam os produtos contendo cafeína. O teor de cafeína dos alimentos foi fornecido diretamente dos fabricantes ou baseados nas informações contidas nos rótulos dos diversos produtos.

Todos foram informados dos objetivos, da dinâmica e riscos associados aos procedimentos do estudo antes que dessem o consentimento por escrito para participarem (Anexo 3). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, conforme as normativas do Conselho Nacional de Saúde com número de registro 154/2011 (Anexo 7).

O cálculo do tamanho amostral foi baseado nas fórmulas propostas por Mera, Thompson e Prasad (1998). O tempo de sprint (segundos) foi considerado a variável principal, com um poder estatístico de 95%, e adotada uma diferença de 15%. Valores publicados do desvio padrão foram aplicados nesses cálculos, sendo adotada uma diferença de 15% para o valor médio de *sprint*, como base no estudo de Rankin *et al.* (2006). As mulheres não foram testadas devido às alterações hormonais decorrentes do seu ciclo menstrual, pois a fase lútea pode promover alterações no metabolismo da cafeína (MOTL; O'CONNOR; DISHMAN, 2003), o que poderia afetar os resultados.

### **Teste preliminar**

Antes do início dos ensaios experimentais foram avaliadas medidas antropométricas e composição corporal, além da capacidade cardiorrespiratória dos participantes selecionados para o estudo. Todas as medidas foram obtidas no

Laboratório de *Performance Humana* (LAPEH) da Universidade Federal de Viçosa por um avaliador treinado. Para as medidas antropométricas, o PC foi aferido utilizando-se uma balança eletrônica digital com capacidade de 150 quilogramas e precisão de 50g (Welmy,W200A, Brasil). A estatura dos avaliados foi mensurada utilizando-se um estadiômetro milimetrado com extensão de 2 metros e escala de 0,5 cm (Welmy, W200A, Brasil). A avaliação da composição corporal foi realizada por meio do aparelho *Body Composition Analyser (Biodynamics Model 310e, Seattle, WA, USA)*.

A capacidade cardiorrespiratória dos voluntários foi mensurada por meio do analisador de gases metabólicos (VO2000, *Aerosport, Medgraphics, St. Paul, Minnesota, Estados Unidos*), durante um teste em cicloergômetro eletromagnético (SCIFIT modelo ISSO1000, Oklahoma, Estados Unidos) e analisadas pelo *software Aerograph 4.3 (Medical Graphics Corporation)*. O teste ergométrico foi composto por 3 minutos de aquecimento com carga correspondente ao PC de cada voluntário (MARINS, 2005), e a partir disso foram adicionados 30 W a cada minuto até que se atingisse 85% da frequência cardíaca (FC) calculada previamente através da equação  $FCT_{\text{frequência cardíaca de treino}} = \% (FC_{\text{máxima}} - FC_{\text{repouso}}) + FC_{\text{repouso}}$  (KARVONEN; KENTALA; MUSTALA, 1957), sendo  $FC_{\text{máxima}}$  calculada pela equação  $FC_{\text{máxima}} = 202 - 0,72 \times (\text{Idade})$  (JONES et al., 1985). Com a intenção de preservar a integridade física dos voluntários e em conformidade com Marsh (2012), foi adotado o  $VO_{2\text{máxEs}}$  para o cálculo da carga de trabalho. Esse foi obtido a partir da equação gerada por uma regressão linear com os valores de FC e do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) registrados durante o exercício até o momento em que foi interrompido o teste (85% da FC). A partir dele foi determinada a carga que corresponderia à faixa de 65 a 75% do  $VO_{2\text{máxEx}}$  para ser utilizada como a carga inicial nos testes experimentais. A regressão linear foi estabelecida através do *software SigmaPlot® Version 11.0 (Systat Software, Inc., Chicago, IL, USA)*.

Após o teste preliminar, os voluntários foram orientados a evitarem com consumo de cafeína e de álcool por 48 horas e prática de atividade física superior aos 4 METs (ACSM, 2011) antes de cada visita ao laboratório, porém mantendo o mesmo tipo de conduta dietética e treinamento ao longo do estudo. O desenho experimental adotado foi duplo cego, em *crossover* randomizado, sendo os testes

separados por pelo menos 2 dias. A Tabela 1 apresenta a sequência de rotação dos procedimentos da ingestão de bebidas energéticas empregados.

Tabela 1- Rotação dos procedimentos da ingestão de bebidas energéticas empregados.

<b>Avaliado</b>	<b>Dia 1</b>	<b>Dia 2</b>	<b>Dia 3</b>
1	BE1	BE2	BE3
2	BE2	BE3	BE1
3	BE3	BE1	BE2
4	BE1	BE2	BE3
5	BE2	BE3	BE1
6	BE3	BE1	BE2
7	BE1	BE2	BE3
8	BE2	BE3	BE1
9	BE3	BE1	BE2
10	BE1	BE2	BE3
11	BE2	BE3	BE1
12	BE3	BE1	BE2

### **Protocolo Experimental**

Cada avaliado chegou ao laboratório ao mesmo tempo pela manhã (entre 6 e 9 h) após jejum de 10 a 12 h. Todos os ensaios experimentais ocorreram no mesmo horário do dia a fim de evitar variações circadianas, auxiliando para homogeneização das condições basais de avaliação. Assim que chegavam ao laboratório, o enfermeiro inseriu um cateter jelco intravenoso n°22 em uma veia do antebraço, sendo afixada uma torneira de 3 vias para a coleta de sangue antes e durante o exercício contínuo e após o *sprint*. Após esse procedimento, os avaliados consumiram “café da manhã” que de acordo com as recomendações do *Institute of Medicine* (2002) fornecia 15% da Necessidade Estimada de Energia

(EER - *Estimated Energy Requirement*), calculada a partir das necessidades nutricionais de cada participante. Os alimentos que compunham esse café da manhã eram suco de uva, pão de forma branco, queijo mussarela e maçã. O desjejum fornecido a cada participante foi calculado por um nutricionista. A Tabela 2 apresenta a composição dos macronutrientes e aporte calórico previsto do café da manhã adotado, considerando os valores energéticos previstos por unidades.

Tabela 2– Composição do café da manhã em termos calóricos e composição de macronutrientes

<b>Alimento</b>	<b>Unidade (Und)</b>	<b>Peso</b>	<b>kcal</b>	<b>Proteína</b>	<b>Carboidratos</b>	<b>Gordura</b>
Pão de forma	Fatia	50g	124	4,34	24,5	0,98
Queijo tipo Mussarela	Fatia média	40g	130	10,88	0	9,6
Suco de uva industrializado	Copo duplo	200ml	112	0	28	0
Maçã com casca tipo Fuji	Und média	145g	94,25	0,43	22,04	0,43
Total			460,25	15,65	74,54	11,01
% kcal				13%	64	21

Fonte: Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO /NEPA(TACO, 2006); Tabela para avaliação do consumo alimentar em medidas caseiras(PINHEIRO *et al.*, 2002)

A dieta ingerida pelos participantes no dia anterior aos testes foi monitorada através do recordatório alimentar 24 horas (Anexo 4), coletado antes de cada protocolo experimental. Os voluntários foram orientados a manter o mesmo padrão de refeição no dia anterior aos três testes.

Uma hora após a ingestão do café da manhã, cada avaliado consumiu uma das três bebidas. As bebidas energéticas utilizadas no presente estudo são industrializados e comercializados no Brasil, com autorização da vigilância sanitária, não havendo manipulação das propriedades nutricionais dos produtos. A Tabela 3 apresenta a composição nutricional de cada bebida.

Tabela 3- Composição nutricional das bebidas utilizadas nos ensaios experimentais em 250 ml.

Ingredientes	BE1	BE2	Placebo
Calorias (kcal)	110	10	6,37
Carboidratos (g)	28	3	0
Proteína (g)	0	0	0
Gordura (g)	0	0	0
Cafeína (mg)	80	80	0
Taurina (mg)	1000	1000	0
Sódio (mg)	201	201	9,6
Potássio	0	0	0
Outros ingredientes	Inositol, água, vitaminas do grupo B e glucuronolactona	Inositol, água, vitaminas do grupo B e glucuronolactona	

Na seleção das bebidas energéticas, buscaram-se no mercado brasileiro aquelas que possuíssem a composição dos ingredientes mais semelhantes para efeito de comparação, diferindo apenas na presença (BE1) ou não de carboidratos (BE2), e a solução placebo foi preparada com suco Clight Zero sabor limão dissolvidos a 500 ml de água gaseificada. As bebidas foram ingeridas 40 minutos antes do início dos ensaios experimentais para permitir picos de cafeína na corrente sanguínea que ocorre dentro de 30 a 60 minutos após o seu consumo (CAMPBELL *et al.*, 2013) e foram fornecidas em garrafas de plástico opacas para impedir a identificação.

Tendo em vista que o sabor placebo não era idêntico às demais bebidas energéticas, os avaliados foram informados que todas as bebidas tinham substâncias ergogênicas misturas na sua composição. A quantidade de líquido consumida ( $454,72 \pm 44,17$  ml) foi calculada individualmente para fornecer uma dose de 2 mg de cafeína/kg de PC. A dosagem selecionada toma em consideração as indicações (FORBES *et al.*, 2007; IVY *et al.*, 2009) que apontam para uma melhora do desempenho físico sem resultar efeitos ergolíticos em perfil populacional semelhante ao do presente estudo.

Todos os avaliados foram submetidos ao mesmo tipo de atividade, que consistia de uma fase inicial de 5 minutos de aquecimento entre 45 e 55% do

$VO_{2máxEx}$  e parte principal com duração de 60 minutos de exercício contínuo em cicloergômetro a uma intensidade de 65 a 75% do  $VO_{2máxEx}$ , seguido por um *sprint* de 6 km, pedalando com a mesma carga que realizaram todo o exercício contínuo.

Todos os testes experimentais foram realizados em condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar (UR) (*Hygro Thermometer*<sup>®</sup>) semelhantes ( $p > 0,05$ ) ( $23,2 \pm 0,91^{\circ}C$  e  $69,5 \pm 5,56$  UR para o tratamento com BE1;  $22,9 \pm 0,8^{\circ}C$  e  $68,8 \pm 4,89$  UR para o tratamento com BE2;  $23,4 \pm 0,78^{\circ}C$  e  $69,8 \pm 5,3$  UR para o tratamento com placebo), podendo ser caracterizado como um ambiente com moderada carga térmica, segundo os critérios do ACSM (2007b).

O procedimento de hidratação adotado durante os 60 minutos de exercício foi exclusivamente com água durante cada uma das situações experimentais correspondendo a um cálculo individual de 3mL/kg de PC, imediatamente antes do início do exercício e a cada 15 minutos ao longo do exercício, bem como após o final do *sprint*, conforme empregado em outros estudos (COCATE *et al.*, 2011; FARIA *et al.*, 2011). A ingestão de água foi a mesma para todos os tratamentos ( $1070 \pm 106,91$ mL).

Para verificar o estado de hidratação dos avaliados foram mensurados os seguintes parâmetros: PC, volume urinário final, densidade da urina e hematócrito.

Antes e após o exercício, o PC foi mensurado na mesma balança utilizada para avaliação antropométrica, seguindo os mesmos procedimentos. Essa medida permitiu o acompanhamento da desidratação do voluntário, tanto de forma relativa (Dr), que é obtida pela diferença do PC inicial (PCi) e final (PCf), como de forma absoluta (Da), utilizando a equação de Hoswill (1998).

Equação:  $Da = (PCi + \text{volume de líquido ingerido}) - (PCf + \text{volume urinário})$

O percentual de desidratação relativa e absoluta foi determinada respectivamente pela Dr e pela Da multiplicadas por cem e divididas pelo PCi dos voluntários (BURKE; HAWLEY, 1997).

$$\% Dr = Dr \times 100 / PCi$$

$$\% Da = Da \times 100 / PCi$$

A taxa de sudorese foi verificada pela diferença do PC (Dr) mais o volume de líquido ingerido dividido pelo tempo total da atividade (minutos).

Antes e após o exercício, cada avaliado forneceu uma amostra de urina, coletada em vasilhames plásticos de 50 mL para avaliação da densidade da urina, baseando-se nos pontos de corte estabelecidos por Casa *et al.* (2000). A densidade da urina foi analisada por um refratômetro óptico (LF Equipamentos, modelo 107/3, São Paulo, Brasil), calibrado com água destilada a cada leitura. Além disso, os avaliados foram orientados após o exercício, a esvaziarem a bexiga e a coletarem toda a urina em coletor de urina graduado com capacidade de 2000 mL (Medic- Plast, São Paulo, Brasil) para a determinação do volume urinário.

As amostras sanguíneas foram coletadas nos seguintes momentos: antes do café da manhã (jejum-110min), antes da ingestão da bebida (-40 min), imediatamente antes do início do exercício (0 min), a cada 20 minutos de exercício contínuo e ao final do *sprint*. Após cada coleta de sangue, a via de coleta sanguínea era salinizada com solução fisiológica a 0,9%, a fim de evitar a coagulação do sangue e manter o acesso venoso, permitindo a realização das demais coletas de sangue. Era retirado 1 mL de sangue à cada coleta em seringas descartáveis e transferidas imediatamente para *eppendorfs*, de onde eram retirados 100  $\mu$ L de sangue por meio de uma pipeta automática. Em seguida, essa amostra de sangue era injetada em um cartucho descartável de uso único e analisada por equipamento portátil de análise sanguínea à beira do leito (i-STAT, Abbott®, Illinois, Estados Unidos) para determinação do hematócrito, sódio e potássio. O teste de hematócrito mede a fração do volume de glóbulos vermelhos compactado em sangue total, expresso como % volume globular compactado (%PCV). Os valores de hematócrito atribuídos aos calibradores utilizados do i-START estão relacionados com o procedimento H7-A3 do CLSI (*U.S.National Committee for Clinical Laboratory Standards*) relativamente à determinação do volume globular compactado através do método de microhematócrito. O sódio e o potássio são medidos por potenciometria de eletrodos íon-seletivos, sendo suas concentrações calculadas a partir de um potencial determinado através da equação de Nernst. O esquema ilustrativo do protocolo adotado no estudo está representado na Figura 1.

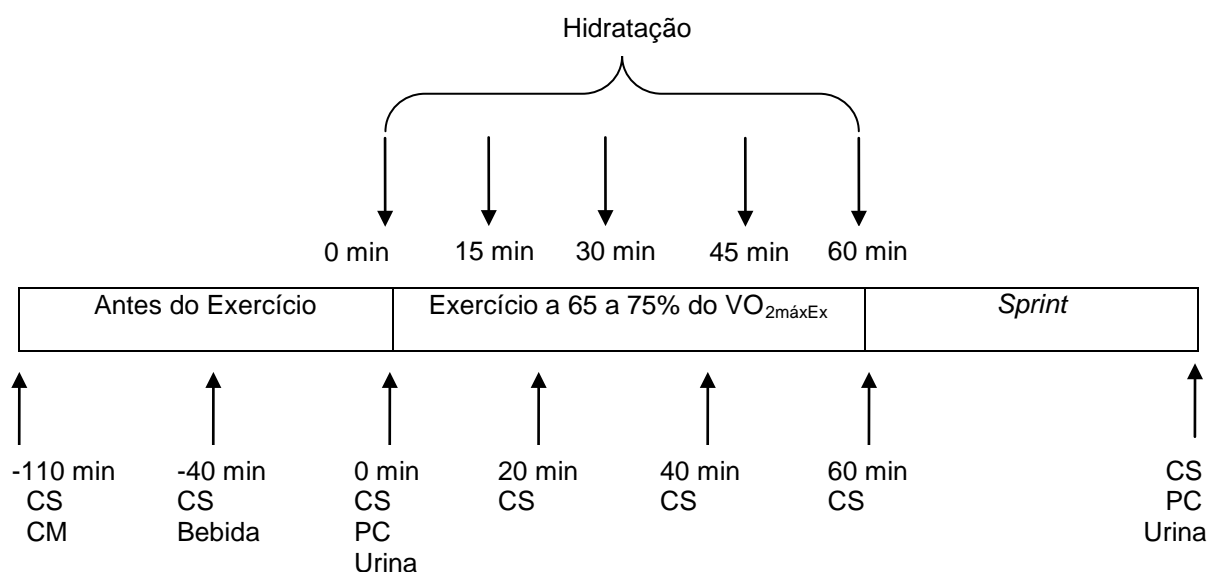


Figura 1- Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo. Nota: CS= coleta de sangue, CM =café da manhã e PC= peso corporal.

Visando a integridade dos avaliados, só era permitida a realização dos testes experimentais valores da densidade da urina menor que  $1020 \text{ g.mL}^{-1}$  (CASA *et al.*, 2000).

### Análise Estatística

Todos os resultados foram descritos em média e desvio-padrão. Verificação de normalidade ocorreu pelo teste de Shapiro-Wilk e o teste de Mauchly foi consultado e a correção de Greenhouse–Geisser aplicada quando violado o pressuposto da esfericidade. Para identificar diferenças entre pontos específicos de tempo (antes e depois) foi utilizado o teste-t pareado. Para comparação entre os diferentes tratamentos, empregou-se o teste de *Anova One Way* de medidas repetidas com *post-hoc de Tukey HSD*. Para verificação da interação entre os diferentes tratamentos x momentos utilizou-se o teste de *Anova Two Way* para medidas repetidas (Split-plot Anova). Valores de p significativos foram identificados para efeitos de interação (momentos x tratamento), se a suplementação foi considerada como tendo influenciado a resposta foram realizadas análises simples. Valores significativos nos momentos foram investigados usando comparações pareadas com ajuste de intervalo de confiança

de *Bonferroni*. A análise estatística foi realizada usando SPSS (v 17.0, EUA). Foi adotado nível de significância  $p < 0,05$ .

### 3. RESULTADOS

#### Balanço hídrico e estado de hidratação

Os parâmetros utilizados para avaliação do balanço hídrico e do estado de hidratação dos avaliados estão apresentados na Tabela 3. Os tratamentos BE1, BE2 e placebo não diferiram estatisticamente ( $p > 0,05$ ) em relação a todos os parâmetros de avaliação do balanço hídrico e do estado de hidratação (Tabela 3). Em relação aos momentos antes e após o exercício, houve redução estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ) do PC e da densidade da urina após o exercício ( $p < 0,05$ ) para todos os tratamentos. Nenhum dos avaliados apresentou perda de peso acima de 2% (BE1=  $0,66 \pm 0,36\%$ ; BE2=  $0,56 \pm 0,44\%$  e placebo=  $0,59 \pm 0,25\%$ ) do PC inicial e ganho de peso ao final de exercício.

Tabela 3- Média  $\pm$  desvio padrão dos parâmetros relacionados ao balanço hídrico e estado de hidratação apresentados pelos participantes do estudo

	Tipo de tratamento		
	BE1	BE2	Placebo
Peso corporal antes (kg)	72,44 $\pm$ 6,97	72,41 $\pm$ 7,10	72,47 $\pm$ 7,04
Peso corporal depois (kg)	71,96 $\pm$ 7,16*	72,00 $\pm$ 7,15*	72,04 $\pm$ 7,02*
Desidratação relativa (kg)	0,48 $\pm$ 0,28	0,41 $\pm$ 0,31	0,43 $\pm$ 0,20
Desidratação absoluta (kg)	1,20 $\pm$ 0,31	1,13 $\pm$ 0,37	1,15 $\pm$ 0,29
Desidratação relativa (%)	0,66 $\pm$ 0,36	0,56 $\pm$ 0,44	0,59 $\pm$ 0,29
Desidratação absoluta (%)	1,65 $\pm$ 0,52	1,56 $\pm$ 0,55	1,58 $\pm$ 0,40
Taxa de sudorese (ml/min)	21,83 $\pm$ 3,45	20,74 $\pm$ 4,21	21,30 $\pm$ 3,52
DU antes (g.ml) <sup>-1</sup>	1016 $\pm$ 3,74	1016 $\pm$ 2,78	1014 $\pm$ 4,58
DU depois (g.ml) <sup>-1</sup>	1008 $\pm$ 1,47 <sup>§</sup>	1007 $\pm$ 2,96 <sup>§</sup>	1008 $\pm$ 1,87 <sup>§</sup>
Ingestão total de água (L)	1,07 $\pm$ 0,10	1,07 $\pm$ 0,10	1,07 $\pm$ 0,10
Volume total de urina (L)	0,35 $\pm$ 0,19	0,35 $\pm$ 0,21	0,35 $\pm$ 0,23

\* Diferença significativa em relação ao peso corporal antes ( $p < 0,001$ )

§ Diferença significativa em relação à densidade da urina antes ( $p < 0,05$ )

Nota: DU= densidade da urina

## Parâmetros Sanguíneos

A Figura 2 apresenta as concentrações de sódio, potássio e hematócrito nos seguintes momentos: jejum (-110min), antes da ingestão do suplemento energético (-40min) e imediatamente antes do início do exercício (0 min). Houve aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da concentração de sódio 40 min antes do início do exercício comparado ao jejum (-110 min) para todos os tratamentos. No tratamento BE1, a concentração de sódio foi significativamente maior ( $p = 0,004$ ) no momento 0 min comparado aos valores obtidos no jejum. A concentração de potássio se manteve estável ao longo dos minutos que antecederam o início do exercício para todos os tratamentos. Já em relação ao hematócrito, no tratamento placebo houve aumento significativo ( $p = 0,066$ ) no momento 0 min comparado com valores obtidos 40 minutos antes do exercício. Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nos valores de sódio, potássio e hematócrito, entre os tratamentos para todos os momentos analisados, indicando que os avaliados iniciaram o exercício contínuo em condições metabólicas semelhantes.

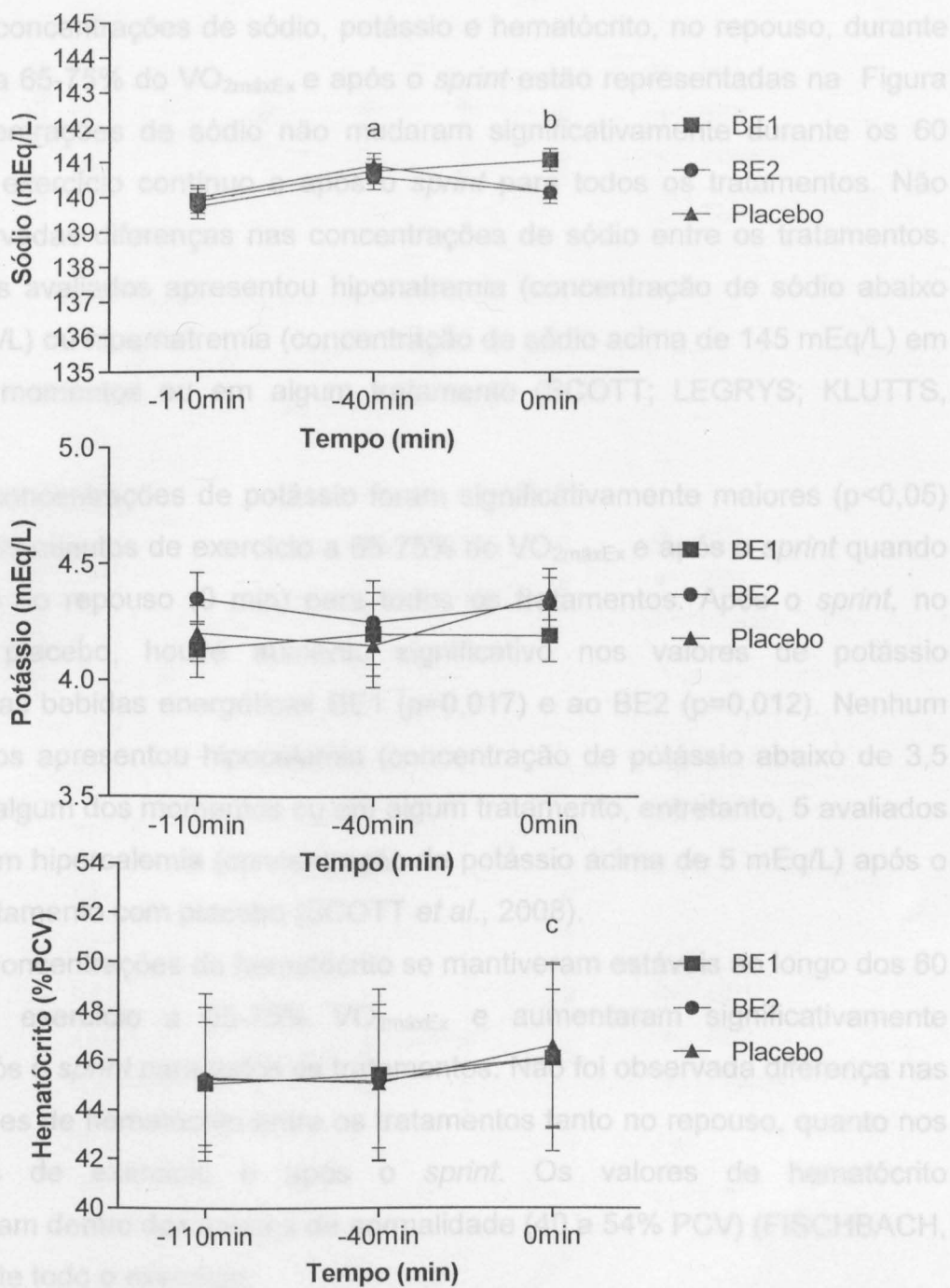


Figura 2- Média  $\pm$  desvio-padrão das concentrações de sódio, potássio e hematócrito nos momentos pré-exercício (-110 min, -40 min e 0 min) nos testes experimentais. <sup>a</sup>Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) comparada ao jejum (-110 min) em todos os tratamentos. <sup>b</sup>No tratamento BE1, diferença significativa ( $p = 0,004$ ) comparada ao jejum (-110 min). <sup>c</sup>No tratamento placebo, diferença significativa ( $p = 0,066$ ) comparado aos valores obtidos 40 minutos antes do exercício.

As concentrações de sódio, potássio e hematócrito, no repouso, durante o exercício a 65-75% do  $VO_{2máxEx}$  e após o *sprint* estão representadas na Figura 3. As concentrações de sódio não mudaram significativamente durante os 60 minutos de exercício contínuo e após o *sprint* para todos os tratamentos. Não foram observadas diferenças nas concentrações de sódio entre os tratamentos. Nenhum dos avaliados apresentou hiponatremia (concentração de sódio abaixo de 135 mEq/L) ou hipernatremia (concentração de sódio acima de 145 mEq/L) em algum dos momentos ou em algum tratamento (SCOTT; LEGRYS; KLUTTS, 2008).

As concentrações de potássio foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) durante os 60 minutos de exercício a 65-75% do  $VO_{2máxEx}$  e após o *sprint* quando comparadas ao repouso (0 min) para todos os tratamentos. Após o *sprint*, no tratamento placebo, houve aumento significativo nos valores de potássio comparado as bebidas energéticas BE1 ( $p = 0,017$ ) e ao BE2 ( $p = 0,012$ ). Nenhum dos avaliados apresentou hipocalemia (concentração de potássio abaixo de 3,5 mEq/L) em algum dos momentos ou em algum tratamento, entretanto, 5 avaliados apresentaram hipercalemia (concentração de potássio acima de 5 mEq/L) após o *sprint* no tratamento com placebo (SCOTT *et al.*, 2008).

As concentrações de hematócrito se mantiveram estáveis ao longo dos 60 minutos de exercício a 65-75%  $VO_{2máxEx}$  e aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) após o *sprint* para todos os tratamentos. Não foi observada diferença nas concentrações de hematócrito entre os tratamentos tanto no repouso, quanto nos 60 minutos de exercício e após o *sprint*. Os valores de hematócrito permaneceram dentro dos valores de normalidade (40 a 54% PCV) (FISCHBACH, 2003) durante todo o exercício.

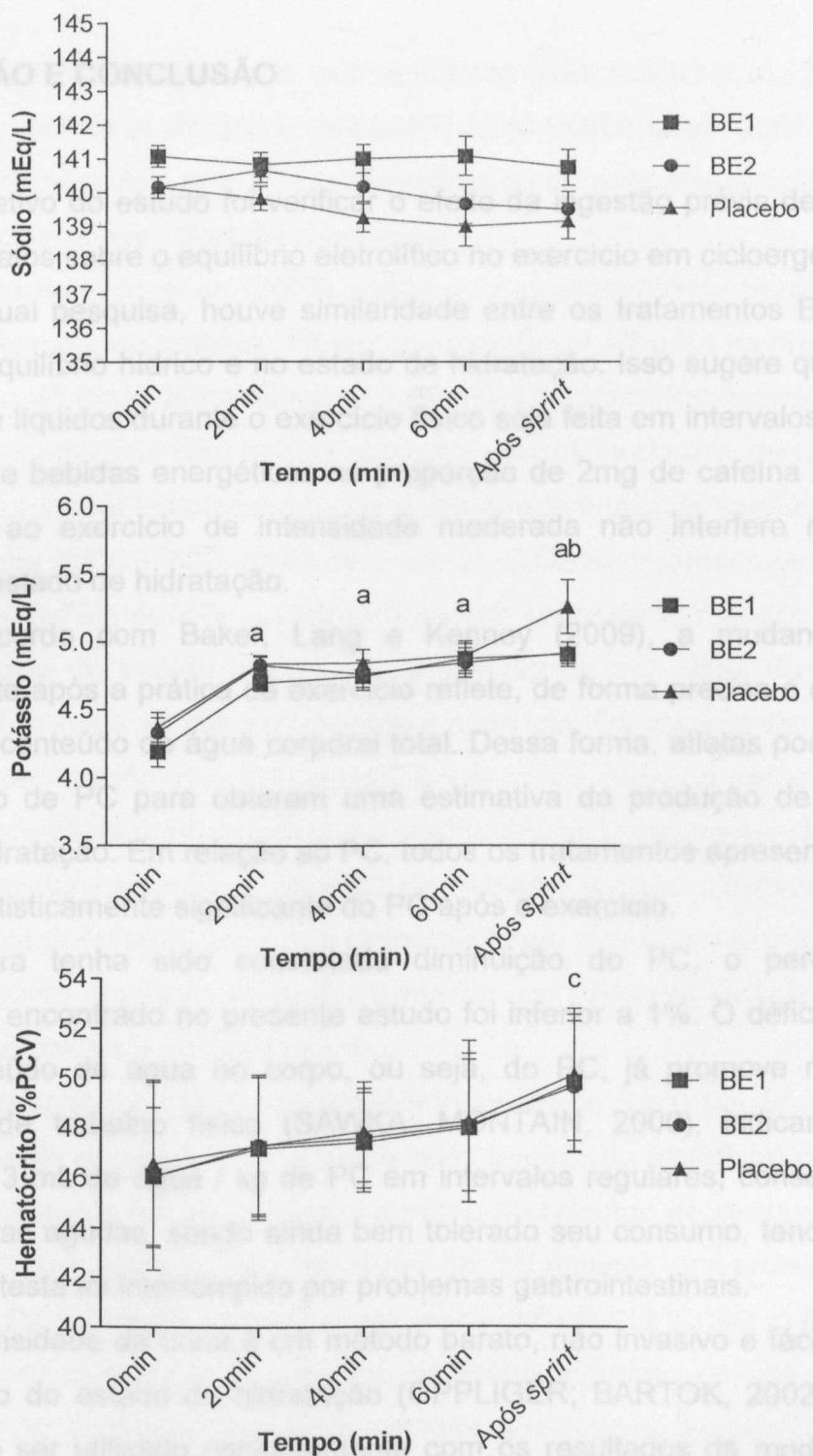


Figura 3- Média  $\pm$  desvio-padrão das concentrações de sódio, potássio e hematócrito ao longo do exercício contínuo e após o *sprint* nos testes experimentais. <sup>a</sup> Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) comparada ao repouso (0 min) para todos os tratamentos. <sup>b</sup> Diferença significativa nos valores de potássio entre placebo comparado ao tratamento BE1 ( $p = 0,017$ ) e BE2 ( $P = 0,012$ ) após o *sprint*. <sup>c</sup> Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) comparada ao repouso e ao 60 min de exercício para todos os tratamentos.

#### 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O objetivo do estudo foi verificar o efeito da ingestão prévia de BE com e sem carboidratos sobre o equilíbrio eletrolítico no exercício em cicloergômetro.

Na atual pesquisa, houve similaridade entre os tratamentos BE1, BE2 e placebo no equilíbrio hídrico e no estado de hidratação. Isso sugere que, quando a ingestão de líquidos durante o exercício físico seja feita em intervalos regulares, o consumo de bebidas energéticas na proporção de 2mg de cafeína / kg de PC previamente ao exercício de intensidade moderada não interfere no balanço hídrico e no estado de hidratação.

De acordo com Baker, Lang e Kenney (2009), a mudança no PC imediatamente após a prática de exercício reflete, de forma precisa e confiável, a mudança no conteúdo de água corporal total. Dessa forma, atletas podem utilizar esta variação de PC para obterem uma estimativa da produção de suor e do estado de hidratação. Em relação ao PC, todos os tratamentos apresentaram uma redução estatisticamente significativa do PC após o exercício.

Embora tenha sido constatada diminuição do PC, o percentual de desidratação encontrado no presente estudo foi inferior a 1%. O déficit entre 1 e 2% do conteúdo de água no corpo, ou seja, do PC, já promove redução na capacidade de trabalho físico (SAWKA; MONTAIN, 2000), indicando que o consumo de 3 mL de água / kg de PC em intervalos regulares, conseguiu evitar perdas hídricas agudas, sendo ainda bem tolerado seu consumo, tendo em vista que nenhum teste foi interrompido por problemas gastrointestinais.

A densidade da urina é um método barato, não invasivo e fácil para auto monitorização do estado de hidratação (OPPLIGER; BARTOK, 2002), contudo, deve sempre ser utilizado conjuntamente com os resultados da modificação do PC, para assim, classificar os indivíduos como euhidratados ou desidratados. Essa utilização conjunta se faz necessária, pois uma grande ingestão de líquidos previamente ao exercício podem interferir mascarando o estado de hidratação. Assim, fazendo uma análise simultânea dos resultados, de acordo com Casa et al. (2000), pode-se afirmar que os avaliados terminaram o exercícios “bem hidratados”, pois obtiveram uma perda de PC inferior a 1% e a densidade da urina inferior a  $1020 \text{ (g.ml)}^{-1}$ .

Como no presente estudo, outros autores (DEL COSO et al., 2009; FALK et al., 1990; GANIO et al., 2011; MILLARD-STAFFORD et al., 2007; WEMPLE et al., 1997) constataram que a ingestão prévia ou durante o exercício de cafeína não influenciou a diurese durante o exercício.

Millard-Stafford et al. (2007) analisou se o consumo de bebida esportiva cafeinada (195mg/L de cafeína, 7% de carboidratos, 1,92 g de taurina, vitaminas B2, B3 e B6 e 46 mg/L de carnitina) prejudicava os parâmetros relacionados com a hidratação comparado com bebida esportiva descafeinada (6% de carboidratos, Gatorade<sup>®</sup>) e com bebida placebo (água aromatizada artificialmente) em ambiente quente e úmido (28°C e 60% umidade relativa). Ciclistas treinados pedalarão por 120 minutos (60-75% do  $VO_{2máx}$ ) seguido por um *sprint* de 15 minutos e ingeriram uma quantidade de bebida equivalente a 6mL/kg de PC antes do exercício e 3mL/kg de PC a cada 15 minutos durante o exercício. Os autores verificaram que o consumo de cafeína não influenciou a perda de peso, o volume de urina produzida e a taxa de suor, resultados semelhantes ao presente estudo. Contudo, os autores destacaram que o consumo de bebida esportiva cafeinada pode ser uma estratégia importante para exercícios de longa duração, uma vez que, não apresentou efeito ergolítico no balanço hídrico em ambiente quente e úmido e contribuiu para melhora do desempenho.

Ganio et al. (2011) compararam a ingestão de 3 mg de cafeína/ PC (60 minutos antes do exercício e 45 minutos após o início do exercício) com placebo no balanço hídrico e no desempenho durante 90 minutos de exercício contínuo (60- 70%  $VO_{2máx}$ ) seguido por um *sprint* de 15 minutos em ambiente quente (33°C;  $41 \pm 5\%$  umidade relativa) e em ambiente frio (12°C;  $60 \pm 7\%$  umidade relativa). A cada 15 minutos do exercício, os atletas ingeriram um volume de água igual a 80% da estimativa de perda de suor. Os autores constataram que os tratamentos comparados no mesmo ambiente térmico geraram semelhante perda de peso após o exercício, taxa de sudorese, volume de urina e densidade da urina. O total de carga (kJ) atingida nos 15 minutos de *sprint* foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) após o consumo de cafeína independente da temperatura ambiente. Tais resultados sugerem que a cafeína na dosagem utilizada (3mg/kg de PC) é um recurso nutricional que fornece um efeito ergogênico no desempenho, sem apresentar efeitos ergolíticos no balanço hídrico tanto no ambiente quente quanto no ambiente frio.

Em ambiente termoneutro (25°C e 50% de umidade relativa), Falk et al. (1990) não encontraram diferenças significativas na perda total de água e na taxa de suor após o consumo de 7,5 mg de cafeína/kg de PC (5 mg/kg de PC e 2,5 mg/kg de PC ingeridos 120 e 30 minutos antes do início do exercício) durante 60 minutos de exercício na esteira (70-75% do  $VO_{2máx}$ ) até a exaustão. Os autores observaram que a suplementação com cafeína nas condições do estudo parece não alterar o equilíbrio hídrico durante a realização do exercício de intensidade moderada.

Um resultado muito interessante sobre o efeito da cafeína na diurese foi o trabalho de Wemple et al. (1997) que compararam os efeitos da ingestão de 8,7 mg de cafeína/kg de PC na produção urinária, durante 4h de repouso e durante 3h de exercício em bicicleta ergométrica a 60% do  $VO_{2máx}$  seguido por um *sprint* até a exaustão a 85%  $VO_{2máx}$ . Verificaram que a cafeína aumentou a taxa de produção urinária, durante o repouso, mas não durante o exercício. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Riesenhuber et al. (2006) que constatou um efeito diurético após o consumo de 750 mL de BE (240 mg de cafeína) ao longo de 6 horas em situação de repouso. Os efeitos diuréticos da cafeína no repouso ocorrem devido a sua ação nos túbulos renais, bloqueando ou inibindo a reabsorção de solutos, o que resulta em maior volume de água excretado pela urina (WEMPLE et al., 1997). Entretanto, durante o exercício esse efeito é atenuado devido ao aumento na liberação de catecolaminas que estimulam a reabsorção de solutos e, conseqüentemente, maior retenção de água pelos rins (ARMSTRONG et al., 2005). Esse resultado sugere que o consumo de cafeína não deve ser feito em várias horas antes de iniciar o exercício e sim nos momentos que antecede o início da atividade física.

No presente estudo, as concentrações plasmáticas de sódio (Figura 3) se mantiveram dentro da normalidade (135 a 145 mEq/L) (SCOTT et al., 2008) e não se modificaram ao longo do exercício e após o *sprint* para todos os tratamentos. Também não foram observadas diferenças entre os tratamentos ( $p>0,05$ ), sugerindo assim que os mecanismos reguladores desse eletrólito, não são influenciados pela quantidade de cafeína oferecida. Resultados semelhantes foram encontrados por Del Coso et al. (2009) que compararam seis diferentes protocolos de hidratação: sem hidratação, hidratação com água equivalente a 97% de perda de suor, bebida Gatorade® (6% de carboidratos), e ambos

combinados com a ingestão de cápsulas contendo 6mg de cafeína/ kg de PC, 45 minutos antes do exercício, durante exercício de 120 minutos a 63%  $VO_{2máx}$  em um ambiente com 36° C e 29% de umidade relativa. Os autores não observaram mudanças nas concentrações plasmáticas de sódio entre os tratamentos com e sem a presença de cafeína.

Vale ressaltar que no presente estudo todas as bebidas apresentavam sódio na sua composição (250 mL), 201 mg nas bebidas energéticas e 9,6 mg no placebo. Os resultados demonstraram que o conteúdo de sódio das bebidas energéticas não influenciou as concentrações plasmáticas e que o exercício executado não gerou perdas consideráveis de suor ( $21,83 \pm 3,45$  mL/min para o tratamento BE1;  $20,74 \pm 4,21$  mL/min para tratamento BE2 e  $21,30 \pm 3,52$  mL/min para tratamento placebo) que pudessem levar a um estado de hiponatremia em algum dos avaliados. Contudo, estudos adicionais são necessários, para investigar se o consumo de BE irá manter os níveis plasmáticos de sódio em exercícios com duração superior a 60 minutos, uma vez que a resposta do sódio plasmático, provavelmente, não é afetada em exercícios com menos de 60 minutos, tendo em vista que uma dieta equilibrada será suficiente para manter o equilíbrio diário deste mineral (MARINS; DANTAS; NAVARRO, 2003).

As concentrações de potássio foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) durante o exercício contínuo e após o *sprint* quando comparadas ao repouso para todos os tratamentos (Figura 3). Durante o exercício, o potássio é liberado do meio intracelular para o meio extracelular do músculo esquelético e posteriormente para a corrente sanguínea (NIELSEN et al., 2004). O potássio plasmático, advindo dos músculos em exercício, aumenta no início do exercício, mas tende a se estabilizar em exercícios com intensidades abaixo de 100% do  $VO_{2máx}$ , (HALLEN, 1996) fato que pode ser observado no presente estudo.

Contudo, durante exercício de alta intensidade existe uma elevação rápida do potássio plasmático. Exercícios que exigem recrutamento rápido das fibras musculares, como a fase do *sprint* do presente estudo, apresenta dificuldade em manter o meio intracelular mais concentrado do que o meio extracelular, o que constitui importante fator desencadeador da fadiga (SILVA; OLIVEIRA.; GEVAERD, 2006). A cafeína exerce ação direta ou indiretamente através do aumento de catecolaminas na funcionalidade da bomba de sódio e potássio, atenuando o acúmulo de potássio no plasma e assim contribuindo para a

manutenção da excitabilidade de membrana dos músculos contráteis, retardando o aparecimento da fadiga (MOHR et al., 2011). No presente estudo, pode ser observado tal efeito da cafeína na fase do *sprint*, uma vez que, houve aumento significativo dos valores plasmáticos de potássio no tratamento placebo comparado as bebidas energéticas BE1 ( $p=0,017$ ) e ao BE2 ( $p=0,012$ ). Esse efeito pode ter sido responsável pela ausência de casos de hipercalemia nas bebidas contendo cafeína, enquanto que na bebida placebo 41,66% dos avaliados tiveram valores de potássio plasmático acima do normal.

Corroborando, com tais resultados, no estudo de Simmonds et al. (2010) foi encontrado redução significativa (13,4%,) na concentração plasmática de potássio durante o exercício em cicloergômetro de alta intensidade (120%  $VO_2$  pico) após o consumo de 5 mg de cafeína / kg de PC comparado ao placebo. Deste modo, o consumo de 2 mg de cafeína / kg de PC, ingeridos na forma de BE, adotado no presente estudo pode ter sido eficiente no combate ao aparecimento da fadiga, contribuindo para uma ação ergogênica em provas intermitentes como futebol, ciclismo ou provas de alta intensidade como nas corridas de 1500- 5000 metros.

Quanto à avaliação do estado de hidratação pelo hematócrito, verificou-se aumento significativo ( $p<0,05$ ) após o *sprint* em todos os tratamentos, sem ter ocorrido diferença significativa entre os tratamentos (Figura 3). Os valores encontrados neste estudo se situam dentro da normalidade (38 a 54% PCV) (FISCHBACH, 2003), valores abaixo da faixa de normalidade dificultam o transporte de oxigênio e os acima podem induzir arritmias cardíacas (O'TOOLE et al., 1999). Contudo, destaque-se que a duração e a intensidade do exercício adotadas neste experimento proporcionaram uma hemoconcentração ao final do exercício (*sprint*), o que nos alerta quanto à importância de uma hidratação adequada principalmente durante atividades físicas mais longas e mais intensas, já que poderia afetar negativamente o desempenho.

A osmolalidade plasmática, considerada padrão ouro para análise do estado de hidratação e a dosagem do hormônio aldosterona não foram coletados, sendo esses fatores limitantes do presente estudo.

Considerando as condições ambientais e de exercício propostas no presente estudo, foi possível concluir que as bebidas energéticas ministradas numa quantidade que fornecesse 2mg de cafeína/ kg de PC, geraram semelhante

equilíbrio eletrolítico em relação ao placebo, para o grupo populacional estudado, não sendo assim observado efeito diurético durante o exercício.

Portando, a presença de carboidratos na BE1 não influenciou o equilíbrio eletrolítico indicando assim que para exercícios com intensidade e duração semelhante a do presente estudo, a BE2 é tão eficiente quanto a BE1. Contudo, pesquisas adicionais com outras doses, outros grupos populacionais, como as mulheres e modalidades esportivas diferentes, devem ser realizadas para ampliar as evidências científicas encontrados no presente estudo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN COLLEGE SPORTS MEDICINE (ACSM). Position stand on exercise and fluid replacement. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v.12, n. 2, p.377-389, 2007a.

AMERICAN COLLEGE SPORTS MEDICINE (ACSM). Position stand on exertional heat illness during training and competition. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v.39, n.3, p.556-572, 2007b.

AMERICAN COLLEGE SPORTS MEDICINE (ACSM). Position stand on Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334-1359, 2011.

ARMSTRONG, L. E. Caffeine, body fluid-electrolyte balance, and exercise performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 12, n. 2, p. 189-206, 2002.

ARMSTRONG, L. E.; CASA, D. J.; MARESH, C. M.; GANIO, M. S. Caffeine, fluid-electrolyte balance, temperature regulation, and exercise-heat tolerance. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 35, n. 3, p. 135-140, 2007.

ARMSTRONG, L. E.; PUMERANTZ, A. C.; ROTI, M. W.; JUDELSON, D. A.; WATSON, G.; DIAS, J. C.; SOKMEN, B.; CASA, D. J.; MARESH, C. M.; LIEBERMAN, H.; KELLOGG, M. Fluid, electrolyte, and renal indices of hydration during 11 days of controlled caffeine consumption. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 15, n. 3, p. 252-265, 2005.

ASTORINO, T. A.; LOZANO, A.T.; ABURTO-PRATT, K.; DUHON, J. Effect of caffeine on RPE and perceptions of pain, arousal, and pleasure/displeasure during a cycling time trial in endurance trained and active men. **Physiology and Behavior**, v. 106, n. 2, p. 211-217, 2012.

ATTILA, S.; CAKIR, B. Energy-drink consumption in college students and associated factors. **Nutrition**, v. 27, n. 3, p. 316-322, 2011.

BAKER, L. B.; LANG, J. A.; KENNEY, W. L. Change in body mass accurately and reliably predicts change in body water after endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology* v. 105, n. 6, p. 959-967, 2009.

BURKE, L. M.; HAWLEY, J. A. Fluid balance in team sports. Guidelines for optimal practices. **Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 1, p. 38-54, 1997.

CAMPBELL, B., WILBORN, C.; LA BOUNTY, P.; TAYLOR, L.; NELSON, M.T.; GREENWOOD, M.; ZIEGENFUSS, T.N.; LOPEZ, H.L.; HOFFMAN, J.R.; STOUT, J.R.; SCHMITZ, S.; COLLINS, R.; KALMAN, D.S.; ANTONIO, J.; KREIDER, R.B. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. **International Society of Sport Nutrition**, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2013.

CANDOW, D. G.; KLEISINGER, A. K.; GRENIER, S.; DORSCH, K. D. Effect of sugar-free Red Bull energy drink on high-intensity run time-to-exhaustion in young adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p. 1271-1275, 2009.

CASA, D. J.; ARMSTRONG, L. E.; HILLMAN, S. K.; MONTAIN, S. J.; REIFF, R. V.; RICH, B. S.; ROBERTS, W. O.; STONE, J. A. National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. **Journal of Athletic Training**, v. 35, n. 2, p. 212-224, 2000.

CHISHOLM, D. M.; COLLIS, M.L.; KUKAK, L.L.; DAVENPORT,W.; GRUBER,N. Physical activity readiness. **British Columbia Medical Journal**, v. 17, n. 11, p. 375-378,1975.

COCATE, P. G.; PEREIRA, L. G.; MARINS, J. C.; CECON, P. R.; BRESSAN, J.; ALFENAS, R. C. Metabolic responses to high glycemic index and low glycemic index meals: a controlled crossover clinical trial. **Nutrition Journal**, v. 10, n.1, 2011.

DEL COSO, J.; ESTEVEZ, E.; MORA-RODRIGUEZ, R. Caffeine during exercise in the heat: thermoregulation and fluid-electrolyte balance. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v. 41, n. 1, p. 164-173, 2009.

FALK, B.; BURSTEIN, R.; ROSENBLUM, J.; SHAPIRO, Y.; ZYLBER-KATZ, E.; BASHAN, N. Effects of caffeine ingestion on body fluid balance and thermoregulation during exercise. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 68, n. 7, p. 889-892,1990.

FARIA, V. C.; CAZAL, M.N.; CABRAL, C.A.C.; MARINS, J.C.B. Influência do índice glicêmico na glicemia em exercício físico aeróbico. **Motriz**, v. 17, n. 3, p. 395-405, 2011.

FISCHBACH, F. T. **A Manual of Laboratory and Diagnostic Tests**. 7.ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2003.

FORBES, S. C.; CANDOW, D. G.; LITTLE, J. P.; MAGNUS, C.; CHILIBECK, P. D. Effect of Red Bull energy drink on repeated Wingate cycle performance and bench-press muscle endurance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 17, n. 5, p. 433-444, 2007.

GANIO, M. S.; JOHNSON, E. C.; KLAU, J. F.; ANDERSON, J. M.; CASA, D. J.; MARESH, C. M.; VOLEK, J. S.; ARMSTRONG, L. E. Effect of ambient temperature on caffeine ergogenicity during endurance exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 6, p. 1135-1146, 2011.

GONZALEZ-ALONSO, J.; HEAPS, C. L.; COYLE, E. F. Rehydration after exercise with common beverages and water. **International Journal of Sports Medicine**, v. 13, n. 5, p. 399-406, 1992.

HALLEN, J. K<sup>+</sup> balance in humans during exercise. **Acta physiologica Scandinavica**, v. 156, n. 3, p. 279-286, 1996.

HORSWILL, C. A. Effective fluid replacement. **International Journal of Sport Nutrition**, v. 8, n. 2, p. 175-195, 1998.

HUNTLEY, E.D.; JULIANO, L.M. Caffeine Expectancy Questionnaire (CaffEQ): construction, psychometric properties, and associations with caffeine dependence, and other related variables. **Psychological Assessment**, v.24, n.3, p.592-607, 2012.

INSTITUTE OF MEDICINE. Energy. In: **Dietary Reference Intakes - Energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids**. The National Academy Press, Washington, D.C., 2002, Pt 1:5.1 - 5.114.

IVY, J. L.; KAMMER, L.; DING, Z.; WANG, B.; BERNARD, J. R.; LIAO, Y. H.; HWANG, J. Improved cycling time-trial performance after ingestion of a caffeine energy drink. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 19, n. 1, p. 61-78, 2009.

JONES, N. L.; MAKRIDES, L.; HITCHCOCK, C.; CHYPCHAR, T.; MCCARTNEY, N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. **The American Review of Respiratory Disease**, v. 131, n. 5, p. 700-708, 1985.

LOGAN-SPRENGER, H. M.; HEIGENHAUSER, G. J.; KILLIAN, K. J.; SPRIET, L. L. Effects of dehydration during cycling on skeletal muscle metabolism in females. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v. 44, n. 10, p. 1949-1957, 2012.

MARINS, J. C. B. Acidentes termorregulativos associados ao calor e à atividade física. In:\_\_\_\_\_. **Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral**. Várzea Paulista, SP: Fontoura, 2011a. p 67-81.

MARINS, J. C. B. Avaliação cardiorrespiratória aplicada ao ciclismo "indoor". In: DOMINGUES FILHO, L.A. (Org.). **Ciclismo indoor: guia teórico prático**. Jundiaí, SP: Fontoura, 2005. cap 3, p. 45-71.

MARINS, J. C. B.; DANTAS, E. H. M.; NAVARRO, S. Z. Diferentes tipos de hidratação durante o exercício prolongado e sua influência sobre o sódio plasmático. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 11, n.1, p. 13-22, 2003.

MARINS, J. C. B. Recomendações para o procedimento de hidratação. In:\_\_\_\_\_. **Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral**. Várzea Paulista, SP: Fontoura, 2011b. p 167-192.

MARSH, C. E. Evaluation of the American College of Sports Medicine submaximal treadmill running test for predicting VO<sub>2</sub>max. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 548-54, 2012.

MAUGHAN, R. J.; GRIFFIN, J. Caffeine ingestion and fluid balance: a review. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v. 16, n. 6, p. 411-420, 2003.

MCARDLE, W.; KATCH, F.; KATCH, V. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 1099 p.

MERA, R.; THOMPSON, H.; PRASAD, C. How to Calculate Sample Size for an Experiment: A Case-Based Description. **Nutritional Neuroscience**, v. 1, p. 87-91, 1998.

MILLARD-STAFFORD, M. L.; CURETON, K. J.; WINGO, J. E.; TRILK, J.; WARREN, G. L.; BUYCKX, M. Hydration during exercise in warm, humid conditions: effect of a caffeinated sports drink. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 17, n. 2, p. 163-177, 2007.

MOTL, R. W.; O'CONNOR, P. J.; DISHMAN, R. K. Effect of caffeine on perceptions of leg muscle pain during moderate intensity cycling exercise. **The Journal of Pain**, v. 4, n. 6, p. 316-321, 2003.

MOHR, M.; NIELSEN, J. J.; BANGSBO, J. Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle interstitial potassium accumulation. **Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 5, p. 1372-9, 2011.

MURRAY, R.; SEIFERT, J. G.; EDDY, D. E.; PAUL, G. L.; HALABY, G. A. Carbohydrate feeding and exercise: effect of beverage carbohydrate content. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 59, n. 1-2, p. 152-158, 1989.

NIELSEN, J. J.; MOHR, M.; KLARSKOV, C.; KRISTENSEN, M.; KRUSTRUP, P.; JUEL, C.; BANGSBO, J. Effects of high-intensity intermittent training on potassium kinetics and performance in human skeletal muscle. **Physiology Journal**, v. 554, n. Pt 3, p. 857-870, 2004.

OLSSON, K. E.; SALTIN, B. Variation in total body water with muscle glycogen changes in man. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 80, n. 1, p. 11-18, 1970.

OPPLIGER, R. A.; BARTOK, C. Hydration testing of athletes. **Sports Medicine**, v. 32, n. 15, p. 959-971, 2002.

OSTERBERG, K. L.; PALLARDY, S. E.; JOHNSON, R. J.; HORSWILL, C. A. Carbohydrate exerts a mild influence on fluid retention following exercise-induced dehydration. **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 2, p. 245-250, 2010.

O'TOOLE, M. L.; DOUGLAS, P. S.; HILLER, W. D.; LAIRD, R. H. Hematocrits of triathletes: is monitoring useful? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 31, n. 3, p. 372-377, 1999.

PEREIRA, L.G.; AMORIM, P.S.; LOPES, P.R.N.R.; ALFENAS, R.C.G.; MARINS, J.C.B. Diferentes formas de suplementos de carboidrato durante o exercício: Impactos metabólicos e no desempenho. **Motricidade**, v.8., n.S2, p.167-176, 2012.

PETRÓCZI, A.; NAUGHTON, D.P.; PEARCE, G.; BAILEY, R.; BLOODWORTH, A.; MCNAMEE, M. Nutritional supplement use by elite young UK: fallacies of

advice regarding efficacy. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, p.5-22, 2008.

PINHEIRO, A. B. V.; LACERDA, E.M.A.; BENZECRY, E.H.; GOMES, M.C.S; COSTA, V.M. **Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras. 4 ed.** São Paulo: Atheneu, 2002.

RANKIN, J. W.; SHUTE, M.; HEFFRON, S. P.; SAKER, K. E. Energy restriction but not protein source affects antioxidant capacity in athletes. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 41, n. 6, p. 1001-1009, 2006.

RIESENHUBER, A.; BOEHM, M.; POSCH, M.; AUFRICHT, C. Diuretic potential of energy drinks. **Amino Acids**, v. 31, n. 1, p. 81-83, 2006.

SAAT, M.; TOCHIHARA, Y.; HASHIGUCHI, N.; SIRISINGHE, R. G.; FUJITA, M.; CHOU, C. M. Effects of exercise in the heat on thermoregulation of Japanese and Malaysian males. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science**, v. 24, n. 4, p. 267-275, 2005.

SAWKA, M. N. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. **Medicine and Science of Sports Exercise**, v. 24, n. 6, p. 657-670, 1992.

SAWKA, M. N.; MONTAIN, S. J. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 2 Suppl, p. 564S-572S, 2000.

SCOTT, M. G.; LEGRYS, V. A.; KLUTTS, J. S. **Electrolytes and blood gases**. In: Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry. 6. ed. Saunders, 2008. cap. 24, p.443-61.

SECHI, L. A.; BARTOLI, E. Molecular mechanisms of insulin resistance in arterial hypertension. **Blood Pressure. Supplement**, v. 1, p. 47-54, 1996.

SILVA, A. E. L.; OLIVEIRA, F. R. D.; GEVAERD, M. S. Mecanismos de fadiga durante o exercício físico. **Revista Brasileira Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 8, p. 105-113, 2006.

SIMMONDS, M. J.; MINAHAN, C. L.; SABAPATHY, S. Caffeine improves supramaximal cycling but not the rate of anaerobic energy release. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 2, p. 287-295, 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA DO ESPORTE (SBME). Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais de riscos para a saúde. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 3, p. 3-12, 2009.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos/NEPA-UNICAMP-** Versão II. 2 ed. Campinas-SP: NEPA-UNICAMP, 2006.113 p.

TSITSIMPIKOU, C.; CHRISOSTOMOU, N.; PAPALEXIS, P.; TSAROUHAS, K.; TSATSAKIS, A.; JAMURTAS, A. The use of nutritional supplements among recreational athletes in Athens, Greece. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 21, n. 5, p. 377-384, 2011.

WEMPLE, R. D.; LAMB, D. R.; MCKEEVER, K. H. Caffeine vs caffeine-free sports drinks: effects on urine production at rest and during prolonged exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 18, n. 1, p. 40-46, 1997.

YANAGISAWA, K.; ITO, O.; NAGAI, S.; ONISHI, S. Electrolyte-carbohydrate beverage prevents water loss in the early stage of high altitude training. **The Journal of Medical Investigation**, v. 59, n. 1-2, p. 102-110, 2012.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os artigos de revisão sistemática apontam que o consumo prévio de apenas 1 g de Tau ou de BE, apresentaram efeito benéfico tanto no desempenho físico aeróbio quanto no anaeróbio. O principal efeito ergogênico observado do componente aeróbio está centrado no aumento da capacidade temporal de realização do exercício, enquanto que na atividade anaeróbia haveria melhor resposta dos íons de cálcio durante a contração muscular, contribuindo para um aumento da resistência muscular e redução do tempo de *sprints*.

Considerando as condições ambientais e de exercício propostas nos estudos experimentais foram observados que quando as mesmas quantidades de cafeína (2mg/kg de peso corporal) e volume de líquido são ingeridos, ambas as bebidas energéticas (BE1 e BE2) geram respostas semelhantes nos parâmetros cardiovasculares, plasmáticos (glicose, lactato, sódio, potássio e hematócrito), subjetivos e no balanço hídrico- mineral. Contudo, houve aumento significativo do quociente respiratório e da oxidação de carboidratos no tratamento BE1 comparado ao placebo, contribuindo para maximização da capacidade de *sprint* de 6 km.

A melhora do desempenho foi de 2,01% e de 2,78% com a ingestão de BE1 comparado a BE2 e ao placebo, respectivamente, podendo esta diferença ser decisiva no resultado de uma competição. Contudo, pesquisas adicionais utilizando-se outras doses, outros grupos populacionais como mulheres e consumidores habituais de cafeína, bem como a verificação dos efeitos em outras modalidades esportivas, devem ser realizadas para ampliar as evidências científicas encontradas no presente estudo.

**ANEXOS**

## ANEXO 1

DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA

AVALIADO: \_\_\_\_\_

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

**Se você respondeu:**

<b>SIM A UMA OU MAIS PERGUNTAS</b>	<p>Se você não consultou seu médico recentemente, consulte-o por telefone ou pessoalmente, <b>ANTES</b> de intensificar suas atividades físicas /ou de ser avaliado para um programa de condicionamento físico. Diga a seu médico que perguntas você respondeu com um <b>SIM</b> a este questionário conhecido como <b>PAR-Q</b> ou mostre a cópia deste questionário.</p>
<b>NÃO A TODAS AS PERGUNTAS</b>	<p>Se você respondeu este questionário corretamente, você pode ter uma razoável garantia de apresentar as condições adequadas para:</p> <p>Um programa de exercícios gradativos. – um aumento gradual na intensidade dos exercícios adequados promove um bom desenvolvimento do condicionamento físico, ao mesmo tempo em que minimiza ou elimina o desconforto associado.</p>

### PROGRAMAS

Após a avaliação médica, procure se aconselhar com seu médico acerca de suas condições para:

- Atividades físicas irrestrita, começando a partir de baixos níveis de intensidade e aumentando progressivamente.
- Atividade física limitada ou supervisionada que satisfaça suas necessidades específicas, pelo menos numa base inicial. Verifique em sua continuidade os programas ou serviços especiais.

**Adiar o início do programa de exercícios.**

Na vigência de uma enfermidade temporária de menor gravidade, tal como um resfriado comum.

## ANEXO 2

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA –</b> <b>DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA</b> <b>LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA</b>
---

Avaliado: \_\_\_\_\_

TABELA DE RISCO CORONARIANO

IDADE	10 a 20 1	21 a 30 2	31 a 40 3	41 a 50 4	51 a 60 6	Acima de 60 8
<b>HEREDITARIEDADE</b>	Nenhuma história conhecida de cardiopatia 1	1 parente com doença cardiovascular e mais de 60 anos 2	2 parentes com doença cardiovascular e mais de 60 anos 3	1 parente com doença cardiovascular e menos de 60 anos 4	2 parentes com doença cardiovascular e menos de 60 anos 6	3 parentes com doença cardiovascular e menos de 60 anos 8
<b>PESO</b>	Mais de 2,3Kg abaixo do peso padronizado 1	-2,3 a +2,3Kg do peso padronizado 2	2,7 a 9Kg acima do peso 3	9,5 a 15,9Kg acima do peso 4	16,4 a 22,7Kg acima do peso 6	23,3 a 29,5Kg acima do peso 7
<b>TABAGISMO</b>	Não usuário 0	Charuto ou cachimbo 1	10 cigarros ou menos por dia 2	20 cigarros por dia 4	30 cigarros por dia 6	40 cigarros por dia 10
<b>EXERCÍCIO</b>	Esforço profissional e recreacional intenso 1	Esforço profissional e recreacional moderado 2	Trabalho sedentário e esforço recreacional intenso 3	Trabalho sedentário e esforço recreacional moderado 5	Trabalho sedentário e esforço recreacional ligeiro 6	Ausência completa de qualquer exercício 8
<b>% DE COLESTEROL OU GORDURA NA DIETA</b>	Colesterol abaixo de 180mg/dl A dieta não contém gorduras animais, nem sólidas 1	Colesterol 181 a 205mg/dl A dieta contém 10% de gorduras animais ou sólidas 2	Colesterol 206 a 230mg/dl A dieta contém 20% de gorduras animais ou sólidas 3	Colesterol 231 a 250mg/dl A dieta contém 30% de gorduras animais ou sólidas 4	Colesterol 256 a 280mg/dl A dieta contém 40% de gorduras animais ou sólidas 5	Colesterol 281 a 300mg/dl A dieta contém 50% de gorduras animais ou sólidas 7
<b>PRESSÃO ARTERIAL</b>	Leitura superior de 100 1	Leitura superior de 120 2	Leitura superior de 140 3	Leitura superior de 160 4	Leitura superior de 180 6	Leitura superior de 200 ou maior 8
<b>SEXO</b>	Mulher com menos de 40 1	Mulher com 40 a 50 2	Mulher com mais de 50 3	Homem 4	Homem atarracado 6	Homem calvo e atarracado 7

**Explicação das variáveis:**

**Hereditariedade** – contar progenitores, irmãos e irmãs que tiveram um ataque cardíaco ou acidente vascular cerebral;

**Tabagismo** – se você inala profundamente ou fuma um cigarro até o fim, acrescentar um ponto ao seu escore. Não subtrair nada pelo simples fato de pensar que você não inala ou fuma apenas meia polegada de um cigarro;

**Exercício** – subtrair um ponto do seu escore se você se exercita com regularidade e frequência;

**Ingestão de colesterol/gordura saturada** – é preferível um nível sanguíneo de colesterol. Se você não fez um exame sanguíneo recentemente, nesse caso convém estimar com honestidade o percentual de gorduras sólidas que você ingere. Estas costumam ser de origem animal – toucinho, creme, manteiga e gordura bovina e de carneiro. Se você ingere muita gordura saturada, é provável que seu nível de colesterol seja alto;

**Pressão Arterial** – se você não fez nenhuma determinação recente, mas foi aprovado em um exame médico geral ou para a obtenção de uma apólice de seguro, é provável que o nível de pressão sistólica seja 140 ou menos;

**Sexo** – isso leva em conta o fato de os homens terem de seis a 10 vezes mais ataques cardíacos que as mulheres em idade de procriação. (Adaptado da Michigan Hert Association.)

### ANEXO 3

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA

LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA

AVALIADO: \_\_\_\_\_

#### TERMO DE CONSENTIMENTO

“Concordo voluntariamente em me submeter a uma pesquisa, que tem como finalidades *Comparar os efeitos de diferentes bebidas energéticas no desempenho físico*. Sou sabedor que essa atividade será realizada nas dependências do Laboratório de Performance Humana do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, com possibilidade de aparecimentos de sintomas como cansaço, falta de ar, elevada frequência cardíaca, sudorese, durante a prática ou ao final desta, recuperando facilmente este quadro, sendo mínimas as probabilidades de ocorrerem condições de difícil controle clínico. Sou sabedor ainda que não receberei nenhum tipo de vantagem econômica ou material por participar do estudo, além de poder abandonar a pesquisa em qualquer etapa de seu desenvolvimento. Estou em conformidade que meus resultados obtidos, sejam divulgados no meio científico, sempre resguardando minha individualidade e identificação. Declaro ainda que não sou possuidor de nenhum comprometimento metabólico ou orgânico que me impeça de realizar um exercício físico. Estou suficientemente informado pelos membros do presente estudo, sobre as condições em que irão ocorrer as provas experimentais, sob responsabilidade da mestranda Juscelia Cristina Pereira e orientação do prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins”.

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
Orientador

\_\_\_\_\_  
Juscelia Cristina Pereira  
Mestranda/Responsável

\_\_\_\_\_  
Voluntário

## ANEXO 4

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA

### RECORDATÓRIO ALIMENTAR

AVALIADO: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

<b>Refeição</b>	<i><b>Alimento</b></i>	<i>Quantidade</i> (Medida Caseira)
<b>Desjejum</b>  Hora:  Local:		
<b>Colação</b>  Hora:  Local:		
<b>Almoço</b>  Hora:  Local:		
<b>Lanche</b>  Hora:  Local:		
<b>Jantar</b>  Hora:  Local:		
<b>Ceia</b>  Hora:  Local:		

## ANEXO 5

## QUESTIONÁRIO QUANTITATIVO DE FREQUÊNCIA ALIMENTAR (QQFA)

Avaliado: \_\_\_\_\_

	Quantas vezes você come										Unidade	Pequena	Média	Grande	
	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9					10
Café, coado	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Café, expresso	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Café, instantâneo	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Café, descafeinado	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Chá, mate	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Chá, verde	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Chá, preto	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Chá, gelado	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Chocolate, barra, ao leite	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Chocolate, barra, amargo	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Leite com chocolate	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Refrigerante, tipo cola, convencional	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Refrigerante, tipo cola, zero	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			
Refrigerante, tipo guaraná, convencional	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DSM			

Refrigerante, tipo guaraná, zero	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M			
Guaraná natural	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M			
Bebida, tipo energética	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M			
	<b>N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</b>	<b>D S M</b>			

D (diária), S (semanal), M (mensal), N (nunca).

**Consumo diário: \_\_\_\_\_mg**

## ANEXO 5

### COMPOSIÇÃO DE CAFEÍNA DOS ALIMENTOS

ALIMENTOS	PORÇÃO	CAFEÍNA (mg)	REFERÊNCIA
Café, coado	150 (ml) pequena	60	<a href="http://www.medclick.com.br">www.medclick.com.br</a>
Café, expresso	150 (ml) pequena	250	<a href="http://www.medclick.com.br">www.medclick.com.br</a>
Café, instantâneo	150 (ml) pequena	60	<a href="http://www.medclick.com.br">www.medclick.com.br</a>
Café, descafeinado	150 (ml) pequena	3	<a href="http://www.medclick.com.br">www.medclick.com.br</a>
Chá, mate	240 (ml) média	27	<a href="http://www.medclick.com.br">www.medclick.com.br</a>
Chá, verde	240 (ml) média	32	<a href="http://www.medclick.com.br">www.medclick.com.br</a>
Chá, preto	240 (ml) média	37,5	<a href="http://www.medclick.com.br">www.medclick.com.br</a>
Chá, gelado	240 (ml) média	14	<a href="http://www.medclick.com.br">www.medclick.com.br</a>
Chocolate, barra, ao leite	100 (g) média	21	Rótulo
Chocolate, barra, amargo	100 (g) média	71	<a href="http://www.medclick.com.br">www.medclick.com.br</a>
Leite com chocolate	240 (ml) média	4,5	<a href="http://www.medclick.com.br">www.medclick.com.br</a>

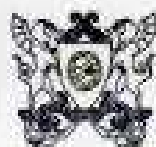
Refrigerante, tipo cola, convencional	350 (ml)grande	32,5	www.medclick.com.br
Refrigerante, tipo cola, zero	350 (ml)grande	35	www.medclick.com.br
Refrigerante, tipo guaraná, convencional	350 (ml)grande	2	www.medclick.com.br
Refrigerante, tipo guaraná, zero	350 (ml)grande	4	www.medclick.com.br
Bebida tipo energética	250 (ml)média	78	Rótulo

## ANEXO 6

## Escala de Percepção de Esforço

- |    |                      |
|----|----------------------|
| 6  | Sem nenhum esforço   |
| 7  |                      |
| 8  | Extremamente leve    |
| 9  | Muito leve           |
| 10 |                      |
| 11 | Leve                 |
| 12 |                      |
| 13 | Um pouco intenso     |
| 14 |                      |
| 15 | Intenso (pesado)     |
| 16 |                      |
| 17 | Muito Intenso        |
| 18 |                      |
| 19 | Extremamente intenso |
| 20 | Máximo esforço       |

## ANEXO 7



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS

*Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - Telefone: (31) 3889-1269*

Of. Ref. N° 154/2011/Comitê de Ética

Viçosa, 10 de outubro de 2011.

Prezado Professor:

Cientificamos V. S<sup>a</sup>. de que o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, em sua 7<sup>a</sup> Reunião de 2011, realizada nesta data, analisou e aprovou, sob o aspecto ético, o projeto intitulado *Cafeína e Taurina: possíveis recursos ergogênicos*.

Atenciosamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'R. Junqueira Del Carlo'.

*Professor Ricardo Junqueira Del Carlo*  
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos  
Vice-Presidente em exercício

Ao Professor  
João Carlos Bouzas Marins  
Departamento de Educação Física

/rfs.