

EFEITOS AGUDOS DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS SOBRE OS PARÂMETROS HIDRO-ELETROLÍTICOS DURANTE EXERCÍCIO EM ESTEIRA

ACUTE EFFECTS OF ENERGY DRINK INTAKE ON HYDRO-ELECTROLYTIC PARAMETERS DURING THE EXERCISE ON A TREADMILL

Hamilton Henrique Teixeira Reis¹, Luciana Moreira Lima¹, Victória Esther Teixeira Reis¹, Miguel Araújo Carneiro Júnior¹ e João Carlos Bouzas Marins¹

¹Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil.

RESUMO

O objetivo do estudo foi verificar se bebidas energéticas com diferentes composições nutricionais afetam o balanço hidro-eletrolítico de corredores de resistência. Doze homens participaram desse estudo duplo cego e *crossover* randomizado, ingerindo 3mg.kg⁻¹ de cafeína de bebida energética convencional e *sugar free*, e um placebo carboidratado e não cafeinado, 40 minutos antes de sessão de exercício em ambiente termoneutro. Em cada situação experimental, os avaliados realizaram exercício de corrida em esteira com duração de 60 minutos e intensidade constante entre 65 e 75% do VO_{2max}, seguidos por um *sprint* correspondendo a 100% do VO_{2max} até a exaustão. Foram avaliados o peso corporal (PC), desidratação absoluta e relativa, densidade da urina, taxa de sudorese e níveis de Na⁺, K⁺ e hematócrito. Durante o exercício os avaliados receberam somente água a cada 15 minutos. Foi verificada alteração nos níveis de densidade da urina antes e depois do exercício para todos os tratamentos (p<0,05). Não houve diferença significativa entre as bebidas nos níveis de Na⁺, K⁺ e hematócrito (p>0,05) mantendo-se dentro dos níveis de normalidade. Conclui-se que diferentes tipos de bebidas energéticas não afetam o balanço hidro-eletrolítico de corredores de resistência ao longo do exercício.

Palavras-chave: Cafeína. Taurina. Desidratação. Diurese.

ABSTRACT

This work compares the effects promoted by energy drinks with diferente nutritional compositions on the hydro-electrolytic balance of resistance runners. Twelve men participated in this double blinded, randomized crossover study, ingesting 3mg*Kg⁻¹ of a conventional energy drink with caffeine or sugar-free, and a placebo 40-minutes before tests on thermoneutral environment. The duration of the session was 60 minutes with constant intensity between 65 and 75% of VO_{2max}, followed by a sprint corresponding to 100% of VO_{2max} until exhaustion. There were evaluated body weight (BW), absolute and relative dehydration, urine density, sweating rate and Na⁺, K⁺ and hematocrit levels. During the exercise, the participants drank only water every 15 minutes. Changes in urine density levels were observed before and after exercise for all procedures (p <0.05). There was no significant difference on the levels of Na⁺, K⁺ and hematocrit between the drinks (p> 0.05), remaining within normal levels. It is concluded that different types of energy drinks do not affect the hydro-electrolytic balance of resistance runners during the exercise.

Keywords: Caffeine. Taurine. Dehydration. Diuresis.

Introdução

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) (CAF) é uma substância com ação ergogênica bem estabelecido e empregado para atividades de característica aeróbica, comumente consumida por atletas¹ para a obtenção da melhora no desempenho físico. Sua ação ergogênica tem sido relacionada a partir da ingestão de doses baixas a moderadas (3-6 mg.kg⁻¹), que são capazes de aumentar consistentemente o desempenho físico de modalidades aeróbicas² em condições ambientais temperadas, quando ingerida no período entre 30 a 60 minutos anteriores ao início da atividade².

Uma das formas mais comuns para a ingestão de CAF, que se tornou frequente durante a última década, foi através da ingestão das bebidas energéticas (BE)³. Esses produtos, além da cafeína, oferecem substâncias que agem de maneira complementar, como a taurina, carboidratos, aminoácidos, vitaminas e minerais³. A cafeína presente nas BE pode auxiliar diretamente na melhora da capacidade do exercício por protelar o surgimento da fadiga muscular⁴ a partir de sua ação direta no bloqueio dos receptores de adenosina⁵.

Entretanto, apesar dos efeitos benéficos promovidos pela ingestão das BE no desempenho físico já serem bem estabelecidos^{6,7}, a CAF também é reconhecida por promover um efeito diurético⁸. Tal ação ocorre a partir da estimulação da filtração glomerular renal, que inibe a reabsorção de sódio (Na^+) e aumenta a excreção de água⁹.

Ao avaliar o efeito da CAF na diurese, Bird et al.¹⁰ observaram que a ingestão de 4 mg de cafeína por dia em usuários habituais da substância promoveu um aumento no nível produzido de urina em situação de repouso quando comparado ao grupo que ingeriu um placebo descafeinado. A interação entre cafeína e taurina também já foi testada a partir do oferecimento da BE na proporção de 3 mg.kg^{-1} de cafeína, correspondendo um total relacionado de 3 g de taurina, e também promoveu um efeito diurético mais elevado quando comparado ao tratamento com um placebo¹¹. Porém, o conceito do potencial efeito diurético da CAF quando em repouso aparenta ter um efeito contrário a quando em exercício, não apresentando o mesmo quadro negativo quando o indivíduo se encontra em repouso¹².

Quando o efeito diurético ocorre durante o exercício físico, aumenta-se o risco de um balanço hídrico negativo, levando os atletas a um estado de desidratação indesejável, o que promoverá uma alteração negativa na capacidade física, prejudicando o desempenho¹². O estado de desidratação pode levar à hipertermia, que, se sustentada durante exercício submáximo prolongado, pode levar a aumentos da frequência cardíaca, hemoconcentração arterial, reduções no volume e fluxo sanguíneo e pressão arterial, além de promover acentuadas reduções no volume sistólico e no débito cardíaco¹³.

Tendo em vista esse possível efeito ergolítico das BE sobre o balanço hidro-eletrolítico, é necessário ampliar a base de conhecimento sobre o tema, pois permitirá que profissionais como nutricionistas, médicos ou fisiologistas ampliem seu conhecimento sobre os efeitos positivos ou negativos sobre o consumo dessas bebidas, avaliando, assim, a viabilidade de sua utilização. Assim, o objetivo desse estudo foi verificar e comparar os efeitos da ingestão pré-exercício de BE de composição nutricional diferentes, a convencional, que apresenta a adição de açúcares em sua composição, e *sugar free* no balanço hídrico e eletrolítico em corredores treinados.

Métodos

Amostra

Um total de 12 homens fisicamente ativos ($23 \pm 2,6$ anos, $177 \pm 3,4$ cm de estatura, massa corporal de $74,4 \pm 5,5$ kg e %G de $11,9 \pm 3,3\%$), com $\text{VO}_{2\text{max}} = 59,8 \pm 5,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, praticantes regulares de corrida, que treinavam no mínimo 3 vezes por semana, ao menos 1 hora por dia por um período de 1 ano, foram voluntários. Durante todo o período da pesquisa os indivíduos foram instruídos a não ingerir alimentos a base de CAF e álcool, bem como não realizar atividade física superior a 4 MET's num período de 48h antes de cada visita ao laboratório¹⁴. Além disso, todos foram orientados a manter o mesmo padrão nutricional (obtido a partir do preenchimento de um recordatório alimentar), rotina de exercícios e a se abster de suplementos nutricionais e qualquer tipo de medicamento sem prescrição.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, sob o registro de número 33233114.6.0000.5153, segundo a Legislação Brasileira de Pesquisa com Seres Humanos – Portaria 466/12. Todos os avaliados foram devidamente informados sobre os procedimentos aos quais seriam submetidos e o estudo teve início após a concordância dos mesmos e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Desenho do estudo

O presente estudo empregou um método duplo-cego, a partir do modelo de *crossover*, onde os sujeitos foram, de maneira randomizada, suplementados com a BE convencional, BE *sugar free* e com o placebo 40 minutos antes da realização do protocolo experimental.

Os avaliados compareceram ao laboratório em 5 ocasiões separadas por aproximadamente 7 dias entre as visitas e sempre no mesmo horário estabelecido previamente, a saber: 1ª visita) Orientações sobre as sessões experimentais, preenchimento de questionários que avaliaram a prontidão para a realização das sessões e um questionário nutricional elaborado especificamente para a avaliação do consumo de cafeína; 2ª visita) avaliação antropométrica para cálculo da composição corporal e teste para determinação do VO_{2max} ; 3ª visita) protocolo experimental I; 4ª visita) protocolo experimental II e; 5ª visita) protocolo experimental III.

Procedimentos

Durante a primeira visita, além de serem informados sobre o experimento, os participantes foram avaliados a partir dos seguintes questionários: PAR-Q (*Physical Activity Readiness Questionnaire*)¹⁵, tabela de risco coronariano, proposta pela *Michigan Heart Association*¹⁶ e também responderem o questionário avançado de anamnese incluso no Software Avaesporte® (Esporte Sistemas, Minas Gerais, Brasil.), questionário que indica se há ou não antecedentes de hipertensão arterial, doenças cardíacas ou diabetes *mellitus*; também para avaliar que não eram usuários de álcool, tabaco, medicamentos que pudessem afetar o equilíbrio hídrico ou substâncias dopantes. Além disso, também foi aplicado um questionário de frequência alimentar voltado especificamente para o consumo de CAF, a fim de caracterizar os avaliados sobre o consumo habitual desse elemento.

Somente aqueles que obtiveram um resultado totalmente negativo para o PAR-Q, bem como um risco considerado “bem abaixo da média” para a tabela de risco coronariano e um consumo de CAF com valores entre 50 a 200 mg.dia⁻¹ de cafeína, valor que considera os avaliados como consumidores habituais em doses moderadas de CAF, conforme já descrito em outros experimentos¹⁷, foram selecionados para participar das demais fases do estudo.

Para as medidas antropométricas adotaram-se os seguintes procedimentos: a massa corporal (MC) foi aferida utilizando-se uma balança eletrônica digital com capacidade de 150 quilogramas e precisão de 50 g (Welmy, W200A, Brasil); a estatura foi mensurada a partir de um estadiômetro milimetrado com extensão de 2 metros e escala de 0,5 cm (Welmy, W200A, Brasil). A avaliação da composição corporal foi realizada a partir de três dobras (peitoral, abdômen e coxa), adotando o método proposto Jackson & Pollock¹⁸, associado com a equação de Siri¹⁹, a partir da utilização do plicômetro Lange (Beta Technology, Santa Cruz, California, Estados Unidos).

Ainda na segunda visita, para determinar a potência aeróbica máxima dos voluntários, estes foram submetidos a um teste progressivo em esteira, com inclinação constante de 2%, segundo o método proposto por Matthews et al.²⁰, sendo avaliados durante todo o período por um analisador de gases metabólicos (MedGraphics® CPX Ultima, St. Paul, Minnesota, Estados Unidos) e tendo os valores avaliados pelo software BreezeSuite™ 7.2.0.61. Para garantir a validade dos valores obtidos alguns critérios foram verificados: 1) platô do VO_{2max} mesmo com um aumento na intensidade do exercício [$< 150 \text{ ml.min}^{-1}$ ou $< 2,1 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$]; 2) o quociente respiratório (QR) $> 1,1$; 3) acúmulo de ácido láctico acima de 8 mmol/L e 4) solicitação do avaliado para terminar o teste por conta da exaustão²¹. A terceira, quarta e quinta visitas foram relativas ao protocolo experimental.

Protocolo Experimental

O protocolo experimental adotado para as três coletas (visitas 3, 4 e 5) é apresentado na Figura 1.

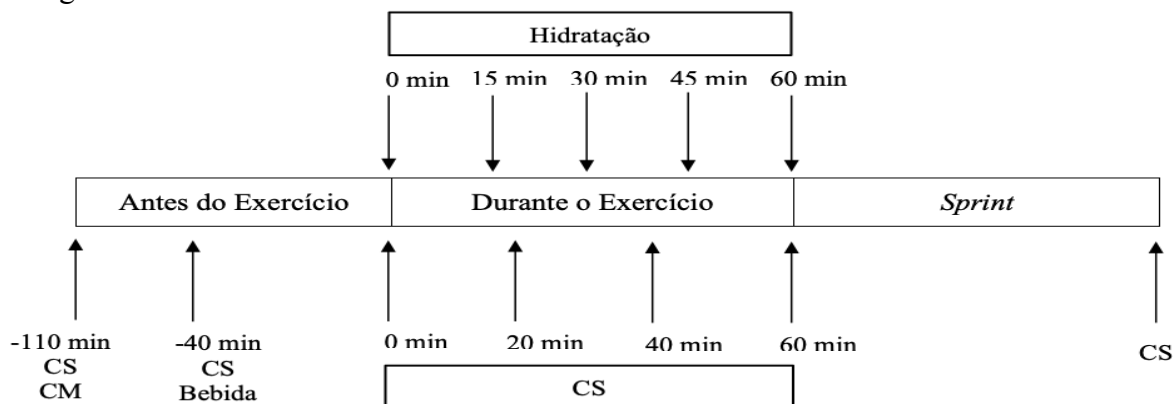


Figura 1. Esquema representativo do protocolo experimental

Legenda: CS = Coleta Sanguínea; CM = Café da Manhã

Fonte: Os autores

Os avaliados chegaram ao laboratório após jejum de 10 horas, sempre no mesmo horário entre os protocolos. Após chegar ao laboratório, uma enfermeira devidamente treinada realizava a inserção de um cateter intravenoso nº 20 em uma veia do antebraço, sendo afixada uma torneira de três vias (*treeway*) para as coletas sanguíneas.

As coletas sanguíneas foram realizadas em sete momentos diferentes: antes do café da manhã (-110 min), antes da ingestão da bebida (-40 min), imediatamente antes do início do exercício (0 min) e a cada 20 minutos durante o exercício contínuo, finalizando com uma coleta imediatamente após o *sprint*. Em cada uma das coletas, realizadas com seringas descartáveis, era retirado 1 mL de sangue venoso, transferido diretamente para *eppendorfs* (microtubos), de onde eram colhidos 100 µL através de uma pipeta automática para análise dos parâmetros sanguíneos (Na^+ , K^+ e hematócritos) em analisador portátil (cartucho CG8+, i-STAT, Abbott®, *Illinois*, Estados Unidos). Além disso, uma outra quantidade de sangue foi retirada dos *eppendorfs* para verificação do lactato, também a partir de um analisador portátil (Accutrend, Roche®, *Mannheim*, Alemanha). Ao término de cada coleta foi realizada a salinização da via com uma solução fisiológica de 0,9%, a fim de evitar a coagulação sanguínea e a manutenção do acesso venoso. Todas as coletas foram realizadas pela mesma enfermeira, devidamente capacitada.

Após a primeira coleta e análise sanguínea, os avaliados consumiram um café da manhã segundo orientações do *Institute of Medicine*²², que fornecia uma quantidade aproximada de 15% da Energia Estimada Requerida, valor suficiente para que a atividade física ocorresse sem qualquer risco à integridade dos participantes. Os alimentos que compuseram o café da manhã estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição do café da manhã em termos calóricos e composição de macronutrientes

Item	Peso (unidade)	Kcal	Proteína (g)	Carboidratos (g)	Gorduras (g)
Pão de forma	50 g	124	4,34	24,5	0,98
Queijo Muçarela	40 g	130	10,88	0	9,6
Maça Fuji com casca	145 g	94,25	0,43	22,04	0,43
Suco Industrializado	200 ml	112	0	28	0
Total		460,25	15,65	74,54	11,01
%kcal			13%	64%	21%

Fonte: Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO/NEPA²⁴

Antes de cada um dos três protocolos experimentais os avaliados tiveram a dieta monitorada a partir do recordatório alimentar 24 horas, tendo sido orientados a manter o mesmo padrão dietético ao longo do experimento. Esta etapa foi supervisionada por uma nutricionista.

Seguidos 70 minutos após o café da manhã, antes da ingestão das bebidas, os avaliados, ainda em repouso, foram submetidos à aferição da pressão arterial (PA) a partir de um esfigmomanômetro da marca Tycos® (Welch Allyn CE0050, Estados Unidos) e à verificação da frequência cardíaca (FC) de repouso, realizado em posição ortostática, por meio de um frequencímetro cardíaco (Polar RS800cx - Polar® ElectroItD., Kemple, Finlândia), sendo posteriormente oferecida uma das três bebidas. Os avaliados tiveram 10 minutos para a ingestão de todo o conteúdo. As informações relacionadas às bebidas estão discriminadas na Tabela 2. O placebo (PL) foi elaborado com água gasosa adicionada à maltodextrina em pó sabor guaraná. As bebidas utilizadas no experimento são todas industrializadas e comercializadas no Brasil com autorização da Vigilância Sanitária.

Tabela 2. Composição nutricional das bebidas utilizadas nos protocolos experimentais

Ingredientes (unidade)	Bebida Energética (BE1 – 269ml)	Bebida Energética <i>Sugar Free</i> (BE2 – 269 ml)	Placebo (PL – 269ml)
Calorias (kcal)	123	12	123
Carboidratos (g)	30	6	30
Sódio (mg)	24	24	22
Cafeína (mg)	80	80	0
Taurina (mg)	1000	1000	0
Outros ingredientes	<i>Água gaseificada, inositol, vitaminas B2, B3, B5, B6 e B12</i>		<i>Água c/ gás</i>

Fonte: Os autores

O fornecimento das bebidas, relacionado ao volume oferecido, obedeceu ao seguinte cálculo: para as BE cada um dos avaliados ingeriu uma quantidade correspondente a 3 mg.kg^{-1} de CAF, valor que tem sido considerado suficiente para resultar um efeito ergogênico sem qualquer malefício aos avaliados^{6,7}. Para o PL, a quantidade foi correspondente ao volume líquido total das BE mais o valor correspondente de carboidrato contido na BE convencional. As bebidas foram oferecidas em garrafas opacas e de coloração escura com intuito de não proporcionar qualquer possibilidade de verificação do líquido por parte dos avaliados.

Para realizar a verificação do estado de hidratação nos momentos pré e pós-exercício, foram utilizados os parâmetros da densidade de urina (DU) e PC, além do hematócrito, obtido a partir da análise sanguínea.

Após 40 minutos da ingestão da bebida os avaliados foram submetidos à verificação da DU com base no modelo proposto por Casa et al.²⁴. Aproximadamente 50mL de urina foram coletados em potes coletores de plástico e analisados em um refratômetro óptico (LF Equipamentos, modelo 107/03, São Paulo, Brasil), que era sempre calibrado com água destilada nos momentos antes e depois das análises. O mesmo procedimento foi realizado nos momentos imediatamente antes do exercício e após o término do protocolo experimental.

Também nos momentos imediatamente antes do exercício, após o esvaziamento da bexiga, e no período seguido à realização do *sprint*, o PC dos avaliados foi mensurado na mesma balança onde a avaliação inicial foi realizada. A verificação do PC permitiu avaliar o nível de desidratação absoluta (Da) e relativa (Dr) dos avaliados, que se deu a partir da diferença do PC inicial (PCi) e PC final (PCf), além de permitir a obtenção da taxa de sudorese, realizada a partir da equação proposta por Horswill²⁵: Taxa de sudorese = [(peso inicial – peso final) + volume de líquido ingerido – (volume urinário + volume fecal) / tempo de exercício x 60].

Para estabelecer o percentual relativo (%Dr) e absoluto da desidratação (%Da) foi aplicado modelo de análise proposto por Burkel e Hawley²⁶.

% desidratação = (mudança de peso corporal – volume urinário) / peso inicial x 100.

O protocolo de exercício, realizado na mesma esteira onde o teste progressivo ocorreu, foi dividido da seguinte forma: 1) aquecimento de 5min a 55% do VO_{2max} ; 2) parte principal de 55min a 65-75% do VO_{2max} e 3) *sprint* máximo à 100% VO_{2max} . Cada avaliado teve seu protocolo devidamente calibrado em função do valor obtido no teste de capacidade cardiorrespiratória, mantendo exatamente o mesmo modelo nas 3 visitas do protocolo experimental, sendo a inclinação na esteira constante de 2%. Todos os protocolos foram realizados em condições ambientais de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (UR) semelhantes ($22,81 \pm 0,78$ °C / $58,08 \pm 1,52$ %UR).

A cada 15 minutos durante a realização do exercício, os avaliados eram hidratados conforme modelo sugerido por Marins²⁷, em que cada avaliado recebia uma quantidade de água referente a $3ml.kg^{-1}$.

Análise Estatística

Todas as variáveis analisadas foram testadas quanto à sua normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Todos os valores analisados apresentaram uma distribuição normal. Desta forma os resultados foram apresentados como média $\pm$ DP. Os testes estatísticos correspondentes os objetivos propostos no presente estudo foram: 1) *Teste t* para a verificação dos momentos pré e pós exercício das variáveis relacionadas ao balanço hídrico e estado de hidratação e; 2) *Anova Two Way* com correção de *Bonferroni* para medidas repetidas objetivando verificar a interação entre os diferentes tratamentos vs momentos para a verificação da resposta das análises bioquímicas.

Em todas as análises foi adotado o nível de significância estatística $p < 0,05$, sendo os cálculos realizados no software SPSS®, versão 22.

Resultados

Balanço hídrico e estado de hidratação

Os parâmetros avaliados para a verificação do balanço hídrico e estado de hidratação estão descritos em média e desvio padrão na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros hídricos e estado de hidratação para os avaliados entre os protocolos experimentais (n=12).

	BE1	BE2	PL
PC antes (kg)	74,4 $\pm$ 5,5	74,5 $\pm$ 5,5	74,5 $\pm$ 5,5
PC depois (kg)	73,7 $\pm$ 5,5	73,9 $\pm$ 5,6	73,9 $\pm$ 5,6
Da (kg)	0,83 $\pm$ 0,36	0,76 $\pm$ 0,23	0,73 $\pm$ 0,26
Dr (kg)	0,61 $\pm$ 0,36	0,54 $\pm$ 0,23	0,51 $\pm$ 0,26
%Da	1,16 $\pm$ 0,5	1,03 $\pm$ 0,33	1,0 $\pm$ 0,38
%Dr	0,86 $\pm$ 0,96	0,78 $\pm$ 0,33	0,7 $\pm$ 0,38
DU antes (g.ml ⁻¹)	1,002 $\pm$ 0,004	1,003 $\pm$ 0,001	1,002 $\pm$ 0,006
DU depois (g.ml ⁻¹)	1,008 $\pm$ 0,004*	1,011 $\pm$ 0,006*	1,008 $\pm$ 0,004*
Taxa de Sudorese (ml.min ⁻¹)	0,61 $\pm$ 0,36	0,54 $\pm$ 0,23	0,51 $\pm$ 0,26

Legenda: *Diferença significativa entre os momentos pré e pós exercício em cada um dos tratamentos ($p < 0,05$). Da= desidratação absoluta; Dr= desidratação relativa; D = densidade de urina

Fonte: Os autores

Foi possível observar que em todos os tratamentos houve um aumento significativo na DU ($p < 0,05$) entre os momentos pré e pós protocolo experimental, sem alterações

significativas no PC ($p>0,05$). Também não foi verificada nenhuma diferença estatística ($p>0,05$) na comparação entre bebidas em todas as variáveis analisadas.

Parâmetros Sanguíneos

As avaliações sanguíneas realizadas de Na^+ , K^+ e HCT estão disponibilizadas nas Figuras 2, 3 e 4, respectivamente.

Na Figura 2 é possível verificar que os níveis de Na^+ não apresentaram diferenças significativas na comparação entre bebidas ($p>0,05$). Entretanto, quando analisado o efeito tempo, foi possível observar que seus níveis sofreram decréscimos significativamente relevantes ($p<0,05$) durante o exercício contínuo entre o momento 20 min e 60 min no protocolo com utilização da BE2. Para os demais tratamentos os níveis plasmáticos de Na^+ não apresentaram qualquer tipo de variação significativa.

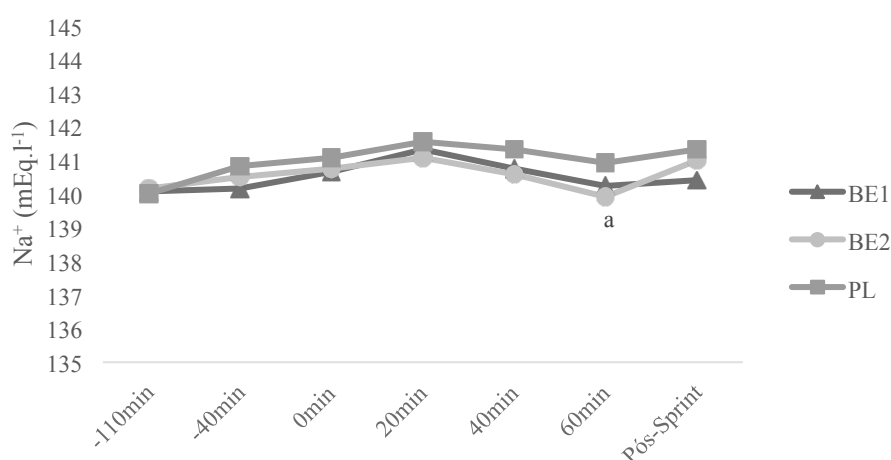


Figura 2. Comportamento dos valores médios do Na^+ entre os momentos e bebidas para os protocolos experimentais

Legenda: a Diferente significativamente ($p<0,05$) do momento 20 min para a BE2

Fonte: Os autores

A Figura 3 apresenta os níveis de K^+ , que também não apresentaram um comportamento diferencial no que tange a avaliação entre bebidas. Contudo, aumentaram significativamente no momento 20 min quando comparado aos momentos -110min ($p<0,05$), -40min ($p=0,001$) e 0 min ($p=0,004$) quando no tratamento com a BE1. O aumento significativo também foi observado na comparação entre o momento 40 min e os momentos -40 min ($p=0,002$) e 0 min ($p=0,007$) para o mesmo tratamento. No período -40 min e 60 min também foi verificado um aumento significativo ($p<0,05$) dos níveis de K^+ plasmático.

Já no tratamento com a BE2, observou-se um aumento significativo do K^+ no momento 20 min quando comparado ao período -110 min ($p<0,05$) e ao -40 min ($p<0,05$), seguido por um decréscimo ($p<0,05$) quando comparado o momento 20 min ao 40 min.

Para o PL, foi possível identificar um aumento significativo para os valores de K^+ nos momentos 20 min ($p=0,004$), 40 min ($p=0,001$) e 60 min ($p<0,05$) quando comparados ao momento -110 min. Também para os períodos 20 min ($p=0,001$), 40 min ($p=0,001$) e 60 min ($p=0,010$) foi identificado um aumento substancial para os níveis plasmáticos de K^+ quando comparados com o momento -40 min. O mesmo padrão foi mantido na comparação entre os momentos 20 min ($p=0,003$) e 40 min ($p=0,005$) quando relacionados com o período 0min.

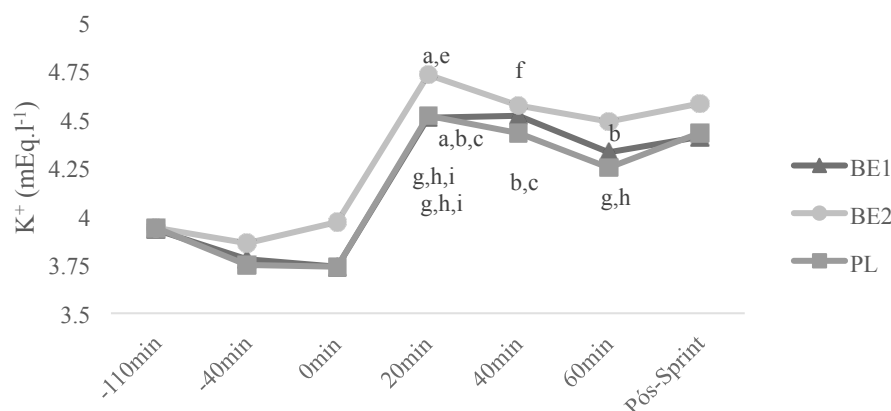


Figura 3. Comportamento dos valores médios de K^+ entre os momentos e bebidas para os protocolos experimentais

Legenda: a Diferença significativa ($p < 0,05$) entre o momento -110min e 20min para a BE1. b Diferença significativa ($p < 0,05$) entre o momento -40min e os momentos 20min, 40min e 60min para a BE1. c Diferença significativa ($p < 0,05$) entre o momento 0min e os momentos 20min e 40min para a BE1. d Diferença significativa ($p < 0,05$) entre o momento -110min e 20min para a BE2. e Diferença significativa ($p < 0,05$) entre o momento -40min e 20min para a BE2. f Diferença significativa ($p = 0,004$) entre o momento 20min e 40min para a BE2. g Diferença significativa ($p < 0,05$) entre o momento -110min e os momentos 20min, 40min e 60min para o PL. h Diferença significativa ($p < 0,05$) entre o momento -40min e os momentos 20min e 40min para o PL. i Diferença significativa ($p < 0,05$) entre o momento 0min e os momentos 20min e 40min para o PL.
Fonte: Os autores

A Figura 4 indica os valores de concentração de hematócrito, que sofreram variações significativas somente na verificação entre os momentos de cada um dos tratamentos, não sendo observada qualquer variação significativa na análise entre tratamentos. Na comparação entre os momentos 60 min com o pós-sprint para o tratamento com a BE1 ($p = 0,003$) e com a BE2 ($p = 0,006$), sendo observada uma elevação na concentração de HCT.

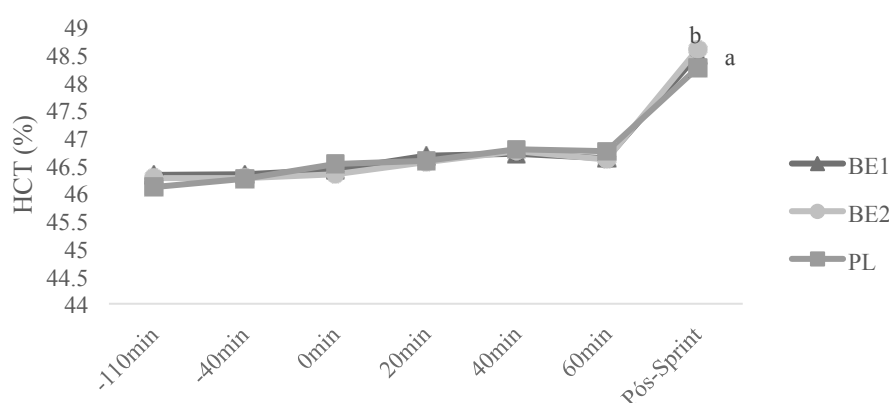


Figura 4. Valores médios de HCT entre os momentos e bebidas para os protocolos experimentais

Legenda: a Diferença significativa ($p = 0,003$) entre o momento 60min e pós-sprint para a BE1. b Diferença significativa ($p = 0,006$) entre o momento 60min e pós-sprint para a BE2.
Fonte: Os autores

Discussão

O objetivo desse estudo foi verificar e comparar os efeitos promovidos pela ingestão pré-exercício de bebidas energéticas comerciais de característica convencional e *sugar free* no balanço hidro-eletrolítico de corredores em esteira.

O principal resultado obtido foi que nenhuma das bebidas promoveu qualquer diferença nos níveis relacionados ao estado de hidratação pós-exercício e também nos parâmetros eletrolíticos avaliados, demonstrando que a quantidade oferecida da BE, independente de sua característica, não foi suficiente para promover um efeito ergolítico.

Balanço hídrico e estado de hidratação

Autores tem sugerido que o consumo de cafeína induz um quadro extenso de desidratação^{10,11}. Entretanto, é importante diferenciar este possível efeito ergolítico do consumo de cafeína conforme a condição do avaliado (repouso ou exercício), bem como as dosagens de consumo. Em condição de repouso os trabalhos de Armstrong et al.⁹ e Bird et al.¹⁰ apontam para um possível aumento da diurese. Por outro lado, na condição de exercício, essa resposta não foi observada, como embasado por uma meta-análise recente, que determinou, mais uma vez, que o impacto da CAF ocorrido em situação de repouso não é o mesmo durante o exercício físico, sendo este, não influenciado de maneira negativa no que tange o aspecto diurético²⁸. Assim que esta característica potencialmente adversa na condição de exercício deve ser ainda mais aprofundada, pois não foi possível identificar uma relação de causa efeito. Dessa forma, é possível afirmar que os estudos que examinam o potencial de ação diurética da cafeína em repouso não podem ser aplicados para análise relacionada ao desempenho físico²⁹.

Dentre os resultados observados para essa avaliação, cabe ressaltar a não existência de qualquer diferença significativa entre as sessões no que diz respeito ao PC pré-exercício. Dessa forma é possível inferir que todas as orientações pré-protocolo experimental foram seguidas pelos avaliados, sobretudo as relacionadas à conduta dietética e estado de hidratação.

Apesar de ter sido observado nesse estudo uma variação na densidade de urina entre os momentos pré-exercício e pós-exercício, todos os avaliados se mantiveram no intervalo considerado ideal, mantendo-se ainda no estado determinado como “bem hidratados”²⁴. Ademais, essa variável não pode ser analisada de maneira individual para a verificação do estado de hidratação, devendo ser levado também em consideração os valores obtidos do PC nos momentos pré e pós exercício, que, conforme visualizado na Tabela 3, sofreram uma leve redução, mas que não representaram uma diferença estatística significativa. De forma adicional, os valores percentuais obtidos para a desidratação relativa e absoluta (menor do que 1% do PC) não são suficientes para causar qualquer efeito prejudicial para a capacidade de realização do exercício físico³⁰. Tal observação demonstra que a quantidade de água oferecida durante o exercício físico a cada 15 minutos de atividade, na proporção de 3ml.kg⁻¹ foi suficiente para a manutenção do estado de hidratação.

Os resultados do presente estudo corroboram com o evidenciado na literatura, indicando que a quantidade de BE fornecida, na razão proporcional de 3 mg.kg⁻¹ de CAF em sua composição, não é suficiente para promover uma alteração preponderante nos valores relacionados ao estado hídrico de indivíduos submetidos a um exercício de resistência em esteira. Sendo assim, por não alterar significativamente os valores do PC pré e pós-exercício, os valores absolutos e relativos da desidratação absoluta e relativa e também por não promover uma maior taxa de sudorese, é possível recomendar a utilização na razão utilizada pelo presente estudo como um recurso ergogênico passível de uso, tendo em vista que não houve nenhum impacto diurético no consumo das bebidas experimentais nas condições ambientais e de exercício testadas, refutando assim, a hipótese de que o consumo de cafeína tenha uma ação diurética.

Parâmetros Sanguíneos

Uma das grandes preocupações quando se trata sobre os níveis plasmáticos de Na⁺ durante a realização de um exercício físico aeróbico de resistência é o surgimento de um

quadro de hiponatremia ($[\text{Na}^+] < 135 \text{ mEq/L}$) ou hipernatremia ($[\text{Na}^+] > 145 \text{ mEq/L}$) no sangue³¹, podendo causar um declínio no desempenho físico³².

Uma vez que não houve diferença significativa nos níveis de sódio entre os tratamentos no presente estudo, cabe destacar que o Na^+ presente nas bebidas oferecidas, detalhado na Tabela 2, não promoveu qualquer variação de ampla magnitude nos valores plasmáticos de Na^+ durante o exercício físico. Além disso, a manutenção dos valores nos níveis de normalidade indicam, também, que a quantidade de água fornecida durante a atividade física (3 ml.kg^{-1}) pode ser considerada uma estratégia satisfatória a manutenção do quadro considerado normal para os níveis de Na^+ plasmático em um ambiente laboratorial termoneutro.

Haja vista a preocupação com casos de hiponatremia ou hipernatremia³¹, sugere-se que outros estudos sejam realizados com um período de ação de exercício superior a 1 hora para verificar se com a ingestão dos diferentes tipos de BE haverá qualquer tipo de variação nos níveis plasmáticos de Na^+ . Contudo, de maneira geral, segundo a metodologia aplicada no presente estudo, é possível concluir que o consumo das BE, seja de característica convencional ou não, não promoveu qualquer ação inesperada nos níveis sanguíneos de sódio.

Tratando sobre o comportamento observado para os níveis de K^+ plasmático, foi possível observar que não houve qualquer tipo de diferença significativa nos índices obtidos na comparação entre bebidas, indicando que a quantidade oferecida de BE não foi suficiente para promover qualquer alteração nesta variável sanguínea. Nenhum dos avaliados apresentou hipocalcemia ($[\text{K}^+] < 3,5 \text{ mEq/L}$) ou hipercalemia ($[\text{K}^+] > 5 \text{ mEq/L}$) durante todo o período de realização do exercício.

Os níveis de K^+ plasmático mantiveram comportamento considerado normal, aumentando sua concentração no início do exercício físico, decorrente da maior excitabilidade da membrana celular, e apresentando manutenção ou leve redução dos níveis durante o exercício constante³³. Porém durante a realização do exercício ainda mais intenso, na fase do *sprint*, aumenta-se a exigência da capacidade contrátil da musculatura ativa, o que aumenta a intensidade de ação da bomba de Na^+/K^+ , que passa, por sua vez, a gerar uma maior atividade para sustentação da atividade³⁴, fazendo com que os níveis se alterem novamente, conforme observado na Figura 3. Este comportamento foi observado nos três tipos de tratamentos, indicando assim ser reprodutível esta resposta do K^+ .

Quanto ao efeito da cafeína sobre os padrões de variação de K^+ plasmático, a maioria dos estudos evidenciam que as alterações nos níveis sanguíneos de potássio são basicamente insignificantes, mantendo-se sempre nos índices considerados normais^{32,33}.

Dessa forma, é possível concluir que a quantidade de BE oferecida no presente estudo não promove qualquer tipo de ação ergogênica ou ergolítica quando relacionada com o comportamento plasmático de K^+ .

Os valores percentuais de HCT foram utilizados no presente estudo também com o objetivo de verificar o estado de hidratação dos avaliados. A avaliação a partir dos valores de HCT é considerada um dos métodos mais eficazes para a verificação do estado hídrico³⁵. As verificações de alterações significativas nos valores do HCT somente foram observadas no intervalo de tempo na avaliação entre momentos para cada um dos tratamentos, não sendo constatada nenhuma alteração na comparação entre bebidas. Entretanto, apesar da alteração dos valores em cada um dos tratamentos, as medidas aferidas permaneceram sempre dentro dos valores de normalidade (40 a 54%)³⁵ durante todo o exercício.

O fato de não ser observada diferença significativa entre os tratamentos com as BE, principalmente no momento anterior ao início do exercício, indica que todos os avaliados apresentaram níveis de hidratação bem similares quando avaliados pelo HCT, sendo esse um fator essencial no que tange a capacidade de realização do exercício físico. Além disso, os valores observados durante a realização da atividade, sem alterações significativas, quando se

mantém uma hidratação constante, vão de acordo com o observado por Ferreira et al.³⁶, que verificou não haver alteração significativa no comportamento dessa variável em atletas submetidos a um protocolo de corrida em esteira durante 80 minutos em uma intensidade de trabalho de 75% a 85% da FC_{max} . Resultado similar foi obtido por Diaw et al.³⁷, que constatou a não alternância nos valores de hematócrito para jogadores de futebol durante uma partida. Em ambos os casos a capacidade de manutenção dos índices dessa variável foram mantidas com base na hidratação fornecida durante o protocolo experimental. Tal ação faz com que seja possível concluir que a quantidade de água fornecida, na razão de 3 ml.kg^{-1} no presente estudo foi suficiente para manter os valores normais de hematócrito durante o exercício submáximo.

A alteração observada nos níveis de HCT entre o momento 60 min e o momento pós-*sprint* para a BE1 ($p=0,003$) e BE2 ($p=0,006$) pode ser justificada pelo aumento da intensidade da atividade. A parte principal do experimento foi realizada com intensidade submáxima (entre 65% a 75% do VO_{2max}). Contudo, ao final do exercício houve um aumento na intensidade correspondente a 100% VO_{2max} , sendo responsável por elevar os valores do HCT. Esse aumento da intensidade amplia o deslocamento do fluxo de água plasmática para o meio intersticial gerando assim um aumento na concentração do hematócrito, fenômeno observado no presente estudo.

Os resultados obtidos no presente estudo indicam claramente que o consumo de cafeína na quantidade de 3 mg.kg^{-1} 40 minutos antes de um exercício submáximo não foi capaz de promover alteração no equilíbrio hidro-eletrolítico, pois não impactou na massa corporal, através de maior produção de sudorese ou diurese, tampouco influenciou nas respostas plasmáticas de Na^+ e K^+ , ou mesmo no HCT. Esse comportamento é interessante, pois sinaliza que a cafeína pode ser utilizada sem que haja uma preocupação com esta ação ergolítica. Contudo cabe destacar que dosagens maiores a empregada neste estudo, ou ambientes térmicos mais agressivos de calor podem ser agentes que venham modificar o presente resultado, necessitando assim ampliar a base de estudos.

Aplicações Práticas

A suplementação a partir de bebidas energéticas comerciais em momentos pré-realização do exercício físico é comum, porém, existem relatos de que o consumo da CAF está ligado a um aumento na diurese, o que pode promover o surgimento de uma situação ergolítica durante o exercício físico, haja vista que aumentaria o estado de desidratação e, consequentemente, desequilíbrio eletrolítico, agindo de maneira negativa na realização da atividade. Os resultados do presente estudo não confirmam essa condição, demonstrando que, a quantidade de BE correspondente a 3 mg.kg^{-1} de CAF, oferecida para corredores em estado de hidratação ideal, aliado a uma ingestão de água a cada 15 minutos durante o exercício, em razão de 3 ml.kg^{-1} , não alterou os níveis de marcadores eletrolíticos como K^+ e Na^+ , essenciais para a capacidade de estabilização do desempenho físico e no estado hídrico dos avaliados.

Dessa forma, é possível indicar o consumo da BE, na razão de 3 mg.kg^{-1} de CAF, tanto de característica convencional como a *sugar free*, 40 minutos antes da realização do exercício físico, tendo em vista que a cafeína presente não promoveu potencial diurético nos avaliados que impactassem na homeostase hidroeletrólítica de forma negativa. Tal ação pode promover uma melhor informação no que diz respeito à suplementação pré-exercício.

Conclusões

A utilização das BE, independente de sua característica nutricional, na proporção utilizada no presente estudo, oferece um potencial de segurança para seu consumo, podendo ser consumida de maneira pré-exercício, desde que devidamente prescrita por um profissional específico.

Referências

- Hardy R, Kliemann N, Evansen T, Brand J. Relationship Between Energy Drink Consumption and Nutrition Knowledge in Student-Athletes. *J Nutr Educ Behav* 2016;49(1):19–26. Doi: 10.1016/j.jneb.2016.08.008.
- Smirmaul BPC, Carlos A, Luca DM, Marcora SM. Effects of caffeine on neuromuscular fatigue and performance during high intensity cycling exercise in moderate hypoxia. *Eur J Appl Physiol* 2017;117(1):27–38. Doi: 10.1007/s00421-016-3496-6.
- Mora-Rodriguez R, Pallarés JG. Performance outcomes and unwanted side effects associated with energy drinks. *Nutr Rev* 2014;72(1):108–120. Doi: 10.1111/nure.12132.
- Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, Casa DJ, Dias JC, Judelson DA, et al. Caffeine use in sports: Considerations for the athlete. *J Strength Cond Res* 2008;22(3):978–986. Doi: 10.1519/JSC.0b013e3181660cec.
- Davis J, Zhao Z, Stock H, Mehl K, Buggy J, Hand G. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2003;284(2):399–404.
- Abian P, Del Coso J, Salinero JJ, Gallo-Salazar C, Areces F, Ruiz-Vicente D, et al. The ingestion of a caffeinated energy drink improves jump performance and activity patterns in elite badminton players. *J Sports Sci* 2015;33(10):1042–1050. Doi: 10.1080/02640414.2014.981849.
- Del Coso J, Portillo J, Salinero JJ, Lara B, Abian-Vicen J, Areces F. Caffeinated Energy Drinks Improve High-Speed Running in Elite Field Hockey Players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2016;26(1):26–32. Doi: 10.1123/ijnsnem.2015-0128.
- Armstrong LE, Pumerantz AC, Roti W, Judelson DA, Watson G, Dias JC, et al. Fluid, Electrolyte, and Renal Indices of Hydration During 11 Days of Controlled Caffeine Consumption. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2005;15(5):252–265.
- Armstrong LE, Casa DJ, Maresh CM, Ganio MS. Caffeine, Fluid-Electrolyte Balance, Temperature Regulation, and Exercise-Heat Tolerance. *Exerc Sport Sci Rev* 2007;35(3):135–140.
- Bird ET, Parker BD, Kim HS, Coffield KS. Caffeine Ingestion and Lower Urinary Tract Symptoms in Healthy Volunteers. *Neurol Urodynamics* 2005;24(7):611–615.
- Zhang Y, Coca A, Casa DJ, Antonio J, Green JM, Bishop PA. Caffeine and diuresis during rest and exercise: A meta-analysis. *J Sci Med Sport* 2015;18(5):569–574. Doi: 10.1016/j.jsams.2014.07.017.
- Armstrong LE. Caffeine, Body Fluid-Electrolyte Balance, and Exercise Performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2002;12(2):189–206.
- González-Alonso J, Dalgaard MK, Osada T, Volianitis S, Dawson EA, Chie C, et al. Brain and central haemodynamics and oxygenation during maximal exercise in humans. *J Physiol* 2004;557(1):331–342.
- American College of Sports Medicine. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sport Exerc* 2011;43(7):1334–1359. Doi: 10.1249/MSS.0b013e318213febf.
- Chisholm D, Collis M, Kulak L, Davenport W, Gruber N. Physical activity readiness. *Br Columbia Med Assoc* 1975;17:375–378.
- Michigan Heart Association (MHA). RISK0. *Lancet* 1973;2:243–244.
- Prins PJ, Goss FL, Nagle EF, Beals K, Robertson RJ, Lovalekar M, et al. Energy Drinks Improve 5-km Running Performance in Recreational Endurance Runners. *J Strength Cond Res* 2016;30(11):2979–2990.
- Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40:863–871.
- Siri WE [Internet]. Body composition from fluid spaces and density: analyses of methods. [acesso em 20 fev 2018]. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/6mh9f4nf>
- Matthews CE, Heil DP, Freedson PS, Pastides H. Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. *Med Sci Sport Exerc* 1999;31(3):468–493.
- Howley ET, Bassett JR DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(9):1292–1301.
- Institute of Medicine. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *J Am Diet Assoc* 2002;102(11):1621–1630.
- Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação (NEPA) [Internet]. Tabela brasileira de composição de alimentos - UNICAMP/NEPA. [acesso em 20 fev 2018]. Disponível em: http://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf.
- Casa DJ, Armstrong LE, Montain SJ, Rich BSE, Stone JA. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Lightning Safety for Athletics and Recreation. *J Athl Train* 2000;35(2):212–224.
- Horswill CA. Effective fluid replacement. *Int J Sport Nutr*. 1998;8(2):175–195.

26. Burkel LM, Hawley JA. Fluid Balance in Team Sports Guidelines for Optimal Practices. *Sport Med* 1997;24:38–54.
27. Marins JCB. Recomendações para o procedimento de hidratação. In: Marins JCB, editor. *Hidratação na atividade física e no esporte*. Jundiaí: Fontoura; 2011, p. 167-92.
28. Goldstein ER, Ziegenfuss T, Kalman D, Kreider R, Campbell B, Wilborn C, et al. International society of sports nutrition position stand : caffeine and performance. *J Int Soc Sports Nutr* 2010;7(5):1–15. Doi: 10.1186/1550-2783-7-5.
29. Sawka M, Montain S. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *Am J Clin Nutr* 2000;72(2):564–572. Doi: 10.1093/ajcn/72.2.564S.
30. Jones BL, O'Hara JP, Till K, King RFGJ. Dehydration and Hyponatremia in Professional Rugby Union Players: A Cohort Study observing english premiership rugby Union Players During Match Play, Field, and Gym Training in Cool Environmental Conditions. *J Strength Cond Res* 2015;29(1):107–115. Doi: 10.1519/JSC.0000000000000620.
31. Schucany WG. Exercise-associated hyponatremia. *Proc (Bayl Univ Med Cent)* 2007;20(4):398–401.
32. McKenna MJ, Bangsbo J, Renaud J. Muscle K⁺, Na⁺, and Cl⁻ disturbances and Na⁺-K⁺ pump inactivation: implications for fatigue. *J Appl Physiol* 2008;104(1):288–295.
33. Mohr M, Nielsen JJ, Bangsbo J. Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle interstitial potassium accumulation *J Appl Physiol* 2011;2(31):1372–1379. Doi: 10.1152/jappphysiol.01028.2010.
34. Cheng C-F, Hsu W-C, Kuo Y-H, Shih M-T, Lee C-L. Caffeine ingestion improves power output decrement during 3 min all out exercise. *Eur J Appl Physiol* 2016;116(9):1693–1702. Doi: 10.1007/s00421-016-3423-x.
35. Shirreffs SM. Markers of hydration status. *Eur J Clin Nutr* 2003;57(2):6–9.
36. Ferreira FG, Alves K, Costa NMB, Santana ÂMC, Marins JCB. Efeito do Nível de Condicionamento Físico e da Hidratação Oral sobre a Homeostase Hídrica em Exercício Aeróbico. *Rev Bras Med Esporte* 2010;16(3):166–170.
37. Diaw M, Diop S, Sall ND, Ba A, Cissé F, Connes P. Effects of hydration and water deprivation on blood viscosity during a soccer game in sickle cell trait carriers. *Br J Sport Med* 2014;48(4):326–331. Doi: 10.1136/bjsports-2012-091038.

ORCID dos autores:

Hamilton Henrique Teixeira Reis: 0000-0001-8755-0651

Luciana Moreira Lima: 0000-0001-6229-0734

Victória Esther Teixeira Reis: 0000-0002-9678-676X

Miguel Araújo Carneiro Júnior: 0000-0001-5354-7913

João Carlos Bouzas Marins: 0000-0003-0727-3450

Recebido em 27/03/18.

Revisado em 28/07/18.

Aceito em 02/09/18.

Endereço para correspondência: Hamilton Henrique Teixeira Reis. Endereço: Avenida Peter Henry Rolfs, s/n - Campus Universitário, Viçosa - MG, 36570-900. Email: hhteixeirareis@gmail.com.