

LETÍCIA GONÇALVES PEREIRA

**EFEITO DE DIFERENTES FORMAS FÍSICAS DE SUPLEMENTOS
DE CARBOIDRATO NO DESEMPENHO FÍSICO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

LETÍCIA GONÇALVES PEREIRA

**EFEITO DE DIFERENTES FORMAS FÍSICAS DE SUPLEMENTOS
DE CARBOIDRATO NO DESEMPENHO FÍSICO**

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

APROVADA: 28 de Setembro de 2011

Prof^ª. Rita de Cássia Gonçalves Alfenas
(Coorientadora)

Prof. Paulo Roberto dos Santos Amorim
(Coorientador)

Prof. Jorge Roberto Perroux de Lima

Prof. João Carlos Bouzas Marins
(Orientador)

Dedico aos
meus pais, Fernando e Lourdinha,
e ao meu orientador, João,
pelo apoio constante.

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 aos meus pais que sempre dedicaram suas vidas aos meus irmãos e a mim, apoiando minhas escolhas, investindo no meu futuro e me orientando sempre a seguir o caminho do bem.

Agradeço aos meus irmãos pelas palavras de carinho e incentivo e pelo exemplo de seres humanos que sempre foram pra mim.

Agradeço à minha madrinha que sempre torceu pelo meu sucesso, vibrou com minhas conquistas e sei que continua olhando por mim onde quer que esteja.

Agradeço ao meu querido orientador João, que me incentivou desde o princípio a fazer o mestrado, que me proporcionou muitas oportunidades, que foi um exemplo de competência e dedicação profissional e que contribui imensamente para a concretização deste trabalho.

Agradeço à minha coorientadora Rita, que sempre me ensinou muito e que me deu a oportunidade da iniciação científica, a qual me despertou o interesse pela pesquisa.

Agradeço ao meu coorientador Paulo, pelas valiosas contribuições para a realização deste trabalho.

Agradeço aos professores Jorge, Thales e Natali que aceitaram gentilmente participar da banca de defesa de dissertação.

Agradeço à enfermeira Cida, que foi essencial para o sucesso do experimento, sempre muito competente na sua profissão e disposta a ajudar no que fosse preciso.

Agradeço à Priscila Niquini, que me auxiliou imensamente na coleta de dados, sempre muito solícita e comprometida com a realização dos experimentos.

Agradeço aos estagiários do LAPEH e aos estudantes de graduação e mestrado da Educação Física que me ajudaram muito com seus conhecimentos e na realização da coleta de dados.

Agradeço ao Cristiano que fez as análises estatísticas com muita presteza e competência e que sempre esteve disposto a me ajudar.

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

Agradeço à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos para realização do mestrado.

Agradeço à FAPEMIG, pela concessão do auxílio financeiro (processo APQ-01645-09) para a condução do presente estudo.

Agradeço aos voluntários, que participaram dos experimentos com muito comprometimento e presteza, sem eles não teria sido possível a realização deste trabalho.

Agradeço aos funcionários do LAPEH, em especial à dona Penha, que sempre me tratou com muito carinho e esteve disposta a ajudar.

Agradeço à minha amiga Raquel, que foi companheira em todos os momentos desde a graduação, que me incentivou e me ajudou a ingressar no mestrado, que me auxiliou em diversos momentos durante esta caminhada e que foi uma grande amiga em outras incontáveis situações ao longo desses anos.

Agradeço à minha amiga Paula, que me deu a oportunidade de participar da sua pesquisa no mestrado, que sempre reconheceu e valorizou meu trabalho e que foi um exemplo de pessoa e profissional.

Agradeço à minha amiga Aline pelo companheirismo e pelas longas conversas e sábios conselhos que me ajudaram muito nesta caminhada.

Agradeço aos meus queridos amigos de mestrado, Elis, Zé, Lívia, Tati e Caio que foram grandes companheiros nessa caminhada, me apoiando e me incentivando.

Agradeço aos amigos de Viçosa, Tati, Kau, Elaine, Kika, Fred e Cristian que contribuíram para tornar inesquecíveis os divertidos momentos nesta cidade.

Agradeço aos meus amigos Marquinhos, Márcia, Bianca e Fran que, mesmo à distância, nunca deixaram de torcer por mim.

Agradeço às minhas amigas e colegas de trabalho Tati, Carol, Lidiane, Aparecida, Cris, Bruna, Fátima e Solange que me ajudaram para que eu pudesse dar uma escapada de Niterói e ir a Viçosa para realizar as tarefas do mestrado.

Enfim, agradeço a todos aqueles que torceram por mim, me incentivaram e me apoiaram nesta tão sonhada conquista.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
2. OBJETIVOS.....	04
2.1. Objetivo geral.....	04
2.2. Objetivos específicos.....	04
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	05
ARTIGO 1: OXIDAÇÃO DE SUBSTRATOS ENERGÉTICOS EM RESPOSTA AO CONSUMO DE SUPLEMENTOS DE CARBOIDRATO EM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS DURANTE O EXERCÍCIO	
RESUMO.....	09
ABSTRACT.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. MÉTODOS.....	15
3. RESULTADOS.....	21
4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
ARTIGO 2: REPOSIÇÃO HÍDRICA COM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS DE SUPLEMENTOS DE CARBOIDRATO DURANTE O EXERCÍCIO	
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	39
1. INTRODUÇÃO.....	41
2. MÉTODOS.....	43
3. RESULTADOS.....	49
4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	53
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
ANEXOS.....	66

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1 OXIDAÇÃO DE SUBSTRATOS ENERGÉTICOS EM RESPOSTA AO CONSUMO DE SUPLEMENTOS DE CARBOIDRATO EM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS DURANTE O EXERCÍCIO

Figura 1: Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo. **18**

Figura 2: Média \pm desvio-padrão da glicemia apresentada nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. **24**

Figura 3: Média \pm desvio-padrão das concentrações plasmáticas de lactato apresentadas nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. **24**

Figura 4: Média \pm desvio-padrão das concentrações de hematócrito apresentadas nos testes experimentais em resposta à ingestão de água, bebida, gel e barra. **25**

Figura 5: Média \pm desvio-padrão das concentrações de hemoglobina apresentadas nos testes experimentais em resposta à ingestão de água, bebida, gel e barra. **25**

Artigo 2 REPOSIÇÃO HÍDRICA COM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS DE SUPLEMENTOS DE CARBOIDRATO DURANTE O EXERCÍCIO

Figura 1: Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo. **46**

Figura 2: Média \pm desvio-padrão das concentrações de sódio apresentadas nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. **51**

Figura 3: Média \pm desvio-padrão das concentrações de potássio apresentadas nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. **51**

Figura 4: Média \pm desvio-padrão das variações no volume plasmático apresentadas nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. **52**

Figura 5: Média \pm desvio-padrão da glicemia apresentada nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. **53**

LISTA DE TABELAS

Artigo 1 OXIDAÇÃO DE SUBSTRATOS ENERGÉTICOS EM RESPOSTA AO CONSUMO DE SUPLEMENTOS DE CARBOIDRATO EM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS DURANTE O EXERCÍCIO

Tabela 1: Composição nutricional dos suplementos. **17**

Tabela 2: Média \pm desvio-padrão do consumo de oxigênio (VO_2), percentual do consumo máximo de oxigênio ($\%VO_{2max}$), quociente respiratório (RQ), oxidação de carboidrato (CHO_{oxid}) e oxidação de gordura ($Gord_{oxid}$) obtidos em cada tratamento aplicado durante o estudo. **22**

Tabela 3: Média \pm desvio-padrão das respostas cardiovasculares apresentadas durante o repouso, o exercício a 55-60% do VO_{2max} e o *sprint*. **23**

Artigo 2 REPOSIÇÃO HÍDRICA COM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS DE SUPLEMENTOS DE CARBOIDRATO DURANTE O EXERCÍCIO

Tabela 1: Composição nutricional dos suplementos. **45**

Tabela 2: Média \pm desvio-padrão dos parâmetros relacionados ao balanço hídrico e estado de hidratação apresentados pelos participantes do estudo **50**

RESUMO

PEREIRA, Leticia Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2011. **Efeito de diferentes formas físicas de suplementos de carboidrato no desempenho físico.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Coorientadores: Paulo Roberto dos Santos Amorim e Rita de Cássia Gonçalves Alfenas.

Diversos estudos têm demonstrado que a ingestão de carboidrato durante o exercício na forma de bebidas esportivas pode aumentar a oxidação de carboidrato e o desempenho em exercícios prolongados, além de auxiliarem na absorção e retenção de líquidos. No entanto, ainda não está esclarecido se outras formas de suplementos de carboidrato que são rotineiramente consumidas por atletas, como gel e barra energética, são tão eficazes quanto as bebidas. O objetivo do presente estudo foi verificar se existe diferença nas taxas de oxidação, no metabolismo, no desempenho e na reposição hídrica a partir da ingestão de suplementos de carboidrato na forma de bebida, gel e barra durante um exercício de longa duração em cicloergômetro. Em quatro dias separados, doze homens (idade = 22 ± 3 anos, peso = $71,5 \pm 8,3$ kg, estatura = $1,75 \pm 0,06$ m, $VO_{2max} = 54,56 \pm 4,85$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) realizaram um exercício em cicloergômetro com duração de 90 minutos a uma intensidade de 55-60% do VO_{2max} , seguido por um *sprint* de 6 km. Os participantes ingeriam 0,7 g carboidrato.kg⁻¹.hora⁻¹ na forma de bebida, gel ou barra, ou ingeriam água pura, antes, durante e depois do exercício. Nos tratamentos com gel e barra também houve consumo de água. O consumo de líquidos durante cada uma das situações experimentais foi de 3 mL.kg⁻¹ de peso corporal imediatamente antes do início do exercício, a cada 20 minutos ao longo do exercício, bem como após o final do *sprint*. Uma amostra de sangue era coletada ao início do exercício, a cada 30 minutos durante o exercício 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 30 minutos e durante o *sprint*. Para avaliar o balanço hídrico e o estado de hidratação dos avaliados, foi registrado o peso corporal antes e após o exercício, o volume urinário após o exercício e a densidade da urina antes e após o exercício. O registro do peso corporal e do volume urinário permitiu o cálculo da perda de peso, do percentual de perda de peso, da sudorese total e da retenção de líquidos. Todos os testes experimentais foram realizados em semelhantes condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar. O VO_2 , % VO_{2max} , quociente respiratório, oxidação de carboidrato e gordura não foram estatisticamente diferentes ($p > 0,05$) entre os

tratamentos. As concentrações plasmáticas de glicose foram significativamente maiores ($p < 0,001$) para os suplementos de carboidrato comparados com água, sem diferenças entre os suplementos. Não houve diferença nas concentrações plasmáticas de lactato entre os tratamentos ($p > 0,05$). O tempo do *sprint* foi maior para a água pura comparada aos suplementos, apesar desta diferença não ter sido estatisticamente significativa ($p = 0,065$). Todos os parâmetros monitorados referentes ao equilíbrio hídrico não apresentaram diferença significativa entre os quatro testes experimentais ($p > 0,05$). Contudo, houve uma redução estatisticamente significativa ($p < 0,001$) do peso corporal após o exercício. As concentrações plasmáticas de sódio e potássio no repouso, durante o exercício e após o *sprint* foram semelhantes ($p > 0,05$) entre os tratamentos. As concentrações de sódio não mudaram significativamente durante o exercício e após o *sprint* para todos os tratamentos. As concentrações de potássio foram significativamente maiores ($p < 0,05$) durante o exercício e após o *sprint* quando comparadas ao repouso para todos os tratamentos. Houve uma redução significativa do volume plasmático ($p < 0,05$) durante o exercício em relação ao repouso e esta redução se acentuou significativamente ($p < 0,05$) após o *sprint*, para todos os tratamentos, sem diferença entre estes. Nas condições ambientais e de exercício propostas no presente estudo, quando as mesmas quantidades de carboidrato e volumes iguais de líquidos são ingeridos, suplementos de carboidrato nas formas de bebida, gel e barra geram respostas semelhantes no metabolismo, na oxidação, no desempenho e na reposição hídrica.

ABSTRACT

PEREIRA, Letícia Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2011. **Effect of different forms of carbohydrate supplements on exercise performance.** Adviser: João Carlos Bouzas Marins. Co-advisers: Paulo Roberto dos Santos Amorim and Rita de Cássia Gonçalves Alfenas.

Numerous studies have shown that ingestion of carbohydrate in the form of sports drinks can increase carbohydrate oxidation and performance during prolonged exercise, and also aid in fluid absorption and retention. However, it remains unknown whether other forms of carbohydrate supplements that are routinely consumed by athletes, like energy bar and gel, are as effective as drinks. The aim of this study was to clarify whether there is a difference in oxidation, performance, metabolism and fluid replacement with ingestion of carbohydrate supplements in the forms of drink, gel and bar during exercise on a cycle ergometer. On four separate days, twelve men (age = 22 ± 3 years, mass = 71.5 ± 8.3 kg, $VO_{2max} = 54.56 \pm 4.85$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) cycled at 55-60% VO_{2max} followed by a 6 km time trial. Participants consumed 0.7 g carbohydrate.kg⁻¹.hour⁻¹ in the form of sport drink, gel, energy bar, or water only, before, during and after exercise. There was also water consumption in the trials with gel and bar. The fluid intake during each trial was 3 mL.kg⁻¹ immediately before exercise, every 20 minutes throughout exercise and after the sprint. A blood sample was collected at the beginning of exercise, every 30 minutes throughout exercise and after the sprint. Measurements of respiratory exchange rates were made at the beginning of exercise, at the same intervals of 30 minutes and during the sprint. To assess fluid balance and hydration status it was recorded body weight before and after exercise, urine volume after exercise and urine specific gravity before and after exercise. The recorded body weight and urine volume allowed calculation of weight loss, the percentage of weight loss, total sweating and fluid retention. All experimental trials occurred in similar environmental conditions. VO_2 , % VO_{2max} , respiratory-exchange ratio, carbohydrate and fat oxidation were similar ($p > 0.05$) between trials. Blood glucose concentrations were significantly higher ($p < 0.001$) for all carbohydrate supplements than water only, with no differences between carbohydrate treatments. There were no significant differences in blood lactate concentrations between trials ($p > 0.05$). The 6 km time trial using all carbohydrate supplements were faster than water, although this difference was not statistically significant ($p = 0.065$). All monitored

parameters for the fluid balance did not differ significantly between the four trials ($p>0.05$). However, there was a statistically significant reduction ($p<0.001$) in body weight after exercise. Plasma concentrations of sodium and potassium in the rest, during exercise and after sprint were similar ($p>0.05$) between treatments. Sodium concentrations did not change significantly during exercise and after sprint for all treatments. Potassium concentrations were significantly higher ($p<0.05$) during exercise and after sprint compared to rest for all treatments. There was a significant reduction in plasma volume ($p<0.05$) during exercise compared to rest and this decrease was significantly greater ($p<0.05$) after sprint for all treatments, with no difference between them. Under environmental and exercise conditions proposed in this study, when same amounts of carbohydrate and equal volumes of fluids are consumed, carbohydrate supplements in the form of drink, gel and bar result in similar responses on metabolism, oxidation, performance and fluid replacement.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A ingestão de carboidrato durante o exercício é uma estratégia comum entre atletas de diversas modalidades, como ciclistas, corredores, triatletas, jogadores de futebol e judocas (Brito & Marins, 2005; Cruz, Cabral, & Marins, 2009; Ferreira et al., 2009; Marins, Marins, Navarro, Agudo, & Iglesias, 2004). As recomendações mais recentes da *American Dietetic Association*, *Dietitians of Canada* e *American College of Sports Medicine* (Rodriguez, DiMarco, & Langley, 2009) sugerem ingestão de $0,7 \text{ g carboidrato.kg}^{-1}.\text{hora}^{-1}$ para exercícios de longa duração.

Diversos estudos tem demonstrado que a ingestão de carboidrato na forma de bebida esportiva, durante exercícios com duração de uma hora ou mais, pode retardar o aparecimento da fadiga e aumentar o desempenho (Coombes & Hamilton, 2000; Currell & Jeukendrup, 2008; el-Sayed, MacLaren, & Rattu, 1997; Jeukendrup, 2004), devido à manutenção das concentrações de glicose plasmática em níveis adequados (Nybo, 2003), contribuição para economia de glicogênio muscular (Stellingwerff et al., 2007; Tsintzas, Williams, Boobis, & Greenhaff, 1996) ou à manutenção de altas taxas de oxidação de carboidrato, particularmente ao final do exercício quando os estoques de glicogênio se tornam limitados (Coggan & Coyle, 1987; Coyle et al., 1983).

Carboidratos são também incluídos em bebidas esportivas para auxiliar na absorção e retenção de líquidos (Osterberg, Pallardy, Johnson, & Horswill, 2009). A maior absorção de líquidos gerada pela presença de carboidrato se deve ao mecanismo de cotransporte de água no intestino delgado através do transportador de glicose sódio-dependente (SGLT1), que tem um papel importante na absorção de água (Marins, 2011). Para cada molécula de glicose absorvida via SGLT1, 260 moléculas de água também são absorvidas, independente do gradiente osmótico (Loo, Zeuthen, Chandy, & Wright, 1996). Além disso, a presença de carboidrato também pode gerar maior retenção de líquidos, devido à resposta insulínica provocada pela hiperglicemia que pode levar a um aumento na reabsorção de sódio e líquidos nos túbulos renais (Sechi & Bartoli, 1996).

A ingestão de bebidas esportivas é de extrema importância também para repor líquidos e eletrólitos perdidos durante o exercício, com o objetivo de prevenir a desidratação e o desequilíbrio eletrolítico. Além de prejudicar o desempenho durante exercícios aeróbicos, principalmente os de longa duração (Barr, Costill, & Fink, 1991;

Sawka et al., 2007), a desidratação pode aumentar o esforço cardiovascular por elevar desproporcionalmente a frequência cardíaca com uma concomitante redução do débito cardíaco (Marins, Dantas, & Navarro, 2000; Montain & Coyle, 1992) e pode diminuir a capacidade do organismo de dissipar o calor (Fortney, Wenger, Bove, & Nadel, 1984).

Além das bebidas esportivas, existem outras formas de suplementos de carboidrato, como o gel de carboidrato e a barra energética, que são largamente consumidos por atletas em treinamentos e competições (Havemann & Goedecke, 2008). A possibilidade de ingestão de carboidrato em diferentes formas físicas pode ser uma maneira dos atletas ingerirem carboidrato em maiores quantidades. Suplementos de carboidrato em gel e barra, quando ingeridos com água, garantem não só o aporte energético bem como a hidratação.

No entanto, o consumo de suplementos de carboidrato em diferentes formas podem gerar velocidades de esvaziamento gástrico diferenciadas (Bergmann et al., 1992; Vincent et al., 1995). Enquanto com a ingestão de bebida o estômago se esvazia após poucas contrações (Silva, Altoé, & Marins, 2009), é teoricamente possível que o gel, assim como a barra, ingeridos simultaneamente com a água não estejam totalmente mesclados ao deixarem o estômago, pois tem sido constatado que o estômago retém partículas mais densas e maiores no antro (Schulze, 2006). Isto poderia resultar em diferenças nas concentrações de carboidrato no intestino, comparando-se uma bebida esportiva a um gel ou a uma barra e, conseqüentemente, levar a diferentes taxas de absorção intestinal, de oxidação e de retenção de líquidos.

Embora os benefícios das bebidas esportivas estejam bem estabelecidos, poucos estudos compararam o efeito de outras formas físicas de suplementos de carboidrato durante o exercício. Alguns estudos compararam o efeito do carboidrato na forma sólida *versus* líquida (Lugo, Sherman, Wimer, & Garleb, 1993; Mason, McConell, & Hargreaves, 1993; Pfeiffer, Stellingwerff, Zaltas, & Jeukendrup, 2010b; Rauch, Hawley, Woodey, Noakes, & Dennis, 1999; Robergs et al., 1998) e na forma de gel *versus* líquida (Patterson & Gray, 2007; Pfeiffer, Stellingwerff, Zaltas, & Jeukendrup, 2010a), no metabolismo durante o exercício, na oxidação de substratos ou no desempenho aeróbico. Nenhum destes estudos teve como foco a reposição hídrica ou não a avaliou.

Foi realizada uma revisão bibliográfica entre maio e agosto de 2011 na base de dados *PubMed/Medline* buscando-se, em todo o texto das publicações, os seguintes termos e suas combinações: “*carbohydrate*”, “*exercise*”, “*performance*”, “*energy*

replacement”, “*carbohydrate supplements*”, “*carbohydrate supplementation*”, “*sport drink*”, “*carbohydrate gel*” e “*energy bar*”. Obteve-se apenas um trabalho que comparou o efeito de bebida, gel e goma de carboidrato durante 80 minutos de exercício em cicloergômetro, seguido por um *sprint* de 10 km (Campbell, Prince, Braun, Applegate, & Casazza, 2008). Até o presente momento, nenhum estudo comparou o efeito de bebidas esportivas com outras formas físicas de suplementos de carboidrato, como gel e barra, ingeridos concomitantemente com água, na reposição hídrica, no metabolismo, na oxidação de substratos e no desempenho aeróbico.

A análise comparativa da suplementação com carboidratos em diferentes formas físicas durante o exercício permitirá compreender melhor seus efeitos fisiológicos e no desempenho físico, permitindo a identificação de melhores estratégias de reposição energética e hídrica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito da ingestão de suplementos de carboidrato apresentando diferentes formas físicas no desempenho aeróbico durante exercício em cicloergômetro.

2.2. Objetivos específicos

Comparar o efeito dos suplementos na oxidação de carboidrato e gordura;

Comparar o efeito dos suplementos nas concentrações sanguíneas de glicose, lactato, hematócrito, hemoglobina, sódio e potássio;

Comparar o efeito dos suplementos na frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e diastólica;

Verificar a influência da forma física do suplemento em parâmetros subjetivos, como sintomas gastrointestinais e índice de percepção de esforço;

Comparar o efeito dos suplementos no balanço hídrico e estado de hidratação.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barr, S. I., Costill, D. L., & Fink, W. J. (1991). Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Med Sci Sports Exerc*, 23(7), 811-817.
- Bergmann, J. F., Chassany, O., Petit, A., Triki, R., Caulin, C., & Segrestaa, J. M. (1992). Correlation between echographic gastric emptying and appetite: influence of psyllium. *Gut*, 33(8), 1042-1043.
- Brito, C. J., & Marins, J. C. B. (2005). Caracterização das práticas sobre hidratação em atletas da modalidade judô no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 13(2), 59-71.
- Coggan, A. R., & Coyle, E. F. (1987). Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J Appl Physiol*, 63(6), 2388-2395.
- Coombes, J. S., & Hamilton, K. L. (2000). The effectiveness of commercially available sports drinks. *Sports Med*, 29(3), 181-209.
- Coyle, E. F., Hagberg, J. M., Hurley, B. F., Martin, W. H., Ehsani, A. A., & Holloszy, J. O. (1983). Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol*, 55(1 Pt 1), 230-235.
- Cruz, M. A. E., Cabral, C. A. C., & Marins, J. C. B. (2009). Nível de conhecimento e hábitos de hidratação de atletas de mountain bike. *Fitness & Performance Journal* 8, 79-89.
- Currell, K., & Jeukendrup, A. E. (2008). Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Med Sci Sports Exerc*, 40(2), 275-281.
- el-Sayed, M. S., MacLaren, D., & Rattu, A. J. (1997). Exogenous carbohydrate utilisation: effects on metabolism and exercise performance. *Comp Biochem Physiol A Physiol*, 118(3), 789-803.
- Ferreira, F. G., Altoé, J. L., Silva, R. P., Tsai, L. P., Fernandes, A. A., Brito, C. J., et al. (2009). Nível de conhecimento e práticas de hidratação em atletas de futebol de categoria de base. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 11, 202-209.

- Fortney, S. M., Wenger, C. B., Bove, J. R., & Nadel, E. R. (1984). Effect of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. *J Appl Physiol*, 57(6), 1688-1695.
- Havemann, L., & Goedecke, J. H. (2008). Nutritional practices of male cyclists before and during an ultraendurance event. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 18(6), 551-566.
- Jeukendrup, A. E. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, 20(7-8), 669-677.
- Loo, D. D., Zeuthen, T., Chandy, G., & Wright, E. M. (1996). Cotransport of water by the Na⁺/glucose cotransporter. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 93(23), 13367-13370.
- Lugo, M., Sherman, W. M., Wimer, G. S., & Garleb, K. (1993). Metabolic responses when different forms of carbohydrate energy are consumed during cycling. *Int J Sport Nutr*, 3(4), 398-407.
- Marins, J. C. B. (2011). Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral. *Várzea Paulista, SP: Fontoura*.
- Marins, J. C. B., Dantas, E. H. M., & Navarro, S. Z. (2000). Deshidratación y ejercicio físico. *Selección*, 9(3), 149-163.
- Marins, J. C. B., Marins, N. M. O., Navarro, S. Z., Agudo, C., & Iglesias, M. (2004). Hábitos de hidratación en un colectivo de deportistas de pruebas de resistencia. *Revista Española e Iberoamericana de la Educación Física*, 13(1), 18-28.
- Mason, W. L., McConell, G., & Hargreaves, M. (1993). Carbohydrate ingestion during exercise: liquid vs solid feedings. *Med Sci Sports Exerc*, 25(8), 966-969.
- Montain, S. J., & Coyle, E. F. (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol*, 73(4), 1340-1350.
- Nybo, L. (2003). CNS fatigue and prolonged exercise: effect of glucose supplementation. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 589-594.
- Osterberg, K. L., Pallardy, S. E., Johnson, R. J., & Horswill, C. A. (2009). Carbohydrate exerts a mild influence on fluid retention following exercise-induced dehydration. *J Appl Physiol*, 108(2), 245-250.
- Patterson, S. D., & Gray, S. C. (2007). Carbohydrate-gel supplementation and endurance performance during intermittent high-intensity shuttle running. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 17(5), 445-455.

- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Zaltas, E., & Jeukendrup, A. E. (2010a). CHO oxidation from a CHO gel compared with a drink during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(11), 2038-2045.
- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Zaltas, E., & Jeukendrup, A. E. (2010b). Oxidation of solid versus liquid CHO sources during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(11), 2030-2037.
- Rauch, H. G., Hawley, J. A., Woodey, M., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1999). Effects of ingesting a sports bar versus glucose polymer on substrate utilisation and ultra-endurance performance. *Int J Sports Med*, 20(4), 252-257.
- Robergs, R. A., McMinn, S. B., Mermier, C., Leadbetter, G., 3rd, Ruby, B., & Quinn, C. (1998). Blood glucose and glucoregulatory hormone responses to solid and liquid carbohydrate ingestion during exercise. *Int J Sport Nutr*, 8(1), 70-83.
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc*, 109(3), 509-527.
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 377-390.
- Schulze, K. (2006). Imaging and modelling of digestion in the stomach and the duodenum. *Neurogastroenterol Motil*, 18(3), 172-183.
- Sechi, L. A., & Bartoli, E. (1996). Molecular mechanisms of insulin resistance in arterial hypertension. *Blood Press Suppl*, 1, 47-54.
- Silva, R. P., Altoé, J. L., & Marins, J. C. B. (2009). Relevância da temperatura e do esvaziamento gástrico de líquidos consumidos por praticantes de atividade física. *Rev Nutr*, 22(5), 755-765.
- Stellingwerff, T., Boon, H., Gijzen, A. P., Stegen, J. H., Kuipers, H., & van Loon, L. J. (2007). Carbohydrate supplementation during prolonged cycling exercise spares muscle glycogen but does not affect intramyocellular lipid use. *Pflugers Arch*, 454(4), 635-647.
- Tsintzas, O. K., Williams, C., Boobis, L., & Greenhaff, P. (1996). Carbohydrate ingestion and single muscle fiber glycogen metabolism during prolonged running in men. *J Appl Physiol*, 81(2), 801-809.

Vincent, R., Roberts, A., Frier, M., Perkins, A. C., MacDonald, I. A., & Spiller, R. C. (1995). Effect of bran particle size on gastric emptying and small bowel transit in humans: a scintigraphic study. *Gut*, 37(2), 216-219.

ARTIGO 1 – OXIDAÇÃO DE SUBSTRATOS ENERGÉTICOS EM RESPOSTA AO CONSUMO DE SUPLEMENTOS DE CARBOIDRATO EM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS DURANTE O EXERCÍCIO

RESUMO

PEREIRA, Leticia Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2011. **Oxidação de substratos energéticos em resposta ao consumo de suplementos de carboidrato em diferentes formas físicas durante o exercício.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Coorientadores: Paulo Roberto dos Santos Amorim e Rita de Cássia Gonçalves Alfenas.

Diversos estudos tem demonstrado que a ingestão de carboidrato na forma de bebidas esportivas pode aumentar a oxidação de carboidrato e o desempenho em exercícios prolongados. No entanto, ainda não está totalmente elucidado se outras formas de suplementos de carboidrato que são rotineiramente consumidas por atletas, como gel e barra energética, são tão eficazes quanto as bebidas. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da ingestão de suplementos de carboidrato na forma de bebida, gel e barra nas taxas de oxidação de carboidrato e gordura, no metabolismo e no desempenho durante um exercício de longa duração em cicloergômetro. Trata-se de um estudo do tipo *crossover* randomizado, que em quatro dias separados, doze homens (idade = 22 ± 3 anos, peso = $71,5 \pm 8,3$ kg, altura = $1,75 \pm 0,06$ m, $VO_{2max} = 54,56 \pm 4,85$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) realizaram um exercício em cicloergômetro com duração de 90 minutos, a uma intensidade de 55-60% do VO_{2max} , seguido por um *sprint* de 6 km. Os participantes ingeriam 0,7 g carboidrato.kg⁻¹.hora⁻¹ na forma de bebida, gel ou barra ou água pura, antes, durante e depois do exercício. Nos tratamentos com gel e barra também houve consumo de água. O consumo de líquidos durante cada uma das situações experimentais foi de 3 mL.kg⁻¹ de peso corporal imediatamente antes do início do exercício, a cada 20 minutos ao longo do exercício, bem como após o final do *sprint*. O VO_2 , % VO_{2max} , quociente respiratório, oxidação de carboidrato e gordura não foram estatisticamente diferentes ($p>0,05$) entre os tratamentos. As concentrações plasmáticas de glicose foram significativamente maiores ($p<0,001$) para os suplementos de carboidrato comparados com água, sem diferenças entre os suplementos. Não houve diferença nas concentrações plasmáticas de lactato entre os tratamentos ($p>0,05$).

Frequência cardíaca e pressão arterial sistólica e diastólica foram semelhantes ($p>0,05$) entre os tratamentos. O tempo do *sprint* foi maior para a água pura comparada aos suplementos, apesar desta diferença não ter sido estatisticamente significativa ($p=0,065$). Suplementos de carboidrato em diferentes formas físicas, ingeridos nas mesmas taxas e com conteúdo similar de carboidrato geram respostas semelhantes no metabolismo, na oxidação e no desempenho durante exercício de longa duração e intensidade moderada.

Palavras-chave: ingestão de carboidrato, oxidação de carboidrato, ciclismo, desempenho.

ARTICLE 1 – ENERGETIC SUBSTRATE OXIDATION IN RESPONSE TO CONSUMPTION OF DIFFERENT FORMS OF CARBOHYDRATE SUPPLEMENTS DURING EXERCISE

ABSTRACT

PEREIRA, Letícia Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2011. **Energetic substrate oxidation in response to consumption of different forms of carbohydrate supplements during exercise.** Adviser: João Carlos Bouzas Marins. Co-advisers: Paulo Roberto dos Santos Amorim and Rita de Cássia Gonçalves Alfenas.

Numerous studies have shown that ingestion of carbohydrate in the form of sports drinks can increase performance and carbohydrate oxidation during prolonged exercise. However, it remains unknown whether other forms of carbohydrate supplements that are routinely consumed by athletes, like energy bar and gel, are as effective as drinks. The aim of this study was to evaluate whether there is a difference in energetic substrate oxidation, metabolism and performance with ingestion of carbohydrate supplements in the forms of drink, gel and bar during exercise on a cycle ergometer. On four separate days, twelve men (age = 22 ± 3 years, mass = 71.5 ± 8.3 kg, $VO_{2max} = 54.56 \pm 4.85$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) cycled at 55-60% VO_{2max} followed by a 6 km time trial. Participants consumed 0.7 g carbohydrate.kg⁻¹.hour⁻¹ in the form of sport drink, gel, energy bar, or water only, before, during and after exercise. There was also water consumption in the trials with gel and bar. The fluid intake during each trial was 3 mL.kg⁻¹ immediately before exercise, every 20 minutes throughout exercise and after the sprint. VO_2 , % VO_{2max} , respiratory-exchange ratio, carbohydrate and fat oxidation were similar ($p > 0.05$) between trials. Blood glucose concentrations were significantly higher ($p < 0.001$) for all carbohydrate supplements than water only, with no differences between carbohydrate treatments. There were no significant differences in blood lactate concentrations between trials ($p > 0.05$). Heart rate and blood pressure were similar ($p > 0.05$) between treatments. The 6 km time trial using all carbohydrate supplements were faster than water, although this difference was not statistically significant ($p = 0.065$). Carbohydrate supplements in different forms with similar carbohydrate

content result in similar responses on metabolism, oxidation and performance during exercise of long duration and moderate intensity.

Keywords: carbohydrate ingestion, carbohydrate oxidation, cycling, performance.

1. INTRODUÇÃO

Atletas que praticam exercícios aeróbicos e de longa duração, como ciclistas, corredores e triatletas, consomem rotineiramente carboidrato nas formas líquida (bebidas esportivas), sólida (barras energéticas) e em gel (géis de carboidrato). Esta estratégia é, de fato, vantajosa, pois a ingestão de carboidrato pode retardar o aparecimento da fadiga e aumentar o desempenho durante exercícios prolongados (Coombes & Hamilton, 2000; Currell & Jeukendrup, 2008; el-Sayed, MacLaren, & Rattu, 1997; Jeukendrup, 2004). Os mecanismos responsáveis pelo aumento de desempenho nestes exercícios associados à ingestão de carboidrato ainda não estão totalmente esclarecidos (Karelis, Smith, Passe, & Peronnet, 2010). Diversos mecanismos podem estar envolvidos, incluindo a manutenção das concentrações de glicose plasmática em níveis adequados (Nybo, 2003), a contribuição para economia de glicogênio muscular durante o exercício (Stellingwerff et al., 2007; Tsintzas, Williams, Boobis, & Greenhaff, 1996), ou um efeito cognitivo central (Carter, Jeukendrup, & Jones, 2004; Chambers, Bridge, & Jones, 2009).

Outro mecanismo que poderia explicar o efeito benéfico do carboidrato durante o exercício pode ser a manutenção de altas taxas de oxidação de carboidrato, particularmente ao final do exercício, quando os estoques de glicogênio se tornam limitados (Coggan & Coyle, 1987; Coyle et al., 1983). A maioria dos estudos que avaliaram o efeito de suplementos de carboidrato no metabolismo e no desempenho utilizaram bebidas como forma de suplemento. No entanto, o efeito de diferentes formas de suplementos de carboidrato durante o exercício ainda não está totalmente elucidado.

Uma ingestão variada de carboidrato em diferentes formas físicas parece ser uma maneira mais prática dos atletas ingerirem carboidrato em maiores quantidades. Por exemplo, uma alternativa para o consumo de bebidas esportivas é a ingestão de gel de carboidrato ou de barras energéticas, fontes práticas e compactas de energia e que oferecem a possibilidade de ingestão de uma maior porção de carboidrato com uma quantidade menor de líquido, dissociando, portanto, ingestão de carboidrato e líquidos. O consumo de gel de carboidrato e barras energéticas entre atletas que praticam exercícios predominantemente aeróbicos é uma prática comum (Havemann & Goedecke, 2008).

Suplementos de carboidrato em diferentes formas podem influenciar na velocidade de esvaziamento gástrico. Estudos relataram que a taxa de esvaziamento

gástrico depende principalmente do volume gástrico e do conteúdo energético do alimento ingerido (Leiper, 1998; Noakes, Rehrer, & Maughan, 1991). Entretanto, tem sido sugerido também que outros fatores possam influenciar a taxa de esvaziamento gástrico, como a viscosidade do alimento ingerido (Bergmann et al., 1992), assim como o tamanho da partícula (Vincent et al., 1995) e o conteúdo de fibra e lipídio do alimento (Frost, Brynes, Dhillon, Bloom, & McBurney, 2003; Sidery, Macdonald, & Blackshaw, 1994).

Alguns estudos constataram que a adição de fibras solúveis, como a goma *guar*, a soluções de carboidrato reduzem o esvaziamento gástrico (Meyer, Gu, Jehn, & Taylor, 1988; Smith, Hollins, & Booth, 1993). Além disso, é teoricamente possível que o gel, assim como o sólido, ingeridos simultaneamente com a água não estejam totalmente mesclados ao deixarem o estômago, pois tem sido constatado que o estômago retém partículas mais densas e maiores no antro. Por outro lado, com a ingestão de alimentos de consistência mais líquida, o estômago se esvazia após poucas contrações (Schulze, 2006). Isto poderia resultar em diferenças nas concentrações de carboidrato no intestino, comparando-se uma bebida a um gel ou a uma barra. Esse fato pode levar a diferentes taxas de absorção intestinal e subsequente oxidação, visto que os fatores limitantes da velocidade de absorção do carboidrato ingerido estão mais provavelmente em sua entrada na circulação via trânsito e absorção intestinal (Jeukendrup, 2004).

Até o presente momento, alguns estudos compararam o efeito do consumo de carboidrato na forma sólida *versus* líquida (Lugo, Sherman, Wimer, & Garleb, 1993; Mason, McConell, & Hargreaves, 1993; Pfeiffer, Stellingwerff, Zaltas, & Jeukendrup, 2010b; Rauch, Hawley, Woodey, Noakes, & Dennis, 1999; Robergs et al., 1998) e na forma de gel *versus* líquida (Patterson & Gray, 2007; Pfeiffer, Stellingwerff, Zaltas, & Jeukendrup, 2010a), no metabolismo durante o exercício, na oxidação de substratos ou no desempenho aeróbico. Nenhum estudo comparou as três formas de suplementos de carboidrato e seu efeito nestes parâmetros.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar se existe diferença nas taxas de oxidação, no metabolismo e no desempenho a partir da ingestão de suplementos de carboidrato na forma de bebida, gel e barra durante um exercício de longa duração em cicloergômetro. Considerando que os três tipos de suplementos são consumidos em treinamentos e competições isto seria altamente relevante para atletas (Havemann & Goedecke, 2008).

A hipótese deste estudo é que possíveis diferenças nas taxas de esvaziamento gástrico não influenciariam significativamente as respostas metabólicas comparando-se bebida e gel, pois a mistura de gel e água no estômago ocorreria rapidamente. No entanto, ao se comparar barra e bebida, espera-se que devido à presença de gordura e fibra na barra e considerando-se que a mistura de água e barra no estômago ocorreria de forma mais lenta, isto influenciaria as respostas metabólicas, acarretando diferentes concentrações de carboidrato no intestino e conseqüentemente, diferentes taxas de absorção intestinal e oxidação.

2. MÉTODOS

Participantes

Doze indivíduos do sexo masculino, praticantes regulares de ciclismo ou corrida (idade = 22 ± 3 anos, peso = $71,5 \pm 8,3$ kg, estatura = $1,75 \pm 0,06$ m, IMC = $23,32 \pm 2,52$ $\text{kg} \cdot (\text{m}^2)^{-1}$, $\text{VO}_{2\text{max}} = 54,56 \pm 4,85$ $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) participaram voluntariamente deste estudo. Os indivíduos realizavam exercícios físicos pelo menos três vezes por semana, com duração mínima de 2 horas cada sessão e eram praticantes de atividades aeróbicas há pelo menos 2 anos. Todos os indivíduos eram aparentemente saudáveis, de acordo com os dados obtidos pelo questionário sobre prontidão para atividade física (PAR-Q) (Anexo I) (American Medical, 1988) e pela tabela de risco coronariano proposta pela *Michigan Heart Association* (Anexo II) (MCardle, Katch, & Katch, 2001), e foram informados dos objetivos, da dinâmica e riscos associados aos procedimentos do estudo antes que dessem o consentimento por escrito para participarem (Anexo III). O estudo seguiu os procedimentos bioéticos propostos pela resolução do governo brasileiro supervisionado pelo Conselho Nacional de Saúde (CSN, n° 196/96).

Testes Preliminares

Antes do início dos ensaios experimentais, os avaliados realizaram um teste em cicloergômetro eletromagnético (SCIFIT modelo ISO1000, Oklahoma, Estados Unidos) com incremento de carga até a exaustão a fim de determinar o consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$). Na chegada ao laboratório, o peso corporal era aferido utilizando-se

uma balança digital com acurácia de 50 g (Soehnle, modelo 7820,21, Asimed S.A., Barcelona, Espanha) e a altura dos avaliados era mensurada utilizando-se um estadiômetro (Standard Sanny, American Medical do Brasil Ltda, São Paulo, Brasil). Em seguida, os avaliados realizaram um aquecimento de 3 minutos no cicloergômetro com carga de 50 W. Ao final do terceiro minuto a carga inicial do teste foi determinada subjetivamente pelo avaliado como a carga considerada “leve” de acordo com o Índice de Percepção de Esforço (IPE) (Borg, 1982). A carga era, então, aumentada em 30 W a cada 1 minuto até a exaustão. As medições das taxas de trocas respiratórias foram realizadas durante todo o teste por um analisador de gases metabólicos (MedGraphics VO₂₀₀₀, Minnesota, Estados Unidos), a frequência cardíaca (FC) era monitorada utilizando-se um frequencímetro (M31, Polar, Kempele, Finland) e o IPE era obtido a cada 2 minutos. Ao final do teste o nível de lactato era determinado por punção capilar, utilizando um analisador portátil de lactato (Accutrend, Roche®, Mannheim, Alemanha). Do teste de VO_{2max} foi determinada a carga que corresponderia à faixa de 55-60% do VO_{2max} para ser utilizada como a carga inicial nos testes experimentais.

Desenho Experimental

Cada avaliado realizou quatro testes experimentais que consistiam em um exercício em cicloergômetro com duração de 90 minutos a uma intensidade de 55-60% do VO_{2max}, enquanto ingeriam 0,7 g carboidrato.kg⁻¹.hora⁻¹ (50,4 ± 6,1 g.hora⁻¹) na forma de bebida, gel, barra ou ingeriam água pura. Imediatamente após os 90 minutos de exercício, os avaliados executaram um *sprint* de 6 km com a mesma carga que realizaram todo o teste. O desenho experimental foi do tipo *crossover* randomizado, sendo os testes separados por pelo menos 2 dias.

Composição dos Suplementos

A composição nutricional dos suplementos de carboidrato testados no estudo está apresentada na Tabela 1. Na seleção dos suplementos, buscaram-se aqueles que possuíssem composição de macronutrientes e minerais mais semelhantes dentre os existentes no mercado, sendo que a barra selecionada possuía uma pequena quantidade de fibra na sua composição e tinha a menor quantidade de gordura dentre as barras disponíveis no mercado, para reduzir a influência destes nutrientes sobre a taxa de

esvaziamento gástrico. Tanto nas situações que envolviam o consumo de gel ou barra, houve a ingestão de água. O consumo de líquidos, o mesmo em cada uma das situações experimentais, foi de 3 mL.kg⁻¹ de peso corporal em cada um dos seguintes momentos: imediatamente antes do início do exercício, a cada 20 minutos ao longo do exercício, bem como após o final do *sprint*.

TABELA 1: Composição nutricional dos suplementos.

	Bebida (22,2 g pó para diluir) Gatorade® em pó (PepsiCo)	Gel (30 g) VO2+Energy Gel® (Integralmédica)	Barra Energética (25 g) Banana, aveia e mel Trio® (Trio)
Energia (kcal)	76	80	88
Carboidrato (g)	19	19	19
Proteína (g)	0	1	1,2
Gordura (g)	0	0	0,8
Fibra (g)	0	0	0,6
Sódio (mg)	143	58	65
Potássio (mg)	38	13	0
Cloreto (mg)	133	3	0

Orientações prévias aos testes experimentais

Os participantes foram orientados a evitarem exercícios extenuantes no dia anterior a cada teste e a manterem o mesmo tipo de dieta e programa de treinamento ao longo do estudo. A dieta dos participantes foi avaliada através de recordatório 24 horas coletado antes de cada teste. A ingestão calórica, de macronutrientes e fibras no dia anterior aos quatro experimentos foram determinadas utilizando-se o *software Dietpro5i*[®]. Estas análises foram realizadas por uma nutricionista.

Protocolo dos ensaios experimentais

Cada avaliado chegou ao laboratório entre 6 e 9 h da manhã, após jejum de 10 a 12 h. Todos os ensaios experimentais ocorreram no mesmo horário do dia, para cada voluntário, a fim de evitar variações circadianas. O esquema ilustrativo do protocolo adotado no estudo está representado na Figura 1. Assim que chegavam ao laboratório, os avaliados recebiam um café da manhã contendo 1 g carboidrato.kg⁻¹ peso (443,5 ± 51,6 kcal, 71,5 ± 8,3 g carboidrato, 13,3 ± 1,6 g proteína, 11,6 ± 1,3 g de gordura e 2,3 ± 0,3 g fibra), composto de pão de forma branco, queijo mussarela, maçã e suco de uva.

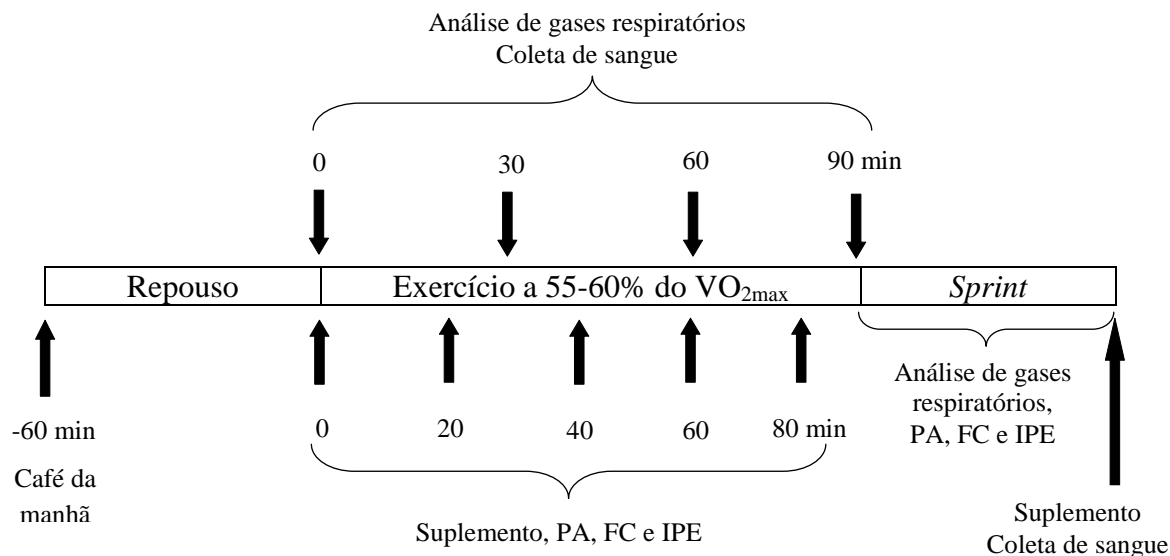


FIGURA 1 – Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo. Nota: PA = pressão arterial, FC = frequência cardíaca e IPE = índice de percepção de esforço.

Uma hora após a ingestão do café da manhã os avaliados, ainda em repouso, tiveram a pressão arterial aferida e colocaram um frequencímetro para registro da frequência cardíaca de repouso e durante o exercício. Em seguida, um enfermeiro introduzia um cateter jelco intravenoso nº 22 em uma veia do antebraço e afixava uma torneira de 3 vias, a qual era salinizada com solução fisiológica a 0,9% após cada coleta de sangue, a fim de evitar a coagulação do sangue e manter o acesso venoso, permitindo a realização das demais coletas durante o exercício. Antes de cada coleta de sangue, a solução salina era removida com seringa e descartada. Aproximadamente 1 mL de sangue era retirado e descartado antes de ser obtida a amostra para análise.

Após a primeira coleta de sangue, os avaliados iniciaram os 90 minutos de exercício em cicloergômetro a uma intensidade de 55-60% do VO_{2max}. A cada 30 minutos durante o exercício e ao final do *sprint*, uma amostra de sangue era coletada. No início do exercício e nos mesmos intervalos de 30 minutos durante o exercício, 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 (VO₂), a produção de gás carbônico (VCO₂) e o quociente respiratório (RQ).

Ao início do exercício, a cada 20 minutos durante o exercício e ao final do *sprint*, os avaliados ingeriam um dos três tipos de suplementos com água (pó para bebida diluído em água, gel + água ou barra + água) ou água pura. A ingestão média de

água ($1295 \pm 157,7$ mL) e de carboidrato ($75,5 \pm 9,2$ g) foi a mesma para todos os tratamentos. No mesmo intervalo de tempo a frequência cardíaca foi registrada e a pressão arterial aferida. Todos os testes experimentais foram realizados em condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar (UR) semelhantes ($22,6 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $72,3 \pm 5,5$ UR para o tratamento com água; $22,5 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $73,3 \pm 5,4$ UR para o tratamento com bebida; $22,2 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ e $73,0 \pm 5,3$ UR para o tratamento com gel e $22,3 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $72,9 \pm 6,3$ UR para o tratamento com barra).

Questionários

A cada 20 minutos durante o exercício e ao final do *sprint*, os participantes eram solicitados a responderem verbalmente um questionário para avaliação de sintomas de distúrbios gastrointestinais e sistêmicos (Pfeiffer, Cotterill, Grathwohl, Stellingwerff, & Jeukendrup, 2009). O questionário era organizado em três seções, cada uma 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, que variava de 0, nenhum tipo de sintoma, a 9, o pior que já sentiu.

O IPE também era coletado a cada 20 minutos durante o exercício e durante o *sprint* utilizando-se a escala de Borg, que variava de 6 (nenhum esforço) a 20 (esforço máximo) (Borg, 1982).

Análises sanguíneas

As amostras de sangue (1 mL) eram coletadas em seringas e transferidas imediatamente para *ependorfs*, de onde eram retirados 100 μL de sangue por meio de uma pipeta automática e injetados em um cartucho descartável de uso único. Em seguida, foram realizadas análises bioquímicas da concentração de glicose, hematócrito e hemoglobina em equipamento portátil de análise sanguínea (i-STAT, Abbott®, Illinois, Estados Unidos).

Neste cartucho, a glicemia 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. O hematócrito é determinado por condutimetria. 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-STAT 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. A hemoglobina é determinada a partir do resultado do hematócrito, determinada da seguinte forma: hemoglobina (g/dL) = hematócrito (% PCV) x 0,34. O lactato era determinado utilizando-se uma gota de sangue e um analisador portátil de lactato (Accutrend, Roche®, Mannheim, Alemanha).

Todos os materiais utilizados para extração de sangue foram descartáveis, sendo destinados em recipientes específicos para materiais biológicos, assegurando assim a preservação do meio ambiente.

Cálculos

A partir dos valores de VO_2 e VCO_2 ($L \cdot min^{-1}$), as taxas de oxidação de carboidrato e gordura ($g \cdot min^{-1}$) foram calculadas utilizando-se equações estequiométricas (Jeukendrup & Wallis, 2005), com a suposição de que a oxidação de proteína durante o exercício é insignificante.

$$\text{Oxidação de carboidrato} = 4,21 VCO_2 - 2,962 VO_2$$

$$\text{Oxidação de gordura} = 1,695 VO_2 - 1,701 VCO_2$$

Análises Estatísticas

Os dados são apresentados como média \pm desvio-padrão. Antes de usar procedimentos estatísticos paramétricos, *Kolmogorov-Smirnov e Levene's Test* foram utilizados para verificar as suposições de normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Para comparação entre os diferentes tratamentos, empregou-se na análise estatística o teste de *Anova One Way* com posterior aplicação *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, com posterior aplicação *post-hoc de Tukey HSD*. Considerou-se o valor de $p < 0,05$ para nível de significância. As análises estatísticas foram realizadas no *software SPSS® 15 for Windows* (Chicago, Illinois, Estados Unidos).

3. RESULTADOS

Respostas fisiológicas aos testes experimentais

VO_2 , $\%VO_{2max}$, RQ, oxidação de carboidrato e de gordura obtidos durante os 90 minutos de exercício e durante o *sprint* estão representados na Tabela 2. A taxa de VO_2 e o $\%VO_{2max}$ não foram estatisticamente diferentes entre os quatro testes experimentais. No entanto, observou-se, em todos os tratamentos, que no primeiro intervalo em que se mediram as taxas de trocas respiratórias (0-5 min), os valores de VO_2 e $\%VO_{2max}$ foram superiores aos demais intervalos e à média de todos os intervalos (0-90 min). Para todos os testes experimentais, VO_2 e $\%VO_{2max}$ aumentaram significativamente ($p < 0,001$) durante o *sprint*, não havendo diferença entre os tratamentos.

Os parâmetros RQ e oxidação de carboidrato se mantiveram estáveis ao longo dos 90 minutos de exercício, aumentando significativamente ($p < 0,001$) durante o *sprint* para todos os testes experimentais. Não houve diferença nestes parâmetros entre os tratamentos tanto nos 90 minutos de exercício quanto no *sprint*. A oxidação de gordura foi maior ($p = 0,009$) no intervalo 30-35 minutos quando comparada ao intervalo 85-90 minutos, em todos os tratamentos. Entretanto, não houve diferença na oxidação de gordura entre os tratamentos.

TABELA 2: Média \pm desvio-padrão do consumo de oxigênio (VO_2), percentual do consumo máximo de oxigênio ($\%VO_{2max}$), quociente respiratório (RQ), oxidação de carboidrato (CHO_{oxid}) e oxidação de gordura ($Gord_{oxid}$) obtidos em cada tratamento aplicado durante o estudo.

Tratamento	Tempo (min)	VO_2 ($L \cdot min^{-1}$)	$\%VO_{2max}$	RQ	CHO_{oxid} ($g \cdot min^{-1}$)	$Gord_{oxid}$ ($g \cdot min^{-1}$)
Água	0-5	2,46 \pm 0,31	63,45 \pm 5,85	0,97 \pm 0,03	2,71 \pm 0,46	0,13 \pm 0,14
	30-35	2,26 \pm 0,29 ^a	58,16 \pm 4,71 ^a	0,94 \pm 0,05	2,21 \pm 0,45	0,23 \pm 0,20 ^c
	60-65	2,11 \pm 0,20 ^a	54,88 \pm 4,92 ^a	0,94 \pm 0,05	2,08 \pm 0,42	0,21 \pm 0,18
	85-90	2,10 \pm 0,26 ^a	54,55 \pm 4,49 ^a	0,94 \pm 0,04	2,10 \pm 0,35	0,20 \pm 0,18
	0-90	2,22 \pm 0,24 ^a	57,66 \pm 4,28 ^a	0,95 \pm 0,04	2,25 \pm 0,37	0,20 \pm 0,17
	<i>sprint</i>	2,73 \pm 0,54 ^b	70,23 \pm 9,35 ^b	1,11 \pm 0,14 ^b	4,58 \pm 1,66 ^b	Insignif.
Bebida	0-5	2,52 \pm 0,38	65,12 \pm 9,56	0,96 \pm 0,03	2,73 \pm 0,38	0,15 \pm 0,13
	30-35	2,21 \pm 0,29 ^a	57,05 \pm 6,52 ^a	0,95 \pm 0,03	2,27 \pm 0,31	0,18 \pm 0,11 ^c
	60-65	2,21 \pm 0,28 ^a	58,01 \pm 8,62 ^a	0,95 \pm 0,02	2,33 \pm 0,35	0,16 \pm 0,07
	85-90	2,11 \pm 0,33 ^a	55,41 \pm 10,32 ^a	0,97 \pm 0,02	2,37 \pm 0,47	0,09 \pm 0,05
	0-90	2,26 \pm 0,29 ^a	59,20 \pm 7,90 ^a	0,96 \pm 0,01	2,41 \pm 0,31	0,15 \pm 0,07
	<i>sprint</i>	2,75 \pm 0,22 ^b	71,29 \pm 7,23 ^b	1,16 \pm 0,06 ^b	5,33 \pm 1,02 ^b	Insignif.
Gel	0-5	2,47 \pm 0,39	62,64 \pm 5,70	0,96 \pm 0,03	2,68 \pm 0,35	0,15 \pm 0,15
	30-35	2,19 \pm 0,28 ^a	56,75 \pm 3,73 ^a	0,95 \pm 0,04	2,27 \pm 0,29	0,17 \pm 0,16 ^c
	60-65	2,17 \pm 0,17 ^a	56,72 \pm 6,40 ^a	0,96 \pm 0,02	2,33 \pm 0,24	0,14 \pm 0,08
	85-90	2,20 \pm 0,25 ^a	57,43 \pm 6,50 ^a	0,96 \pm 0,01	2,39 \pm 0,31	0,13 \pm 0,05
	0-90	2,24 \pm 0,23 ^a	58,31 \pm 3,16 ^a	0,96 \pm 0,02	2,41 \pm 0,22	0,15 \pm 0,09
	<i>sprint</i>	2,78 \pm 0,38 ^b	71,38 \pm 6,46 ^b	1,16 \pm 0,11 ^b	5,29 \pm 1,31 ^b	Insignif.
Barra	0-5	2,54 \pm 0,40	65,57 \pm 8,72	0,95 \pm 0,03	2,65 \pm 0,31	0,19 \pm 0,15
	30-35	2,22 \pm 0,34 ^a	57,08 \pm 5,91 ^a	0,94 \pm 0,04	2,19 \pm 0,31	0,22 \pm 0,17 ^c
	60-65	2,09 \pm 0,35 ^a	53,81 \pm 6,74 ^a	0,95 \pm 0,03	2,16 \pm 0,32	0,17 \pm 0,14
	85-90	2,01 \pm 0,26 ^a	52,02 \pm 6,46 ^a	0,96 \pm 0,03	2,12 \pm 0,26	0,15 \pm 0,12
	0-90	2,22 \pm 0,31 ^a	57,12 \pm 6,19 ^a	0,95 \pm 0,03	2,28 \pm 0,28	0,18 \pm 0,13
	<i>sprint</i>	2,90 \pm 0,47 ^b	74,46 \pm 7,00 ^b	1,14 \pm 0,09 ^b	5,30 \pm 1,54 ^b	Insignif.

^a Diferença significativa em relação ao intervalo 0-5 min ($p < 0,001$).

^b Diferença significativa em relação aos demais intervalos ($p < 0,001$).

^c Diferença significativa em relação ao intervalo 85-90 min ($p = 0,009$).

Insignif. = quantidades insignificantes de oxidação de gordura.

As respostas cardiovasculares estão representadas na Tabela 3. A FC e pressão arterial sistólica (PAS) foram significativamente maiores ($p < 0,001$) durante os 90 minutos de exercício a 55-60% do VO_{2max} e durante o *sprint* quando comparadas ao repouso para todos os tratamentos. A FC e a PAS se mantiveram estáveis ao longo dos 90 minutos de exercício e aumentaram significativamente ($p < 0,001$) durante o *sprint* para todos os tratamentos. Não foram observadas diferenças na FC e na PAS entre os tratamentos tanto no repouso, quanto nos 90 minutos de exercício e no *sprint*. A pressão arterial diastólica (PAD) se manteve estável ao longo do exercício a 55-60% do VO_{2max} , 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 90 minutos de exercício e no *sprint*.

TABELA 3: Média \pm desvio-padrão das respostas cardiovasculares apresentadas durante o repouso, o exercício a 55-60% do VO_{2max} e o *sprint*

	Condição	Tipo de tratamento			
		Água	Bebida	Gel	Barra
PAS	repouso	114,17 \pm 11,65	113,33 \pm 10,73	115,00 \pm 7,98	113,33 \pm 7,78
	exercício	149,79 \pm 15,98*	155,52 \pm 13,60*	157,08 \pm 15,73*	152,50 \pm 12,88*
	<i>sprint</i>	198,33 \pm 19,92 [§]	200,00 \pm 17,06 [§]	201,67 \pm 14,03 [§]	197,50 \pm 19,13 [§]
PAD	repouso	70,00 \pm 11,28	67,50 \pm 10,34	68,33 \pm 11,93	65,83 \pm 9,00
	exercício	71,77 \pm 9,48	71,67 \pm 5,18	73,54 \pm 6,35	73,23 \pm 7,16
	<i>sprint</i>	90,83 \pm 13,11 [§]	93,33 \pm 19,23 [§]	95,00 \pm 13,14 [§]	90,83 \pm 16,21 [§]
FC (bat/min)	repouso	62,17 \pm 8,83	65,17 \pm 7,23	63,08 \pm 8,71	62,33 \pm 8,40
	exercício	140,24 \pm 12,96*	142,41 \pm 9,41*	140,64 \pm 9,15*	139,19 \pm 10,83*
	<i>sprint</i>	168,30 \pm 12,66 [§]	171,69 \pm 9,29 [§]	168,60 \pm 9,79 [§]	171,47 \pm 12,90 [§]

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

[§] 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.

Metabólitos plasmáticos

As concentrações plasmáticas de glicose, lactato, hematócrito e hemoglobina no repouso, durante o exercício a 55-60% do VO_{2max} e após o *sprint* estão representadas nas Figuras 2, 3, 4 e 5, respectivamente. As concentrações plasmáticas de repouso para glicose, lactato, hematócrito e hemoglobina foram semelhantes entre todos os tratamentos. Ao longo do exercício, as concentrações plasmáticas de glicose no tratamento com água se mantiveram estáveis e acima dos valores de repouso, com exceção do tempo 90 minutos. As concentrações plasmáticas de glicose foram significativamente maiores ($p < 0,001$) para todos os suplementos de carboidrato quando comparados com água em todos os momentos do exercício e após o *sprint*, não havendo diferenças entre os suplementos de carboidrato. Em todos os tratamentos, observou-se que as concentrações de glicose foram significativamente maiores ($p = 0,022$) após o *sprint* quando comparadas ao repouso.

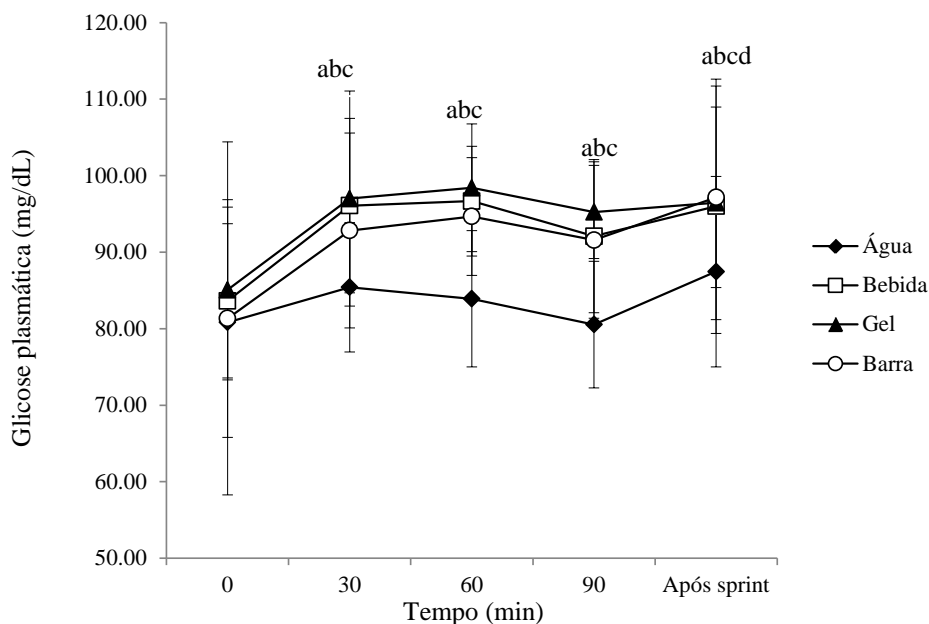


FIGURA 2 – Média \pm desvio-padrão da glicemia apresentada nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. ^aTratamento com bebida significativamente maior que água ($p < 0,001$). ^bTratamento com gel significativamente maior que água ($p < 0,001$). ^cTratamento com barra significativamente maior que água ($p < 0,001$). ^dApós o *sprint* todos os tratamentos significativamente maiores ($p = 0,022$) que no repouso.

As concentrações plasmáticas de lactato não mudaram significativamente durante os 90 minutos de exercício. Houve um aumento significativo ($p < 0,001$) destas concentrações após o *sprint* para todos os tratamentos. Não foram observadas diferenças nas concentrações plasmáticas de lactato entre os tratamentos.

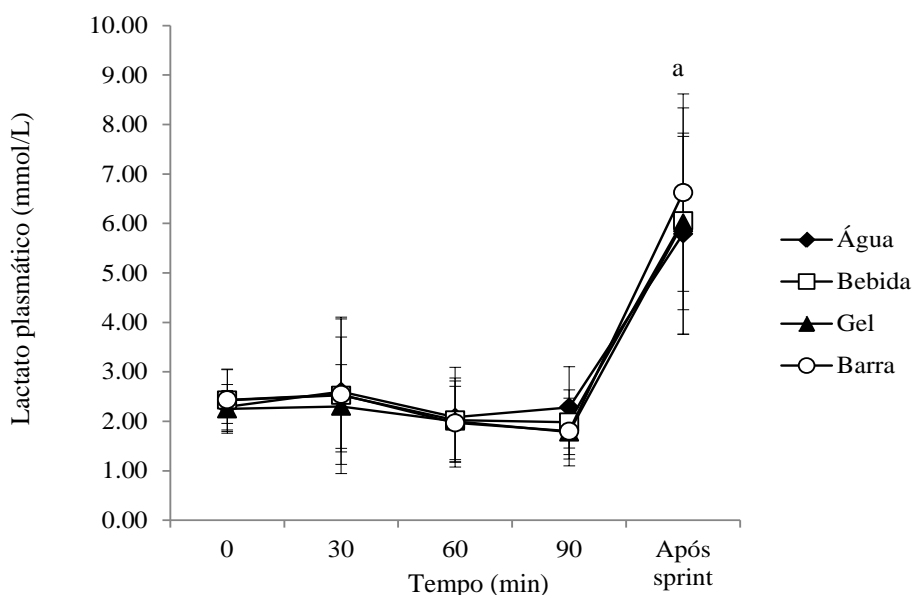


FIGURA 3 – Média \pm desvio-padrão das concentrações plasmáticas de lactato apresentadas nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. ^aConcentrações significativamente maiores ($p < 0,001$) após o *sprint* comparadas ao repouso e aos 90 min de exercício.

As concentrações de hematócrito e hemoglobina foram significativamente maiores ($p < 0,05$) durante os 90 minutos de exercício e após o *sprint* quando comparadas ao repouso para todos os tratamentos. As concentrações de hematócrito e hemoglobina se mantiveram estáveis ao longo dos 90 minutos de exercício e aumentaram significativamente ($p < 0,05$) após o *sprint* para todos os tratamentos. Não foram observadas diferenças nas concentrações de hematócrito e hemoglobina entre os tratamentos tanto no repouso, quanto nos 90 minutos de exercício e após o *sprint*.

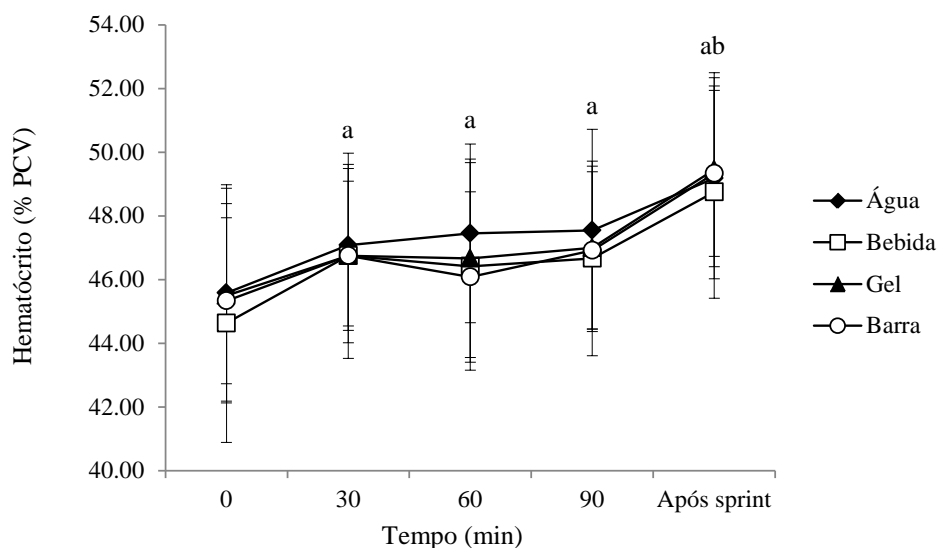


FIGURA 4 – Média \pm desvio-padrão das concentrações de hematócrito apresentadas nos testes experimentais em resposta à ingestão de água, bebida, gel e barra. ^aConcentrações significativamente maiores ($p < 0,05$) comparadas ao repouso. ^bConcentrações significativamente maiores ($p < 0,05$) após o *sprint* comparadas aos 30, 60 e 90 min de exercício.

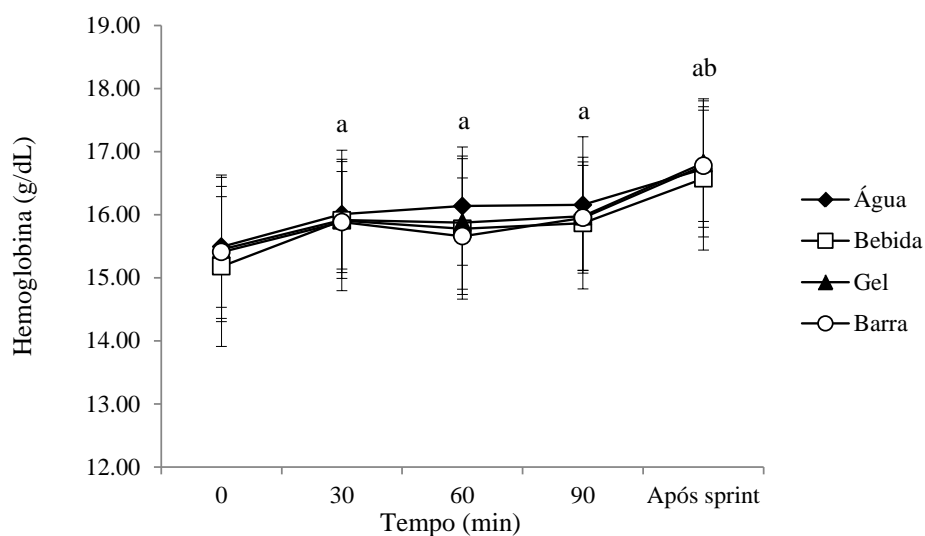


FIGURA 5 – Média \pm desvio-padrão das concentrações de hemoglobina apresentadas nos testes experimentais em resposta à ingestão de água, bebida, gel e barra. ^aConcentrações significativamente maiores ($p < 0,05$) comparadas ao repouso. ^bConcentrações significativamente maiores ($p < 0,05$) após o *sprint* comparadas aos 30, 60 e 90 min de exercício.

Sintomas gastrointestinais e IPE

Durante todos os tratamentos, os sintomas gastrointestinais se apresentaram nos menores valores da escala. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$) para nenhum dos sintomas gastrointestinais avaliados. Dentre os problemas abdominais superiores, os escores para refluxo nos diferentes tratamentos foram: $0,08 \pm 0,29$ (água); $0,08 \pm 0,29$ (bebida); $0,08 \pm 0,29$ (gel) e $0,17 \pm 0,58$ (barra). Os escores para azia foram: $0,0 \pm 0,0$ (água); $0,17 \pm 0,58$ (bebida); $0,17 \pm 0,58$ (gel) e $0,17 \pm 0,58$ (barra). Para os demais sintomas, inchaço, cólica, vontade de vomitar e náusea, os escores foram $0,0 \pm 0,0$ em todos os tratamentos. Dentre os problemas abdominais inferiores, os escores para flatulência nos diferentes tratamentos foram: $0,0 \pm 0,0$ (água); $0,25 \pm 0,87$ (bebida); $0,17 \pm 0,58$ (gel) e $0,17 \pm 0,58$ (barra). Os escores para vontade de defecar foram: $0,0 \pm 0,0$ (água); $0,33 \pm 0,89$ (bebida); $0,17 \pm 0,39$ (gel) e $0,17 \pm 0,58$ (barra). Para os demais sintomas, cólicas intestinais, dor abdominal do lado esquerdo, dor abdominal do lado direito e diarreia, os escores foram $0,0 \pm 0,0$ em todos os tratamentos. Dentre os problemas sistêmicos, não houve relato de tonteira, dor de cabeça e câibras musculares. Os escores para vontade de urinar foram: $1,33 \pm 1,29$ (água), $0,67 \pm 0,86$ (bebida), $0,83 \pm 1,10$ (gel) e $0,87 \pm 0,97$ (barra).

O IPE se manteve estável ao longo do exercício a 55-60% do VO_{2max} ($12,98 \pm 1,13$ para água, $12,94 \pm 0,59$ para bebida, $13,08 \pm 0,81$ para gel e $12,81 \pm 1,27$ para barra) e aumentou significativamente ($p < 0,001$) durante o *sprint* para todos os tratamentos ($17,58 \pm 1,98$ para água, $17,75 \pm 1,42$ para bebida, $17,75 \pm 1,82$ para gel e $17,58 \pm 2,35$ para barra). Não foi observada diferença no IPE entre os tratamentos tanto nos 90 minutos de exercício quanto no *sprint*.

Avaliação do desempenho

O tempo gasto para realizar o *sprint* de 6 km foi numericamente maior para a água pura comparada a todos os suplementos de carboidrato ($743,42 \pm 93,41$ segundos para água; $711,95 \pm 57,29$ segundos para bebida; $710,24 \pm 59,92$ segundos para gel e $702,26 \pm 60,61$ segundos para barra), apesar desta diferença não ter sido estatisticamente significativa ($p = 0,065$).

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar se diferentes formas de suplementos de carboidrato durante o exercício afetariam o metabolismo, as taxas de oxidação de carboidrato e gordura e o desempenho em exercício de longa duração em cicloergômetro. Os participantes ingeriram a mesma dieta no dia anterior e a mesma refeição uma hora antes de cada teste experimental. Além disso, executaram 90 minutos de exercício em intensidade moderada, seguido por um *sprint* de 6 km, em condições ambientais semelhantes, ingerindo a mesma quantidade de carboidrato e com o mesmo protocolo de hidratação em todos os tratamentos.

Os resultados demonstraram que a oxidação de carboidrato durante exercício de intensidade moderada é igualmente eficiente quando o suplemento de carboidrato é ingerido na forma de bebida, gel ou barra. A hipótese deste estudo era que com a ingestão de carboidrato na forma de gel haveria semelhante oxidação comparada ao tratamento com bebida. Entretanto, com o suplemento na forma de barra a hipótese era que a oxidação de carboidrato fosse menor devido ao maior tamanho da partícula e ao conteúdo de gordura e fibra da barra, que levam a um esvaziamento gástrico mais lento comparado com líquidos (Leiper, 1998; Vincent et al., 1995). Porém, não foram observadas diferenças significativas na oxidação de carboidrato e gordura entre os tratamentos ($p > 0,05$), sugerindo que as taxas de esvaziamento gástrico não foram influenciadas pela forma do suplemento. Isto pode ser devido ao baixo conteúdo de gordura e fibra na barra e à ingestão de água simultaneamente à ingestão de carboidrato que pode ter facilitado sua passagem para o intestino. Esses resultados são importantes, pois possibilitam ao nutricionista mais opções na escolha do aporte energético em função da preferência do usuário.

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos ($p > 0,05$) para os valores de VO_2 , $\%VO_{2max}$ e RQ e para as taxas de oxidação de carboidrato e gordura, tanto durante os 90 minutos de exercício quanto no *sprint*. Campbell, Prince, Braun, Applegate e Casazza (2008) encontraram resultados semelhantes durante um exercício em cicloergômetro a 75% do VO_{2max} com duração de 80 minutos. Os autores compararam o efeito de três diferentes formas de suplementos de carboidrato (bebida, gel e goma) com água pura, e também não observaram diferença para VO_2 , $\%VO_{2max}$, RQ, oxidação de carboidrato e gordura durante os 80 minutos de exercício. As semelhantes oxidações de carboidrato nos tratamentos com suplementos de carboidrato

comparados aos tratamentos com água pura sugerem que a ingestão de carboidrato durante o exercício pode ter reduzido a oxidação endógena de carboidrato, assim como observado por outros autores (Jeukendrup, Borghouts, Saris, & Wagenmakers, 1996; Jeukendrup, Saris, Brouns, Halliday, & Wagenmakers, 1996).

Entretanto, Campbell et al. (2008) observaram que durante o *sprint* de 10 km, realizado imediatamente após o exercício, VO_2 , $\%VO_{2max}$, RQ e oxidação de carboidrato foram significativamente maiores ($p < 0,05$) nos tratamentos com os suplementos de carboidrato, comparados com a água, enquanto a oxidação de gordura foi significativamente menor ($p < 0,05$) nestes tratamentos. Estas divergências podem ter ocorrido devido à maior intensidade do exercício no estudo de Campbell et al. (2008) e à maior distância percorrida durante o *sprint*. Tais fatos podem ter resultado, no tratamento com a água, em um maior esgotamento das fontes endógenas de carboidrato, como o glicogênio muscular e hepático. No presente estudo, estas fontes podem ter sido mais preservadas, durante o tratamento com água, para serem oxidadas durante o exercício e o *sprint* na mesma proporção em que ocorreu a oxidação exógena + endógena nos tratamentos com suplementos de carboidrato. Ressalta-se que as referências à mobilização de glicogênio são apenas suposições, visto que em nenhum dos estudos foi realizada biópsia muscular, o que poderia esclarecer a forma de mobilização do glicogênio muscular.

Uma evidência da preservação do glicogênio hepático em resposta ao tratamento com a água é a manutenção dos níveis de glicose plasmática acima dos valores de repouso em quase todos os momentos do exercício, sendo estes níveis significativamente maiores ($p < 0,05$) após o *sprint* comparados aos de repouso. Quando não há ingestão de carboidrato, o fígado é a principal fonte de glicose plasmática (Jeukendrup et al., 1999).

Pfeiffer et al. (2010a, 2010b) compararam a oxidação total de carboidrato e gordura e a oxidação de carboidrato endógena e exógena durante exercício de 180 minutos em cicloergômetro a 58% do VO_{2max} sob efeito da ingestão de suplementos de carboidrato nas formas barra *versus* bebida (Pfeiffer et al., 2010b) e durante o mesmo protocolo de exercício com suplementos de carboidrato nas formas gel *versus* bebida (Pfeiffer et al., 2010a). Em ambos os estudos os autores encontraram taxas de oxidação de carboidrato significativamente maiores ($p < 0,05$) e taxas de oxidação de gordura significativamente menores ($p < 0,05$) nos tratamentos com suplementos de carboidrato comparados com a água. Nestes estudos, diferentemente do presente estudo, os

avaliados iniciaram o exercício em jejum, condição não usual para atletas em situações anteriores aos treinos ou competições. No presente estudo, os avaliados ingeriram uma refeição contendo 1 g carboidrato.kg⁻¹ peso 1 hora antes de cada teste, a fim de garantir estoques adequados de glicogênio muscular e hepático e simular condições de alimentação pré-treino ou pré-competição. O desjejum empregado no presente trabalho pode ter colaborado com a manutenção da glicose sanguínea em níveis de normalidade para as condições de exercício empregadas nesse estudo, sendo esses resultados semelhantes a outros estudos (Altoé et al., 2011; Cocate & Marins, 2007).

Nos estudos de Pfeiffer et al. (2010a, 2010b) os avaliados ingeriram uma quantidade maior de carboidrato durante o exercício (1,55 g.min⁻¹ nos tratamentos do estudo com barra *versus* bebida e 1,8 g.min⁻¹ nos tratamentos do estudo com gel *versus* bebida) do que no presente estudo (0,84 g.min⁻¹), o que pode ter gerado maiores taxas de oxidação de carboidrato nos tratamentos com suplementos de carboidrato. O protocolo de reposição de carboidrato do presente estudo foi selecionado de acordo com as recomendações mais recentes da *American Dietetic Association*, *Dietitians of Canada* e *American College of Sports Medicine* (Rodriguez, DiMarco, & Langley, 2009) que sugerem ingestão de 0,7 g carboidrato.kg⁻¹.hora⁻¹ para exercícios de longa duração.

Os resultados mostraram que todas as formas de suplementos de carboidrato (bebida, gel e barra) foram igualmente eficientes em manter os níveis de glicose plasmática durante o exercício. Diversos estudos demonstraram a manutenção dos níveis de glicose plasmática com a ingestão de suplementos de carboidrato durante o exercício (Campbell et al., 2008; Febbraio, Chiu, Angus, Arkinstall, & Hawley, 2000; Ivy, Res, Sprague, & Widzer, 2003; Mason et al., 1993; Patterson & Gray, 2007; Pfeiffer et al., 2010a, 2010b), mas nenhum deles comparou os efeitos após o consumo de bebida, gel e barra, deixando uma lacuna no conhecimento sobre a influência da forma física do suplemento de carboidrato. Campbell et al. (2008), entretanto, compararam o efeito de três diferentes formas de suplementos de carboidrato (bebida, gel e goma) no desempenho durante 80 minutos de exercício em cicloergômetro a 75% do VO_{2max} seguido por um *sprint* de 10 km. Os suplementos eram isocalóricos e foram administrados a uma taxa de 0,6 g carboidrato.kg⁻¹.hora⁻¹. Assim como no presente estudo, eles também constataram que todas as formas físicas de suplementos avaliadas foram igualmente eficientes em manter os níveis sanguíneos de glicose durante o exercício, e que estes níveis foram superiores ao tratamento com água pura.

Com relação ao tempo gasto para realizar o *sprint*, no tratamento com água o tempo foi 31,47 segundos maior do que com bebida, 33,18 segundos maior do que com gel e 41,16 segundos maior do que com barra. Apesar de não ser estatisticamente significativa ($p=0,065$), esta diferença de tempo pode ser decisiva no resultado de uma competição. Os níveis de lactato sanguíneo foram semelhantes entre os tratamentos ($p>0,05$) após o *sprint* sugerindo que os participantes o executaram na mesma intensidade. Cabe destacar também que os parâmetros cardiovasculares (FC, PAS e PAD) e o IPE também não se diferenciaram entre os tratamentos durante o *sprint*, o que demonstra similaridade na intensidade do trabalho físico realizado. Rogers et al. (Rogers, Summers, & Lambert, 2005), comparando ingestão de placebo, bebidas com 3% ou 6% de carboidrato, também não encontraram diferença no tempo gasto para realizar um *sprint* de 4,8 km, executado após 85 minutos de exercício a 60% do VO_{2max} .

Em contrapartida, diversos estudos constataram que a ingestão de carboidrato aumenta o desempenho durante exercícios prolongados (Anantaraman, Carmines, Gaesser, & Weltman, 1995; Ball, Headley, Vanderburgh, & Smith, 1995; Campbell et al., 2008; Currell & Jeukendrup, 2008; el-Sayed et al., 1997; Jeukendrup, 2004). Anantaraman et al. (1995) mostraram que durante 60 minutos de exercício que se iniciou a 90% do VO_{2max} e foi executado até a exaustão, quando comparada com o placebo (138 W), a potência mantida entre 40 e 60 minutos de exercício foi significativamente maior com a ingestão de glicose imediatamente antes do exercício (30 g) e com a ingestão de glicose antes e durante o exercício (120 g) [164 W em ambas as situações]. Ball et al. (1995) constataram que o desempenho no teste anaeróbico de *Wingate* realizado após 50 minutos de exercício em cicloergômetro a 80% do VO_{2max} com ingestão de carboidrato ($0,9 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$) foi significativamente maior do que com ingestão de placebo (potência média de 700 vs 655 W). Campbell et al. (2008) também constataram que os avaliados executaram um *sprint* de 10 km, imediatamente após 80 minutos de exercício a 75% do VO_{2max} , com menor tempo quando ingeriram suplementos de carboidrato ($0,6 \text{ g}\cdot\text{kg peso}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) do que quando ingeriram água pura.

Pode-se observar que na maior parte dos estudos os avaliados executaram exercícios de maior intensidade ou com maior duração que o exercício executado no presente estudo. A intensidade do exercício foi selecionada para se assemelhar a condições de treinamento de indivíduos ativos e não de atletas. Estas diferenças entre o presente estudo e os demais podem ter sido responsáveis pelo alcance de maior desempenho nos tratamentos com carboidrato, quando comparados com a água,

observados por outros autores. Além disso, em alguns estudos, os indivíduos estavam em jejum ao iniciarem o exercício. Nas situações em que não há consumo de refeições pré-exercício, a ingestão de carboidrato durante o exercício se torna ainda mais importante (Rodriguez et al., 2009). O consumo destas refeições pode aumentar os estoques de glicogênio muscular antes do exercício e, desta forma, melhorar o desempenho (Karelis et al., 2010).

A ausência de diferença no tempo gasto para realizar o *sprint*, entre os tratamentos com suplementos de carboidrato e água, revela que a disponibilidade de carboidrato exógeno não limitou o desempenho neste tipo de teste. A duração do exercício e a intensidade em que foi executado podem não ter causado uma depleção das reservas de glicogênio. Como a suplementação de carboidrato exógena nem sempre está associada a um efeito poupador de glicogênio (Bosch, Dennis, & Noakes, 1994; Coggan & Coyle, 1987; Mitchell et al., 1989), o teste de desempenho pode não ter sido influenciado pela suplementação de carboidrato.

Verificou-se que os níveis sanguíneos de hematócrito e hemoglobina aumentaram significativamente ($p < 0,05$) no exercício e após o *sprint* em todos os tratamentos, sem ter havido diferença significativa entre os tratamentos. Estes aumentos estão provavelmente relacionados a uma redução do volume plasmático causado por uma desidratação ao longo do exercício.

Com relação aos sintomas gastrointestinais, observou-se que estes se apresentaram nos menores valores da escala além de não terem sido influenciados pela forma do suplemento de carboidrato. Resultados semelhantes foram observados em outros estudos em que se comparou gel e bebida (Pfeiffer et al., 2010a), barra e bebida (Pfeiffer et al., 2010b) e gel em diferentes concentrações ou com diferentes tipos de carboidrato (Pfeiffer et al., 2009). Nestes estudos, os escores para sintomas gastrointestinais também estiveram nos menores valores da escala. Isto sinaliza que suplementos de carboidrato nas formas de gel e barra, ingeridos nas mesmas condições do presente estudo, não causam desconforto gastrointestinal, evitando possíveis prejuízos ao desempenho causados por estes sintomas.

Considerando o grupo populacional avaliado e as condições de exercícios propostas no presente estudo, é possível concluir que suplementos de carboidrato em diferentes formas físicas, ingeridos nas mesmas taxas e com conteúdo similar de carboidrato, geram respostas semelhantes no metabolismo, na oxidação de substratos e no desempenho durante exercício de longa duração e intensidade moderada. Portanto,

suplementos de carboidratos nas formas de gel e barra são tão eficazes quanto as bebidas, fornecendo aos atletas mais opções de ingestão de carboidrato durante o exercício.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altoé, J. L., Silva, R. P., Ferreira, F. G., Makkai, L., Amorim, P. R. S., Volpe, S., et al. (2011). Blood glucose changes before and during exercise with three meal conditions. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*, 170(3), 177-184.
- American Medical, A. (1988). Guides to the evaluation of permanent impairment. *Chicago: American Medical Association*.
- Anantaraman, R., Carmines, A. A., Gaesser, G. A., & Weltman, A. (1995). Effects of carbohydrate supplementation on performance during 1 hour of high-intensity exercise. *Int J Sports Med*, 16(7), 461-465.
- Ball, T. C., Headley, S. A., Vanderburgh, P. M., & Smith, J. C. (1995). Periodic carbohydrate replacement during 50 min of high-intensity cycling improves subsequent sprint performance. *Int J Sport Nutr*, 5(2), 151-158.
- Bergmann, J. F., Chassany, O., Petit, A., Triki, R., Caulin, C., & Segrestaa, J. M. (1992). Correlation between echographic gastric emptying and appetite: influence of psyllium. *Gut*, 33(8), 1042-1043.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 14(5), 377-381.
- Bosch, A. N., Dennis, S. C., & Noakes, T. D. (1994). Influence of carbohydrate ingestion on fuel substrate turnover and oxidation during prolonged exercise. *J Appl Physiol*, 76(6), 2364-2372.
- Campbell, C., Prince, D., Braun, M., Applegate, E., & Casazza, G. A. (2008). Carbohydrate-supplement form and exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 18(2), 179-190.
- Carter, J. M., Jeukendrup, A. E., & Jones, D. A. (2004). The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Med Sci Sports Exerc*, 36(12), 2107-2111.

- Chambers, E. S., Bridge, M. W., & Jones, D. A. (2009). Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *J Physiol*, 587(Pt 8), 1779-1794.
- Cocate, P. G., & Marins, J. C. B. (2007). Efeito de três ações de "café da manhã" sobre a glicose sanguínea durante um exercício de baixa intensidade realizado em esteira rolante. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 9(1), 67-75.
- Coggan, A. R., & Coyle, E. F. (1987). Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J Appl Physiol*, 63(6), 2388-2395.
- Coombes, J. S., & Hamilton, K. L. (2000). The effectiveness of commercially available sports drinks. *Sports Med*, 29(3), 181-209.
- Coyle, E. F., Hagberg, J. M., Hurley, B. F., Martin, W. H., Ehsani, A. A., & Holloszy, J. O. (1983). Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol*, 55(1 Pt 1), 230-235.
- Currell, K., & Jeukendrup, A. E. (2008). Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Med Sci Sports Exerc*, 40(2), 275-281.
- el-Sayed, M. S., MacLaren, D., & Rattu, A. J. (1997). Exogenous carbohydrate utilisation: effects on metabolism and exercise performance. *Comp Biochem Physiol A Physiol*, 118(3), 789-803.
- Febbraio, M. A., Chiu, A., Angus, D. J., Arkinstall, M. J., & Hawley, J. A. (2000). Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *J Appl Physiol*, 89(6), 2220-2226.
- Frost, G. S., Brynes, A. E., Dhillon, W. S., Bloom, S. R., & McBurney, M. I. (2003). The effects of fiber enrichment of pasta and fat content on gastric emptying, GLP-1, glucose, and insulin responses to a meal. *Eur J Clin Nutr*, 57(2), 293-298.
- Havemann, L., & Goedecke, J. H. (2008). Nutritional practices of male cyclists before and during an ultraendurance event. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 18(6), 551-566.
- Ivy, J. L., Res, P. T., Sprague, R. C., & Widzer, M. O. (2003). Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 13(3), 382-395.
- Jeukendrup, A. E. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, 20(7-8), 669-677.

- Jeukendrup, A. E., Borghouts, L. B., Saris, W. H., & Wagenmakers, A. J. (1996). Reduced oxidation rates of ingested glucose during prolonged exercise with low endogenous CHO availability. *J Appl Physiol*, *81*(5), 1952-1957.
- Jeukendrup, A. E., Saris, W. H., Brouns, F., Halliday, D., & Wagenmakers, J. M. (1996). Effects of carbohydrate (CHO) and fat supplementation on CHO metabolism during prolonged exercise. *Metabolism*, *45*(7), 915-921.
- Jeukendrup, A. E., Wagenmakers, A. J., Stegen, J. H., Gijsen, A. P., Brouns, F., & Saris, W. H. (1999). Carbohydrate ingestion can completely suppress endogenous glucose production during exercise. *Am J Physiol*, *276*(4 Pt 1), E672-683.
- Jeukendrup, A. E., & Wallis, G. A. (2005). Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. *Int J Sports Med*, *26 Suppl 1*, S28-37.
- Karelis, A. D., Smith, J. W., Passe, D. H., & Peronnet, F. (2010). Carbohydrate administration and exercise performance: what are the potential mechanisms involved? *Sports Med*, *40*(9), 747-763.
- Leiper, J. B. (1998). Intestinal water absorption--implications for the formulation of rehydration solutions. *Int J Sports Med*, *19 Suppl 2*, S129-132.
- Lugo, M., Sherman, W. M., Wimer, G. S., & Garleb, K. (1993). Metabolic responses when different forms of carbohydrate energy are consumed during cycling. *Int J Sport Nutr*, *3*(4), 398-407.
- Mason, W. L., McConell, G., & Hargreaves, M. (1993). Carbohydrate ingestion during exercise: liquid vs solid feedings. *Med Sci Sports Exerc*, *25*(8), 966-969.
- MCardle, W., Katch, F., & Katch, V. (2001). Fisiologia do Exercício: Nutrição e Desempenho Humano. *Rio de Janeiro: Guanabara*.
- Meyer, J. H., Gu, Y. G., Jehn, D., & Taylor, I. L. (1988). Intra gastric vs intrainestinal viscous polymers and glucose tolerance after liquid meals of glucose. *Am J Clin Nutr*, *48*(2), 260-266.
- Mitchell, J. B., Costill, D. L., Houmard, J. A., Fink, W. J., Pascoe, D. D., & Pearson, D. R. (1989). Influence of carbohydrate dosage on exercise performance and glycogen metabolism. *J Appl Physiol*, *67*(5), 1843-1849.
- Noakes, T. D., Rehrer, N. J., & Maughan, R. J. (1991). The importance of volume in regulating gastric emptying. *Med Sci Sports Exerc*, *23*(3), 307-313.

- Nybo, L. (2003). CNS fatigue and prolonged exercise: effect of glucose supplementation. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 589-594.
- Patterson, S. D., & Gray, S. C. (2007). Carbohydrate-gel supplementation and endurance performance during intermittent high-intensity shuttle running. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 17(5), 445-455.
- Pfeiffer, B., Cotterill, A., Grathwohl, D., Stellingwerff, T., & Jeukendrup, A. E. (2009). The effect of carbohydrate gels on gastrointestinal tolerance during a 16-km run. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 19(5), 485-503.
- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Zaltas, E., & Jeukendrup, A. E. (2010a). CHO oxidation from a CHO gel compared with a drink during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(11), 2038-2045.
- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Zaltas, E., & Jeukendrup, A. E. (2010b). Oxidation of solid versus liquid CHO sources during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(11), 2030-2037.
- Rauch, H. G., Hawley, J. A., Woodey, M., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1999). Effects of ingesting a sports bar versus glucose polymer on substrate utilisation and ultra-endurance performance. *Int J Sports Med*, 20(4), 252-257.
- Robergs, R. A., McMinn, S. B., Mermier, C., Leadbetter, G., 3rd, Ruby, B., & Quinn, C. (1998). Blood glucose and glucoregulatory hormone responses to solid and liquid carbohydrate ingestion during exercise. *Int J Sport Nutr*, 8(1), 70-83.
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc*, 109(3), 509-527.
- Rogers, J., Summers, R. W., & Lambert, G. P. (2005). Gastric emptying and intestinal absorption of a low-carbohydrate sport drink during exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 15(3), 220-235.
- Schulze, K. (2006). Imaging and modelling of digestion in the stomach and the duodenum. *Neurogastroenterol Motil*, 18(3), 172-183.
- Sidery, M. B., Macdonald, I. A., & Blackshaw, P. E. (1994). Superior mesenteric artery blood flow and gastric emptying in humans and the differential effects of high fat and high carbohydrate meals. *Gut*, 35(2), 186-190.

- Smith, H. L., Hollins, G. W., & Booth, I. W. (1993). Epigastric impedance recording for measuring gastric emptying in children: how useful is it? *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, *17*(2), 201-206.
- Stellingwerff, T., Boon, H., Gijsen, A. P., Stegen, J. H., Kuipers, H., & van Loon, L. J. (2007). Carbohydrate supplementation during prolonged cycling exercise spares muscle glycogen but does not affect intramyocellular lipid use. *Pflugers Arch*, *454*(4), 635-647.
- Tsintzas, O. K., Williams, C., Boobis, L., & Greenhaff, P. (1996). Carbohydrate ingestion and single muscle fiber glycogen metabolism during prolonged running in men. *J Appl Physiol*, *81*(2), 801-809.
- Vincent, R., Roberts, A., Frier, M., Perkins, A. C., MacDonald, I. A., & Spiller, R. C. (1995). Effect of bran particle size on gastric emptying and small bowel transit in humans: a scintigraphic study. *Gut*, *37*(2), 216-219.

ARTIGO 2 – REPOSIÇÃO HÍDRICA COM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS DE SUPLEMENTOS DE CARBOIDRATO DURANTE O EXERCÍCIO

RESUMO

PEREIRA, Letícia Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2011. **Reposição hídrica com diferentes formas físicas de suplementos de carboidrato durante o exercício.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Coorientadores: Paulo Roberto dos Santos Amorim e Rita de Cássia Gonçalves Alfenas.

Carboidratos são frequentemente incluídos em bebidas esportivas para fornecer energia exógena, auxiliar na absorção e retenção de líquidos, bem como adicionar sabor. Além de fornecerem energia, a ingestão de bebidas esportivas e de suplementos de carboidrato em gel ou barra ingeridos com água podem promover a hidratação. O objetivo do presente estudo foi verificar se suplementos de carboidrato nas formas de gel e barra, ingeridos com água, influenciam da mesma maneira que uma bebida esportiva, a reposição hídrica durante um exercício de longa duração em cicloergômetro. Doze indivíduos do sexo masculino (idade = 22 ± 3 anos, peso = $71,5 \pm 8,3$ kg, $VO_{2max} = 54,56 \pm 4,85$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) realizaram, em dias separados, quatro testes experimentais que consistiam em um exercício em cicloergômetro com duração de 90 minutos, a uma intensidade de 55-60% do VO_{2max} , seguido por um *sprint* de 6 km. Os participantes ingeriam 0,7 g CHO.kg⁻¹.hora⁻¹ na forma de bebida esportiva, gel ou barra, ou ingeriam água pura, antes, durante e depois do exercício. O consumo de líquidos durante cada uma das situações experimentais foi de 3 mL.kg⁻¹ de peso corporal imediatamente antes do início do exercício, a cada 20 minutos ao longo do exercício, bem como após o final do *sprint*. Todos os testes experimentais foram realizados em condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar semelhantes. Para avaliar o balanço hídrico e o estado de hidratação dos avaliados foi registrado o peso corporal antes e após o exercício, o volume urinário após o exercício e a densidade da urina antes e após o exercício. O registro do peso corporal e do volume urinário permitiu o cálculo da perda de peso, do percentual de perda de peso, da sudorese total e da retenção de líquidos. Também foram monitorados os eletrólitos plasmáticos sódio e potássio antes do início do exercício, aos 30, 60 e 90 minutos durante sua realização e após o *sprint*. Todos os

parâmetros monitorados referentes ao equilíbrio hídrico não apresentaram diferença significativa entre os quatro testes experimentais ($p > 0,05$). Contudo, houve uma redução estatisticamente significativo ($p < 0,001$) do peso corporal após o exercício. As concentrações plasmáticas de sódio e potássio no repouso, durante o exercício e após o *sprint* foram semelhantes ($p > 0,05$) entre os tratamentos. As concentrações de sódio não mudaram significativamente durante o exercício e após o *sprint* para todos os tratamentos. As concentrações de potássio foram significativamente maiores ($p < 0,05$) durante o exercício e após o *sprint* quando comparadas ao repouso para todos os tratamentos. Houve uma redução significativa do volume plasmático ($p < 0,05$) durante o exercício em relação ao repouso e esta redução se acentuou significativamente ($p < 0,05$) após o *sprint*, para todos os tratamentos, sem diferença entre estes. Quando as mesmas quantidades de carboidrato e volumes iguais de líquidos são ingeridos, suplementos de carboidrato nas formas de gel e barra geram reposição hídrica semelhante a suplementos de carboidrato na forma de bebida.

Palavras-chave: nutrição esportiva, suplementos de carboidrato, reposição hídrica, balanço hídrico, hidratação.

ARTICLE 2 – FLUID REPLACEMENT WITH DIFFERENT FORMS OF CARBOHYDRATE SUPPLEMENTS DURING EXERCISE

ABSTRACT

PEREIRA, Letícia Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2011. **Fluid replacement with different forms of carbohydrate supplements during exercise.** Adviser: João Carlos Bouzas Marins. Co-advisers: Paulo Roberto dos Santos Amorim and Rita de Cássia Gonçalves Alfenas.

Carbohydrate is often included in sports drinks to provide energy, aid in fluid absorption and retention, as well as add flavor. In addition to sports drinks, there are other kinds of carbohydrate supplements such as gels and energy bar, which ensure energy intake and hydration when ingested with water. The purpose of this study was to verify whether supplements of carbohydrate in the form of gel and bar, ingested with water, influence the same way that a sports drink the fluid replacement during exercise on a cycle ergometer. On four separate days, twelve men (age = 22 ± 3 years, mass = 71.5 ± 8.3 kg, $VO_{2max} = 54.56 \pm 4.85$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) cycled at 55-60% VO_{2max} followed by a 6 km time trial. Participants consumed 0.7 g carbohydrate.kg⁻¹.hour⁻¹ in the form of sport drink, gel, energy bar, or water only, before, during and after exercise. There was also water consumption in the trials with gel and bar. The fluid intake during each trial was 3 mL.kg⁻¹ immediately before exercise, every 20 minutes throughout exercise and after the sprint. All experimental trials occurred in similar environmental conditions. To assess fluid balance and hydration status it was recorded body weight before and after exercise, urine volume after exercise and urine specific gravity before and after exercise. The recorded body weight and urine volume allowed calculation of weight loss, the percentage of weight loss, total sweating and fluid retention. Plasma sodium and potassium concentrations were also monitored before exercise, at 30, 60 and 90 minutes during exercise and after sprint. All monitored parameters for the fluid balance did not differ significantly between the four trials ($p > 0.05$). However, there was a statistically significant reduction ($p < 0.001$) in body weight after exercise. Plasma concentrations of sodium and potassium in the rest, during exercise and after sprint were similar ($p > 0.05$) between treatments. Sodium concentrations did not change significantly during exercise and after sprint for all treatments. Potassium concentrations were

significantly higher ($p < 0.05$) during exercise and after sprint compared to rest for all treatments. There was a significant reduction in plasma volume ($p < 0.05$) during exercise compared to rest and this decrease was significantly greater ($p < 0.05$) after sprint for all treatments, with no difference between them. In conclusion, when same amounts of carbohydrate and equal volumes of fluids are consumed, carbohydrate supplements in the form of gel and bar lead to similar fluid replacement than drinks.

Keywords: sport nutrition, carbohydrate supplements, fluid replacement, fluid balance, hydration.

1. INTRODUÇÃO

A prática de exercícios, dependendo da taxa metabólica do indivíduo, das condições ambientais e do tipo de vestimenta utilizada, leva a um aumento significativo da temperatura corporal (Marins, 2011). Como mecanismo de regulação da temperatura corporal, ocorre aumento do fluxo sanguíneo para a pele e aumento da secreção de suor. A sudorese é a via primária de perda de calor para o ambiente e é acompanhada por perda de líquido corporal e eletrólitos, como o sódio e o potássio (Sawka et al., 2007). Se o líquido e os eletrólitos perdidos não forem repostos adequadamente, a elevada produção de suor pode gerar desequilíbrio hidroeletrólítico, resultando assim em prejuízos à saúde e ao desempenho (Casa, Clarkson, & Roberts, 2005).

Além de prejudicar o desempenho durante exercícios aeróbicos, principalmente os de longa duração (Barr, Costill, & Fink, 1991; Sawka et al., 2007), a desidratação pode aumentar o esforço cardiovascular por elevar desproporcionalmente a frequência cardíaca com uma concomitante redução do débito cardíaco (Marins, Dantas, & Navarro, 2000; Montain & Coyle, 1992) e pode diminuir a capacidade do organismo de dissipar o calor (Fortney, Wenger, Bove, & Nadel, 1984). Sendo assim, a reposição de líquidos e eletrólitos durante o exercício, com o objetivo de prevenir a desidratação e o desequilíbrio eletrolítico, é de extrema importância. Além dos eletrólitos, carboidratos são frequentemente incluídos em bebidas esportivas para fornecer energia exógena, auxiliar na absorção e retenção de líquidos, bem como adicionar sabor, a fim de aumentar sua aceitação e, conseqüentemente, seu consumo durante o exercício (Osterberg, Pallardy, Johnson, & Horswill, 2009).

A maior absorção de líquidos gerada pela presença de carboidrato nas bebidas esportivas se deve ao mecanismo de cotransporte de água no intestino delgado através do transportador de glicose sódio-dependente (SGLT1), que tem um papel importante na absorção de água (Marins, 2011). Para cada molécula de glicose absorvida via SGLT1, 260 moléculas de água também são absorvidas, independente do gradiente osmótico (Loo, Zeuthen, Chandy, & Wright, 1996). Por meio deste mecanismo, um aumento na absorção de glicose teria um benefício adicional no aumento da absorção de água. Além disso, a presença de carboidrato também pode gerar maior retenção de líquidos devido à resposta insulínica provocada pela hiperglicemia que pode levar a um aumento na reabsorção de sódio e líquidos nos túbulos renais (Sechi & Bartoli, 1996).

Além das bebidas esportivas, existem outros tipos de suplementos fonte de carboidrato, como o gel de carboidrato e a barra energética, que proporcionam aos atletas mais opções de ingestão de carboidrato durante o exercício. Quando ingeridos com água, estes suplementos garantem não só o aporte energético bem como a hidratação. No entanto, suplementos de carboidrato em diferentes formas podem gerar velocidades de esvaziamento gástrico diferenciadas (Bergmann et al., 1992; Vincent et al., 1995). Enquanto após a ingestão de bebida o estômago se esvazia com poucas contrações (Silva, Altoé, & Marins, 2009), é possível que o gel, assim como a barra, ingeridos simultaneamente com a água não estejam totalmente mesclados ao deixarem o estômago, pois tem sido constatado que o estômago retém partículas mais densas e maiores no antro (Schulze, 2006). Isto poderia resultar em diferenças nas concentrações de carboidrato no intestino, comparando-se uma bebida esportiva a um gel ou a uma barra e, conseqüentemente, levar a diferentes taxas de absorção intestinal e retenção de líquidos.

Grande parte dos estudos sobre reposição hídrica durante o exercício teve como foco o efeito dos eletrólitos na retenção de líquidos, principalmente o sódio (Anastasiou et al., 2009; Gisolfi, Lambert, & Summers, 2001; Vrijens & Rehrer, 1999). Outros avaliaram o efeito de bebidas com diferentes concentrações de carboidrato na reposição hídrica (Osterberg et al., 2009; Rogers, Summers, & Lambert, 2005; Ryan et al., 1998). Os estudos que compararam o efeito do carboidrato na forma sólida *versus* líquida (Lugo, Sherman, Wimer, & Garleb, 1993; Mason, McConell, & Hargreaves, 1993; Pfeiffer, Stellingwerff, Zaltas, & Jeukendrup, 2010b; Rauch, Hawley, Woodey, Noakes, & Dennis, 1999; Robergs et al., 1998) e na forma de gel *versus* líquida (Patterson & Gray, 2007; Pfeiffer, Stellingwerff, Zaltas, & Jeukendrup, 2010a) não tiveram como foco a reposição hídrica ou não a avaliaram. Até o presente momento, nenhum estudo comparou o efeito de bebidas esportivas com outras formas físicas de suplementos de carboidrato, como gel e barra, ingeridos concomitantemente com água, na reposição hídrica quando a quantidade de carboidrato e líquidos ingeridos é a mesma entre os tratamentos.

O objetivo do presente estudo foi verificar se suplementos de carboidrato nas formas de gel e barra, ingeridos concomitantemente com água, influenciam da mesma maneira que uma bebida esportiva, a reposição hídrica durante um exercício de longa duração em cicloergômetro. É comum observar que atletas em condições de treino ou competição consomem suplementos de carboidrato em diferentes formas físicas. Assim,

é interessante investigar se isso poderá provocar diferentes respostas no equilíbrio hidromineral.

2. MÉTODOS

Participantes

Doze indivíduos do sexo masculino, praticantes regulares de ciclismo ou corrida (idade = 22 ± 3 anos, peso = $71,5 \pm 8,3$ kg, estatura = $1,75 \pm 0,06$ m, $VO_{2max} = 54,56 \pm 4,85$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) participaram voluntariamente deste estudo. Os indivíduos realizavam exercícios físicos pelo menos três vezes por semana, com duração mínima de 2 horas cada sessão e eram praticantes de atividades aeróbicas há pelo menos 2 anos. Todos os indivíduos eram aparentemente saudáveis, de acordo com os dados obtidos pelo questionário sobre prontidão para atividade física (PAR-Q) (Anexo I) (American Medical, 1988) e pela tabela de risco coronariano proposta pela *Michigan Heart Association* (Anexo II) (McCardle, Katch, & Katch, 2001). Os voluntários foram informados dos objetivos, da dinâmica e riscos associados aos procedimentos do estudo antes que dessem o consentimento por escrito para participarem (Anexo III). O estudo seguiu os procedimentos bioéticos propostos pela resolução do governo brasileiro supervisionado pelo Conselho Nacional de Saúde (CSN, nº 196/96).

Testes Preliminares

Antes do início dos ensaios experimentais, os avaliados realizaram um teste em cicloergômetro com incremento de carga até a exaustão, a fim de determinar o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). O teste foi realizado em cicloergômetro eletromagnético (SCIFIT modelo ISO1000, Oklahoma, Estados Unidos). Na chegada ao laboratório, o peso corporal era aferido utilizando-se uma balança digital com acurácia de 50 g (Soehnle, modelo 7820,21, Asimed S.A., Barcelona, Espanha) e a estatura dos avaliados era mensurada utilizando-se um estadiômetro (Standard Sanny, American Medical do Brasil Ltda, São Paulo, Brasil).

Em seguida, os avaliados realizaram um aquecimento de 3 minutos no cicloergômetro com carga de 50 W. Ao final do terceiro minuto, a carga inicial do teste foi determinada subjetivamente pelo avaliado como a carga considerada “leve” de

acordo com o Índice de Percepção de Esforço (IPE) (Borg, 1982). A carga era, então, aumentada em 30 W a cada 1 minuto até a exaustão. As medições das taxas de trocas respiratórias foram realizadas durante todo o teste por um analisador de gases metabólicos (MedGraphics VO₂₀₀₀, Minnesota, Estados Unidos), a frequência cardíaca (FC) era monitorada utilizando-se um frequencímetro (M31, Polar, Kempele, Finland) e o IPE era obtido a cada 2 minutos. Ao final do teste, o lactato era determinado utilizando-se uma gota de sangue obtida por punção capilar e um analisador portátil de lactato (Accutrend, Roche®, Mannheim, Alemanha). Com os resultados do teste de VO_{2max} foi determinada a carga que corresponderia à faixa de 55 a 60% do VO_{2max} para ser utilizada como a carga inicial nos testes experimentais.

Desenho Experimental

Cada avaliado realizou quatro testes experimentais, que consistiam em um exercício em cicloergômetro, com duração de 90 minutos, a uma intensidade de 55 a 60% do VO_{2max}, enquanto ingeriam 0,7 g carboidrato.kg⁻¹.hora⁻¹ (50,4 ± 6,1 g.hora⁻¹), na forma de bebida esportiva, gel, barra ou ingeriam água pura. O protocolo de reposição de carboidrato foi selecionado de acordo com as recomendações mais recentes da *American Dietetic Association*, *Dietitians of Canada* e *American College of Sports Medicine* (Rodriguez, DiMarco, & Langley, 2009). Imediatamente após os 90 minutos de exercício, os avaliados executaram um *sprint* de 6 km com a mesma carga que realizaram todo o teste. O desenho experimental foi do tipo *crossover* randomizado, sendo os testes separados por pelo menos 2 dias, desenho semelhante ao adotado em outros estudos (Marins, Dantas, & Navarro, 2002, 2003; Silva et al., 2010).

Composição dos Suplementos

Os suplementos utilizados no presente estudo eram industrializados e comercializados no Brasil, com autorização da vigilância sanitária, não havendo manipulação das propriedades nutricionais dos produtos. A composição nutricional dos suplementos de carboidrato testados no estudo está apresentada na Tabela 1. Na seleção dos suplementos, buscaram-se aqueles que possuíssem composição de macronutrientes e minerais mais semelhantes dentre os existentes no mercado brasileiro, sendo que a barra selecionada possuía uma pequena quantidade de fibra na sua composição e tinha a

menor quantidade de gordura dentre as barras disponíveis no mercado, para reduzir a influência destes nutrientes sobre a taxa de esvaziamento gástrico. A bebida esportiva foi preparada com uma concentração de 6% de carboidrato. Tanto nas situações que envolviam o consumo de gel ou barra, houve a ingestão de água. O consumo de líquidos durante cada uma das situações experimentais foi de 3 mL.kg⁻¹ de peso corporal, imediatamente antes do início do exercício e a cada 20 minutos ao longo do exercício, bem como após o final do *sprint*.

TABELA 1: Composição nutricional dos suplementos.

	Bebida (22,2 g pó para diluir) Gatorade® em pó (PepsiCo)	Gel (30 g) VO2+Energy Gel® (Integralmédica)	Barra Energética (25 g) Banana, aveia e mel Trio® (Trio)
Energia (kcal)	76	80	88
Carboidrato (g)	19	19	19
Proteína (g)	0	1	1,2
Gordura (g)	0	0	0,8
Fibra (g)	0	0	0,6
Sódio (mg)	143	58	65
Potássio (mg)	38	13	0
Cloreto (mg)	133	3	0

Orientações prévias aos testes experimentais

Os participantes foram orientados a evitarem o consumo de álcool e a realização de exercícios extenuantes no dia anterior a cada teste e a manterem o mesmo tipo de dieta e programa de treinamento ao longo do estudo. A dieta dos participantes foi avaliada através de recordatório 24 horas coletado antes de cada teste, seguindo as orientações propostas por Cintra et al. (1997). A ingestão calórica, de macronutrientes e fibras no dia anterior aos quatro experimentos foram determinadas utilizando-se o *software Dietpro5t*[®]. Estas análises foram realizadas por uma nutricionista.

Protocolo dos ensaios experimentais

Cada avaliado chegou ao laboratório entre 6 e 9 h da manhã, após jejum de 10 a 12 h. Todos os ensaios experimentais ocorreram no mesmo horário do dia, para cada voluntário, a fim de evitar variações circadianas. O esquema ilustrativo do protocolo adotado no estudo está representado na Figura 1. Assim que chegavam ao laboratório,

os avaliados recebiam um café da manhã contendo 1 g carboidrato.kg⁻¹ peso (443,5 ± 51,6 kcal, 71,5 ± 8,3 g carboidrato, 13,3 ± 1,6 g proteína, 11,6 ± 1,3 g de gordura e 2,3 ± 0,3 g fibra), composto de pão de forma branco, queijo mussarela, maçã e suco de uva. A composição nutricional do café da manhã foi semelhante à adotada em outros estudos que forneceram esta refeição 1 hora antes do exercício (Bennard & Doucet, 2006; Stannard, Constantini, & Miller, 2000).

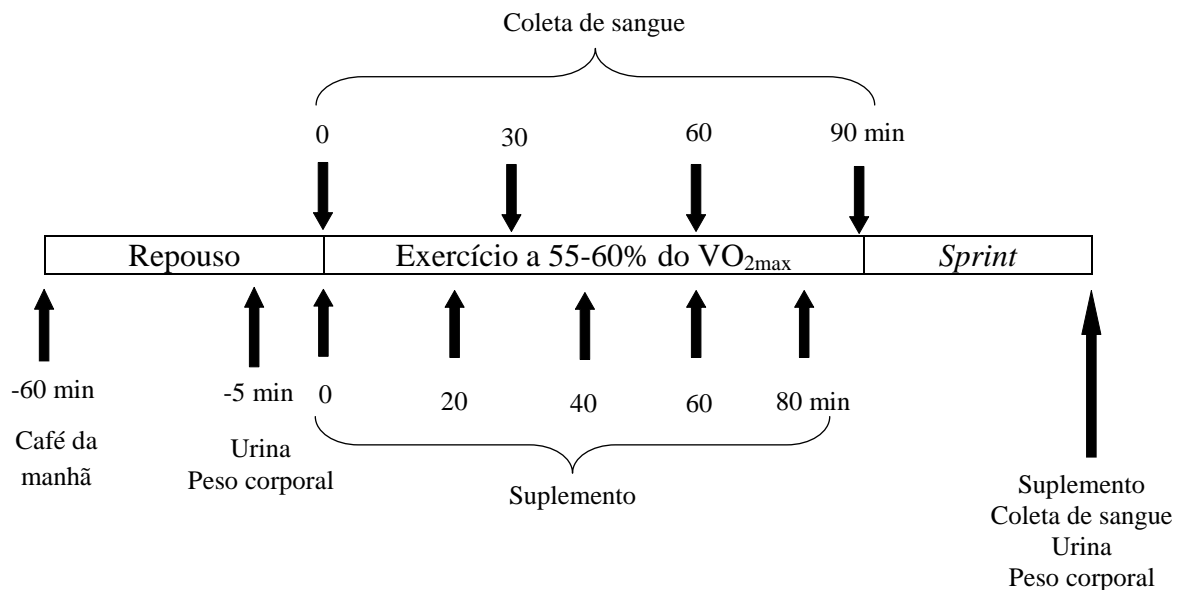


FIGURA 1 – Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo. Nota: PA = pressão arterial, FC = frequência cardíaca e IPE = índice de percepção de esforço.

Uma hora após a ingestão do café da manhã, cada avaliado forneceu uma amostra de urina, coletada em recipiente específico, para avaliação do estado de hidratação antes do exercício, através da gravidade específica da urina ou densidade da urina. Após a coleta de urina, os avaliados eram pesados com o mínimo de roupa possível, utilizando-se uma balança digital com acurácia de 50 g (Soehnle, modelo 7820,21, Asimed S.A., Barcelona, Espanha).

Em seguida, um enfermeiro introduzia um cateter jelco intravenoso n° 22 em uma veia do antebraço e afixava uma torneira de 3 vias, a qual era salinizada com solução fisiológica a 0,9% após cada coleta de sangue, a fim de evitar a coagulação do sangue e manter o acesso venoso, permitindo a realização das demais coletas durante o exercício. Antes de cada coleta de sangue, a solução salina era removida com seringa e descartada e aproximadamente 1 mL de sangue era retirado e descartado antes de ser obtida a amostra para análise.

Após a primeira coleta de sangue, os avaliados iniciaram os 90 minutos de exercício em cicloergômetro a uma intensidade de 55 a 60% do VO_{2max} . Ao início do exercício, a cada 30 minutos durante o exercício e ao final do *sprint*, uma amostra de sangue era coletada. Os avaliados ingeriam um dos três tipos de suplementos com água (pó para bebida esportiva diluído em água, gel + água ou barra + água) ou água pura, no início do exercício, a cada 20 minutos durante o exercício e ao final do *sprint*. A ingestão média de água foi a mesma para todos os tratamentos ($1295 \pm 157,7$ mL), assim como a ingestão de carboidrato ($75,5 \pm 9,2$ g). Ao final do *sprint* os avaliados eram orientados a esvaziarem a bexiga e coletarem toda a urina em coletor de urina graduado com capacidade de 2000 mL (Medic-Plast, São Paulo, Brasil). Em seguida, os avaliados eram novamente pesados sem nenhuma roupa.

Todos os testes experimentais foram realizados em condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar (UR) semelhantes ($22,6 \pm 0,8^{\circ}C$ e $72,3 \pm 5,5$ UR para o tratamento com água; $22,5 \pm 1,1^{\circ}C$ e $73,3 \pm 5,4$ UR para o tratamento com bebida; $22,2 \pm 1,2^{\circ}C$ e $73,0 \pm 5,3$ UR para o tratamento com gel e $22,3 \pm 0,8^{\circ}C$ e $72,9 \pm 6,3$ UR para o tratamento com barra).

Balanco hídrico e avaliação do estado de hidratação

Para avaliar o balanço hídrico e o estado de hidratação dos avaliados foi registrado o peso corporal antes e após o exercício, o volume urinário após o exercício e a densidade da urina antes e após o exercício, que era verificada por um refratômetro óptico (LF Equipamentos, modelo 107/3, São Paulo, Brasil), calibrado com água destilada a cada leitura.

O registro do peso corporal e do volume urinário permitiu o acompanhamento da desidratação do avaliado, por meio do cálculo da perda de peso (peso inicial – peso final), do percentual de perda de peso (perda de peso x 100 / peso inicial) e da sudorese total [(peso inicial + líquido ingerido) – (peso final + volume de urina produzida)]. Foi calculado também o percentual de retenção de líquidos [(quantidade de líquido ingerido – volume de urina produzida) x 100 / quantidade de líquido ingerido] (Osterberg et al., 2009).

Análises sanguíneas

As amostras de sangue (1 mL) eram coletadas em seringas e transferidas imediatamente para *eppendorfs*, de onde eram retirados 100 µL de sangue por meio de uma pipeta automática e injetados em um cartucho descartável de uso único. Em seguida, foram realizadas análises bioquímicas da concentração de glicose, hematócrito, hemoglobina, sódio e potássio em equipamento portátil de análise sanguínea (i-STAT, Abbott®, Illinois, Estados Unidos). Neste cartucho, a glicemia 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. O hematócrito é determinado por condutimetria. 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-STAT 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. A hemoglobina é determinada a partir do resultado do hematócrito, determinada da seguinte forma: hemoglobina (g/dL) = hematócrito (% PCV) x 0,34. 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.

Visando a integridade dos avaliados, só era permitida a realização dos testes experimentais caso os seguintes parâmetros sanguíneos estivessem nas faixas de normalidade propostas por Soares, Pasqualotto, Rosa e Leite (2002): glicose (60 a 110 mg/dL), sódio (137 a 145 mmol/L) e potássio (3,5 a 5,5 mmol/L).

Todos os materiais utilizados para extração de sangue foram descartáveis, sendo destinados em recipientes específicos para materiais biológicos, assegurando assim a preservação do meio ambiente.

Cálculos

A partir dos valores de hematócrito e hemoglobina foi calculado o percentual de variação do volume plasmático utilizando-se as equações propostas por Dill e Costill (1974):

VS após = VS antes (Hemoglobina antes / Hemoglobina após)

VE após = VS após (Hematócrito após)

VP após = VS após – VE após

Onde,

VS = volume sanguíneo

VE = volume de eritrócitos

VP = volume plasmático

Desta maneira, o percentual de variação do volume plasmático foi calculado por meio da seguinte fórmula: $\% \Delta VP = 100 (VP \text{ após} - VP \text{ antes}) / VP \text{ antes}$.

Análises Estatísticas

Os dados são apresentados como média \pm desvio-padrão. Antes de usar procedimentos estatísticos paramétricos, *Kolmogorov-Smirnov e Levene's Test* foram utilizados para verificar as suposições de normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Para identificar diferenças entre pontos específicos de tempo (antes x após exercício) foi utilizado o teste-t pareado. Para comparação entre os diferentes tratamentos, empregou-se na análise estatística o teste de *Anova One Way* com posterior aplicação *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, com posterior aplicação *post-hoc de Tukey HSD*. Considerou-se o valor de $p < 0,05$ para nível de significância. As análises estatísticas foram realizadas no software SPSS® 15 for Windows (Chicago, Illinois, Estados Unidos).

3. RESULTADOS

Balanço hídrico

Os parâmetros utilizados para avaliação do balanço hídrico e do estado de hidratação dos avaliados estão representados na Tabela 2. O peso corporal antes e após o exercício, a perda de peso, o % perda de peso, o volume de urina produzida durante o exercício, o % retenção de líquidos, a sudorese total e a densidade da urina antes e após o exercício não foram estatisticamente diferentes entre os quatro testes experimentais

($p > 0,05$). Em relação aos momentos antes e após o exercício, houve uma redução estatisticamente significativa ($p < 0,001$) do peso corporal após o exercício e um aumento significativo ($p < 0,05$) da densidade da urina para todos os tratamentos. Nenhum dos avaliados apresentou ganho de peso ao final do exercício. Dentre os 48 testes realizados, em apenas 3 deles (6,25%) os avaliados apresentaram perda de peso acima de 2% do peso corporal inicial.

TABELA 2: Média \pm desvio-padrão dos parâmetros relacionados ao balanço hídrico e estado de hidratação apresentados pelos participantes do estudo

	Água	Bebida	Gel	Barra
Peso corporal inicial (kg)	72,12 \pm 9,22	72,16 \pm 8,88	72,10 \pm 9,16	72,28 \pm 9,65
Peso corporal final (kg)	71,29 \pm 9,04*	71,44 \pm 8,87*	71,35 \pm 9,21*	71,45 \pm 9,59*
Perda de peso (kg)	0,82 \pm 0,44	0,72 \pm 0,48	0,75 \pm 0,57	0,83 \pm 0,46
% perda de peso	1,13 \pm 0,58	1,01 \pm 0,65	1,06 \pm 0,81	1,15 \pm 0,59
Volume de urina (L)	0,45 \pm 0,33	0,31 \pm 0,29	0,42 \pm 0,38	0,44 \pm 0,37
% retenção de líquidos	66,56 \pm 22,88	75,93 \pm 22,18	67,80 \pm 29,08	67,04 \pm 26,67
Sudorese total (L)	1,67 \pm 0,48	1,70 \pm 0,47	1,63 \pm 0,55	1,68 \pm 0,34
DU inicial (g.mL ⁻¹)	1,015 \pm 0,010	1,017 \pm 0,011	1,014 \pm 0,012	1,013 \pm 0,010
DU final (g.mL ⁻¹)	1,019 \pm 0,009 [§]	1,022 \pm 0,010 [§]	1,019 \pm 0,011 [§]	1,018 \pm 0,008 [§]

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

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

Nota: DU = densidade da urina

Parâmetros sanguíneos

As concentrações de sódio e potássio no repouso, durante o exercício a 55-60% do VO_{2max} e após o *sprint* estão representadas nas Figuras 2 e 3, respectivamente. As concentrações de repouso para sódio foram semelhantes entre todos os tratamentos. O mesmo ocorreu para as concentrações de repouso do potássio. As concentrações de sódio não mudaram significativamente durante os 90 minutos de exercício 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 137 mmol.L⁻¹) ou hipernatremia (concentração de sódio acima de 145 mmol.L⁻¹) em nenhum dos tempos avaliados.

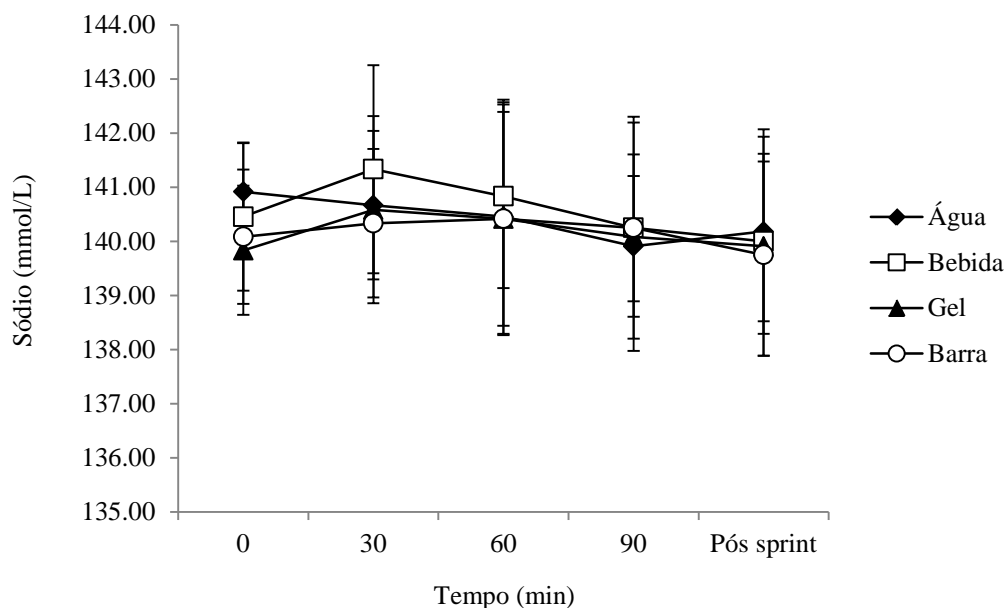


FIGURA 2 – Média \pm desvio-padrão das concentrações de sódio apresentadas nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra.

As concentrações de potássio foram significativamente maiores ($p < 0,05$) durante os 90 minutos de exercício a 55-60% do VO_{2max} e após o *sprint*, quando comparadas ao repouso para todos os tratamentos. Não foram observadas diferenças nas concentrações de potássio entre os tratamentos.

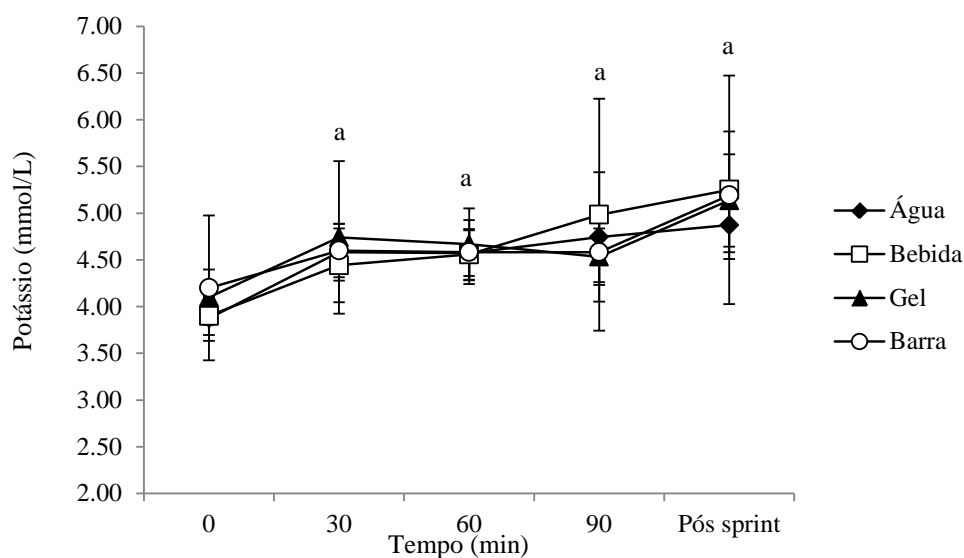


FIGURA 3 – Média \pm desvio-padrão das concentrações de potássio apresentadas nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. ^aConcentrações significativamente maiores ($p < 0,05$) comparadas ao repouso.

As variações percentuais do volume plasmático no repouso, durante o exercício a 55-60% do VO_{2max} e após o *sprint* estão representadas na Figura 4. Houve uma redução significativa do volume plasmático ($p<0,05$) durante os 90 minutos de exercício a 55-60% do VO_{2max} e após o *sprint* quando comparadas ao repouso para todos os tratamentos. As variações percentuais do volume plasmático se mantiveram estáveis ao longo dos 90 minutos de exercício e reduziram significativamente ($p<0,05$) após o *sprint* para todos os tratamentos. Não foram observadas diferenças nas variações percentuais do volume plasmático entre os tratamentos tanto no repouso, quanto nos 90 minutos de exercício e após o *sprint*.

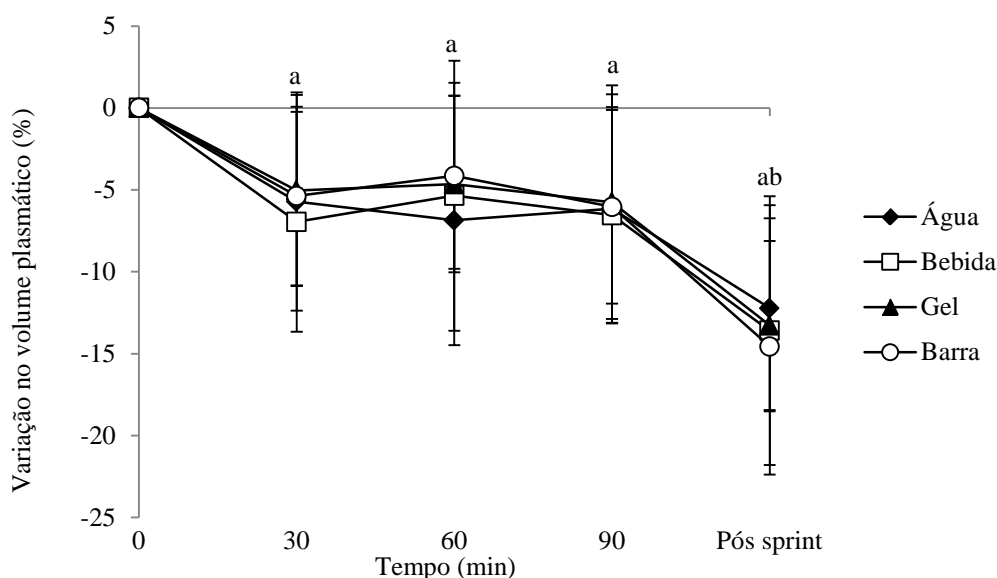


FIGURA 4 – Média \pm desvio-padrão das variações no volume plasmático apresentadas nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. ^a Percentuais significativamente menores ($p<0,05$) comparados ao repouso. ^b Percentuais significativamente menores ($p<0,05$) após o *sprint* comparados aos 30, 60 e 90 min de exercício.

As concentrações plasmáticas de glicose no repouso, durante o exercício a 55-60% do VO_{2max} e após o *sprint* estão representadas na Figuras 5. As concentrações plasmáticas de repouso para glicose foram semelhantes entre todos os tratamentos. As concentrações plasmáticas de glicose foram significativamente maiores ($p<0,001$) para todos os suplementos de carboidrato quando comparados com água em todos os momentos do exercício e após o *sprint*, não havendo diferenças entre os suplementos de carboidrato. Em todos os tratamentos, observou-se que as concentrações de glicose foram significativamente maiores ($p=0,022$) após o *sprint* quando comparadas ao

repouso. Nenhum dos avaliados apresentou concentração plasmática de glicose abaixo de 60 mg.dL^{-1} em algum momento do exercício. No tratamento com bebida, apenas 2 avaliados apresentaram concentração de glicose acima de 120 mg.dL^{-1} após o *sprint*. O mesmo ocorreu com apenas 1 avaliado no tratamento com gel e com nenhum avaliado nos demais tratamentos.

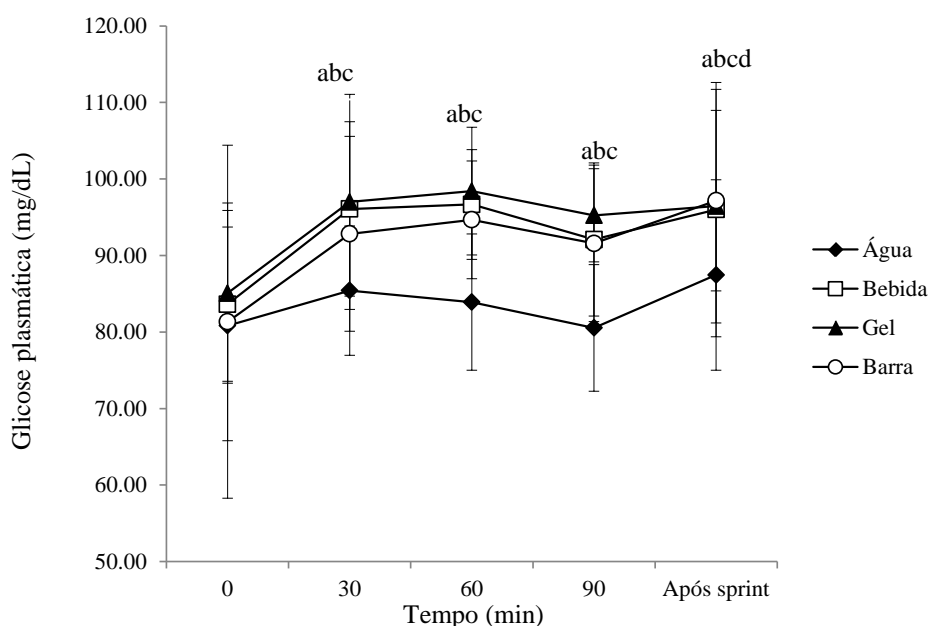


FIGURA 5 – Média \pm desvio-padrão da glicemia apresentada nos testes experimentais em que foi feita ingestão de água, bebida, gel e barra. ^aTratamento com bebida significativamente maior que água ($p < 0,001$). ^bTratamento com gel significativamente maior que água ($p < 0,001$). ^cTratamento com barra significativamente maior que água ($p < 0,001$). ^dApós o *sprint* todos os tratamentos significativamente maiores ($p = 0,022$) que no repouso.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar se suplementos de carboidrato nas formas de gel e barra, ingeridos concomitantemente com água, influenciam da mesma maneira que uma bebida esportiva, a reposição hídrica durante um exercício de longa duração em cicloergômetro. Em cada teste experimental, os participantes executaram 90 minutos de exercício e um *sprint* de 6 km na mesma intensidade, em condições ambientais semelhantes, utilizando o mesmo tipo de vestimenta e com o mesmo protocolo de hidratação. Todos os avaliados conseguiram realizar o exercício, não havendo nenhuma desistência parcial ou total.

O presente estudo demonstrou que, durante exercício de intensidade moderada, nas condições ambientais em que foram realizados ($22,40 \pm 0,97^{\circ}\text{C}$ e $72,90 \pm 5,45$ UR), a reposição hídrica com suplementos de carboidrato nas formas de gel e barra, ingeridos com água (3 mL.kg^{-1} peso antes do exercício, a cada 20 minutos ao longo do exercício e ao final do *sprint*), é semelhante à reposição com bebida esportiva que apresenta 6% de concentração de carboidrato. Um dos parâmetros que demonstrou esta semelhante reposição foi a perda de peso após o exercício que não se diferenciou ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 2). De acordo com Baker, Lang e Kenney (2009) a mudança no peso corporal 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 peso para obterem uma estimativa da produção de suor e do estado de hidratação.

Outros parâmetros utilizados para avaliar o balanço hídrico e o estado de hidratação (Tabela 2) foram sudorese total e densidade da urina, que também não se diferenciaram entre os tratamentos ($p > 0,05$). Como a ingestão de líquidos foi a mesma para todos os testes experimentais e o volume de urina produzida não se diferenciou, a retenção de líquidos, definida como a porcentagem de líquido ingerido que é retido para promover a hidratação, também foi semelhante entre os tratamentos ($p > 0,05$). A redução do volume plasmático (Figura 4) observada ao longo do exercício e sua queda significativa ($p < 0,05$) após o *sprint* revelam a desidratação provocada pelo exercício, que não se diferenciou entre os tratamentos ($p > 0,05$).

Até o momento, nenhum estudo comparou o efeito de bebida esportiva, gel + água e barra + água na reposição hídrica. Campbell, Prince, Braun, Applegate e Casazza (2008) foram os pioneiros a comparar o efeito de três diferentes formas de suplementos de carboidrato (bebida, gel + água e goma + água) com água pura durante um exercício em cicloergômetro a 75% do $\text{VO}_{2\text{max}}$ com duração de 80 minutos seguido por um *sprint* de 10 km. Os autores, assim como no presente estudo, também não observaram diferença na perda de peso após o exercício entre os tratamentos ($-0,3 \pm 0,2$ kg para goma, $-0,2 \pm 0,2$ kg para bebida, $-0,2 \pm 0,1$ kg para gel e $-0,3 \pm 0,1$ kg para água). Observa-se que a perda de peso encontrada por Campbell et al. (2008) foi menor que no presente estudo (Tabela 2), o que pode ter ocorrido em função da maior ingestão de água naquele estudo (7 mL.kg^{-1} imediatamente antes do exercício, $3,5 \text{ mL.kg}^{-1}$ a cada 20 minutos durante o exercício e 7 mL.kg^{-1} dentro de 15 minutos após o exercício) comparado a este (3 mL.kg^{-1} imediatamente antes do início do exercício e a cada 20

minutos ao longo do exercício, bem como após o final do *sprint*), já que os exercícios em ambos os estudos se realizaram em condições ambientais semelhantes e com duração muito próxima.

Outros autores também não encontraram diferença na perda de peso após o exercício quando compararam ingestão de gel (-1,8 kg) e bebida placebo (-1,7 kg) durante exercício intermitente com períodos de corrida intercalados por períodos de caminhada, seguido por uma corrida até a exaustão (Patterson & Gray, 2007). A diferença de perda de peso deste estudo em relação ao presente estudo pode ser devido ao tipo de exercício executado e à diferente ingestão de água (5 mL.kg⁻¹ peso antes do exercício e 2 mL.kg⁻¹ peso a cada 15 minutos durante o exercício), visto que as condições ambientais foram semelhantes.

Robergs et al. (1998) compararam os efeitos da ingestão de bebida esportiva, barra + água em quantidade equivalente à da bebida e barra + água *ad libitum* durante exercício de 120 minutos em cicloergômetro a 65% do VO_{2max} seguido por um *sprint* de 30 minutos a 90 rpm (rotações por minuto). Os autores constataram que os tratamentos geraram semelhante perda de peso (-0,9 kg) após o exercício, que o volume de urina produzido foi semelhante entre os tratamentos (324 ± 81 mL para bebida; 269 ± 79 mL para barra + água em quantidade equivalente a da bebida e 295 ± 98 mL para barra + água *ad libitum*) e que as variações percentuais no volume plasmático foram de aproximadamente -12% ao final do exercício, assim como no presente estudo, não se diferenciando entre os testes experimentais.

Osterberg et al. (2009) compararam o efeito de bebidas esportivas com diferentes concentrações de carboidrato na retenção de líquidos durante o período de recuperação após desidratação induzida por um exercício de 90 minutos a 70-75% do VO_{2max}. Os autores observaram que o percentual de retenção de líquidos foi significativamente menor para o placebo (p<0,001) comparado às bebidas com concentração de carboidrato de 3, 6 ou 12%, sem haver diferença entre estas bebidas. Apesar da diferença na retenção de líquidos, o peso corporal após o período de hidratação não se diferenciou entre os testes experimentais.

Rogers et al. (2005) verificaram se a redução da concentração de carboidrato de uma bebida esportiva de 6% para 3% influenciaria a absorção intestinal durante 85 minutos de exercício em cicloergômetro a 60% do VO_{2max} seguido por um *sprint* de 4,8 km. Os autores constataram que a absorção intestinal de água foi semelhante (p>0,05) entre as bebidas esportivas e o placebo. Assim como no presente estudo, houve uma

redução significativa do volume plasmático após o *sprint* para todos os tratamentos, sem diferença entre eles. Vale ressaltar que as condições ambientais e de exercício deste estudo foram semelhantes às do presente estudo.

De acordo com os parâmetros utilizados no presente estudo para avaliar o balanço hídrico e o estado de hidratação (Tabela 2), pôde-se estimar que diferenças nas taxas de esvaziamento gástrico e na absorção intestinal que possam ter ocorrido entre os suplementos nas formas de bebida, gel e barra, não influenciaram de forma significativa a reposição hídrica.

Considerando os valores de densidade da urina antes do exercício, em 25% dos testes experimentais os avaliados iniciaram o exercício hipohidratados (densidade da urina $> 1,020 \text{ g.mL}^{-1}$), segundo Casa et al. (2000). O fato de alguns avaliados apresentarem valores iniciais de densidade da urina que representam um estado de hipohidratação é um argumento que reforça a falta de aconselhamento desses indivíduos a respeito de estratégias efetivas de hidratação após treinos e competições, a fim de evitar um estado de hipohidratação crônica.

A média de densidade da urina para todos os tratamentos aumentou significativamente ($p < 0,05$) após o exercício (Tabela 2). Dentre os 48 testes realizados, em 39 (81,25%) houve aumento da densidade da urina e em 9 (18,75%) houve diminuição. Os índices urinários, como a densidade da urina, parecem identificar mudanças no *status* de desidratação mais acuradamente durante desidratação prolongada do que em desidratação aguda, como é o caso do presente estudo. Mudanças pequenas no peso corporal, como, por exemplo, 1% de desidratação, são mais adequadamente avaliadas por meio da osmolalidade plasmática. Com a ingestão aguda de líquidos, como ocorre no presente estudo, os rins não são capazes de regular efetivamente a absorção de água, promovendo excessiva filtração glomerular, mascarando, dessa forma, o real nível de desidratação dos atletas quando esse é avaliado por meio de índices urinários (Popowski et al., 2001).

Para alguns autores, a mudança no peso corporal é considerada um instrumento de maior acurácia na avaliação do estado de hidratação (Baker et al., 2009). Em relação aos momentos antes e após o exercício, houve uma redução estatisticamente significativa ($p < 0,001$) do peso corporal em todos os tratamentos. Todos os avaliados apresentaram perda de peso após o exercício, revelando a desidratação ocorrida ao longo do exercício. A média de redução do peso corporal para todos os tratamentos foi menor que 2%, quantidade que não afetaria o desempenho em exercícios aeróbicos

(Sawka et al., 2007). Porém, como a perda hídrica variou muito entre os indivíduos (0,32–1,81% para o tratamento com água, 0,18–1,89% para o tratamento com bebida, 0,06–2,51% para o tratamento com gel e 0,17–2,23% para o tratamento com barra), mesmo estando submetidos às mesmas condições ambientais e de exercício, é importante que a reposição hídrica seja planejada de acordo com as perdas hídricas individuais, visando repor totalmente os líquidos perdidos.

O posicionamento oficial do *American College of Sports Medicine* (Sawka et al., 2007) sobre exercício e reposição hídrica recomenda que o volume de líquidos a ser ingerido durante o exercício deve ser individual e calculado de acordo com a perda de suor. Os indivíduos devem monitorar as mudanças no peso corporal durante as sessões de treinamento e competições nas respectivas condições climáticas do local no qual realizam estas sessões para, dessa forma, estimarem suas perdas hídricas e calcularem a ingestão de líquidos adequada.

As concentrações plasmáticas de sódio (Figura 2) se mantiveram dentro dos valores de normalidade (137–142 mmol/L) (Soares et al., 2002), não se modificaram ao longo do exercício e após o *sprint* quando comparadas ao repouso e não se diferenciaram entre os tratamentos ($p > 0,05$). Vale ressaltar que todos os suplementos de carboidrato utilizados no presente estudo apresentavam sódio na sua composição, porém, no tratamento com água não houve ingestão de sódio. Resultados semelhantes foram encontrados por Campbell et al. (2008), que compararam bebida, gel, goma e água durante um exercício a 75% do VO_{2max} e também não observaram mudanças nas concentrações plasmáticas de sódio durante o exercício em relação ao repouso ou diferenças entre os tratamentos. Marins et al. (2003) observaram que duas bebidas carboidratadas contendo 22 mg e 4 mg de sódio por 100 mL também não foram capazes de alterar a resposta do sódio plasmático quando comparadas ao consumo de água mineral.

Os resultados demonstram que o conteúdo de sódio dos suplementos não influenciou as concentrações plasmáticas de sódio e que o exercício executado não gerou perdas consideráveis de suor ($1,67 \pm 0,48$ L para o tratamento com água; $1,70 \pm 0,47$ L para o tratamento com bebida; $1,63 \pm 0,55$ L para o tratamento com gel e $1,68 \pm 0,34$ L para o tratamento com barra) que pudessem levar a um estado de hiponatremia em nenhum dos avaliados. A adição de sódio aos suplementos é recomendada para auxiliar na reposição das perdas no suor, estimular a sede e a retenção dos líquidos consumidos (Marins et al., 2003). A hiponatremia ocorre, normalmente, quando grande

quantidade de suor é perdida durante o exercício, quando as perdas de sódio no suor são excessivas ou no caso de uma hiper-hidratação, ou seja, quando a quantidade de líquido consumido excede a taxa de suor (Sawka et al., 2007).

Em relação às concentrações plasmáticas de potássio (Figura 3), não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os tratamentos, porém, ao longo do exercício e após o *sprint*, as concentrações foram significativamente maiores ($p > 0,05$) comparadas ao repouso. 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 ao início do exercício, mas tende a se estabilizar em exercícios com intensidades abaixo de 100% do VO_{2max} (Hallen, 1996), fato que pôde ser observado durante os 90 minutos de exercício no presente estudo.

Nenhum dos avaliados apresentou hiponatremia, hipernatremia ou hipocalcemia durante o estudo. Apenas 1 avaliado apresentou hipercalcemia nos momentos 90 minutos e pós *sprint* no tratamento com bebida, 1 avaliado após o *sprint* no tratamento com gel e 2 avaliados após o *sprint* no tratamento com barra. Um estado de hipercalcemia pode provocar modificações na condução dos impulsos nervosos no músculo cardíaco (Armstrong et al., 2007; Clausen, 1998). A manutenção das concentrações de potássio é interessante para o rendimento no exercício, uma vez que o aumento destas concentrações pode estar relacionado à fadiga muscular (Paterson, 1996).

É possível estabelecer que as concentrações de minerais presentes nos suplementos consumidos durante 90 minutos de exercício não tendem a produzir nenhuma condição de superdosagem, não havendo assim risco biológico em seu consumo. Também é importante destacar que essas concentrações (Tabela 1) permitiram uma manutenção da homeostase mineral sem haver um risco de baixa plasmática dos níveis de normalidade o que também poderia interferir na resposta orgânica.

Os resultados mostraram que todas as formas de suplementos de carboidrato (bebida, gel e barra) foram igualmente eficientes em manter os níveis de glicose plasmática durante o exercício, e que estes níveis foram superiores aos do tratamento com água pura (Figura 5). Diversos estudos demonstraram a manutenção dos níveis de glicose plasmática com a ingestão de suplementos de carboidrato durante o exercício (Campbell et al., 2008; Febbraio, Chiu, Angus, Arkinstall, & Hawley, 2000; Ivy, Res, Sprague, & Widzer, 2003; Mason et al., 1993; Patterson & Gray, 2007; Pfeiffer et al.,

2010a, 2010b), sendo que dentre aqueles que compararam suplementos de carboidrato em diferentes formas físicas nenhum encontrou diferença nas concentrações plasmáticas de glicose entre os tratamentos.

Considerando as condições ambientais e de exercício propostas no presente estudo, é possível concluir que, quando as mesmas quantidades de carboidrato e volumes iguais de líquidos são ingeridos, suplementos de carboidrato nas formas de gel e barra geram reposição hídrica semelhante aos suplementos de carboidrato na forma de bebida. Portanto, suplementos de carboidratos nas formas de gel e barra, ingeridos com água, são tão eficazes quanto as bebidas para promover a hidratação, fornecendo aos atletas mais opções de reposição de líquidos e carboidrato durante o exercício.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Medical, A. (1988). Guides to the evaluation of permanent impairment.

Chicago: American Medical Association.

Anastasiou, C. A., Kavouras, S. A., Arnaoutis, G., Gioxari, A., Kollia, M., Botoula, E., et al. (2009). Sodium replacement and plasma sodium drop during exercise in the heat when fluid intake matches fluid loss. *J Athl Train, 44*(2), 117-123.

Armstrong, L. E., Casa, D. J., Millard-Stafford, M., Moran, D. S., Pyne, S. W., & Roberts, W. O. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Med Sci Sports Exerc, 39*(3), 556-572.

Baker, L. B., Lang, J. A., & Kenney, W. L. (2009). Change in body mass accurately and reliably predicts change in body water after endurance exercise. *Eur J Appl Physiol, 105*(6), 959-967.

Barr, S. I., Costill, D. L., & Fink, W. J. (1991). Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Med Sci Sports Exerc, 23*(7), 811-817.

Bennard, P., & Doucet, E. (2006). Acute effects of exercise timing and breakfast meal glycemic index on exercise-induced fat oxidation. *Appl Physiol Nutr Metab, 31*(5), 502-511.

- Bergmann, J. F., Chassany, O., Petit, A., Triki, R., Caulin, C., & Segrestaa, J. M. (1992). Correlation between echographic gastric emptying and appetite: influence of psyllium. *Gut*, 33(8), 1042-1043.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 14(5), 377-381.
- Campbell, C., Prince, D., Braun, M., Applegate, E., & Casazza, G. A. (2008). Carbohydrate-supplement form and exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 18(2), 179-190.
- Casa, D. J., Armstrong, L. E., Hillman, S. K., Montain, S. J., Reiff, R. V., Rich, B. S., et al. (2000). National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. *J Athl Train*, 35(2), 212-224.
- Casa, D. J., Clarkson, P. M., & Roberts, W. O. (2005). American College of Sports Medicine roundtable on hydration and physical activity: consensus statements. *Curr Sports Med Rep*, 4(3), 115-127.
- Cintra, I. P., Heyde, M., Shmitz, B., Franceschini, S. C. C., Taddei, J., & Sigulem, D. M. (1997). Métodos de inquéritos dietéticos. *Cad Nutr*, 13, 11-23.
- Clausen, T. (1998). Clinical and therapeutic significance of the Na⁺,K⁺ pump*. *Clin Sci (Lond)*, 95(1), 3-17.
- Dill, D. B., & Costill, D. L. (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J Appl Physiol*, 37(2), 247-248.
- Febbraio, M. A., Chiu, A., Angus, D. J., Arkinstall, M. J., & Hawley, J. A. (2000). Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *J Appl Physiol*, 89(6), 2220-2226.
- Fortney, S. M., Wenger, C. B., Bove, J. R., & Nadel, E. R. (1984). Effect of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. *J Appl Physiol*, 57(6), 1688-1695.
- Gisolfi, C. V., Lambert, G. P., & Summers, R. W. (2001). Intestinal fluid absorption during exercise: role of sport drink osmolality and [Na⁺]. *Med Sci Sports Exerc*, 33(6), 907-915.
- Hallen, J. (1996). K⁺ balance in humans during exercise. *Acta Physiol Scand*, 156(3), 279-286.
- Ivy, J. L., Res, P. T., Sprague, R. C., & Widzer, M. O. (2003). Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 13(3), 382-395.

- Loo, D. D., Zeuthen, T., Chandy, G., & Wright, E. M. (1996). Cotransport of water by the Na⁺/glucose cotransporter. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 93(23), 13367-13370.
- Lugo, M., Sherman, W. M., Wimer, G. S., & Garleb, K. (1993). Metabolic responses when different forms of carbohydrate energy are consumed during cycling. *Int J Sport Nutr*, 3(4), 398-407.
- Marins, J. C. B. (2011). Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral. *Várzea Paulista, SP: Fontoura*.
- Marins, J. C. B., Dantas, E. H. M., & Navarro, S. Z. (2000). Deshidratación y ejercicio físico. *Selección*, 9(3), 149-163.
- Marins, J. C. B., Dantas, E. H. M., & Navarro, S. Z. (2002). Diferentes tipos de hidratação durante o exercício prolongado e sua influência sobre o potássio plasmático. *Fitness and Performance Journal*, 1, 31-40.
- Marins, J. C. B., Dantas, E. H. M., & Navarro, S. Z. (2003). Diferentes tipos de hidratação durante o exercício prolongado e sua influência sobre o sódio plasmático. *Rev Bras Ciên Mov*, 11(1), 13-22.
- Mason, W. L., McConell, G., & Hargreaves, M. (1993). Carbohydrate ingestion during exercise: liquid vs solid feedings. *Med Sci Sports Exerc*, 25(8), 966-969.
- MCardle, W., Katch, F., & Katch, V. (2001). Fisiologia do Exercício: Nutrição e Desempenho Humano. *Rio de Janeiro: Guanabara*.
- Montain, S. J., & Coyle, E. F. (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol*, 73(4), 1340-1350.
- Nielsen, J. J., Mohr, M., Klarskov, C., Kristensen, M., Krstrup, P., Juel, C., et al. (2004). Effects of high-intensity intermittent training on potassium kinetics and performance in human skeletal muscle. *J Physiol*, 554(Pt 3), 857-870.
- Osterberg, K. L., Pallardy, S. E., Johnson, R. J., & Horswill, C. A. (2009). Carbohydrate exerts a mild influence on fluid retention following exercise-induced dehydration. *J Appl Physiol*, 108(2), 245-250.
- Paterson, D. J. (1996). Role of potassium in the regulation of systemic physiological function during exercise. *Acta Physiol Scand*, 156(3), 287-294.
- Patterson, S. D., & Gray, S. C. (2007). Carbohydrate-gel supplementation and endurance performance during intermittent high-intensity shuttle running. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 17(5), 445-455.

- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Zaltas, E., & Jeukendrup, A. E. (2010a). CHO oxidation from a CHO gel compared with a drink during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(11), 2038-2045.
- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Zaltas, E., & Jeukendrup, A. E. (2010b). Oxidation of solid versus liquid CHO sources during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(11), 2030-2037.
- Popowski, L. A., Oppliger, R. A., Patrick Lambert, G., Johnson, R. F., Kim Johnson, A., & Gisolf, C. V. (2001). Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 747-753.
- Rauch, H. G., Hawley, J. A., Woodey, M., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1999). Effects of ingesting a sports bar versus glucose polymer on substrate utilisation and ultra-endurance performance. *Int J Sports Med*, 20(4), 252-257.
- Robergs, R. A., McMinn, S. B., Mermier, C., Leadbetter, G., 3rd, Ruby, B., & Quinn, C. (1998). Blood glucose and glucoregulatory hormone responses to solid and liquid carbohydrate ingestion during exercise. *Int J Sport Nutr*, 8(1), 70-83.
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc*, 109(3), 509-527.
- Rogers, J., Summers, R. W., & Lambert, G. P. (2005). Gastric emptying and intestinal absorption of a low-carbohydrate sport drink during exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 15(3), 220-235.
- Ryan, A. J., Lambert, G. P., Shi, X., Chang, R. T., Summers, R. W., & Gisolfi, C. V. (1998). Effect of hypohydration on gastric emptying and intestinal absorption during exercise. *J Appl Physiol*, 84(5), 1581-1588.
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 377-390.
- Schulze, K. (2006). Imaging and modelling of digestion in the stomach and the duodenum. *Neurogastroenterol Motil*, 18(3), 172-183.
- Sechi, L. A., & Bartoli, E. (1996). Molecular mechanisms of insulin resistance in arterial hypertension. *Blood Press Suppl*, 1, 47-54.

- Silva, R. P., Altoé, J. L., & Marins, J. C. B. (2009). Relevância da temperatura e do esvaziamento gástrico de líquidos consumidos por praticantes de atividade física. *Rev Nutr*, 22(5), 755-765.
- Silva, R. P., Mundel, T., Altoé, J. L., Saldanha, M. R., Ferreira, F. G., & Marins, J. C. B. (2010). Preexercise urine specific gravity and fluid intake during one-hour running in a thermoneutral environment – a randomized cross-over study. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 464-471.
- Soares, J. L. M. F., Pasqualotto, A. C., Rosa, D. D., & Leite, V. R. (2002). Métodos diagnósticos: consulta rápida. *São Paulo: Artmed*.
- Stannard, S. R., Constantini, N. W., & Miller, J. C. (2000). The effect of glycemic index on plasma glucose and lactate levels during incremental exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 10(1), 51-61.
- Vincent, R., Roberts, A., Frier, M., Perkins, A. C., MacDonald, I. A., & Spiller, R. C. (1995). Effect of bran particle size on gastric emptying and small bowel transit in humans: a scintigraphic study. *Gut*, 37(2), 216-219.
- Vrijens, D. M., & Rehrer, N. J. (1999). Sodium-free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat. *J Appl Physiol*, 86(6), 1847-1851.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições ambientais e de exercício propostas no presente estudo, pôde-se observar que, possíveis diferenças nas taxas de esvaziamento gástrico e absorção intestinal, advindas do consumo de suplementos em diferentes formas físicas, não foram capazes de causar respostas fisiológicas distintas entre os tratamentos durante o exercício.

Suplementos de carboidrato nas formas de bebida, gel e barra, ingeridos nos mesmos momentos ao longo do exercício, com as mesmas quantidades de carboidrato e volumes iguais de líquidos, geraram respostas semelhantes no metabolismo, na oxidação, no desempenho e na reposição hídrica. Isto possibilitará mais opções aos usuários na escolha do suplemento de carboidrato a ser ingerido durante o exercício, de acordo com sua preferência, facilitando a ingestão de carboidrato nas quantidades adequadas.

As semelhantes oxidações de carboidrato obtidas em resposta aos tratamentos com suplementos de carboidrato comparados aos tratamentos com água pura sugerem que a ingestão de carboidrato durante o exercício nas quantidades recomendadas pela *American Dietetic Association*, *Dietitians of Canada* e *American College of Sports Medicine* pode ter reduzido a oxidação endógena de carboidrato, preservando as reservas corporais de carboidrato.

A diferença no tempo gasto para realizar o sprint entre os tratamentos com suplementos de carboidrato e água, não foi estatisticamente significativa, apesar de ser uma diferença que poderia decidir o resultado de uma competição. A ausência de diferença pode ter ocorrido em função da moderada intensidade do exercício, da menor distância percorrida durante o *sprint* ou devido ao consumo de refeição pré-exercício, que pode aumentar os estoques de glicogênio muscular.

Em muitos estudos, a realização do exercício ocorre em condições de jejum. No presente estudo, a oferta da refeição pré-exercício foi realizada a fim de simular condições pré-treino ou pré-competição, nas quais os praticantes não tem o hábito de permanecerem em jejum. A intensidade do exercício foi selecionada para se assemelhar a condições de treinamento de indivíduos ativos e não de atletas.

Foi observada uma redução estatisticamente significativa ($p < 0,001$) do peso corporal após o exercício, em todos os tratamentos. No entanto, a média de redução do peso corporal foi menor que 2%, quantidade que não afeta o desempenho em exercícios

aeróbicos. Como a perda hídrica variou muito entre os indivíduos, mesmo estando submetidos a semelhantes condições ambientais e de exercício, é importante que a estratégia de hidratação seja planejada de forma individual para garantir a manutenção da homeostase hídrica.

É importante destacar que as concentrações de minerais presentes nos suplementos consumidos durante o exercício permitiram uma manutenção da homeostase mineral sem haver um risco de alteração dos níveis plasmáticos de normalidade para sódio e potássio o que também poderia interferir na resposta orgânica.

A escolha dos suplementos de carboidrato para o consumo durante o treinamento e/ou competição pode ser variável e deve ser feita analisando um conjunto de fatores como a intensidade e a duração do exercício, a disponibilidade e praticidade para transportar e consumir o suplemento, bem como a preferência e tolerância gastrointestinal do indivíduo, para planejar a melhor forma de reposição energética.

Para pesquisas futuras sobre o assunto, sugere-se a condução de estudos que comparem a ingestão de diferentes formas físicas de suplementos de carboidratos em exercícios de maior intensidade e/ou duração, ou em outros tipos de exercício, visto que os resultados obtidos no presente estudo são para exercício em cicloergômetro, com intensidade moderada e duração de 90 minutos.

ANEXOS

ANEXO I

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

AVALIADO: _____

PAR-Q

SIM	NÃO	PERGUNTA
		1. O seu médico já lhe disse alguma vez que você apresenta um problema cardíaco e que somente deveria realizar atividade física recomendada por um médico?
		2. Você apresenta dor em seu tórax ao realizar atividade física?
		3. No mês passado você teve dor torácica quando não estava realizando atividade física?
		4. Você perde o equilíbrio em virtude de vertigem ou já perdeu a consciência?
		5. Você tem algum problema ósseo ou articular que poderia ser agravado por uma mudança em sua atividade?
		6. Atualmente seu médico está prescrevendo medicamentos (ex., pílulas diuréticas) para sua pressão arterial ou condição cardíaca?
		7. Você tem conhecimento de qualquer outra razão pela qual não deveria realizar atividade física?

Se você respondeu:

SIM A UMA OU MAIS PERGUNTAS	Se você não consultou seu médico recentemente, consulte-o por telefone ou pessoalmente, ANTES 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 SIM a este questionário conhecido como PAR-Q ou mostre a cópia deste questionário.
NÃO A TODAS AS PERGUNTAS	Se você respondeu este questionário corretamente, você pode ter uma razoável garantia de apresentar as condições adequadas para: 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.

SEXO [M] [F] – IDADE [____]

ANEXO II

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
Hereditari idade	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
Peso	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
Tabagismo	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
Exercício	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
% de colesterol ou gordura na dieta	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
Pressão arterial sistólica	Leitura superior = 100 1	Leitura superior = 120 2	Leitura superior = 140 3	Leitura superior = 160 4	Leitura superior = 180 6	Leitura superior = 200 ou maior 8
Sexo	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; *Ingesta 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.

Soma dos pontos = _____

TABELA DE RISCO RELATIVO

Escore	Categoria de Risco Relativo
06-11	Risco bem abaixo da média
12-17	Risco abaixo da média
18-24	Risco médio
25-31	Risco moderado
32-40	Alto risco
41-62	Risco muito alto, consultar seu médico

ANEXO III

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 fisiológicos da “reposição energética” com carboidratos na forma sólida, líquida e em gel durante exercício físico moderado. Sou sabedor que este esforço será realizado 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 nenhuma 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 Letícia Gonçalves Pereira e orientação do prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins”

Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins
Orientador

Letícia Gonçalves Pereira
Mestranda/Responsável

Voluntário