



USO DE TAMPÕES EM CONTEXTOS ESPECÍFICOS: ATLETAS MULHERES ALTAMENTE TREINADAS, CONDIÇÕES AMBIENTAIS EXTREMAS, E AGENTES TAMPÕES COMBINADOS

(Publicado: outubro de 2023/ **Amelia J. Carr, Ph.D¹, Alannah K.A. McKay, Ph.D², Louise M. Burke, Ph.D², Ella S. Smith, MSc², Charles S. Urwin, Ph.D¹, Lilia Convit, BSc¹, William T. Jardine, BSc¹, Monica Kelly, BSc¹, Bryan Saunders, Ph.D³**

1: Universidade Deakin, Centro de Pesquisas em Esportes, Melbourne, Victoria, Austrália

2: Universidade Católica Australiana, Instituto Mary MacKillop para Pesquisas em Saúde, Melbourne, Victoria, Austrália

3: Universidade de São Paulo, Fisiologia Aplicada & Grupo de Pesquisas em Nutrição, São Paulo, Brasil

PONTOS-CHAVE:

- Há um uso generalizado de agentes tampões entre os atletas, e o conjunto atual de evidências científicas indica que há um possível benefício à performance relacionado ao bicarbonato de sódio, ao citrato de sódio e à beta-alanina.
- No entanto, as evidências que respaldam a eficácia dos agentes tampões para a performance de atletas em contextos reais são de certa forma limitadas: especificamente em relação às atletas do sexo feminino altamente treinadas; em condições ambientais extremas (como, altitude e calor); e em relação ao uso combinado de agentes tampões.
- Benefícios à performance foram relatados em apenas 21% dos estudos existentes com atletas mulheres altamente treinadas, 22% dos estudos em ambientes extremos, e 9% dos estudos com o uso de agentes tampões combinados. Porém as evidências atuais são limitadas devido a um pequeno número de estudos (um total de 58 estudos; 29 com mulheres, 18 em condições ambientais extremas, e 11 com a utilização de agentes tampões combinados).
- Desta forma, recomenda-se que as pesquisas futuras foquem i) em estudos com mulheres altamente treinadas, que incluam a quantificação sobre o estado menstrual, ii) em estudos com tampões conduzidos em altitude com testes de performance simulando eventos competitivos reais e iii) na utilização de diversas combinações de agentes tampões pelos participantes das pesquisas, sendo esses participantes altamente treinados e de elite.
- Para se desenvolver protocolos de tamponamento para atletas de maneira individual, recomenda-se que seja utilizada uma abordagem sistemática e em etapas – que identifique oportunidades para a suplementação concomitante com outros produtos embasados cientificamente, quantifique a capacidade tamponante, os sintomas gastrointestinais, e outros efeitos colaterais sempre que possível, e que otimize fatores moderadores importantes, incluindo a dose, o momento do consumo, a duração do exercício e a intensidade.

LEITURA RECOMENDADA

Julho de 2018 SSE #181: O Conceito de “Força Crítica” e Performance em Exercício de Alta Intensidade

Agosto de 2018 SSE #184: A Dependência da Ingestão de Carboidratos como Fonte de Energia para a Performance de Alta-intensidade, em Endurance

Agosto de 2018 SSE #185: Questões Práticas da Utilização com Base em Evidências de Suplementos para a Performance: interações entre suplementos e utilização repetitiva

INTRODUÇÃO

A recente declaração de consenso do Comitê Olímpico Internacional (COI) sobre os suplementos nutricionais reconheceu o uso disseminado de agentes tampões pelos atletas e relatou que para dois destes agentes, o bicarbonato de sódio e a beta-alanina, há evidências científicas para efeitos benéficos à performance em esportes e eventos específicos (por exemplo, na corrida de 400 m, prova de natação de 100 m, e alguns esportes coletivos) (Maughan et al., 2018). Há também cada vez mais evidências de que outros suplementos tampões, como o citrato de sódio, possam se mostrar eficazes na melhora da performance durante eventos semelhantes (Oliveira et al., 2022). O bicarbonato de sódio e o citrato

de sódio funcionam melhorando a capacidade tamponante extracelular (concentração sanguínea de bicarbonato [HCO₃⁻] e o pH), enquanto o mecanismo de ação essencial da ingestão da beta-alanina é aumentar a carnosina muscular (Saunders et al., 2017). Recomendações com bases científicas foram estabelecidas para cada um destes suplementos, e focam na dose e no momento de consumo do suplemento, e na duração e intensidade dos exercícios que irão mais provavelmente se beneficiar destes suplementos. As recomendações sugerem atualmente que o bicarbonato de sódio seja consumido em dosagem aguda e/ou fracionada de 0,2 – 0,4 g/kg, 60 – 150 minutos antes do exercício, e que a beta-alanina seja ingerida de maneira crônica com doses variando

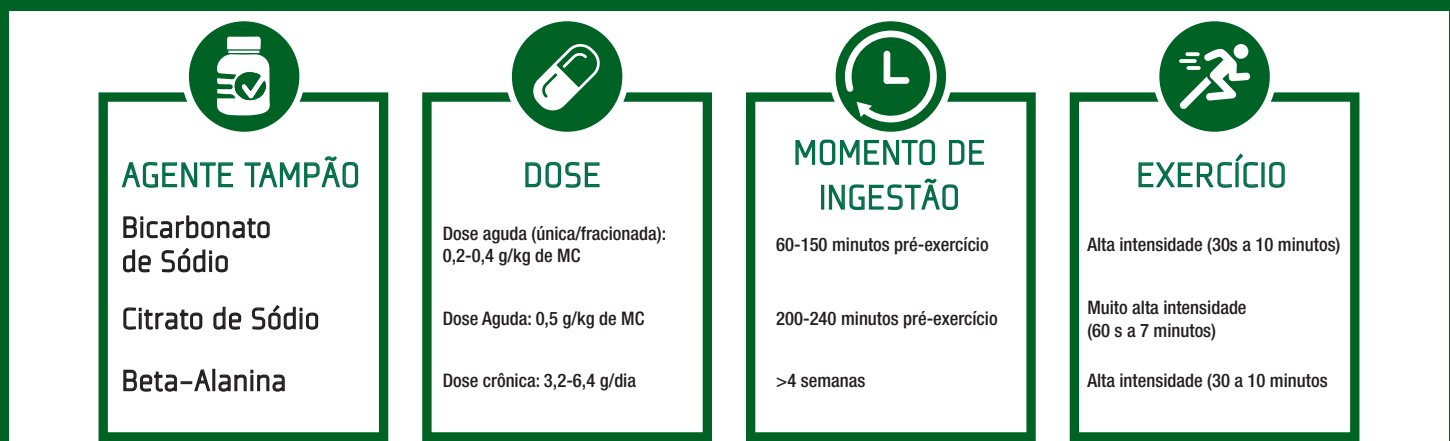


Figura 1: Recomendações atuais para os agentes tampões (Maughan et al., 2018; Urwin et al., 2021)

de 3,2 – 6,4 g/dia por pelo menos quatro semanas, e que o citrato de sódio seja consumido em dosagem aguda de 0,5 g/kg, 200 – 240 minutos antes do exercício (Figura 1) (Maughan et al., 2018; Urwin et al., 2021). As recomendações atuais afirmam que o bicarbonato de sódio e a beta-alanina são mais efetivos para a performance em exercícios com até 10 minutos de duração, e que o citrato de sódio é mais efetivo para exercícios com duração de até 7 minutos.

Um volume substancial de pesquisas científicas sobre os agentes tampões foi concluído, tendo início na década de 30 (Dennig et al., 1931; Dill et al., 1932), no entanto, é desafiador se determinar objetivamente como estes achados de pesquisas podem ser traduzidos para as práticas reais específicas de atletas bem treinados. Mais especificamente, a utilização de agentes tampões pelas atletas mulheres altamente treinadas (Smith et al., 2022), em condições ambientais extremas (por exemplo, treinar e/ou competir em condições ambientais quentes; >25 °C, ou em altitude >1400 m) (Cerullo et al., 2020; Guy et al., 2015; Mujika et al., 2019; Stellingwerff et al., 2019), e a utilização de combinações de agentes tampões (Burke, 2017; Saunders et al., 2017) foram investigadas apenas até certo ponto. O objetivo deste artigo do Sport Science Exchange (SSE) é fornecer informações relevantes à performance como apoio aos profissionais da saúde e treinadores, fornecendo uma avaliação prática das evidências sobre os agentes tampões. Adicionalmente, o artigo fornece um guia prático mais amplo para auxiliar os profissionais que procuram implementar um protocolo de consumo de agentes tampões com bases científicas, e que também considere a utilização de outros suplementos nutricionais pelos atletas e a possibilidade de sintomas gastrointestinais e outros efeitos colaterais na utilização destes agentes.

REVISÃO DAS PESQUISAS SOBRE TAMPONAMENTO

Estudos que focaram em agentes tampões foram avaliados em três contextos distintos: atletas do sexo feminino altamente treinadas, condições ambientais extremas, e agentes tampões combinados. Foi utilizado um método de análise que tinha especificamente como meta a possível tradução dos achados para a prática de atletas de alta performance, ao invés

de populações ativas de maneira recreativa, ou com bom condicionamento. Os métodos de análise compreendiam três níveis:

Variáveis moderadoras (dose e momento de ingestão do suplemento, e testes de duração e intensidade do exercício) que são fatores que podem influenciar as respostas dos atletas aos agentes tampões, como determinado pelas revisões anteriores da literatura (Oliveira et al., 2022; Saunders et al., 2022; Urwin et al., 2021). Para as variáveis moderadoras, utilizamos um sistema do tipo “luzes de semáforo” para indicar a proporção dos estudos que foram consistentes com as recomendações embasadas cientificamente. O sistema “luzes de semáforo” indicou se o número de estudos que estavam consistentes foi baixo ($\leq 40\%$; vermelho), moderado ($> 40\%$; $< 80\%$; amarelo), ou alto ($\geq 80\%$; verde) (**Tabela 1**).

Fatores relacionados ao desenho dos estudos (por exemplo, utilização de desenho utilizando grupos cruzados (crossover) ou emparelhados, ensaios com familiarização, padronização nutricional pré-teste, testes de performance que foram representativos das demandas competitivas reais dos atletas) que podem melhorar a tradução dos achados das pesquisas para os contextos reais (Betts et al., 2020; Close et al., 2019), e a quantificação dos sintomas gastrointestinais (para o bicarbonato de sódio e o citrato de sódio) e de outros efeitos colaterais (por exemplo, parestesia após suplementação com beta-alanina) (Breitkreutz et al., 2007; Liu et al., 2012; Saunders et al., 2014). O sistema do tipo “luzes de semáforo” também foi utilizado para indicar a proporção de estudos que implementou os fatores requisitados em relação ao desenho (**Tabela 1**).

Além de fatores específicos aos atletas (recrutamento de atletas altamente treinados, ou ao menos com nível nacional/calibre atlético “Tier 3”, como definido por McKay et al., 2022), participantes das pesquisas que sejam atletas, medidas da maior capacidade tamponante, e melhoras relatadas nos testes de performance que repliquem eventos competitivos semelhantes aos contextos reais destes atletas (Close et al., 2019; Harris et al., 2006; McKay et al., 2022; Oliveira et al., 2022). Foram utilizados diagramas de Venn para indicar a proporção de estudos que atenderam os requisitos para cada um destes fatores, e a interação entre eles (**Figuras 2, 3 e 4**).

	Estudos com Mulheres			Ambientes Extremos		Tampões Combinados	
	Bicarbonato de Sódio (13 estudos)	B-Alanina (14 estudos)	Citrato de Sódio (2 estudos)	Altas Temperaturas (5 estudos)	Altitude (13 estudos)	B-A e B (10 estudos)	B e C (1 estudo)
Variáveis moderadoras							
Dose do suplemento	92%	79%	0% ✓	20%	77% ✓	80%	0% ✓
Momento da ingestão do suplemento	77%	79%	0% ✓	0%	54% ✓	80%	0% ✓
Duração do exercício	77%	64%	100% ✓	40%	85% ✓	100%	100% ✓
Intensidade do exercício	62%	71%	50% ✓	40%	77% ✓	80%	0% ✓
Fatores relacionados ao desenho do estudo							
Controle do ciclo menstrual?	0%	0%	0% ✗	N/A	N/A	N/A	N/A
Desenho do estudo apropriado?	62%	50%	100% ✓	100%	69% ✓	90%	0% ✓
Padronização das refeições pré-ensaio?	8%	57%	50% ✗	20%	0% ✗	30%	0% ✗
Quantificação de SGI/efeitos colaterais?	31%	29%	50% ✗	60%	15% ✗	40%	0% ✗
✗ $\leq 40\%$ dos estudos inclusos ✓ $>40\%$ dos estudos inclusos ✓ $\geq 80\%$ dos estudos inclusos							

Tabela 1: Estudos com agentes tampões em mulheres (n=29), ambientes extremos (n=18), agentes tampões combinados (n=11). Os estudos foram analisados para fatores moderadores (duração e momento da ingestão do suplemento, e a duração e intensidade do teste de exercício), e fatores relacionados ao desenho do estudo (controle do ciclo menstrual, desenho apropriado do estudo, padronização das refeições anteriormente ao ensaio, e quantificação dos efeitos colaterais). Os estudos foram avaliados utilizando um sistema do tipo “luzes de semáforo”, que indicaram se os estudos utilizaram variáveis moderadoras e fatores relacionados ao desenho do estudo apropriados, classificando a adequação em um nível baixo ($\leq 40\%$; vermelho), moderado ($> 40\%$; $< 80\%$; amarelo), ou alto ($\geq 80\%$; verde). A utilização dos símbolos amarelos e verdes e dos “x” vermelhos indicaram a porcentagem média de estudos relevantes, em relação ao número de estudos. O termo “Sintomas Gastrointestinais” é abreviado para SGI; B-A e B representa a suplementação combinada de beta-alanina e bicarbonato de sódio, e B e C representa a combinação de bicarbonato de sódio e citrato de sódio.

Atletas Do Sexo Feminino Altamente Treinadas

A eficácia dos agentes tampões, específica às mulheres, é relevante, já que a utilização de suplementos pelas atletas do sexo feminino em diferentes esportes é semelhante (Sundgot-Borgen et al., 2003) e, em alguns casos, maior (57% de mulheres comparado a 47% homens, Sobal et al., 1994) do que a dos homens. Apesar disso, apenas 4% dos estudos com bicarbonato de sódio e 8% de todos os estudos com beta-alanina incluíram populações de pesquisa formadas apenas por mulheres (Smith et al., 2022). Adicionalmente, em uma recente revisão da literatura sobre o citrato de sódio, apenas dois dos 33 estudos revisados (6%) investigaram respostas específicas das mulheres ao suplemento (Urwin et al., 2021). Os efeitos dos agentes tampões podem diferir entre atletas homens e mulheres, devido à menor quantidade de massa muscular e número de fibras musculares do tipo II em mulheres, o que pode levar à capacidade reduzida de glicólise e menor acúmulo de íons de hidrogênio [H⁺], ou de lactato [La⁻] (Green et al., 1984; Hegge et al., 2016; Janssen et al., 2000; Porter et al., 2002; Russ et al., 2005). Há também um possível impacto do estado menstrual e da utilização de contraceptivos hormonais na performance do exercício em mulheres (Elliott-Sale et al., 2020; McNulty et al., 2020), que podem interagir com os efeitos dos agentes tampões. Essa possível interação do estrógeno e da progesterona com a eficácia dos agentes tampões foi pouco considerada até o momento, com apenas 4% e 6% dos estudos que incluíram participantes mulheres examinando o bicarbonato de sódio e a beta-alanina, respectivamente, considerando o estado menstrual (Elliott-Sale et al., 2021).

Em todos os estudos sobre agentes tampões com atletas do sexo feminino altamente treinadas (n=29), apenas 21% relataram benefícios de performance em testes de exercício que representaram esforços de performance semelhantes aos reais (por exemplo, testes de tempo de corrida e ciclismo, testes realizados em campo replicando esportes coletivos, **(Figura 2)**). Houve um benefício de performance relatado em 38% dos estudos com atletas mulheres utilizando bicarbonato de sódio, em nenhum dos estudos realizados com citrato de sódio, e em 7% dos estudos com beta-alanina. Na literatura sobre o bicarbonato de sódio, uma alta porcentagem (92%) dos estudos utilizou doses que demonstraram benefícios à performance. Mais de um terço dos estudos (38%) utilizaram testes de exercício que não apresentaram uma intensidade provável de ser aprimorada com agentes tampões devido à falta de alterações acidobásicas. Para os estudos com citrato de sódio, houve poucas oportunidades para identificar os benefícios de performance, dado ao pequeno número de estudos (n=2), dos quais nenhum utilizou uma dose de suplementação, ou momento de ingestão, consistente com as orientações com bases científicas para este suplemento (**Tabela 1**) (Maughan et al., 2018). Nenhum dos estudos revisados investigando os agentes tampões em mulheres quantificou adequadamente os fatores relacionados ao ciclo menstrual (**Tabela 1**). Mais informações sobre os efeitos de performance nas atletas do sexo feminino altamente treinadas poderiam ser elucidadas em pesquisas futuras que foquem em estudos com citrato de sódio, devido a sua raridade, e estudos com classificação e com controle do estado menstrual adequados.

Condições Ambientais Extremas

Muitos eventos internacionais importantes (por exemplo, Campeonatos Mundiais, os Jogos Olímpicos) são realizados em condições com altas temperaturas e/ou de hipóxia, criando cenários desafiadores para atletas (Guy et al., 2015). Treinar e competir em eventos de endurance (resistência) pode ser uma atividade consideravelmente prejudicada em condições ambientais quentes (> 25°C) devido às respostas fisiológicas corporais agudas, como o volume plasmático reduzido (McDermott et al., 2017) e uma maior dependência do metabolismo anaeróbico, em comparação a exercícios equivalentes realizados em condições ambientais frias ou temperadas. Isso leva a um maior acúmulo de La⁻ e H⁺ (Febbraio, 2001).

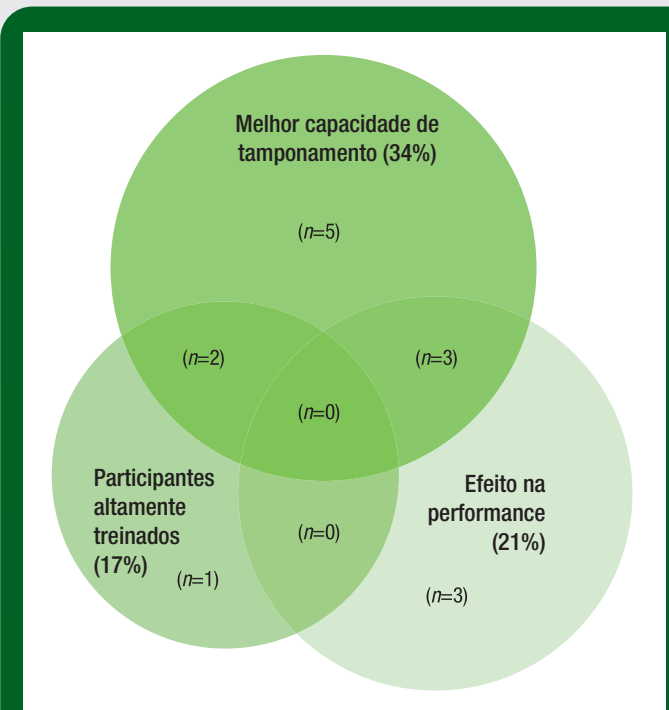


Figura 2: agentes tampões em mulheres. Inclusos n= 29 estudos (13 estudos com bicarbonato de sódio, 2 estudos com citrato de sódio, e 14 estudos com beta-alanina). O número de estudos que apresentou participação de indivíduos altamente treinados, evidência de benefícios à performance, ou uma melhor capacidade de tamponamento, e a sobreposição dessas características estão indicados acima. Houve 15 estudos que não apresentaram nenhum destes três elementos.

Enquanto isso, treinos em condições hipóxicas (≥ 1400 m) são realizados por atletas com certa frequência ao se prepararem para competições (tanto em altitude quanto no nível do mar), já que a exposição a ambientes com baixa concentração de oxigênio pode gerar respostas fisiológicas ligadas a uma exposição crônica à menor disponibilidade de oxigênio, incluindo maior massa de hemoglobina e consumo máximo de oxigênio (Mujika et al., 2019). Adicionalmente, a maior liberação de noradrenalina pelo sistema nervoso simpático pode facilitar uma maior dependência do metabolismo de glicose sanguínea e maior [La⁻] e [H⁺] durante exercícios submáximos, considerando que os atletas consigam manter seus ritmos de treino ou intensidades equivalentes ao nível do mar (Millet et al., 2010; Mujika et al., 2019). As respostas agudas documentadas para condições de calor e hipóxia, portanto, indicam que a suplementação com agentes tampões na fase aguda da exposição ao calor e/ou altitude pode melhorar a capacidade do atleta em manter a intensidade do treinamento.

Dos 18 estudos investigando os agentes tampões em condições ambientais extremas, houve cinco estudos com condições quentes (média \pm DP; temperatura ambiente $31,4 \pm 2,2^\circ\text{C}$ e umidade relativa $48,0 \pm 8,4\%$) e 13 estudos em condições de hipóxia (média \pm DP; elevação 3181 ± 1024 m). Destes estudos, apenas 22% relataram benefício à performance (três estudos em altitude e um estudo no calor) (Figura 3). Na literatura referente ao calor, 20% dos estudos utilizaram a dose de suplementação recomendada, nenhum dos estudos utilizou o momento recomendado de suplementação, 40% dos estudos usaram sessões de exercício com a duração e intensidade recomendadas. Contudo, foi perceptível que diversos estudos conduzidos em condições quentes focaram nos efeitos do bicarbonato de sódio e do citrato de sódio em relação ao estado de hidratação ao invés de quantificar a capacidade de tamponamento e a performance (Nelson et al., 2008; Suvi et al., 2018; Vaher et al., 2015), o que pode explicar a falta de consistência

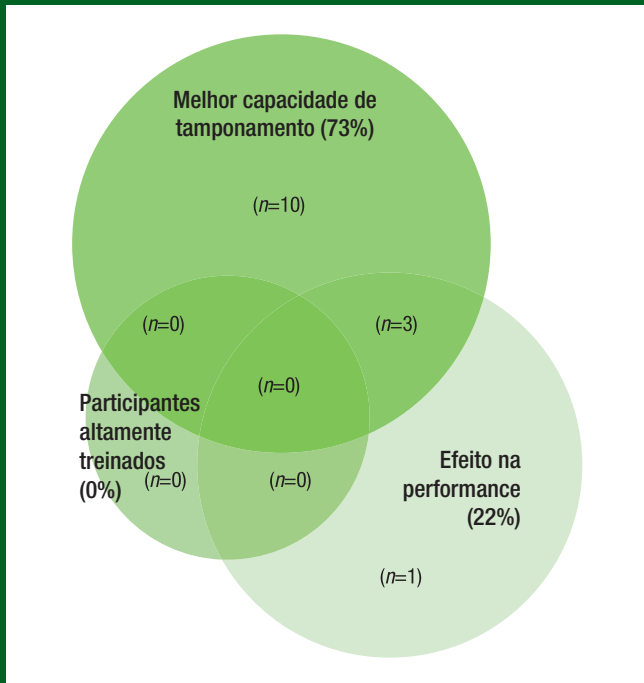


Figura 3: agentes tampões na altitude e no calor. Inclusive n= 18 estudos (13 estudos examinando o tamponamento em altitude, 5 estudos examinando o tamponamento no calor). O número de estudos que apresentou participantes altamente treinados, evidência de benefícios à performance, ou uma melhor capacidade de tamponamento, e a sobreposição dessas características estão indicados acima. Houve 4 estudos que não apresentaram nenhum destes três elementos.

das recomendações específicas ao tamponamento. Uma limitação comum dos estudos específicos ao calor foi a ausência de testes de familiarização (em 80% dos estudos incluídos). Nenhum estudo conduzido no calor recrutou atletas altamente treinados (nível nacional "Tier 3", ou superior, McKay et al., 2022), portanto, há atualmente muito pouca transferibilidade destes resultados de pesquisa aos esportes de alta performance. Entre os estudos conduzidos em altitude, 85% deles utilizaram uma duração de testes de exercício consistente com as diretrizes atuais baseadas em evidências com bases científicas (Maughan et al., 2018), apesar de haver limitações nas medidas de familiarização (inclusive em apenas 23% dos estudos), na padronização nutricional pré-teste, na quantificação dos sintomas gastrointestinais ou outros efeitos colaterais (15%) e testes de performance com relevância para os contextos reais (38%). O foco das futuras pesquisas no recrutamento de atletas altamente treinados para os estudos conduzidos em condições ambientais quentes e/ou de hipóxia pode aumentar a relevância dos achados científicos para os efeitos nas competições em esportes de alta performance. Uma maior relevância para contextos reais também pode ser alcançada pela condução de estudos científicos sobre agentes tampões realizados em menores altitudes mais comumente utilizadas por atletas (por exemplo, Font-Romeu, França (1.850 m), Colorado Springs, EUA (1.860 m) e Kunming, China (1.860 m)) para treinos em altitude (Millet et al., 2010).

Agentes Tampões Combinados

A utilização de produtos e suplementos combinados foi documentada em atletas (Erdman et al., 2007; Shaw et al., 2016). Na literatura publicada, uma das combinações de suplementos mais investigadas é a do bicarbonato de sódio com a beta-alanina (Burke, 2017;

Gilsanz et al., 2021; Saunders et al., 2017). Teoricamente, há uma possibilidade para efeito extra de tamponamento extracelular por meio de aumentos no pH sanguíneo e da $[HCO_3^-]$, e do tamponamento intracelular por meio do maior conteúdo de carnosina muscular em comparação com a utilização de qualquer dessas estratégias de maneira isolada. Há algumas evidências de que a suplementação combinada de beta-alanina com o bicarbonato de sódio pode desencadear maiores benefícios à performance (Gilsanz et al., 2021; Saunders et al., 2017), particularmente quando comparado com a ingestão de beta-alanina isoladamente.

Dos 11 estudos investigando a combinação de agentes tampões, 91% (10 estudos) exploraram a suplementação de bicarbonato de sódio e da beta-alanina, e um explorou a suplementação do bicarbonato de sódio e do citrato de sódio. Comparamos o efeito dos suplementos combinados aos suplementos de maneira isolada (em vez de placebo), para corresponder às opções que os atletas e treinadores podem encontrar ao se prepararem para eventos competitivos. Quando o efeito combinado da suplementação com beta-alanina e bicarbonato de sódio foi comparado com a beta-alanina de maneira isolada, uma melhora na performance foi relatada apenas em um estudo (Figura 4). Este resultado não foi explicado pela falha em incluir tipos de teste de exercício que mais provavelmente seriam influenciados positivamente pela suplementação, neste sentido, todos os estudos utilizaram exercícios com duração de 30 segundos a 10 minutos, e 73% utilizaram a alta intensidade de exercício recomendada. A baixa porcentagem de estudos que relatou uma melhora na performance poderia, no entanto, ser parcialmente explicada pelo fato de que examinamos os efeitos de performance apenas quando os testes de exercício foram relevantes à performance em contextos reais (8/11 estudos), e o fato de que apenas um dos estudos incluídos recrutou participantes altamente treinados. Para melhorar o conhecimento

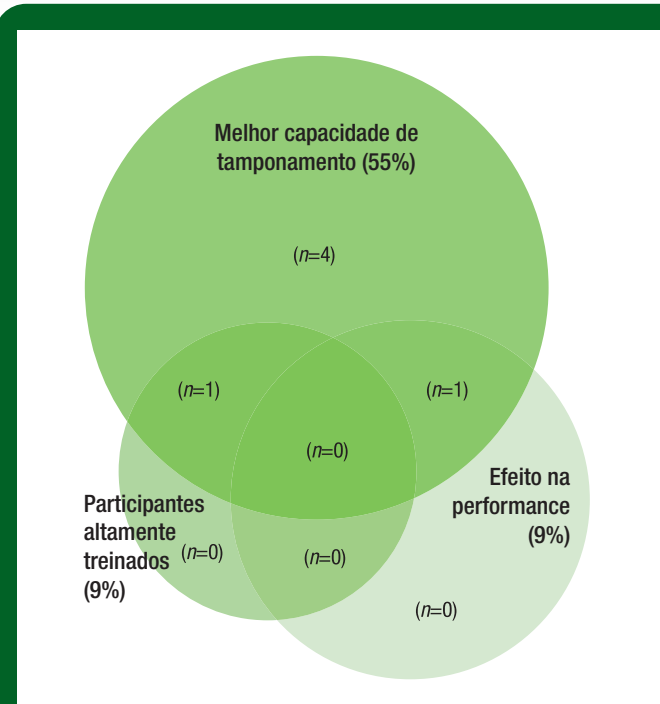


Figura 4: agentes tampões combinados. Inclusive n=11 estudos (10 estudos investigando o bicarbonato de sódio com a beta-alanina, e um estudo investigando o bicarbonato de sódio com o citrato de sódio). O número de estudos que apresentou participantes altamente treinados, evidência de benefícios à performance, ou uma melhor capacidade de tamponamento, e a sobreposição dessas características estão indicados acima. Houve cinco estudos que não apresentaram nenhum destes três elementos.

nesta área, é recomendado que a combinação de agentes tampões seja avaliada no contexto dos testes de performance que repliquem a performance em atividades semelhantes às reais, como os testes com corredores treinados conduzidos em pistas de corrida ao ar livre.

APLICAÇÕES PRÁTICAS

A importância de estratégias de suplementação que sejam específicas aos atletas, de maneira individual, foi enfatizada anteriormente na literatura (Maughan et al., 2018). Isso é particularmente relevante já que, como discutido nesta revisão e em estudos publicados, há uma escassez de considerações sobre contextos reais na literatura científica, e

possíveis impactos de fatores como diferenças entre os sexos, diferenças devido ao calibre atlético, a utilização de suplementos em ambientes extremos, e o uso combinado de agentes de tamponamento extra e intra celulares. Adicionalmente, as considerações relevantes incluem o possível uso de suplementos com bases científicas diferentes a dos agentes tampões (como a suplementação com creatina, ou nitrato) (Burke, 2021), e a ocorrência de sintomas gastrointestinais nos atletas (após a suplementação com bicarbonato de sódio e citrato de sódio) e outros efeitos colaterais (como parestesia após a suplementação com beta-alanina) (Breitkreutz et al., 2007; Liu et al., 2012; Saunders et al., 2014). Nós, portanto, fornecemos um resumo das evidências atuais nesta área, que temos aplicado para desenvolver estratégias de suplementação

Fase	Elementos Essenciais
Fase 1: Preparação	<p>Seleção do Atleta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Práticas de treinamento e nutricionais estabelecidas; melhorar conhecimento sobre nutrição quando possível. <p>Momento dos testes de suplementação</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tempo adequado disponível antes dos eventos competitivos importantes; estabelecer estratégia de tamponamento específica (isolada/combinada); • Documentação de detalhes relevantes das competições (realizado em condições ambientais quentes e/ou de hipóxia); • Testes com agentes tampões integrados à preparação do evento. <p>Controle das práticas de suplementação</p> <ul style="list-style-type: none"> • Documentação das práticas de suplementação atuais; • Identificação de oportunidades para suplementação concomitante com combinações embasadas cientificamente; • Remoção da suplementação concomitante com poucas evidências ou riscos de efeitos colaterais negativos. <p>Informações sobre o ciclo menstrual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer padrões de sintomatologia individuais associados com o estado menstrual.
Fase 2: Testes de Tamponamento Isolados	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar agentes tampões conforme o momento e doses com evidências científicas; • Quantificar sintomas gastrointestinais e outros efeitos colaterais; • Modificar a dose e o momento da suplementação conforme os valores embasados cientificamente; • Modificações adicionais conforme o necessário (como, doses fracionadas, comprimidos de liberação lenta, momento de pico individual e dosagem crônica para tampões extracelulares).
Fase 3: Testes de Tamponamento durante Treinamentos	<p>Estabelecer a duração e intensidade das sessões de treinamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleção das sessões de alta intensidade para o bicarbonato de sódio e beta-alanina; e sessões de muito alta intensidade para o citrato de sódio; periodização de acordo com carga crônica de beta-alanina se relevante; • Quantificação da capacidade tamponante para os ensaios com bicarbonato de sódio e citrato de sódio; • Quantificar a capacidade de treinamento durante as sessões de treinamento experimentais.
Fase 4: Testes de Tamponamento durante Corridas e Competições	<p>Ensaio em condições de corrida e competições</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantificar capacidade tamponante se possível; • Quantificar sintomas gastrointestinais e outros efeitos colaterais; • Quantificar a performance na corrida/competições.

Tabela 2: modelo proposto para o desenvolvimento de protocolos individuais de tamponamento para atletas se preparando para eventos de competições importantes, com base nos efeitos estabelecidos de fatores modificadores, de interpretação e específicos às atletas (Betts et al., 2020; Burke, 2017; Close et al., 2019; Elliott-Sale et al., 2021; Maughan et al., 2018; Saunders et al., 2017; Urwin et al., 2021)

com embasamento científico para atletas individualmente (**Tabela 2**).

RESUMO

Este artigo do SSE revisou as evidências científicas relevantes para o uso de agentes tampões pelos atletas, com considerações específicas a três cenários distintos: atletas mulheres, condições ambientais extremas, e a combinação de agentes tampões. Pelos estudos incluídos englobando os três cenários, apenas 19% dos estudos que consideraram os três agentes tampões relataram um benefício à performance, e apenas 10% recrutaram atletas altamente treinados. Esta baixa transferibilidade dos achados científicos às práticas reais dos atletas pode ser devido a fatores como o pequeno número de estudos utilizando citrato de sódio em mulheres (n=2), nenhum estudo que controle o estado menstrual, e o número limitado de estudos com beta-alanina utilizando testes de performance que repliquem os esforços de performances semelhantes aos contextos reais (n=3). É recomendado que pesquisas futuras com agentes tampões com atletas mulheres altamente treinadas que controlem, ou considerem o estado menstrual, e que repliquem as demandas reais em situações de altitude e calor, e as investigações sobre o uso de agentes tampões combinados utilizados pelos atletas altamente treinados abordem essas limitações. Em um contexto prático, recomenda-se que uma abordagem em etapas seja utilizada para desenvolver protocolos de tamponamento embasados cientificamente, e que considerem quatro fases (preparação, testes de tamponamento isolados, testes de tamponamento durante treinos, testes e tamponamento durante competições) para desenvolver um protocolo customizado para cada indivíduo que reduza a probabilidade de ocorrência de sintomas gastrointestinais e outros efeitos colaterais, e otimize fatores moderadores importantes como a dose e o momento da ingestão, além da duração e a intensidade do exercício.

Os autores são funcionários do Instituto Gatorade de Ciências dos Esportes, uma divisão da PepsiCo, departamento de P&D. Os pontos de vista expressos neste artigo são dos autores e não refletem necessariamente a posição, ou políticas da PepsiCo, Inc.

REFERÊNCIAS

- Betts, J.A., J. Gonzalez, L.M. Burke, G.L. Close, I. Garthe, L.J. James, A.E. Jeukendrup, J.P. Morton, D.C. Nieman, and P. Peeling (2020). PRESENT 2020: Text expanding on the checklist for proper reporting of evidence in sport and exercise nutrition trials. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 30:2-13.
- Breitkreutz, J., T.G. Gan, B. Schneider, and P. Kalisch (2007). Enteric-coated solid dosage forms containing sodium bicarbonate as a drug substance: an exception from the rule? *J. Pharm. Pharmacol.* 59:59-65.
- Burke, L.M. (2017). Practical issues in evidence-based use of performance supplements: supplement interactions, repeated use and individual responses. *Sports Med.* 47:79-100.
- Burke, L.M. (2021). Nutritional approaches to counter performance constraints in high-level sports competition. *Exp. Physiol.* 106:2304-2323.
- Cerullo, G., M. Parimbelli, S. Perna, M. Pecoraro, G. Liguori, M. Negro, and G. D'Antona (2020). Sodium citrate supplementation: An updated revision and practical recommendations on exercise performance, hydration status, and potential risks. *Transl. Sports Med.* 3:518-525.
- Close, G.L., A.M. Kasper, and J.P. Morton (2019). From paper to podium: quantifying the translational potential of performance nutrition research. *Sports Med.* 49:25-37.
- Dennig, H., J. Talbott, H. Edwards, and D. Dill (1931). Effect of acidosis and alkalosis upon capacity for work. *J. Clin. Invest.* 9:601-613.
- Dill, D., H. Edwards, and J. Talbot. (1932). Alkalosis and the capacity for work. *J Biol Chem* 97(1):58-59.
- Elliott-Sale, K.J., K.L. McNulty, P. Ansdell, S. Goodall, K.M. Hicks, K. Thomas, P.A. Swinton, and E. Dolan (2020). The effects of oral contraceptives on exercise performance in women: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 50:1785-1812.
- Elliott-Sale, K.J., C.L. Minahan, X.A.J. de Jonge, K.E. Ackerman, S. Sipilä, N.W. Constantini, C.M. Lebrun, and A.C. Hackney (2021). Methodological considerations for studies in sport and exercise science with women as participants: a working guide for standards of practice for research on women. *Sports Med.* 51:843-861.
- Erdman, K.A., T.S. Fung, P.K. Doyle-Baker, M.J. Verhoef, and R.A. Reimer (2007). Dietary supplementation of high-performance Canadian athletes by age and gender. *Clin. J. Sport Med.* 17:458-464.
- Febbraio, M.A. (2001). Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports Med.* 31:47-59.
- Gilsanz, L., J. López-Seoane, S. L. Jiménez, and H. Pareja-Galeano. (2023). Effect of β -alanine and sodium bicarbonate co-supplementation on the body's buffering capacity and sports performance: A systematic review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 63(21):5080-5093.
- Green, H.J., I. Fraser, and D. Ranney (1984). Male and female differences in enzyme activities of energy metabolism in vastus lateralis muscle. *J. Neurol. Sci.* 65:323-331.
- Guy, J., G. Deakin, A. Edwards, C. Miller, and D. Pyne (2015). Adaptation to hot environmental conditions: an exploration of the performance basis, procedures and future directions to optimise opportunities for elite athletes. *Sports Med.* 45:303-311.
- Harris, R.C., M. Tallon, M. Dunnett, L. Boobis, J. Coakley, H.J. Kim, J.L. Fallowfield, C. Hill, C. Sale, and J.A. Wise (2006). The absorption of orally supplied β -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids* 30:279-289.
- Hegge, A.M., E. Bucher, G. Ettema, O. Faude, H.-C. Holmberg, and Ø. Sandbakk (2016). Gender differences in power production, energetic capacity and efficiency of elite cross-country skiers during whole-body, upper-body, and arm poling. *Eur. J. Appl. Physiol.* 116:291-300.
- Janssen, I., S.B. Heymsfield, Z. Wang, and R. Ross (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *J. Appl. Physiol.* 89:81-88.
- Liu, Q., P. Sikand, C. Ma, Z. Tang, L. Han, Z. Li, S. Sun, R.H. LaMotte, and X. Dong (2012). Mechanisms of itch evoked by beta-alanine. *J. Neurosci.* 32:14532-14537.
- Maughan, R., L. Burke, J. Dvorak, D. Larson-Meyer, H. Geyer, R. Meeußen, L. van Loon, S. Shirreffs, L. Spriet, M. Stuart, A. Vernece, K. Currell, V. Ali, R. Budgett, A. Ljungqvist, M. Mountjoy, Y. Pitsiladis, T. Soligard, U. Erdener, and L. Engebretsen (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br. J. Sports Med.* 52:439-455.
- McDermott, B.P., S.A. Anderson, L.E. Armstrong, D.J. Casa, S.N. Cheuvront, L. Cooper, W.L. Kenney, F.G. O'Connor, and W.O. Roberts (2017). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *J. Athl. Train.* 52:877-895.
- McKay, A.K., T. Stellingwerff, E.S. Smith, D.T. Martin, I. Mujika, V.L. Goosey-Tolfrey, J. Sheppard, and L.M. Burke (2022). Defining training and performance caliber: a participant classification framework. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 17:317-331.
- McNulty, K.L., K.J. Elliott-Sale, E. Dolan, P.A. Swinton, P. Ansdell, S. Goodall, K. Thomas, and K. M. Hicks (2020). The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 50:1813-1827.
- Millet, G., B. Roels, L. Schmitt, X. Woorons, and J. Richalet (2010). Combining hypoxic methods for peak performance. *Sports Med.* 40:1-25.
- Mujika, I., A. Sharma, and T. Stellingwerff (2019). Contemporary periodization of altitude training for elite endurance athletes: a narrative review. *Sports Med.* 49:1651-1669.
- Nelson, M.D., L.A. Stuart-Hill, and G.G. Sleivert (2008). Hypervolemia and blood alkalinity: effect on physiological strain in a warm environment. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 3:501-515.
- Oliveira, L.F., E. Dolan, P.A. Swinton, K. Durkalec-Michalski, G.G. Artioli, L.R. McNaughton, and B. Saunders (2022). Extracellular buffering supplements to improve exercise capacity and performance: A comprehensive systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 52:505-526.
- Porter, M., S. Stuart, M. Boij, and J. Lexell (2002). Capillary supply of the tibialis anterior muscle in young, healthy, and moderately active men and women. *J. Appl. Physiol.* 92:1451-1457.
- Russ, D.W., I.R. Lanza, D. Rothman, and J.A. Kent-Braun (2005). Sex differences in glycolysis during brief, intense isometric contractions. *Muscle Nerve* 32:647-655.
- Saunders, B., C. Sale, R.C. Harris, and C. Sunderland (2014). Sodium bicarbonate and high-intensity-cycling capacity: variability in responses. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 9:627-632.
- Saunders, B., K. Elliott-Sale, G. Artioli, P. Swinton, E. Dolan, H. Roschel, C. Sale, and B. Gualano (2017). β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 51:658-669.
- Saunders, B., L.F. Oliveira, E. Dolan, K. Durkalec-Michalski, L. McNaughton, G.G. Artioli, and P.A. Swinton (2022). Sodium bicarbonate supplementation and the female athlete: A brief commentary with small scale systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Sport Sci.* 22:745-754.
- Shaw, G., G. Slater, and L.M. Burke (2016). Supplement use of elite Australian swimmers. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 26:249-258.
- Smith, E.S., A.K. McKay, M. Kuikman, K.E. Ackerman, R. Harris, K.J. Elliott-Sale, T. Stellingwerff, and L.M. Burke. (2022). Auditing the representation of female versus male athletes in sports

- science and sports medicine research: Evidence-based performance supplements. *Nutrients* 14:953.
- Sobal, J., and L.F. Marquart. (1994). Vitamin/mineral supplement use among athletes: a review of the literature. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 4:320-334.
- Stellingwerff, T., P. Peeling, L.A. Garvican-Lewis, R. Hall, A.E. Koivisto, I.A. Heikura, and L.M. Burke (2019). Nutrition and altitude: strategies to enhance adaptation, improve performance and maintain health: a narrative review. *Sports Med.* 49:169-184.
- Sundgot-Borgen, J., B. Berglund, and M.K. Torstveit (2003). Nutritional supplements in Norwegian elite athletes—impact of international ranking and advisors. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 13:138-144.
- Suvi, S., M. Mooses, S. Timpmann, L. Medijainen, D. Narõškina, E. Unt, and V. Õõpik (2018). Impact of sodium citrate ingestion during recovery after dehydrating exercise on rehydration and subsequent 40-km cycling time-trial performance in the heat. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 43:571-579.
- Urwin, C.S., R.J. Snow, D. Condo, R. Snipe, G.D. Wadley, and A.J. Carr (2021). Factors influencing blood alkalosis and other physiological responses, gastrointestinal symptoms, and exercise performance following sodium citrate supplementation: A review. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 31:168-186.
- Vaher, I., S. Timpmann, M. Aedma, and V. Õõpik (2015). Impact of acute sodium citrate ingestion on endurance running performance in a warm environment. *Eur. J. Appl. Physiol.* 115:813-823.