

# Comparação do efeito de beta alanina, bicarbonato de sódio e limão como agentes tamponantes entre ciclistas em exercício de alta intensidade

## Comparison of the effect of beta alanine, sodium bicarbonate and lemon as tamponant agents among high-intensity exercise cyclists

Ana Carolina Mazzetti Carbornar<sup>1</sup>, Milena de Paula Almeida<sup>1</sup>,  
Maria Patrícia Poruchenski Zilse<sup>1</sup>, Dalton Luiz Schiessel<sup>2</sup>,  
Angelica Rocha de Freitas Melhem<sup>3</sup>, Stephane Janaina de Moura Escobar<sup>4</sup>,  
Mariana Abe Vicente Cavagnari<sup>5</sup>, Gabriela Datsch Bennemann<sup>6</sup>

### Resumo

Alguns suplementos exercem atividade tamponante e têm sido reconhecidos por sua contribuição anaeróbica em exercícios de alta intensidade, retardando a fadiga muscular periférica e potencializando assim a *performance* esportiva. O objetivo deste estudo foi comparar o benefício ergogênico no tamponamento e dano muscular, dos suplementos beta alanina, bicarbonato de sódio e suco de limão por meio da dosagem de lactato sanguíneo e creatinofosfoquinase (CPK) e na *performance* de ciclistas submetidos a exercício anaeróbico de alta intensidade. Estudo transversal *crossover*, realizado em quatro etapas, com ciclistas do sexo masculino. A suplementação foi constituída de 6 g de beta alanina, 0,2 g/kg de bicarbonato de sódio e 30 mL de suco de limão. Lactato sanguíneo e enzima CPK foram dosados pelo método teste ultravioleta enzimático e cinético, respectivamente, em cada uma das etapas. A *performance* correspondeu à rotação máxima por minuto (RPM) da *Air Bike*. Participaram do estudo sete ciclistas, com média de idade de  $31,14 \pm 3,71$  anos. O lactato e a CPK apresentaram significância entre os momentos em todas as etapas avaliadas, porém as suplementações comparadas entre si não apresentaram diferença estatística. Não houve melhora da *performance* ( $p > 0,05$ ) com as utilizações de bicarbonato de sódio, beta alanina e suco de limão em ciclistas. Para os parâmetros avaliados, nenhum dos suplementos apresentou superioridade nas variáveis de tamponamento, dano muscular e *performance* no treinamento.

**Palavras-chave:** Fadiga muscular periférica; Suplementos; Anaeróbico; Tamponante.

<sup>1</sup> Graduandas em Nutrição na Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), Guarapuava, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup> Doutorado em Fisiologia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil. Professor Adjunto do Departamento de Nutrição da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil.

<sup>3</sup> Doutorado em Ciências (Gastroenterologia) pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São Paulo, São Paulo, Brasil. Professora Adjunta do Departamento de Nutrição da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil.

<sup>4</sup> Doutorado em Ciências (Bioquímica) pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. Professora Colaboradora do Departamento de Nutrição da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil.

<sup>5</sup> Doutorado em Ciências (Gastroenterologia) pela Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil. Professora Colaboradora do Departamento de Nutrição da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil.

<sup>6</sup> Doutoranda em Nutrição na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Professora Colaboradora da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil. *E-mail:* gabibennemann@gmail.com

## Abstract

Some supplements exert buffering activity and have been recognized for their anaerobic contribution to high-intensity exercise, delaying peripheral muscle fatigue and thus enhancing sports performance. The aim of this study was to compare the ergogenic benefit in muscle buffering and damage of beta alanine, sodium bicarbonate and lemon juice supplements through the measurement of blood lactate and creatine phosphokinase (CPK) and on the performance of cyclists submitted to high intensity anaerobic exercise. Cross-sectional study, carried out in 4 stages, with male cyclists. Supplementation was 6 g beta alanine, 0.2 g/kg of sodium bicarbonate and 30 mL of lemon juice. Blood lactate and creatine phosphokinase enzyme were measured by the enzymatic and kinetic ultraviolet test method, respectively, in each of the steps. Performance corresponded to the maximum rotation per minute (RPM) of the Air Bike. Seven cyclists participated in the study, with a mean age of  $31.14 \pm 3.71$  years. Lactate and CPK presented significance between the moments in all the evaluated stages, however the supplements compared to each other showed no statistical difference. There was no performance improvement ( $p > 0.05$ ) with the use of sodium bicarbonate, beta alanine and lemon juice in cyclists. For the parameters evaluated, none of the supplements showed superiority in the variables of buffering, muscle damage and training performance.

**Keywords:** Peripheral muscle fatigue; Supplements; Anaerobic; Buffering.

## Introdução

Cada vez mais estudos têm sido desenvolvidos buscando demonstrar a eficiência de agentes ergogênicos que consigam potencializar a contribuição anaeróbica em exercícios de alta intensidade, retardando a fadiga muscular periférica e potencializando assim a *performance* esportiva.<sup>(1-4)</sup>

Exercícios realizados em alta intensidade favorecem o acúmulo de metabólitos glicolíticos como consequência da atividade anaeróbica, onde há uma limitada disponibilidade de oxigênio intracelular.<sup>(5)</sup> O ácido láctico é o produto da reação anaeróbica da glicose, cuja hidrólise libera íons de hidrogênio ( $H^+$ ) vindo a ocasionar acidose no tecido e transformando-se em lactato. Esta reação ocorre em atividades de alta intensidade por cerca de um a dois minutos. A acidose apresenta efeitos na produção de adenosina trifosfato (ATP) e na contração muscular.<sup>(2)</sup> Esse acúmulo a nível celular aumenta a acidez sanguínea, resultante do produto da degradação do glicogênio muscular, influenciando diretamente na contração muscular, uma vez que a ligação da troponina com o cálcio é inibida pela diminuição do pH, danificando a formação do complexo actina-miosina que é responsável pela geração de tensão muscular.<sup>(7)</sup> Isso implica na fadiga muscular, com redução dos níveis

de potência e força,<sup>(8)</sup> com conseqüente redução da *performance* no exercício.<sup>(9-10)</sup>

Uma das estratégias para melhora do equilíbrio ácido básico é a utilização de agentes tampoadantes. Atkins (2001)<sup>(11)</sup> considera como capacidade tampoadante uma quantidade básica ou ácida que, quando adicionada ao meio, pode resistir à mudança de pH. Um sistema tampão consiste em um ácido fraco (o doador de prótons) e sua base conjugada (o receptor de prótons). O transporte passivo de  $H^+$  para o meio extracelular tem como objetivo manter a homeostase do pH intramuscular, e os tampões físico-químicos exercem o papel de manter o pH otimizado para a função enzimática, regulando então o efeito da acidose em meio intracelular e extracelular durante exercícios de alta intensidade.<sup>(12-13)</sup> Algumas substâncias têm apresentado resultados favoráveis na promoção de melhorias na capacidade de tamponamento, incluindo bicarbonato de sódio ( $NaHCO_3$ ) e suplementação de beta alanina.<sup>(14-15)</sup>

O principal agente tampoadante extracelular é o sistema bicarbonato. Meios que resultem na sua elevação têm poder ergogênico.<sup>(16)</sup> A ingestão de bicarbonato de sódio eleva a concentração plasmática de bicarbonato e gera maior efluxo dos íons de  $H^+$  intramuscular para a corrente sanguínea agindo como tampoadante.<sup>(17)</sup>

Outro agente tamponante que suprime a ação acidificante dos íons de  $H^{+}$ <sup>(17)</sup> é a carnosina ( $\beta$ -alanyl-L-histidina), dipeptídeo sintetizado no músculo a partir do aminoácido L-histidina e do aminoácido beta alanina disponível em alta concentração no tecido muscular esquelético.<sup>(18-19)</sup>

O suco de limão pode ser utilizado para a alcalinização, mas ainda com necessidade de mais estudos científicos. Seu consumo é uma prática popular nos dias atuais, cujo efeito seria atribuído ao ácido cítrico, um ácido orgânico tricarbóxico encontrado na proporção de 7% no suco desta fruta, considerado um agente tamponante e antioxidante que facilitaria a alcalinização de processos metabólicos.<sup>(20)</sup>

A creatinofosfoquinase (CPK) pode ser utilizada como um índice fisiológico para avaliar o estresse induzido pelo exercício físico. A duração e a intensidade são fatores que implicam na magnitude de aumento da CPK; esse marcador também conta com o nível de aptidão física que o indivíduo está. Partindo de mecanismos adaptativos, atletas que estão bem treinados tendem a reduzir os níveis de valores séricos desta enzima, cujos valores de normalidade estão entre 55 e 170 (U/L) para homens adultos.<sup>(21)</sup>

Muitas vezes, esportes como o ciclismo têm a predominância aeróbica, mas não necessariamente exclusiva. Quando há aumento da intensidade em momentos de ultrapassagens e *sprint* final, a via metabólica anaeróbica é acionada, caracterizada pela carência de oxigênio nos músculos, elevando a intensidade do exercício, e, por vezes, competições são decididas em momentos como esses, ressaltando a importância da via anaeróbica em diversas modalidades esportivas.<sup>(5)</sup>

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo comparar o benefício ergogênico no tamponamento e dano muscular, dos suplementos beta alanina, bicarbonato de sódio e suco de limão, por meio da dosagem de lactato sanguíneo e creatinofosfoquinase e na *performance* de ciclistas submetidos a exercício anaeróbico de alta intensidade.

## Material e Método

### Caracterização do estudo

Estudo transversal *crossover*, aprovado pelo Comitê de Ética/Unicentro, sob o parecer número 3.322.944/2019. Foi conduzido por um período de 30 dias, sendo realizada uma avaliação inicial e três sessões de suplementação, todas com intervalo de uma semana entre si, conhecido como “*wash-out*”, para que uma sessão não interferisse na outra (efeito conhecido como “*carry-over*”). Os indivíduos que aceitaram participar foram previamente esclarecidos sobre cada uma das etapas do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### Perfil dos participantes

Amostra constituída por sete voluntários homens com faixa etária entre 26 e 37 anos, classificados como fisicamente ativos pelo Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ), na sua forma curta,<sup>(22)</sup> sendo praticantes de ciclismo e/ou triatlo há, pelo menos, um ano, com frequência semanal mínima de treinamento de quatro dias e tempo mínimo de uma hora. Isentos da utilização de recursos ergogênicos nutricionais, farmacológicos e hormonais por um período de, no mínimo, 30 dias e com ausência de lesões clínicas.

### Coleta de dados

O protocolo constituiu-se de um teste aplicado em bicicleta ergométrica do tipo *Air Bike* (vide Figura 1), com prévio aquecimento de cinco minutos sobre a bicicleta de forma livre para cada participante, e em seguida iniciou-se o teste com quatro séries de um minuto de máxima intensidade suportada pelo participante, com intervalos de um minuto entre as séries em que o participante não poderia pedalar ou descer da bicicleta, padronizando o repouso. A intensidade do teste foi registrada a partir de 0’20 segundos do início e a cada 0’10

segundos dos quatro minutos do exercício, sendo controlada através da rotação máxima por minuto (RPM) da *Air Bike*, caracterizando a variável *performance* do ciclista.

A coleta sanguínea dos marcadores lactato sanguíneo e da enzima CPK foi realizada por um técnico responsável do laboratório comercial parceiro do estudo, em uma sala anexa ao local onde ocorreram os testes. Foi utilizada punção venosa para a coleta sanguínea em dois momentos: momento (0) imediatamente antes do teste e momento (10) após dez minutos do fim do teste. Além de a coleta ter acontecido nas três etapas de suplementação, ambos os marcadores foram dosados no dia do teste de carga, com ausência de suplementação ou placebo, a fim de caracterizar o perfil bioquímico dos avaliados diante de um treinamento, sendo considerado este momento o controle para este estudo. As análises foram realizadas em laboratório comercial, sendo que a CPK foi avaliada por teste ultravioleta cinético, otimizado de acordo com a Federação Internacional de Química Clínica (IFCC) (Liquick Cor-CK, Cormay),<sup>(23)</sup> enquanto que o lactato foi avaliado por método ultravioleta enzimático.<sup>(24)</sup>

As sessões de suplementação consistiram na suplementação de 0,2 g/kg de bicarbonato de sódio (BS) em pó, suplementação com 6 g de beta alanina (BA) em pó, e suplementação com 30 mL de suco de limão (SL). Todas as estratégias diluídas em 100 mL de água e consumidas uma hora antes da coleta inicial.

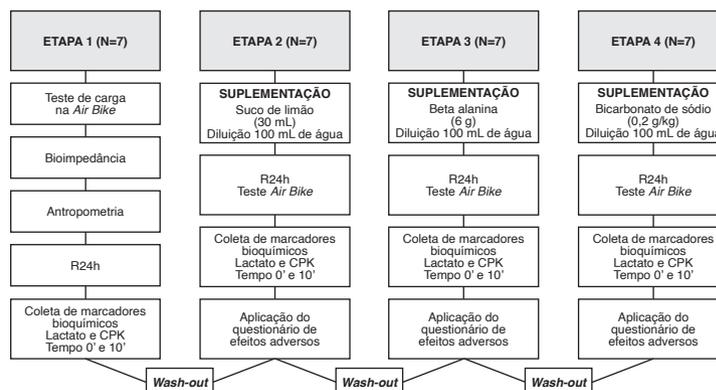
## Avaliação dietética

Os participantes foram orientados a consumir 200 g de carboidrato seis horas antes do teste e 50 g de carboidrato uma hora antes do teste. Foi coletado um registro de ingestão alimentar do tipo Recordatório de 24 horas (R24h) como variável controle, sendo que os participantes foram aconselhados a manter uma ingestão alimentar semelhante durante as semanas de testes. As informações obtidas por meio de medidas caseiras foram convertidas em mililitros e gramas. Para os cálculos de micronutrientes e macronutrientes e análise dietética utilizou-se o *software* de avaliação nutricional AvaNutri® 4.0 Revolution®. Os registros de ingestão alimentar (R24h) foram comparados com o padrão de referência das Dietary Reference Intakes (DRIs),<sup>(25-26)</sup> e com o Consenso Internacional de Nutrição Esportiva<sup>(27)</sup> para homens adultos.

## Avaliação antropométrica

A avaliação antropométrica compreendeu as aferições da estatura e do peso corporal, a partir dos quais foi calculado o Índice de Massa Corporal (IMC), classificado de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS).<sup>(28)</sup> Para avaliação da composição corporal foi realizado o exame de bioimpedância elétrica (BIA) por meio do aparelho de bioimpedância tetrapolar modelo Quantum IV, da marca RJL Systems®, seguindo a padronização de orientações prévias e durante o exame.<sup>(29)</sup>

**Figura 1** - Fluxograma das etapas do estudo.



Fonte: os autores.

## Análise dos dados

Os dados foram inicialmente tabulados no *software* Windows® Excel® e analisados através de estatística descritiva, com médias, desvio-padrão e frequências relativas e absolutas. A distribuição das variáveis foi verificada por meio dos testes de Shapiro-Wilk e de Kolmogorov-Smirnov. Para comparação das variáveis bioquímicas, antropométricas e nutricionais entre os momentos inicial e final foi utilizado o Teste T para amostras independentes (dados paramétricos), ou o Teste de Mann-Whitney (dados não paramétricos). Quando estas variáveis foram avaliadas em relação às diferentes etapas do estudo, foi aplicado o Teste T para amostras pareadas. Foi utilizado o pacote estatístico IBM® SPSS® 22.0 (SPSS Inc., Chicago,

Illinois, USA), e para todas as análises foi adotada uma significância de 5%.

## Resultados

A amostra foi constituída por sete participantes do sexo masculino com média de idade de  $31,14 \pm 3,71$  anos, valor mínimo de 26 anos e valor máximo de 37 anos. O IMC médio foi de  $25,45 \pm 4,43$  kg/m<sup>2</sup>, sendo 14,28% (n=1) da amostra em obesidade grau I, 28,57% (n=2) em sobrepeso, e os demais eutróficos.

O exame de bioimpedância destacou predominância de porcentagem de gordura corporal elevada para 71,42% (n=5), adequada para 14,28% (n=1), e baixa para 14,28% (n=1), conforme pode se observar na Tabela 1.

**Tabela 1** - Caracterização da composição corporal da amostra de ciclistas, obtida por exame de bioimpedância elétrica.

Variável	Média ± DP
Gordura corporal (%)	14,6 ± 3,3
Gordura corporal (kg)	12,0 ± 4,8
Massa livre de gordura (%)	44,5 ± 3,0
Massa livre de gordura (kg)	36,0 ± 6,4
Massa magra (%)	24,3 ± 4,2
Massa magra (kg)	19,8 ± 6,9
Água intracelular (%)	34,9 ± 5,2
Água intracelular (L)	27,5 ± 2,7
Água extracelular (%)	25,1 ± 2,7
Água extracelular (L)	20,0 ± 2,2
Densidade mineral óssea (kg)	3,4 ± 0,2
Massa muscular esquelética (kg)	34,7 ± 5,9

**Legenda:** % = percentual; kg = quilogramas; L = litros. DP = desvio-padrão.

**Fonte:** os autores.

A ingestão energética de macronutrientes e micronutrientes consumidos anteriormente a cada um dos protocolos de suplementação está apresentada na Tabela 2. A média de ingestão proteica, embora dentro dos valores recomendados, foi estatisticamente superior na etapa de suplementação do bicarbonato, em relação à etapa da beta alanina;

no entanto, para as demais etapas todos os valores de ingestão foram semelhantes. Esse resultado era esperado, uma vez que os participantes receberam recomendações nutricionais prévias, buscando valores de ingestão similares entre os grupos, no sentido de minimizar o impacto nutricional frente aos indicadores bioquímicos.

**Tabela 2** - Comparação da ingestão alimentar e energética pelo inquérito alimentar do tipo Recordatório de 24 horas (R24h) nas etapas de suplementação de limão, bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>) e beta alanina.

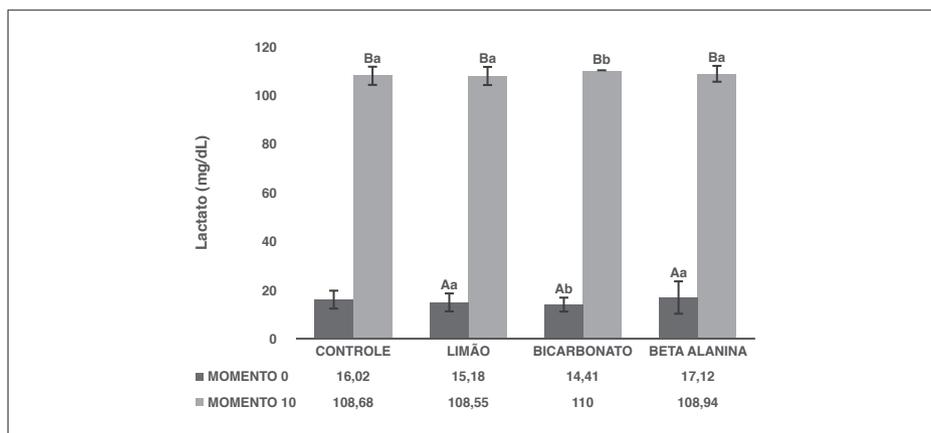
Variável	Valor recomendado	Limão	NaHCO <sub>3</sub>	Beta alanina	p*	p**	p***
Ingestão calórica	2.585,9 ± 385,6	2.624,8 ± 1.158,6	2.565,8 ± 829	2.170,8 ± 246,4	0,314	0,762	0,257
Proteína (%)	10 a 35	20,7 ± 7,5	21,7 ± 6,7	18,9 ± 8,5	<b>0,047</b>	0,430	<b>0,047</b>
Proteína (g/kg)	1,2 a 2,0	1,7 ± 0,9	1,7 ± 0,5	1,2 ± 0,5	0,147	0,998	<b>0,032</b>
Carboidratos (%)	45 a 75	42,1 ± 7,2	42,7 ± 8,8	48 ± 12,2	0,142	0,763	0,087
Carboidratos (g/kg)	2 a 8	3,4 ± 1,6	3,4 ± 1,4	3,3 ± 1,3	0,898	0,885	0,922
Lipídio (%)	20 a 35	37 ± 5,3	35,4 ± 4,9	31,7 ± 5,1	0,116	0,405	0,056
Lipídio (g/kg)	1	1,3 ± 0,5	1,2 ± 0,2	0,9 ± 0,1	0,161	0,507	0,092
Cálcio (mg)	1.000	458,3 ± 346	416, ± 262,6	361,5 ± 146,2	0,406	0,753	0,674
Sódio (mg)	1.500	2.147,2 ± 719	2.530 ± 992,9	2.044,6 ± 655,6	0,081	0,460	0,357
Potássio (mg)	4.700	1.481,5 ± 950,1	1.926,8 ± 988,8	1.207,4 ± 584,4	0,553	0,280	0,109

**Legenda:** p\* = significância entre as médias do grupo limão e beta alanina; p\*\* = significância entre as médias do grupo limão e bicarbonato de sódio; p\*\*\* = significância entre as médias do grupo bicarbonato de sódio e beta alanina. % = porcentagem; g/kg = gramas por quilogramas de peso; mg = miligramas.

**Fonte:** os autores.

Na Figura 2 observa-se o perfil do lactato nos momentos 0' e 10' do teste e entre as etapas de suplementação. A diferença das médias dos valores de lactato apresentou significância estatística entre

os momentos 0' e 10' em todas as etapas avaliadas. No entanto, quando as etapas são comparadas entre si, o perfil de elevação do lactato se apresentou estatisticamente igual.

**Figura 2** - Concentração de lactato em repouso e após os testes.

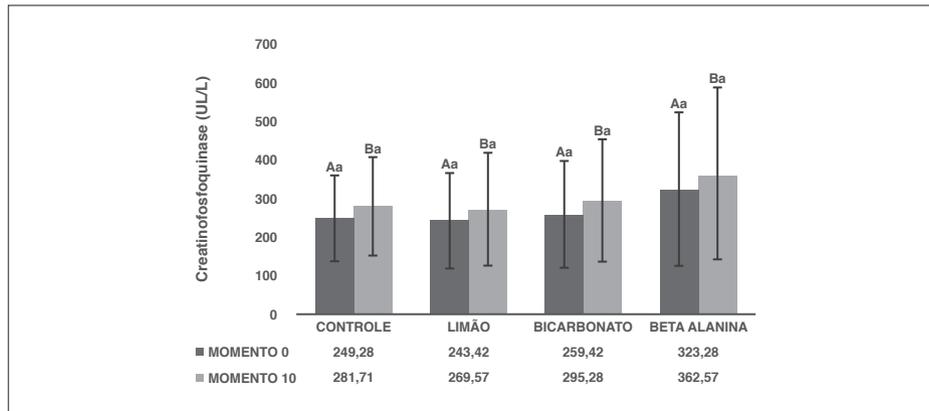
**Legenda:** médias seguidas pela mesma letra (maiúsculas para etapas pré e pós-exercício e minúsculas para diferentes protocolos) não diferem entre si pelo Teste T de amostras pareadas ( $p \leq 0,05$ ). Barras verticais representam o desvio-padrão. n=7 ciclistas.

**Fonte:** os autores.

Na avaliação de CPK é observado o mesmo comportamento do lactato, sendo todos os valores tempo 0', inferiores aos valores 10', para todas as etapas avaliadas ( $p < 0,01$ ), porém sem diferença

entre os tratamentos. Esta semelhança também foi confirmada quando comparados os valores na elevação deste indicador entre as coletas 0' e 10', mostrados no gráfico da Figura 3.

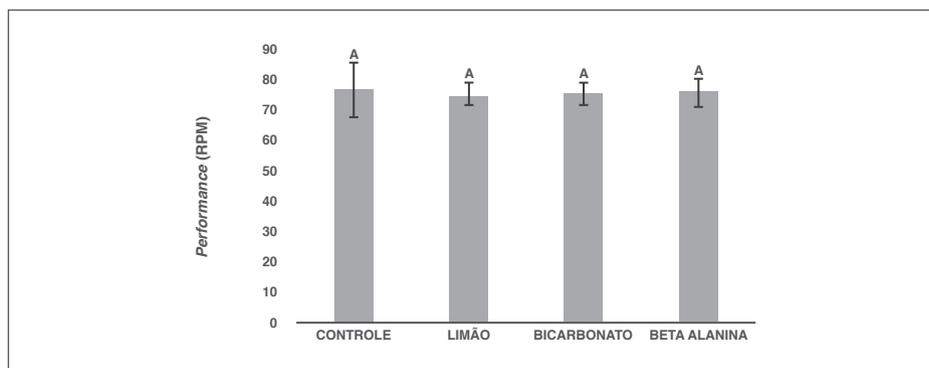
**Figura 3** - Concentração de creatinofosfoquinase (CPK) em repouso e após os testes.



**Legenda:** médias seguidas pela mesma letra (maiúsculas para momentos 0' e 10' e minúsculas para diferentes protocolos) não diferem entre si pelo Teste T de amostras pareadas ( $p \leq 0,05$ ). Barras verticais representam o desvio-padrão.  $n=7$  ciclistas.

**Fonte:** os autores.

**Figura 4** - Performance dos participantes em cada uma das etapas do estudo.



**Legenda:** performance apresentada em rotação por minuto (RPM); médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste T de Student ( $p \leq 0,05$ ).

**Fonte:** os autores.

Foram relatados efeitos adversos após a ingestão das suplementações utilizadas. O bicarbonato de sódio foi o que apresentou o maior número de efeitos: desconforto gástrico, cefaleia, refluxo gastroesofágico, diarreia e sede intensa, relatados por 14,28% ( $n=1$ ). A maior parte dos indivíduos sintomáticos, 57,14% ( $n=4$ ), relatou que após o consumo de beta alanina apresentou parestesias em diferentes regiões do corpo: mãos, braços e orelhas,

e no corpo todo. Na etapa do limão, desconforto gástrico foi relatado por 14,28% ( $n=1$ ).

## Discussão

O presente estudo se propôs a comparar o benefício ergogênico dos suplementos beta alanina, bicarbonato de sódio e suco de limão no tamponamento e no dano muscular, pelos níveis de

lactato sanguíneo e creatinofosfoquinase e na *performance* em rotação máxima por minuto (RPM) de ciclistas submetidos a exercício anaeróbico de alta intensidade.

Exercício de alta intensidade proporciona um rápido acúmulo de lactato.<sup>(30)</sup> A glicose é a molécula fonte de energia que é utilizada durante o exercício e a sua oxidação leva ao aumento de H<sup>+</sup>. Essa elevação é causada pela intensidade utilizada no exercício fazendo com que as células musculares não consigam suprir as demandas de energia.<sup>(31)</sup> No presente estudo os valores de ambas as suplementações demonstraram maior concentração plasmática de lactato pós-exercício, sinalizando a maior utilização da via glicolítica anaeróbia.

Estudo avaliou efeito da administração de beta alanina em ciclistas moderadamente a bem treinados nos níveis de lactato e pH muscular, bem como no desempenho de *sprint* no final de uma corrida de ciclismo de resistência simulada. Os níveis de lactato e pH não apresentaram alterações estatisticamente significantes entre grupo placebo e grupo suplementado nos períodos pré-teste e pós-teste, porém foi verificado aumento no desempenho no grupo suplementado com beta alanina.<sup>(32)</sup>

Silva (2016)<sup>(16)</sup> comparou níveis de lactato sanguíneo e pH de 77 ciclistas do sexo masculino, com idade entre 18 e 45 anos, treinados, divididos em grupos randomizados, submetidos a exercícios intermitentes de um minuto, em quatro séries. Receberam suplementação por 28 dias, inclusive dias sem treinamento, de beta alanina (6,4 g) + placebo, bicarbonato de sódio (0,3 g/kg) + placebo, ou beta alanina + bicarbonato de sódio e placebo + placebo, sessenta minutos antes da sessão de treinamento. Níveis de lactato tiveram aumento significativo em relação ao repouso e pós-teste, e sem diferença estatística para o dia sem suplementação, bem como para as demais estratégias aplicadas, bicarbonato de sódio, beta alanina e a combinação de ambos os suplementos. Em relação ao controle ácido-base, foram encontrados valores de melhora apenas na primeira série do exercício intermitente, não encontrando com nenhuma das

suplementações isoladas ou combinadas benefícios adicionais ao desempenho nos testes aplicados, assemelhando-se aos resultados encontrados no presente estudo.

A acidificação muscular é uma das supostas causas da fadiga muscular durante exercícios de alta intensidade, momento em que a produção do lactato está relacionada à liberação dos íons H<sup>+</sup>, bem como com a diminuição do pH intramuscular, sendo agentes depressores da contração, tendo participação na inibição da liberação de Ca<sup>+</sup>, no aumento do Ca<sup>+</sup> livre, na inibição do motoneurônio, no tempo de transição do estado de ligação das chamadas pontes cruzadas de forte para fraca e também na inibição das enzimas ligadas à glicogenólise e à glicólise.<sup>(33)</sup> Ressaltando que o pH intracelular diminui de forma progressiva com o aumento da duração do exercício intenso e em seguida há uma diminuição na capacidade de gerar tensão. Processo este chamado de acidose láctica.<sup>(34)</sup> Supostamente, a manutenção do pH, portanto, pode ser um dos fatores que retardariam a instalação precoce da fadiga.

Schlickmann (2012),<sup>(35)</sup> em pesquisa com oito ciclistas, utilizou ingestão de 0,3 g/kg de peso de bicarbonato de sódio ou placebo, diluídos em 400 mL de suco de uva aromatizado artificialmente. Cerca de uma hora após a ingestão realizaram teste de alta intensidade em bicicleta ergométrica. Investigaram as concentrações de lactato coletando do lóbulo da orelha 25 µL de sangue em três tempos (cinco, dez e quinze minutos). Não houve diferença entre os tratamentos para o aumento de potência, bem como elevação do lactato sanguíneo em todos os tempos após o término do teste, mostrando ineficiência do bicarbonato em auxiliar na remoção do lactato intramuscular.

Ferreira e colaboradores (2019)<sup>(36)</sup> investigaram diferentes quantidades de bicarbonato de sódio (0,1 g/kg e 0,3 g/kg) em 21 ciclistas, em estudo *crossover*, submetidos a testes de alta intensidade, com amostra sanguínea coletada em diferentes momentos, dez minutos antes do início, imediatamente após, e com cinco minutos e quinze

minutos da recuperação ativa. Houve melhora no desempenho com o tempo de exaustão, significativamente estendido com a ingestão de 0,3 g/kg e não significativa em relação às dosagens de 0,1 g/kg de bicarbonato de sódio e grupo controle. No presente estudo a dosagem de bicarbonato de sódio foi de 0,2 g/kg, dosagem mínima recomendada pela Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva (ISSN),<sup>(2)</sup> porém sem resultado significativo em relação à *performance*, verificada pela cadência em rotação máxima por minuto na execução do teste.

A investigação da utilização de suplementação à base de beta alanina e seus efeitos quando combinada a exercício físico de alta intensidade,<sup>(37)</sup> com dosagens de suplementação de 4 g/dia a 6,4 g/dia, apresenta benefícios na utilização desse suplemento, sendo segura sua utilização, porém seus efeitos sobre a *performance* são pequenos (1%-2%), e provavelmente relevante somente para atletas que já otimizaram suas formas de treinamento e que buscam, ainda assim, melhorias nos seus rendimentos.

A parestesia (sensação de formigamento) é relatada em consumo de doses >6 g/dia, iniciando vinte minutos após a ingestão e desaparecendo dentro de sessenta a noventa minutos. O fracionamento de doses menores ao longo do dia pode minimizar esses sintomas.<sup>(38)</sup> Desconfortos relatados após a ingestão de bicarbonato de sódio também são descritos em outros estudos, e podem estar ligados diretamente à sua forma de consumo quando dissolvido em água.<sup>(39)</sup>

Não foram encontrados estudos referentes à ingestão de limão aliada à prática de exercícios físicos com a finalidade de minimizar os níveis de acidificação intramuscular. No entanto, além do seu conteúdo de ácido cítrico, um reconhecido agente tamponante, a análise do potencial de carga ácida renal dos alimentos (PRAL) poderia justificar e que considera as diferentes taxas de absorção intestinal, balanço iônico para o cálcio e magnésio e também a dissociação do fosfato a pH 7,4.<sup>(40)</sup> Este índice no limão tahiti apresenta-se negativo, cuja interpretação indica que o mesmo apresenta poder alcalinizante.

O presente estudo foi o primeiro a engajar a pesquisa relacionada ao uso do suco de limão e seus efeitos ergogênicos em exercícios de alta intensidade, o qual não evidenciou efeito desta ingestão quando analisados os resultados de *performance* ou a relação entre os níveis de lactato e da creatinofosfoquinase. Sugere-se posteriores estudos com delineamentos que avaliem os marcadores em mais momentos, bem como a investigação de variáveis complementares.

Os protocolos de suplementação de beta alanina recomendam o uso crônico da suplementação, o que reconhecemos como limitação para o presente delineamento; no entanto, já tem sido proposto e publicado protocolo de uso agudo.<sup>(41)</sup> Para as dosagens bioquímicas os níveis de lactato sanguíneo ultrapassaram valores limites de detecção de acordo com a sensibilidade utilizada para diagnosticar os resultados.

## Conclusão

A comparação dos resultados entre pré e pós-testes evidencia que o protocolo de exercício utilizado para induzir a acidose foi eficiente. Não foram encontrados valores significativos em relação ao tamponamento, danos musculares e *performance* com a utilização de 0,2 g/kg de bicarbonato de sódio e 6 g de beta alanina em ciclistas. O limão não minimizou os efeitos do lactato gerado pelo exercício, bem como não mostrou ação tamponante e não foi capaz de melhorar a *performance*. Sugere-se estudos futuros que considerem as particularidades fisiológicas, principalmente da suplementação crônica da beta alanina, bem como marcadores bioquímicos complementares para as análises.

## Referências

- 1 Smith CR, Harty PS, Stecker RA, Kerksick CM. A pilot study to examine the impact of beta-alanine supplementation on anaerobic exercise performance in collegiate rugby athletes. *Sports (Basel)*. 2019 Nov 7; 7(11):231. Doi: 10.3390/sports7110231.

- 2 Grgic J. Effects of beta-alanine supplementation on Yo-Yo test performance: A meta-analysis. *Clin Nutr ESPEN*. 2021 Jun; 43:158-162. Doi: 10.1016/j.clnesp.2021.03.027.
- 3 Grgic J, Grgic I, Del Coso J, Schoenfeld BJ, Pedisic Z. Effects of sodium bicarbonate supplementation on exercise performance: an umbrella review. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021 Nov 18; 18(1):71. Doi: 10.1186/s12970-021-00469-7.
- 4 Calvo JL, Xu H, Mon-López D, Pareja-Galeano H, Jiménez SL. Effect of sodium bicarbonate contribution on energy metabolism during exercise: a systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021 Feb 5; 18(1):11. Doi: 10.1186/s12970-021-00410-y.
- 5 Del Coso J, Hamouti N, Aguado-Jimenez R, Mora-Rodriguez R. Restoration of blood pH between repeated bouts of high-intensity exercise: effects of various active-recovery protocols. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Feb; 108(3):523-32. Doi: 10.1007/s00421-009-1248-6.
- 6 Tortora GJ, Grabowski, SR. *Princípios de anatomia humana e fisiologia*. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002.
- 7 Fabiato A, Fabiato F. Effects of pH on the myofilaments and the sarcoplasmic reticulum of skinned cells from cardiac and skeletal muscles. *J Physiol*. 1978 Mar; 276:233-55. Doi: 10.1113/jphysiol.1978.sp012231.
- 8 Enoka RM, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J Physiol*. 2008 Jan 1; 586(1):11-23. Doi: 10.1113/jphysiol.2007.139477.
- 9 Begum G, Cunliffe A, Leveritt M. Physiological role of carnosine in contracting muscle. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2005 Oct; 15(5):493-514. Doi: 10.1123/ijsnem.15.5.493.
- 10 Bishop D, Edge J, Davis C, Goodman C. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc*. 2004 May; 36(5):807-13. Doi: 10.1249/01.mss.0000126392.20025.17.
- 11 Atkins P. *Princípios de química*. Porto Alegre: Bookman; 2011.
- 12 Hill CA, Harris RC, Kim HJ, Harris BD, Sale C, Boobis LH, *et al.* Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids*. 2007 Feb; 32(2):225-33. Doi: 10.1007/s00726-006-0364-4.
- 13 Siegler JC, McNaughton LR, Midgley AW, Keatley S, Hillman A. Metabolic alkalosis, recovery and sprint performance. *Int J Sports Med*. 2010 Nov; 31(11):797-802. Doi: 10.1055/s-0030-1261943.
- 14 Silva CM, Soares EA, Coelho GMO. Efeito da suplementação de B-Alanina em atletas praticantes de atividade física e sedentários. *Rev Bras Presc Fis Exerc [Internet]*. 2015 [citado 2021 dez 11]; 9(56):575-591. Disponível em: <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/799>
- 15 Sale C, Saunders B, Hudson S, Wise JA, Harris RC, Sunderland CD. Effect of  $\beta$ -alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. *Med Sci Sports Exerc*. 2011 Oct; 43(10):1972-8. Doi: 10.1249/MSS.0b013e3182188501.
- 16 Silva RP. *Suplementação de beta alanina e bicarbonato de sódio: efeito sobre os sistemas energéticos durante o exercício intermitente de alta intensidade*. [tese]. São Paulo (SP): Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo; 2016.
- 17 Artioli GG, Gualano B, Coelho DF, Benatti FB, Gailey AW, Lancha AH Jr. Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judo performance? *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007 Apr; 17(2):206-17. Doi: 10.1123/ijsnem.17.2.206.
- 18 Artioli GG, Gualano B, Smith A, Stout J, Lancha AH Jr. Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2010 Jun; 42(6):1162-73. Doi: 10.1249/MSS.0b013e3181c74e38.
- 19 Harris RC, Tallon MJ, Dunnett M, Boobis L, Coakley J, Kim HJ, *et al.* The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids*. 2006 May; 30(3):279-89. Doi: 10.1007/s00726-006-0299-9.

- 20 Shetty P, Mooventhan A, Nagendra HR. Does short-term lemon honey juice fasting have effect on lipid profile and body composition in healthy individuals? *J Ayurveda Integr Med.* 2016 Mar;7 (1):11-3. Doi: 10.1016/j.jaim.2016.03.001.
- 21 Katiriji B, Al Jaber MM. Creatinekinase revisited. *J Clin Neuromuscul Dis.* 2001 Mar; 2 (3):158-64. Doi: 10.1097/00131402-200103000-00008.
- 22 Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira L, *et al.* Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. *Rev Bras Ativ Fís Saúde.* 2001; 6(2):5-18. Doi: <https://doi.org/10.12820/rbafs.v.6n2p5-18>
- 23 Wu AHB. *Tietz: clinical guide to laboratory tests.* 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia: WB Saunders; 2006.
- 24 Maughan RJ. A simple, rapid method for the determination of glucose, lactate, pyruvate, alanine, 3-hydroxybutyrate and acetoacetate on a single 20-mul blood sample. *Clin Chim Acta.* 1982 Jul 1; 122(2):231-40. Doi: 10.1016/0009-8981(82)90282-0.
- 25 Institute of Medicine. *Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids.* Washington (DC): National Academy Press; 2005.
- 26 Institute of Medicine. *Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate.* Washington (DC): National Academy Press; 2004.
- 27 Burke LM, Castell LM, Casa DJ, Close GL, Costa RJS, Desbrow B, *et al.* International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019 Mar 1; 29(2): 73-84. Doi: 10.1123/ijsnem.2019-0065.
- 28 World Health Organization. *Physical status: the use and interpretation of anthropometry.* WHO Technical Reports Series, 854. Geneva: WHO; 1995.
- 29 Kyle UG, Bosaeus I, Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, *et al.* Bioelectrical impedance analysis - part II: utilization clinical practice. *Clin Nutr.* 2004 Dec; 23(6):1430-53. Doi: 10.1016/j.clnu.2004.09.012.
- 30 Ojeda AH, Rios LC, Barrilao RG, Ojeda XH. Behavior of cortisol, CK and lactate in a session of variable resistance. *Rev Bras Med Esp.* 2018; 24(4):268-272.
- 31 Filho Rebelo F, Prada JA, Silva JC, Neto JC, Santos FN, Feitosa RA, *et al.* Avaliação da capacidade cardiorrespiratória (vo 2 máx) em policiais militares, com testes indiretos. *Rev Bras Cienc Mov.* 2012; 20(1):5-13.
- 32 Van Thienen R, Van Proeyen K, Van den Eynde B, Puype J, Lefere T, Hespel P. Beta-alanine improves sprint performance in endurance cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 Apr; 41(4):898-903. Doi: 10.1249/MSS.0b013e31818db708.
- 33 Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev.* 1994 Jan; 74(1):49-94. Doi: 10.1152/physrev.1994.74.1.49.
- 34 Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2004 Sep; 87(3):R502-516. Doi: 10.1152/ajpregu.00114.2004.
- 35 Schlickmann J. *Suplementação com bicarbonato de sódio: influência sobre o desempenho, respostas fisiológicas e neuromusculares durante e após exercício supramáximo no ciclismo.* [dissertação]. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2012.
- 36 Ferreira LHB, Smolarek AC, Chilibeck PD, Barros MP, McAnulty SR, Schoenfeld BJ, *et al.* High doses of sodium bicarbonate increase lactate levels and delay exhaustion in a cycling performance test. *Nutrition* 2019; 60:94-99. Doi: 10.1016/j.nut.2018.09.018.
- 37 Zandoná BA, Oliveira CS, Alves RC, Smolarek AC, Souza Junior TP. Efeito da suplementação de beta-alanina no desempenho: uma revisão crítica. *RBNE [Internet].* 2018 [citado 2021 dez 9]; 12(69):116-124. Disponível em: <http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/984>

- 38 Kendrick IP, Harris RC, Kim HJ, Kim CK, Dang VH, Lam TQ, *et al.* The effects of 10 weeks of resistance training combined with  $\beta$ -alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. *Amino Acids*. 2008 May; 34(4):547-54. Doi: 10.1007/s00726-007-0008-3.
- 39 Carr AJ, Slater GJ, Gore CJ, Dawson B, Burke LM. Effect of sodium bicarbonate on  $[\text{HCO}_3^-]$ , pH, and gastrointestinal symptoms. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2011 Jun; 21(3):189-94. Doi: 10.1123/ijsnem.21.3.189.
- 40 Carnauba RA, Sussaio MM, Fonseca AB, Naves A. Avaliação do potencial acidificante da dieta típica brasileira. *Rev Bras Nutr Clin [Internet]*. 2015 [citado 2021 dez 10]; 30(4):309-16. Disponível em: <http://www.braspen.com.br/home/wp-content/uploads/2016/11/09-Avalia%C3%A7%C3%A3o-do-potencial.pdf>
- 41 Limonta E, Invernizzi PL, Rampichini S, Bisconti AV, Cè E, Longo S, *et al.* Acute carnosine and  $\beta$ -alanine supplementation increase the compensated part of the ventilation *versus* work rate relationship during a ramp incremental cycle test in physically active men. *J Sports Med Phys Fitness*. 2021 Jan; 61(1):37-43. Doi: 10.23736/S0022-4707.20.10887-9.

*Recebido em: 1 fev. 2021*

*Aceito em: 13 dez. 2021*