

**MECANISMOS DE AÇÃO E EFEITOS ERGOGÊNICOS ASSOCIADOS A SUPLEMENTAÇÃO
COM NaHCO₃ NO EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO NARRATIVA**

Wanderson Matheus Lopes Machado¹, Cláudia Eliza Patrocínio de Oliveira^{1,2}
Oswaldo Costa Moreira^{1,3}

RESUMO

Em exercícios onde o sistema anaeróbico predomina, ocorre o acúmulo de íons H⁺, que gera um desequilíbrio ácido-base através de alterações no pH, impactando nos níveis de fadiga e gerando acidose metabólica. A suplementação com NaHCO₃ pode atenuar os efeitos da fadiga e otimizar o desempenho em atividades e/ou esportes com predominância do sistema anaeróbico. Portanto, o presente estudo teve por objetivo realizar uma revisão narrativa, a fim de elucidar e atualizar o conhecimento acerca da suplementação com NaHCO₃. A revisão em questão foi feita através de buscas nas bases PubMed, Web of Science e Google Acadêmico, sem restrição de data, utilizando-se os termos "Sodium Bicarbonate Supplementation", "NaHCO₃" e "Alkalosis" ou os mesmos em português. Foram considerados artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, em inglês e português. Conclui-se que a suplementação com NaHCO₃ desempenha um papel fundamental nos processos fisiológicos relacionados ao metabolismo anaeróbico, principalmente, no que diz respeito a diminuição da acidose e retardo do surgimento da fadiga. Contudo, para que a suplementação apresente efeitos ergogênicos, uma série de cuidados devem ser tomados, principalmente em relação a quantidade, forma e momento de ingestão. Além de considerar o tipo de modalidade e a individualidade dos sujeitos. Por fim, ao utilizar o NaHCO₃ no contexto prático é indicado que a suplementação seja testada, de preferência longe de períodos de competição.

Palavras-chave: Bicarbonato de sódio. Alcalose. NaHCO₃. Treinamento físico. Exercício físico.

1 - Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG, Brasil.

2 - Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, Brasil.

ABSTRACT

Mechanisms of action and ergogenic effects associated with NaHCO₃ supplementation in physical exercise: a narrative review

In exercises where the anaerobic system predominates, there is an accumulation of H⁺ ions, which generates an acid-base imbalance through changes in pH, impacting fatigue levels and generating metabolic acidosis. Supplementation with NaHCO₃ can mitigate the effects of fatigue and optimize performance in activities and/or sports with a predominance of the anaerobic system. Therefore, the present study aimed to carry out a narrative review, in order to elucidate and update knowledge about NaHCO₃ supplementation. The review in question was carried out through searches in the PubMed, Web of Science and Google Scholar databases, without date restrictions, using the terms "Sodium Bicarbonate Supplementation", "NaHCO₃" and "Alkalosis" or the same in Portuguese. Scientific articles, master's dissertations and doctoral theses, in English and Portuguese, were considered. It is concluded that supplementation with NaHCO₃ plays a fundamental role in physiological processes related to anaerobic metabolism, mainly about reducing acidosis and delaying the onset of fatigue. However, for supplementation to have ergogenic effects, a series of precautions must be taken, especially in relation to the quantity, form and timing of intake. In addition to considering the type of modality and the individuality of the subjects. Finally, when using NaHCO₃ in a practical context, it is recommended that the supplementation be tested, preferably away from competition periods.

Key words: Sodium bicarbonate. Alkalosis. NaHCO₃. Physical training. Physical exercise.

3 - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Viçosa (UFV) Campus Florestal, Florestal-MG, Brasil.

INTRODUÇÃO

O exercício de alta intensidade aumenta a demanda energética muscular, que é suprida por fontes aeróbicas e anaeróbicas (Lancha-Junior e colaboradores, 2015).

Em condições anaeróbicas a produção de energia decorre dos sistemas anaeróbico alático (ATP e PCr) e anaeróbico láctico (Glicose e Glicogênio) (McCardle, Katch, Katch, 2015).

E a contribuição primária da degradação do ATP e da glicólise anaeróbica gera a produção de H^+ durante o exercício (Lancha-Junior e colaboradores, 2015).

Essa alta produção de H^+ gera um acúmulo desses íons no ambiente intracelular, que desencadeia em um desequilíbrio ácido-base através de alterações no pH, impactando nos níveis de fadiga, prejudicando a contratilidade muscular, reduzindo a produção de ATP e causando inibição de enzimas glicolíticas (Calvo e colaboradores, 2021; Juel, 2001).

Visando minimizar os efeitos do acúmulo dos íons H^+ o corpo utiliza-se de um processo chamado de tamponamento. Onde, no meio intracelular agem os tampões físico-químicos (carnosina), e no meio extracelular o tamponamento ocorre através do transporte transmembrana de H^+ , que realiza o transporte do lactato e do H^+ do meio intracelular para o meio extracelular, que posteriormente será tamponado por ânions bicarbonato, favorecendo o equilíbrio do pH (Lancha-Junior e colaboradores, 2015; Rodrigues e colaboradores, 2023).

Dentre os sistemas de tamponamento presentes no organismo, podemos citar: hemoglobina, Pi (fosfato inorgânico), proteína e o bicarbonato (HCO_3^-), sendo esse último, a substância com maior efeito, responsável por aproximadamente 64% de todo o processo de tamponamento (Calvo e colaboradores, 2021).

Tendo em vista os efeitos deletérios causados pelo desequilíbrio ácido-base e pelo surgimento da fadiga, e o limite na capacidade de tamponamento do organismo, seria de grande valia a utilização de algum recurso ergogênico capaz de atenuar o desequilíbrio no pH e retardar o surgimento da fadiga. Para tal, existe um corpo de evidências considerável acerca dos efeitos da suplementação com bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) como agente tamponante. Onde, através de revisões sistemáticas foi atribuído ao $NaHCO_3$ a capacidade de melhorar agudamente a

resistência muscular (Grgic e colaboradores, 2020), o pico de potência anaeróbica, a capacidade anaeróbica, o desempenho em eventos de endurance com duração de 45 segundos a 8 minutos, o desempenho no remo de 2.000 metros, na corrida intermitente de alta intensidade (Grgic e colaboradores, 2021b), na natação de 200 e 400 metros (Grgic, Mikulic, 2022), nos esportes de combate (Miranda e colaboradores, 2022), e no tempo até a exaustão no desempenho esportivo em geral (Lino e colaboradores, 2021).

Ainda sobre a suplementação com $NaHCO_3$, a International Society of Sports Nutrition (ISSN) (Grgic e colaboradores, 2021a) apresenta as seguintes diretrizes:

- (1) a suplementação com $NaHCO_3$ é eficaz em melhorar o desempenho em diversas atividades;
- (2) o $NaHCO_3$ melhora o desempenho em sessão única ou múltipla de exercícios;
- (3) melhora o desempenho tanto em homens, quanto em mulheres;
- (4) uma dose de 0,2 g/kg de peso corporal parece ser a dose mínima necessária para que ocorram melhorias no desempenho, sendo a dose ideal de 0,3 g/kg de peso corporal;
- (5) o tempo recomendado para uma ingestão de forma aguda é entre 60 e 180 minutos pré-exercício;
- (6) protocolos de múltiplos dias podem ser adotados;
- (7) o uso prolongado do $NaHCO_3$ pode melhorar o tempo até a fadiga e a produção de energia;
- (8) o $NaHCO_3$ pode desencadear efeitos colaterais gastrointestinais, no entanto, uma série de cuidados pode ajudar a minimizar esses efeitos;
- (9) a combinação do $NaHCO_3$ com creatina ou beta-alanina pode proporcionar efeitos aditivos no desempenho; e
- (10) o $NaHCO_3$ melhora o desempenho através de uma série de efeitos fisiológicos.

Em razão das informações expostas anteriormente, o presente estudo teve como objetivo a realização de uma revisão narrativa da literatura visando elucidar e atualizar o conhecimento acerca das especificidades relacionadas a suplementação com $NaHCO_3$ no treinamento físico.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo, teve-se o entendimento de revisão narrativa como sendo

aquela que não utiliza critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura e que, portanto, sua busca pelos estudos não precisa esgotar as fontes de informações, por meio da utilização de estratégias de busca sofisticadas e exaustivas. Sendo assim, a busca dos artigos foi realizada nas bases de dados PubMed, Web of Science, e Google Acadêmico, sem restrição de data, utilizando-se os seguintes termos “Sodium Bicarbonate Supplementation”, “NaHCO₃” e “Alkalosis” ou os mesmos em português. Após a leitura do título e do resumo, os artigos não relacionados a temática foram descartados.

Foram considerados artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, em inglês e português.

A partir de então, procedeu-se a leitura do trabalho completo para obtenção de informações relevantes e claras, que pudessem elucidar e contribuir com o objetivo proposto.

Além disso, as listas de referências dos materiais selecionados foram consultadas, a fim de inserir estudos que, porventura, apresentassem relevância para a discussão do presente trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Suplementação

Vários fatores podem influenciar o desempenho atlético e otimizar as adaptações decorrentes do treinamento, incluindo o treinamento prudente e bem orientado, o descanso adequado, e uma dieta balanceada, rica em nutrientes e energia (Kerksick e colaboradores, 2018).

Segundo a lei 103-417 de 1994 nos Estados Unidos, uma alimentação saudável, onde a ingestão de certos nutrientes e/ou suplementos dietéticos poderiam prevenir doenças crônico-degenerativas, como câncer, doenças cardíacas e osteoporose, diminuindo gastos a longo prazo e necessidade de procedimentos médico-cirúrgicos de alto custo, promovendo a saúde e prolongando a expectativa de vida, deveriam ser estimulados.

Os suplementos são produtos comercialmente disponíveis, consumidos em adição a uma dieta habitual, e geralmente, são utilizados por atletas e indivíduos treinados recreativamente (Knapik e colaboradores, 2016).

A utilização desses suplementos, visando a melhoria do desempenho, só deve

ser realizada a partir de uma base de evidências indicando o uso como legal, seguro e eficaz, tendo sua adequação prática assegurada (Maughan e colaboradores, 2018).

Os padrões de utilização dos suplementos podem diferir entre determinadas populações, entre os esportes praticados, sexo dos praticantes, as atividades físicas realizadas e os diferentes resultados almejados (Knapik e colaboradores., 2016).

As diretrizes atuais recomendam que os atletas só considerem o uso de algum suplemento após uma análise baseada nas evidências disponíveis, verificando seu valor em relação aos resultados do treinamento ou desempenho competitivo em eventos específicos (Burke, 2017).

Sempre que possível, o atleta ou praticante recreacional deverá testar exaustivamente o suplemento em questão, principalmente em situações que simulem o ambiente de competição ou que apresentem contexto semelhante, para que com isso, os indivíduos cheguem à conclusão se o suplemento utilizado apresenta ganhos que superariam os possíveis riscos associados, pois quando seguros, os suplementos podem contribuir para o desempenho esportivo, saúde e minimização do risco de lesões (Maughan e colaboradores, 2018).

Atualmente, alguns suplementos têm um nível de suporte adequado para sugerir que sua utilização apresente resultados positivos, entre eles estão: bebidas esportivas, carboidrato, proteína, aminoácidos, creatina, cafeína, nitrato/suco de beterraba, β-alanina e bicarbonato de sódio e, talvez, o fosfato (Burke, 2017; Kerksick e colaboradores, 2018; Maughan e colaboradores, 2018).

Bicarbonato de Sódio (NaHCO₃) – Mecanismos de Ação

Quando consultamos de forma breve o PubMed utilizando-se os seguintes termos: (“sodium bicarbonate” OR “NaHCO₃”) encontramos mais de 13.000 resultados de 1905 a 2023, sendo o ano de 2021 o ano com maior número de artigos indexados (540). Os estudos investigando os efeitos dos agentes tamponantes são datados desde a década de 1930 (Denning e colaboradores, 1931).

Contudo, esse tipo de estudo começou a ser mais reproduzido a partir das décadas de 1970 e 1980, após descobertas que apresentaram grandes melhorias através da

suplementação com NaHCO_3 (Jones e colaboradores, 1977; Wilkes, Gledhill, Smyth, 1983).

Desde então, muitos estudos têm sido realizados utilizando-se de agentes que modificam o pH, como citrato de sódio, cloreto de amônio, lactato de sódio, lactato de cálcio e bicarbonato de sódio, contudo, embora todos demonstrem um certo grau de melhora na prática de exercícios, o último é um dos que apresenta benefícios mais consistentes, com melhorias no desempenho em torno de 1,7%, o que pode se considerar uma melhora de desempenho moderada (Carr, Hopkin, Gore, 2011; Heibel e colaboradores, 2018).

Os mecanismos dos efeitos ergogênicos do NaHCO_3 ainda não são totalmente compreendidos, embora, um aumento na capacidade de tamponamento extracelular, desencadeando melhora no desempenho em exercícios de alta intensidade, seja amplamente aceita como mecanismo de ação (Grgic e colaboradores, 2021a; Maughan e colaboradores, 2018; Middlebrook e colaboradores, 2021).

Isso pode estar associado a um aumento no pH, nas concentrações de HCO_3^- , excesso de base e lactato sanguíneo, que caracterizam alcalose metabólica (Calvo e colaboradores, 2021; Grgic e colaboradores, 2021a).

Esses aumentos, principalmente do pH extracelular, estimulam o cotransporte de H^+ e lactato para fora das células musculares, via transportadores de monocarboxilato MCT4 e MCT1, melhorando o equilíbrio ácido-base intramuscular, diminuindo o acúmulo de H^+ intramuscular, reduzindo a acidificação do interstício muscular e, possivelmente, aumentando a taxa glicolítica (Grgic e colaboradores, 2021a; Juel, 2001; Sostaric e colaboradores, 2006).

Essa atenuação no acúmulo de H^+ permitiria que o processo contrátil e a ressíntese de trifosfato de adenosina (ATP) pela glicólise continuassem em condições mais favoráveis, atrasando assim o início da fadiga muscular, impactando diretamente em diversas variáveis de desempenho e possibilitando uma maior sustentação dos exercícios (Lancha-Junior e colaboradores, 2015; Middlebrook e colaboradores, 2021).

A melhora do pH intramuscular também pode resultar no aumento da produção de força, através de um possível efeito nas

concentrações de Ca^{2+} durante a contração muscular (Grgic e colaboradores, 2021a).

O aumento das concentrações do lactato sanguíneo, através da ingestão de NaHCO_3 , também desencadeia uma série complexa de eventos que modelam as atividades das enzimas fosforilase, fosfofrutoquinase e piruvato desidrogenase (Hollidge-Horvat e colaboradores, 2000).

E modifica as respostas dos diferentes íons durante o exercício, e provavelmente, seus efeitos combinados também contribuem para melhora do desempenho muscular através dos efeitos integrados do K^+ , Na^+ , Cl^- e lactato, e de um efeito estabilizador na membrana, preservando a excitabilidade da membrana em estado de alcalose (Sostaric e colaboradores, 2006).

Ingestão

Em protocolos agudos é indicada uma dosagem de 0,3 g/kg de peso corporal, ingerido entre 60 e 180 minutos antes do exercício ou competição que será realizado, embora protocolos acima dos 0,2g/kg de peso corporal também possam apresentar resultados significativos, ao mesmo tempo que diminuem a incidência de desconforto gastrointestinal (Grgic e colaboradores, 2021a; Heibel e colaboradores, 2018).

Grgic e colaboradores (2021a) informam também que em dosagens superiores os efeitos ergolíticos podem se manifestar com maior intensidade e não à incidência de efeitos ergogênicos superiores a dosagem de 0,3 g/kg.

Portanto, a dosagem e horário de ingestão, visando maximizar os efeitos ergogênicos, devem ocorrer em um momento em que, o pico de concentração de bicarbonato e a inexistência ou existência mínima de efeitos colaterais coincidam com a realização do exercício e/ou competição realizada (Heibel e colaboradores, 2018).

No treinamento resistido, visando melhorias na resistência muscular, parece que uma dosagem de 0,3 g/kg de NaHCO_3 , fornecida em dose única ou fracionada (90, 60 e 30 minutos pré exercício) seria a mais efetiva.

Contudo, nenhuma tendência linear significativa em relação aos efeitos do tempo de ingestão e das concentrações de HCO_3^- no sangue foram encontradas, tanto para força quanto para resistência muscular (Grgic e colaboradores, 2020).

Protocolos de suplementação crônica de NaHCO_3 também se mostram eficazes na melhora dos exercícios. A duração média desses protocolos varia de 3 a 7 dias antes do teste de esforço ou competição, sendo a dosagem mais eficaz para produzir efeitos ergogênicos de 0,4 ou 0,5 g/kg de peso corporal, divididos ao longo do dia.

Uma vantagem do uso crônico é a atenuação do risco de efeitos colaterais, comumente relatados em protocolos agudos de suplementação, além de melhorar as adaptações ao treinamento, como potência e tempo até a fadiga (Grgic e colaboradores, 2021a; Hadzic, Eckstein, Schugardt, 2019).

Quando se compara o modelo de suplementação aguda, com o modelo de suplementação crônica, podemos ver através de uma recente meta-análise, que aplicou critérios de inclusão padronizados e selecionou apenas estudos de qualidade alta, que a ingestão crônica de NaHCO_3 aumenta a potência média e a potência pico, em contrapartida, a ingestão aguda não apresenta efeito ou apresenta efeitos inconsistentes em detrimento, provavelmente, da padronização da ingestão (90, 120 ou 180 minutos pré exercício) ao invés de uma individualização relacionada ao pico de concentração de HCO_3^- do sujeito (Lopes-Silva, Reale, Franchini, 2019).

Contudo, uma limitação indicada pelos autores nesta pesquisa é o pequeno número de estudos que entraram na meta-análise (9), sendo 6 estudos de suplementação aguda e 3 de suplementação crônica, além da grande heterogeneidade dos participantes nos estudos com suplementação aguda.

Em outros estudos com suplementação crônica podemos encontrar que o NaHCO_3 ingerido em um protocolo de vários dias (5 dias) gera aumentos no tempo até a exaustão no Critical Power acompanhado por aumentos nas concentrações de excesso de base, pH e HCO_3^- em todos os dias testados (Mueller e colaboradores, 2013). Já em outro estudo, com remadores altamente treinados, 4 semanas de suplementação com NaHCO_3 ingerida antes de cada sessão de HIT, não forneceu nenhuma melhoria adicional em relação ao grupo que ingeriu placebo, apesar da influência da alcalose no pH (pré e pós) e na concentração de HCO_3^- (Driller e colaboradores, 2013).

Outra forma de suplementação crônica é a ingestão em doses progressivas onde, nos esportes de combate houve supressão no

declínio da potência induzida por fadiga no teste de Wingate e melhora do teste específico do Wrestling, contudo, essas respostas foram dependentes do sexo, onde somente os homens apresentaram resultados positivos (Durkalec-Michalski e colaboradores, 2020b).

Em outro estudo do mesmo grupo, também com praticantes (homens e mulheres) de Wrestling, a suplementação crônica em doses progressivas não apresentou nenhum efeito positivo na média e/ou pico de potência no teste de Wingate, nem no desempenho no teste de arremesso, havendo apenas uma diminuição no tempo de pico de potência (Durkalec-Michalski e colaboradores, 2018b).

Quando se analisa a suplementação crônica progressiva em jogadores de hóquei, a ingestão crônica de NaHCO_3 melhora a capacidade anaeróbica (Wingate) somente antes do teste específico de Hóquei, mas não no teste de Wingate pós teste específico, enquanto que, tanto a suplementação crônica progressiva quanto a suplementação aguda melhoraram o desempenho no teste específico de Hóquei, embora, apenas a suplementação aguda tenha gerado um efeito no excesso de base, pH e concentração de HCO_3^- (Durkalec-Michalski e colaboradores, 2020a).

Por fim, ao se avaliar os efeitos do NaHCO_3 de forma crônica progressiva no desempenho no Crossfit, foi observado que a suplementação melhorou o desempenho, a frequência cardíaca, o limiar ventilatório, e não apresentou incidência de efeitos colaterais gastrointestinais (Durkalec-Michalski e colaboradores, 2018a).

Já em estudos que analisaram ambas as formas de suplementação, podemos encontrar que tanto a ingestão aguda quanto a ingestão crônica de NaHCO_3 não demonstraram efeitos ergogênicos no desempenho de nadadores masculinos altamente treinados, embora o modelo crônico tenha aumentado as concentrações de excesso de base, pH e HCO_3^- (Joyce e colaboradores, 2012).

Em outro estudo, com ciclistas bem treinados, tanto a ingestão aguda quanto a ingestão crônica apresentaram benefícios positivos do NaHCO_3 em relação ao placebo na potência média em um teste de ciclismo de 4 minutos, contudo, os grupos que utilizaram NaHCO_3 não apresentaram diferença entre si em relação ao desempenho, embora, o grupo que realizou a ingestão aguda, tenha

apresentado maiores valores de pH sanguíneo e pico de lactato (Driller e colaboradores, 2012).

Em um estudo cruzado, tanto a ingestão aguda, quanto crônica apresentaram resultados superiores ao controle, contudo, os autores em suas conclusões encorajam o uso da suplementação crônica, tendo em vista que a suplementação crônica melhorou significativamente o trabalho mesmo dois dias após o término da ingestão de NaHCO_3 (Mcnaughton, Thompson, 2001).

Por fim, em um estudo recente, analisando o desempenho no exercício de alta intensidade com suplementação de NaHCO_3 ingerida em cápsulas com revestimento entérico, houve melhora no desempenho anaeróbico para a ingestão crônica, mas não para a ingestão aguda. Já em relação aos efeitos colaterais, ambas as formas de ingestão produziram menores efeitos gastrointestinais e sem diferença em relação ao placebo, especialmente a suplementação crônica que não apresentou nenhum efeito colateral (Zhou e colaboradores, 2022).

Em relação a forma de administração do NaHCO_3 , existem algumas limitações, como o sabor (quando ingerido em pó) e a quantidade (quando ingerido em cápsulas) para atingir as dosagens ergogênicas (Grgic e colaboradores, 2021a).

Pensando nisso Durkalec-Michalski e colaboradores (2018a; 2018b; 2020a; 2020b) conduziram uma série de estudos, onde foi possível encontrar efeitos ergogênicos em dosagens progressivas, em períodos de 10 dias, iniciando-se com 37,5 mg e finalizando com 150 mg por kg de peso corporal, o que minimizaria o desconforto de ingerir diversas cápsulas por dia, além de minimizar os custos com a suplementação.

Efeitos Ergogênicos

Embora o corpo de evidências ainda seja pequeno, e por vezes, os estudos apresentem resultados contraditórios, é plausível considerar que durante o treinamento de alta intensidade a suplementação com NaHCO_3 apresente benefícios (Rodrigues e colaboradores, 2023).

Espera-se que com a suplementação de NaHCO_3 , quando testada por pesquisadores experientes, com um tamanho amostral adequado, seja possível encontrar benefícios no desempenho variando entre 0,5 e 2,9% (Carr, Hopkin, Gore, 2011).

Com base em revisões sistemáticas e meta-análises que sustentam uma melhora do desempenho em diversas modalidades esportivas e exercícios através da suplementação com NaHCO_3 , como em esportes de combate (boxe, judô, karatê, taekwondo e luta livre), no treinamento resistido, em ciclismo, corrida, natação e remo de alta intensidade, tanto em homens quanto em mulheres (Calvo e colaboradores, 2021; Grgic e colaboradores, 2020; Grgic e colaboradores, 2021a; Grgic e colaboradores, 2021b; Grgic, Mikulic, 2022; Hadzic, Eckstein, Schugardt, 2019; Lino e colaboradores, 2021; Miranda e colaboradores, 2022).

Quando se analisa o desempenho em testes físicos a ingestão de NaHCO_3 pode provocar aumentos no desempenho desses testes através da ingestão aguda e crônica (Rodrigues e colaboradores, 2023).

Onde, pode-se inferir que o NaHCO_3 aumente agudamente a potência anaeróbia, a capacidade anaeróbia, o desempenho em testes de Endurance com duração de ~45 segundos a 8 minutos, a resistência muscular, o desempenho no remo de 2.000 metros, e na corrida intermitente de alta intensidade. Além de feitos moderados na média e pico de potência no teste de Wingate e melhora no desempenho do teste Yo-Yo (Grgic e colaboradores, 2021b). Por fim, a ingestão de NaHCO_3 também gera diminuições na percepção de esforço, e aumenta o tempo de treinamento para alcançar a fadiga (Rodrigues e colaboradores, 2023).

Considerando apenas os exercícios resistidos, Grgic e colaboradores (2020) afirmam que a suplementação aguda com NaHCO_3 provoca efeitos ergogênicos na resistência muscular, aumentando o número de repetições realizadas com uma determinada carga, o trabalho total isocinético e o tempo de manutenção da força isométrica em determinadas porcentagens do máximo, além de atenuar e retardar a fadiga durante o exercício. Já, quando se analisa a força muscular diretamente, os autores não encontraram nenhum benefício adicional da suplementação.

Contudo, apesar de não aumentar a força diretamente, a suplementação com NaHCO_3 parece levar a maiores capacidades de resistência, o que pode potencializar os níveis de treinamento e com isso levar a maiores adaptações decorrentes do

treinamento de força (Grgic e colaboradores, 2021a).

Outro ponto que vale salientar, é que a suplementação com NaHCO_3 poderia apresentar efeitos ergogênicos sobre a força muscular em um estado de fadiga, quando comparado com um estado de repouso, tendo em vista que haveria diferentes graus de fadiga e acumulação de íons H^+ (Grgic e colaboradores, 2020).

Apesar dos inúmeros benefícios decorrentes da utilização de NaHCO_3 no desporto, nos testes físicos e em diferentes modalidades de treinamento, alguns fatores podem modificar ou até mitigar seus efeitos ergogênicos, sendo a sua eficácia dependente de uma série de aspectos, dentre eles podemos citar: a dosagem utilizada, a forma de ingestão, o horário de ingestão, a tarefa e/ou exercício realizado, nível de treinamento, motivação, composição das fibras musculares e conseqüentemente a atividade dos MCTs, mudanças na concentração de HCO_3^- circulante, e os efeitos colaterais associados ao NaHCO_3 (Heibel e colaboradores, 2018; Matson, Tran, 1993).

O pH em condições de normalidade varia de 7,3 a 7,4, e sofre aumento pós ingestão de NaHCO_3 com variações de 0,03 a 0,15, enquanto as concentrações de HCO_3^- circulante variam de 19,9 a 27,7 mmol/L e após a ingestão de NaHCO_3 sofre aumentos variando de 1,0 a 7,3 mmol/L, onde, esses aumentos apresentam uma moderada relação dose-dependência (Matson, Tran, 1993).

Embora os valores médios suportem esta aproximada relação dose-dependência, essa relação moderada entre a dosagem e o estado de alcalose pode ser explicada pelas diferentes respostas individuais, onde com uma mesma dosagem (300 mg/kg) o pH sofre variações de 0,03 a 0,09 e média de 0,07, enquanto as concentrações de HCO_3^- variam de 2,6 a 7,3 mmol/L e média de 5,3 mmol/L. Da mesma forma, em uma dosagem de 200 mg/kg o pH sofre aumentos variando de 0,04 a 0,10 e média de 0,6, enquanto o HCO_3^- varia de 3,2 a 5,9 mmol/L e média de 4,4 mmol/L (Matson, Tran, 1993).

Para que ocorra efeito ergogênico com a ingestão de NaHCO_3 Heibel e colaboradores (2018) indicam que a suplementação deve ocorrer em um momento em que a realização do exercício coincida com aumentos no HCO_3^- sanguíneo, variando entre 5 e 6 mmol/L a partir do basal.

Contudo Dias e colaboradores (2015), identificaram que a suplementação com NaHCO_3 promoveu alterações consistentes nas concentrações de HCO_3^- sanguíneo, excesso de base e pH, embora essas alterações tenham se traduzido em melhoria em apenas um dos ensaios, onde individualmente as respostas foram discrepantes, sendo que, apenas um indivíduo apresentou melhora nas quatro sessões, enquanto outros nove apresentaram melhora em apenas uma sessão e outros cinco não apresentaram variação em nenhuma tentativa.

O que indica que apesar da variação consistente nas respostas sanguíneas, não necessariamente o desempenho terá o mesmo resultado. Os autores justificam esses achados alegando que, embora o aumento médio nas concentrações de HCO_3^- da amostra tenha alcançado 6 mmol/L, nem todos os indivíduos podem ter alcançado esse valor, além disso, a inconsistência nos resultados poderia ter relação também com o nível de treinamento dos participantes, pois todos eram recreativamente treinados.

Com base nos dados citados anteriormente um grupo de pesquisadores (Heibel e colaboradores, 2018) sugere ser de grande valia determinar a repetibilidade do indivíduo após a ingestão de NaHCO_3 em indivíduos treinados.

Contudo, o NaHCO_3 parece ser mais eficaz em indivíduos treinados recreativamente, ao invés de atletas (Peart, Siegler, Vince, 2012).

Quando se analisa a melhoria da força e resistência Grgic e colaboradores (2020), ao realizarem meta-regressão, não encontraram tendências significativas nos aumentos agudos de HCO_3^- com melhorias no desempenho.

Contudo, uma alternativa para quando o tempo individual para atingir o pico sanguíneo de HCO_3^- não puder ser determinado, é a utilização da suplementação crônica, que parece ser uma opção mais eficaz nesse sentido (Lopes-Silva, Reale, Franchini, 2019).

Efeitos Ergolíticos

O NaHCO_3 é uma substância básica que se torna instável em um ambiente ácido e ao entrar em contato com prótons, forma ácido carbônico, que posteriormente se separa formando dióxido de carbono e água (Breitkreutz e colaboradores, 2007).

A ingestão de NaHCO_3 por via oral pode apresentar alguns efeitos colaterais indesejados.

Quando liberado no estômago, o contato com o suco gástrico transformaria imediatamente o NaHCO_3 em dióxido de carbono, fazendo com que não se alcance o efeito desejado e que o CO_2 produzido gere dor abdominal e flatulência.

O NaHCO_3 , quando não liberado rapidamente de sua forma sólida para o fluido intestinal, também pode causar flatulência e diarreia (Breitkreutz e colaboradores, 2007).

Outros efeitos colaterais que a ingestão de NaHCO_3 pode causar são inchaço e vômitos. E a incidência e a gravidade desses efeitos podem variar entre os indivíduos, mas geralmente é baixo, embora, a manifestação desses efeitos possa impactar negativamente no desempenho e até mitigar os benefícios do suplemento (Carr, Hopkin, Gore, 2011; Grgic e colaboradores, 2021a).

Em um estudo, ao se reanalisar os dados, removendo os indivíduos que apresentam desconforto gastrointestinal, a tendência é de que os resultados se tornem significativos, indicando que a minimização desses efeitos é de fundamental importância para o efeito positivo do NaHCO_3 (Heibel e colaboradores, 2018).

Visando essa minimização da incidência de efeitos colaterais gastrointestinais relacionados a suplementação com NaHCO_3 Grgic e colaboradores (2021a), fazem uma série de recomendações:

- (1) ingestão de doses menores de suplementação;
- (2) ingerir a suplementação cerca de 180 minutos antes do exercício ou de acordo com a resposta individual do sujeito;
- (3) junto de uma refeição rica em carboidratos;
- e
- (4) em cápsulas com revestimento entérico.

CONCLUSÃO

Tendo em vista os artigos analisados na presente revisão, a suplementação com NaHCO_3 parece desempenhar um papel fundamental nos processos fisiológicos relacionados ao metabolismo anaeróbico, principalmente, no que diz respeito a diminuição da acidose e retardo do surgimento da fadiga.

A ingestão de NaHCO_3 parece conferir efeitos ergogênicos a uma grande variedade de

atividades, desde que elas sejam dependentes do sistema anaeróbico.

No entanto, para que seja conferido efeito ergogênico ao NaHCO_3 , alguns cuidados devem ser tomados em sua utilização, como a dosagem utilizada, a forma de ingestão, sendo incentivado o uso de cápsulas com revestimento entérico para minimizar os efeitos colaterais.

O momento de ingestão, que deve ser individualizado, para que a atividade ocorra durante o pico de concentração de HCO_3^- e longe dos sintomas gastrointestinais. E quando não for possível avaliar ou estimar o pico de concentração, uma ingestão em múltiplos dias pode ser útil.

Também é interessante analisar o tipo de modalidade praticada e se ela é dependente de vias anaeróbicas. Além de considerar a individualidade dos sujeitos, onde indivíduos com baixo nível de treinamento parecem se beneficiar mais da suplementação com NaHCO_3 .

Apesar de ser um suplemento com grande variedade de estudos, o NaHCO_3 apresenta uma ambiguidade em relação aos seus efeitos.

Portanto, é indicado para que os atletas e praticantes de exercícios físicos, que testem a suplementação longe de uma competição ou teste de esforço, buscando otimizar a suplementação e minimizar os efeitos colaterais dela.

Por fim, sugere-se que mais estudos sejam realizados, levando em consideração as indicações propostas, para que seja possível conferir maior robustez as evidências acerca desta substância, e para que seja possível chegarmos a uma diretriz mais concreta do uso seguro, com potencial efeito ergogênico e com ausência de efeitos colaterais.

REFERÊNCIAS

- 1-Breitkreutz, J; Gan, T.G.; Schneider, B.; Kalisch, P. Enteric-coated solid dosage forms containing sodium bicarbonate as a drug substance: an exception from the rule? *Journal of pharmacy and pharmacology*. Vol 59. Num. 1. 2007. p. 59-65.
- 2-Burke, L.M. Practical issues in evidence-based use of performance supplements: supplement interactions, repeated use and individual responses. *Sports Medicine*. Vol. 47. 2017. p. 79-100.

- 3-Calvo, J.L.; Xu, H.; Mon-López, D.; Pareja-Galeano, H.; Jiménez, S.L. Effect of sodium bicarbonate contribution on energy metabolism during exercise: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 18. Num. 1. 2021. p. 11.
- 4-Carr, A.J.; Hopkins, W.G.; Gore, C.J. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: a meta-analysis. *Sports medicine*. Vol. 41. 2011. p. 801-814.
- 5-Dias, G.; Silva, V.; Painelli, V.; Sale, C.; Artioli, G.; Gualano, B.; Saunders, B. (In) consistencies in responses to sodium bicarbonate supplementation: a randomised, repeated measures, counterbalanced and double-blind study. *PLoS one*. Vol. 10. Num. 11. 2015. p. e0143086.
- 6-Driller, M.W.; Gregory, J.R.; Williams, A.D.; Fell, J.W. The effects of serial and acute NaHCO₃ loading in well-trained cyclists. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 26 Num. 10. 2012. p. 2791-2797
- 7-Driller, M.W.; Gregory, J.R.; Williams, A.D.; Fell, J.W. The effects of chronic sodium bicarbonate ingestion and interval training in highly trained rowers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 23. Num. 1. 2013. p. 40-47.
- 8-Durkalec-Michalski, K.; Zawieja, E.E.; Podgórski, T.; Łoniewski, I.; Zawieja, B.E.; Warzybok, M.; Jeszka, J. The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on CrossFit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. *PLoS one*. Vol. 13. Num. 5. 2018a. p. e0197480.
- 9-Durkalec-Michalski, K.; Zawieja, E.E.; Podgórski, T.; Zawieja, B.E.; Michałowska, P.; Łoniewski, I.; Jeszka, J. The Effect of a New Sodium Bicarbonate Loading Regimen on Anaerobic Capacity and Wrestling Performance. *Nutrients*. Vol. 10. Num. 6. 2018b p. 697.
- 10-Durkalec-Michalski, K.; Nowaczyk, P.M.; Adrian, J.; Kamińska, J.; Podgórski, T. The influence of progressive-chronic and acute sodium bicarbonate supplementation on anaerobic power and specific performance in team sports: a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover study. *Nutrition & metabolism*. Vol. 17. 2020a. p. 1-15.
- 11-Durkalec-Michalski, K.; Zawieja, E.E.; Zawieja, B.E.; Michałowska, P.; Podgórski, T. The gender dependent influence of sodium bicarbonate supplementation on anaerobic power and specific performance in female and male wrestlers. *Scientific reports*. Vol. 10. Num. 1. 2020b. p. 1-12.
- 12-Grgic, J.; Rodriguez, R.F.; Garofolini, A.; Saunders, B.; Bishop, D.J.; Schoenfeld, B.J.; Pedisic, Z. Effects of sodium bicarbonate supplementation on muscular strength and endurance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. Vol. 50. Num. 7. 2020. p. 1361-1375.
- 13-Grgic, J.; Pedisic, Z.; Saunders, B.; Artioli, G.G.; Schoenfeld, B.J.; Mckenna, M.J.; Bishop, D.J.; Kreider, R.B.; Stout, J.R.; Kalman, D.S.; Arent, S.M.; Vandusseldorp, T.A.; Lopez, H.L.; Ziegenfuss, T.N.; Burke L.M.; Antonio, J.; Campbell, B. I. International Society of Sports Nutrition position stand: sodium bicarbonate and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 18. Num. 1. 2021a. p. 61.
- 14-Grgic, J.; Grgic, I.; Del Coso, J.; Schoenfeld, B.J.; Pedisic, Z. Effects of sodium bicarbonate supplementation on exercise performance: an umbrella review. *Journal of the international society of sports nutrition*. Vol. 18. Num. 1. 2021b. p. 71.
- 15-Grgic, J.; Mikulic, P. Ergogenic Effects of sodium bicarbonate supplementation on middle-, but not short-distance swimming tests: a meta-analysis. *Journal of Dietary Supplements*. Vol. 19. Num. 6. 2022. p. 791-802.
- 16-Hadzic, M.; Eckstein, M.L.; Schugardt, M. The impact of sodium bicarbonate on performance in response to exercise duration in athletes: a systematic review. *Journal of sports science & medicine*. Vol. 18. Num. 2019. 2, p. 271.
- 17-Heibel, A.B.; Perim, P.H.; Oliveira, L.F.; McNaughton, L.R.; Saunders, B. Time to optimize supplementation: modifying factors influencing the individual responses to

extracellular buffering agents. *Frontiers in nutrition*. Vol. 5. 2018. p. 35.

18-Hollidge-Horvat, M.G.; Parolin, M.L.; Wong, D.; Jones, N.L.; Heigenhauser, G.J. Effect of induced metabolic alkalosis on human skeletal muscle metabolism during exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. Vol. 278. Num. 2. 2000. p. E316-E329.

19-Jones, N.L.; Sutton, J.R.; Taylor, R.; Toews, C.J. Effect of pH on cardiorespiratory and metabolic responses to exercise. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 43. Num. 6. 1977. p. 959-964.

20-Joyce, S.; Minahan, C.; Anderson, M.; Osborne, M. Acute and chronic loading of sodium bicarbonate in highly trained swimmers. *European journal of applied physiology*. Vol. 112. 2012. p. 461-469.

21-Juel, C. Current aspects of lactate exchange: lactate/H⁺ transport in human skeletal muscle. *European journal of applied physiology*. Vol. 86. Num. 1. 2001. p. 12-16.

22-Kerksick, C.M.; Wilborn, C.D.; Roberts, M.D.; Smith-Ryan, A.; Kleiner, S.M.; Jäger, R.; Collins, R.; Cooke, M.; Davis, J.N.; Galvan, E.; Greenwood, M.; Lowery, L.M.; Wildman, R.; Antonio, J.; Kreider, R.B. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the international society of sports nutrition*. Vol. 15. Num. 1. 2018. p. 38.

23-Knapik, J.J.; Steelman, R.A.; Hoedebecke, S.S.; Austin, K.G.; Farina, E.K.; Lieberman, H.R. Prevalence of dietary supplement use by athletes: systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. Vol. 46. 2016. p. 103-123.

24-Lancha-Junior, A.H.; Painelli, V.S.; Saunders, B.; Artioli, G.G. Nutritional strategies to modulate intracellular and extracellular buffering capacity during high-intensity exercise. *Sports Medicine*. Vol. 45. 2015. p. 71-81.

25-Lino, R.S.; Lagares, L.S.; Oliveira, C.V.; Queiroz, C.O.; Pinto, L.L.; Almeida, L.A.; Bonfim, E.S.; Santos, C.P. Effect of sodium bicarbonate supplementation on two different

performance indicators in sports: a systematic review with meta-analysis. *Physical Activity and Nutrition*. Vol. 25. Num. 1. 2021 p. 7.

26-Lopes-Silva, J.P.; Reale, R.; Franchini, E. Acute and chronic effect of sodium bicarbonate ingestion on Wingate test performance: a systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*. Vol. 37. Num. 7. 2019. p. 762-771.

27-Matson, L.G.; Tran, Z.V. Effects of sodium bicarbonate ingestion on anaerobic performance: a meta-analytic review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 3. Num. 1. 1993 p. 2-28.

28-Maughan, R.J.; Burke, L.M.; Dvorak, J.; Larson-Meyer, D.E.; Peeling, P.; Phillips, S.M.; Rawson, E.S.; Walsh, N.P.; Garthe, I.; Geyer, H.; Meeusen, R.; Van Loon, L.J.; Shirreffs, S.M.; Spriet, L.L.; Stuart, M.; Vernec, A.; Currell, K.; Ali, V.M.; Budgett, R.G.; Ljungqvist, A.; Mountjoy, M.; Pitsiladis, Y.P.; Soligard, T.; Erdener, U.; Engebretsen, L. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. Vol. 28. Num. 2. 2018. p. 104-125.

29-McCardle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. *Fisiologia do exercício*. Wolters Kluwer Health. 2015.

30-McNaughton, L.; Thompson, D. Acute versus chronic sodium bicarbonate ingestion and anaerobic work and power output. *Journal of sports medicine and physical fitness*. Vol. 41. Num. 4. 2001 p. 456.

31-Middlebrook, I.; Peacock, J.; Tinnion, D.J.; Leach, N.K.; Hilton, N.P.; Saunders, B.; Sparks, S.A.; McNaughton, L.R. Capsule Size Alters the Timing of Metabolic Alkalosis Following Sodium Bicarbonate Supplementation. *Frontiers in Nutrition*. Vol. 8. 2021. p. 27.

32-Miranda, W.A.; Barreto, L.B.; Miarka, B.; Salinas, A.E.; Soto, D.A.; Muñoz, E.A.; Brito, C.J. Can Sodium Bicarbonate Supplementation Improve Combat Sports Performance? A Systematic Review and Meta-analysis. *Current Nutrition Reports*. Vol. 11. Num. 2. 2022. p. 273-282.

33-Mueller, S.M. Gehrig, S.M.; Frese, S.; Wagner, C.A.; Boutellier, U.; Toigo, M. Multiday acute sodium bicarbonate intake improves endurance capacity and reduces acidosis in men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 10. Num. 1. 2013. p. 16.

34-Peart, D.J.; Siegler, J.C.; Vince, R.V. Practical recommendations for coaches and athletes: a meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 26. Num. 7. 2012. p. 1975-1983.

35-Rodrigues, A.C.; Machado, W.M.; Oliveira, C.E.; Moreira, O.C. Efeitos agudos e crônicos da suplementação de NaHCO₃ durante o exercício: uma revisão crítica. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. São Paulo. Vol. 17. Num. 103. 2023. p. 235-242.

36-Sostaric, S.M.; Skinner, S.L.; Brown, M.J.; Sangkabutra, T.; Medved, I.; Medley, T.; Selig, S.E.; Fairweather, I.; Rutar, D.; McKenna, M.J. Alkalosis increases muscle K⁺ release, but lowers plasma [K⁺] and delays fatigue during dynamic forearm exercise. *The Journal of physiology*. Vol. 570. Num. 1. 2006. p. 185-205.

37-Wilkes, D.; Gledhill, N.; Smyth, R. Effect of acute induced metabolic alkalosis on 800-m racing time. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 15. Num. 4. 1983. p. 277-280.

38-Zhou, N.; Fan, Y.; Kong, X.; Wang, X.; Wang, J.; Wu, H. Effects of serial and acute enteric-coated sodium bicarbonate supplementation on anaerobic performance, physiological profile, and metabolomics in healthy young men. *Frontiers in Nutrition*. Vol. 9. 2022. p. 931671.

E-mail dos autores:
wanderson.machado@estudante.ufla.br
osvaldo.moreira@ufv.br
cpatrocinio@ufv.br

Autor de correspondência:
Wanderson Matheus Lopes Machado.
wanderson.machado@estudante.ufla.br
Programa de Pós-graduação em Nutrição e Saúde, Universidade Federal de Lavras.
R. Cruzeiro, 87.
Jd. Ângela, Embu das Artes-SP, Brasil.
CEP: 06824-320.

Recebido para publicação em 14/09/2023
Aceito em 02/02/2024