

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Efeitos da suplementação crônica de lactato de cálcio e bicarbonato de sódio sobre desempenho físico em exercício intermitente de alta intensidade

Luana Farias de Oliveira

SÃO PAULO
2015

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Efeitos da suplementação crônica de lactato de cálcio e bicarbonato de sódio sobre desempenho físico em exercício intermitente de alta intensidade

Luana Farias de Oliveira

SÃO PAULO
2015

LUANA FARIAS DE OLIVEIRA

Efeitos da suplementação crônica de lactato de cálcio e bicarbonato de sódio sobre desempenho físico em exercício intermitente de alta intensidade

VERSÃO CORRIGIDA

Dissertação apresentado à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestrado em Ciências.

Área de concentração:

Estudos Biodinâmicos da Educação Física e Esporte

Orientador:

Prof. Dr. Guilherme Giannini Artioli

São Paulo

2015

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: OLIVEIRA, Luana Farias de

Título: Efeitos da suplementação crônica de lactato de cálcio e bicarbonato de sódio sobre desempenho físico em exercício intermitente de alta intensidade

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: 17 de novembro de 2015

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Dedico esse trabalho aos amigos do LABNUTRI.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador, o Gui, que foi muito importante em todo o processo, desde antes do início do mestrado, por ser me inspirar a seguir entrar na pós graduação e ser uma pessoa muito admirável. Gostaria de agradecer especialmente aos professores da EEFÉ e alguns de fora, os professores das disciplinas e que fazem parte do LabNutri transmitiram conhecimentos e permitiram reflexões muito importante para a minha formação.

Gostaria de agradecer ao LADESP por ceder o espaço e o ergômetro de braço para a realização de todos os testes físicos. Gostaria de agradecer a todos os voluntários que participaram do estudo, não é fácil esse protocolo de *wingate* e tão pouco a suplementação. O comprometimento dos participantes com a pesquisa foi decisivo para a boa condução desse projeto.

Agradeço aos meus companheiros do laboratório, por toda a ajuda com o trabalho, pelo conhecimento, pela amizade e pelas muitas tarde de trabalho regada a risadas. Gostaria de agradecer especialmente para os que me ajudaram na execução do projeto: a Lívia que ajudou com a parte nutricional, Nemezio me ajudou muito com os testes e o Vitão que ajudou com os testes e demais com estatísticas e sugestões, obrigado ainda por ouvir minhas lamentações, pela paciência e estar sempre disposto a ajudar, sua ajuda foi muito importante para a conclusão do trabalho. Gostaria de agradecer ao Bryan pela paciência e pela ajuda e sugestões, pelo espaço e por todo carinho, especialmente na fase final do trabalho. Gostaria de agradecer ao Rafa pela amizade, boas conversas e a parceria que temos em outros projetos.

Por fim, agradeço a minha família que me deu muito apoio para essa empreitada que foi o mestrado. Pai e Mãe vocês foram espetaculares nesse processo, compreensivos e incentivadores. E minha irmã Jana que apesar de nossa relação não ser muito boa, "*mea culpa*", disponibilizou um espaço para mim no quarto dela.

RESUMO

OLIVEIRA, L. F. **Efeitos da suplementação crônica de lactato de cálcio e bicarbonato de sódio sobre desempenho físico em exercício intermitente de alta intensidade.** 75 folhas. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

A fadiga muscular é um fenômeno extensivamente estudado, especialmente por sua influência sobre o desempenho físico. Diversos estudos têm demonstrado que a acidose muscular, ocasionada pelo acúmulo de íons H^+ no interior da célula muscular, é um fator limitante para o desempenho físico durante exercícios físicos de alta intensidade. Assim, estratégias com o objetivo de atenuar a queda do pH intramuscular têm o potencial de se destacar como agente tamponante. Dentre elas, a suplementação de bicarbonato de sódio tem mostrado ser uma interessante estratégia nutricional para o aumento do desempenho anaeróbio. Recentemente a suplementação de lactato tem se mostrado como um possível agente tamponante. Teoricamente a suplementação de lactato pode aumentar os níveis sanguíneos de pH e bicarbonato, assim aumentando a capacidade tamponante extracelular. Os poucos estudos sugerem um potencial ergogênico desta estratégia nutricional, embora a falta de estudos sugere a necessidade de mais estudos que atestem a eficácia ergogênica deste suplemento. Portanto, esse estudo tem por objetivo investigar o efeito da suplementação crônica de lactato de cálcio sobre os níveis sanguíneos de pH e bicarbonato e desempenho intermitente de alta intensidade; e ainda, compará-los com a suplementação de bicarbonato de sódio. Foram recrutados 18 atletas (idade 26 ± 5 anos; massa corporal $88,8 \pm 6,8$ kg; estatura $1,78 \pm 0,7$ m; gordura corporal $18,6 \pm 6,2$ %). A pesquisa teve um desenho randomizado, controlado por placebo, duplo-cego *cross-over*. Os sujeitos foram alocados em 3 tratamentos diferentes: placebo, lactato de cálcio e bicarbonato de sódio. Todos os tratamentos suplementaram a dose de 500 mg.kg^{-1} , divididas em 4 doses diárias, por um período de cinco dias consecutivos, seguido por dois dias de *washout*. Os indivíduos foram submetidos a testes de desempenho físico anaeróbio para membros superiores. Foram realizadas 4 séries do teste de *Wingate*, com duração de 30 segundos em cada série, e carga fixa em 4% do peso corporal, separadas por períodos de recuperação ativa de 3 minutos. As variáveis de potência média, pico e trabalho total, foram usados para verificação de alterações no desempenho em virtude dos tratamentos. Foi ainda avaliado os níveis sanguíneos de pH, bicarbonato e lactato no repouso, após o esforço e 5min após o esforço. A análise de reprodutibilidade do teste de *Wingate* mostrou que não houve diferenças entre as duas familiarizações e o teste pré-suplementação. As variáveis sanguíneas não foram diferentes entre os testes, e evidenciaram o potencial do teste em diminuir pH, bicarbonato e excesso ácido-base e aumentar o lactato plasmático. Os resultados mostram que a suplementação de lactato de cálcio não foi capaz de melhorar o desempenho ou influenciar variáveis sanguíneas de bicarbonato e pH, no entanto a suplementação de bicarbonato de sódio melhorou o desempenho em $\sim 2,9\%$ e aumentou os níveis basais de bicarbonato sanguíneo, mas não alterou o pH. Dessa forma conclui-se que tal estratégia não é capaz de aumentar a capacidade tamponante, tampouco de promover melhoras no desempenho intermitente de alta intensidade.

Palavras chave: tamponantes, *wingate* de braço, fadiga muscular e desempenho físico.

ABSTRACT

OLIVEIRA, L. F. **Effects of chronic calcium lactate supplementation and sodium bicarbonate on high-intensity intermittent performance.** 75 sheets (master's degree in science) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Muscle fatigue is an extensively studied phenomenon, especially due to its relevance to performance. Several studies have shown that muscle acidosis caused by hydrogen ion (H^+) accumulation in the muscle cell is a limiting factor to physical performance during high-intensity exercise. Thus, strategies aimed at attenuating the fall in intramuscular pH during exercise have the potential to improve performance. Among these strategies, sodium bicarbonate supplementation has been shown to be an effective nutritional strategy for increasing anaerobic performance. Recently, lactate supplementation has been suggested to be an equally effective buffering aid. Theoretically, lactate supplementation can increase blood pH and bicarbonate levels, thereby increasing extracellular buffering capacity. The few studies available to date have shown the ergogenic potential of this nutritional strategy, although the lack of studies with chronic supplementation in addition to the lack of reliable physical tests suggests the need for more studies to confirm the efficacy of lactate supplementation. Therefore, this study aimed to investigate the effect of chronic calcium lactate and sodium bicarbonate supplementation on blood pH, bicarbonate and high-intensity intermittent exercise performance. Eighteen athletes (age 26 ± 5 years; body mass $88,8 \pm 6,8$ kg; height $1,78 \pm 0,7$ m; body fat $18,6 \pm 6,2$ %) were recruited to this randomised, double-blind, placebo-controlled, crossover and counterbalanced study. The participants' underwent 3 different treatments: placebo, calcium lactate and sodium bicarbonate. The dose in all conditions was $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, divided into 4 daily doses, for 5 consecutive days, followed by a 2-day washout period. On the fifth day of supplementation, individuals underwent 4 bouts of the Wingate upper-body anaerobic test. The bouts lasted 30 seconds, with a fixed load of 4% body mass and were separated by active recovery periods of 3 minutes. Mean and peak power, as well as total work done, were recorded during each bout. In addition, blood pH, bicarbonate and lactate were determined at rest, immediately after exercise and 5 min after exercise. The Wingate test reproducibility analysis showed no differences between both familiarisations and a pre-supplementation test while blood variables were not different between tests. Post-exercise values highlighted the potential of the test to decrease blood pH, bicarbonate and base excess and to increase plasma lactate. Results showed that calcium lactate supplementation did not improve upper-body Wingate performance, likely due to a lack of change in blood bicarbonate and pH prior to exercise. Sodium bicarbonate supplementation improved performance by $\sim 2.9\%$ following increased pre-exercise levels of blood bicarbonate but not pH. It can be concluded that calcium lactate supplementation is not capable of increasing buffering capacity, and thus does not promote improvements in high-intensity intermittent performance.

Key words: buffering, wingate upper-body, muscle fatigue and physical performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Oxidação e conversão em glicose do lactato

Figura 2: Desenho experimental e sessão experimental do estudo

Figura 3: Fluxograma Consort

Figura 4: Dados do trabalho total, potência média e pico.

Figura 5: Variação absoluta do trabalho total

Figura 6: Variação absoluta do trabalho total nas séries iniciais e finais

Figura 7: Gráfico do tamanho do efeito

Figura 8: Análise individual dos sujeitos nas séries iniciais e finais apresentando os dados percentuais do TT

Figura 9: Análise individual dos sujeitos nas séries iniciais e finais apresentando o incremento percentual do TT

Figura 10: Variação absoluta do trabalho total por série

Figura 11: Variáveis sanguíneas sensibilidade

Figura 12: Efeitos colaterais, vendamento e desempenho individuais

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos Participantes.

Tabela 2. Consumo alimentar dos participantes em cada condição experimental.

Tabela 3. Inferência baseada na magnitude para o trabalho total

Tabela 4. pH, bicarbonato e lactato, na familiarização 1, 2 e teste pré

Tabela 5. Mudanças absolutas no pH, excesso ácido-base bicarbonato e lactato, do teste pré suplementação para os testes experimentais

Tabela 6. Aderência à suplementação.

Tabela 7. Acertos e erros dos participantes no vendamento do estudo

SUMÁRIO

| | |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 15 |
| 2.1 <i>Mecanismos de Fadiga muscular</i> | 15 |
| 2.2 <i>Transportadores monocarboxilato</i> | 19 |
| 2.3 <i>Suplementação de Bicarbonato</i> | 21 |
| 2.4 <i>Suplementação de Lactato</i> | 25 |
| 2.5 <i>Protocolos de suplementação</i> | 30 |
| 3 OBJETIVO | 34 |
| 4 MÉTODOS | 35 |
| 4.1 <i>Amostra</i> | 35 |
| 4.2 <i>Consumo alimentar</i> | 37 |
| 4.3 <i>Desenho Experimental</i> | 37 |
| 4.4 <i>Protocolo de Suplementação</i> | 39 |
| 4.5 <i>Avaliação do Desempenho Físico</i> | 39 |
| 4.6 <i>Coletas e Análises Sanguíneas</i> | 40 |
| 4.7 <i>Análise Estatística</i> | 41 |
| 6 RESULTADOS | 43 |
| 6.1 <i>Desempenho físico</i> | 43 |
| 6.1.1 <i>Reprodutibilidade</i> | 43 |
| 6.1.2 <i>Eficácia da suplementação</i> | 45 |
| 6.2 <i>Variáveis sanguíneas</i> | 51 |
| 6.2.1 <i>Reprodutibilidade</i> | 51 |
| 6.2.2 <i>Eficácia da suplementação</i> | 52 |
| 6.3 <i>Aderência à suplementação</i> | 55 |
| 6.4 <i>Eficácia do Desenho Duplo-Cego e Efeitos Colaterais</i> | 56 |
| 5 DISCUSSÃO | 59 |
| REFERÊNCIAS | 64 |

ANEXO 1.....73
ANEXO 2.....75

1 INTRODUÇÃO

A fadiga pode ser definida como a incapacidade do músculo esquelético em manter uma determinada tensão ou de manter o exercício físico a uma dada intensidade (SAHLIN, 1992). Apesar de estar sendo investigada há décadas, afinal é fator limitante para o desempenho em quase todas as modalidades esportivas, a fadiga ainda não é totalmente compreendida. Vários fatores têm sido descritos como potenciais causas da fadiga, destacando-se o acúmulo intramuscular de metabólitos, tais como a adenosina difosfato (ADP), o fosfato inorgânico (P_i) e o lactato, entre outros. No entanto, no que diz respeito aos exercícios de alta intensidade, o acúmulo de íons hidrogênio (H^+), que gera uma queda do pH intramuscular (exemplo: acidose muscular), vem sendo apontado como uma das principais causas da fadiga durante este tipo de exercício (FITTS, 1994).

O corpo humano, obviamente, possui defesas naturais contra este acúmulo de íons H^+ . Dentre eles, destacam-se o tamponamento intracelular, o qual é caracterizado pela ação de fosfatos e, principalmente, do grupo imidazol presente em aminoácidos, dipeptídeos e proteínas; o tamponamento dinâmico, caracterizado pela ação dos co-transportadores lactato/ H^+ chamados monocarboxilato (MCTs, do inglês *monocarboxylase transporters*); e o tamponamento extracelular, caracterizado principalmente pela ação do ânion bicarbonato (JUEL, 2008) e da hemoglobina. Assim, estratégias capazes de otimizar a ação destes sistemas sobre a regulação do pH durante exercícios de alta intensidade, podem potencialmente contribuir para uma melhora do desempenho físico. Dentre essas estratégias, a suplementação de bicarbonato de sódio tem recebido especial atenção.

A suplementação de bicarbonato de sódio parte da premissa de que o aumento do pH sanguíneo e da concentração plasmática de bicarbonato resultam em aumento do efluxo de H^+ para fora da célula durante exercícios de alta intensidade. Considerando que a saída de lactato e H^+ para o meio extracelular ocorre por meio do MCT, a suplementação de bicarbonato de sódio leva a um aumento da atividade desse transportador (ROBERGS, GHIASVAND e PARKER, 2004).

Nesse contexto, diversos estudos já demonstraram os efeitos benéficos da suplementação aguda e crônica de bicarbonato de sódio sobre a capacidade física (MCNAUGHTON, SIEGLER e MIDGLEY, 2008) e desempenho físico durante exercícios de alta intensidade, tais como o judô, a natação e o boxe (ARTIOLI *et al.*,

2007; LINDH *et al.*, 2008; SIEGLER e HIRSCHER, 2010). Uma recente meta-análise mostrou que esta estratégia nutricional pode levar a uma moderada melhora de 1,7% ($\pm 2,0\%$) no desempenho físico (CARR, HOPKINS e GORE, 2011).

Nessa mesma linha, outra estratégia nutricional que vem recebendo atenção como alternativa à suplementação de lactato, já que a frequência de ocorrência de efeitos indesejados e potencialmente ergolíticos é consideravelmente alta (CARR, HOPKINS e GORE, 2011; PEART, SIEGLER e VINCE, 2012), e a suplementação de lactato (MORRIS, 2012), pode ser uma alternativa com menos efeitos colaterais. Os destinos do lactato oralmente suplementado incluem 1) sua conversão à glicose, nos hepatócitos; e 2) sua oxidação, nos tecidos (por exemplo, nos grupos musculares menos ativos). Em ambas as reações, são consumidos íons H^+ , o que poderia indiretamente levar a um efeito poupador sobre os níveis sanguíneos de bicarbonato, gerando consequentemente aumento do pH sanguíneo (BROOKS, 1986; MORRIS, 2012) e, portanto, levando a uma melhora durante exercícios de alta intensidade.

Assim, alguns estudos propuseram-se a avaliar os efeitos da ingestão de lactato sobre o desempenho físico em exercícios de alta intensidade, com resultados animadores sendo observados. Van Montfoort *et al.* (2004) observaram alterações no pH e bicarbonato sanguíneos após a suplementação de 400 mg.kg^{-1} lactato de sódio 180 minutos antes do exercício, além de uma melhora de 1,7% no tempo até exaustão, quando comparado ao grupo placebo (VAN MONTFOORT *et al.*, 2004). Posteriormente, Morris *et al.* (2011) suplementaram ciclistas com 120 mg.kg^{-1} de lactato de cálcio 80 minutos antes do exercício e observaram elevação no bicarbonato sanguíneo, mas nenhuma alteração no pH. Apesar disso, utilizando um protocolo de teste intermitente de alta intensidade em cicloergômetro, os autores observaram uma grande melhora de 17% no tempo até a exaustão comparado ao grupo placebo (MORRIS, *et al.*, 2011).

Apesar dos resultados inicialmente positivos, observa-se grande discrepância entre a dosagem de lactato utilizada nos estudos, momento de aplicação do teste físico, bem como no protocolo de exercício utilizado. Com base nesses dados e nas limitações do protocolo de exercício utilizado, nosso grupo de pesquisa (PAINELLI *et al.*, 2014) investigou recentemente os efeitos agudos de duas doses de lactato de cálcio (150 e 300 mg.kg^{-1}) sobre o pH e bicarbonato sanguíneos, e desempenho intermitente. Ambas as doses induziram um discreto, porém significativo, aumento no

pH e bicarbonato sanguíneos, sem diferenças entre a dose alta e a dose baixa. Para a análise do desempenho intermitente, utilizaram-se 3 séries do teste de *wingate*, um protocolo que sabidamente reduz o pH sanguíneo e que já se mostrou sensível a detectar melhoras induzidas por agentes tamponantes (ARTIOLI, *et al.*, 2007; PAINELLI *et al.*, 2014; TOBIAS *et al.*, 2013). Apesar disso, não foram observadas alterações significantes no desempenho, independentemente da dose administrada. No entanto, não se sabe se a administração crônica de lactato poderia traduzir o discreto efeito observado agudamente em uma diferença significativa e evidente cronicamente; tampouco se sabe se o lactato, de fato, é um melhor agente tamponante extracelular do que o bicarbonato de sódio.

Assim, esse trabalho irá investigar o efeito da suplementação crônica de lactato de cálcio sobre o pH e bicarbonato sanguíneos, bem como sobre o desempenho físico, comparando-a com a suplementação crônica de bicarbonato de sódio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mecanismos de Fadiga muscular

A fadiga é um fenômeno extremamente complexo e multifatorial, suas causas variam de acordo com o tipo, intensidade e duração do exercício, assim apresenta diferentes formas de manifestação, além de influenciar negativamente o desempenho físico-esportivo. Esse fenômeno tem sido alvo de diversas pesquisas por muitas décadas anos, no entanto, ainda hoje não é completamente compreendido. Durante os anos de estudo, diversas definições de fadiga muscular surgiram na literatura. Porém, uma das mais bem aceitas é a de Kent Sahlin (1992), onde a fadiga seria definida como a incapacidade do músculo esquelético em manter uma determinada tensão ou de manter o exercício físico a uma determinada intensidade (SAHLIN, 1992).

Existem dois tipos de fadiga: a fadiga central e a fadiga periférica. A fadiga central é provocada pela falha na transmissão de informação motora em forma de potencial de ação, reduzindo a capacidade de recrutamento de unidades motoras, decorrente de exercícios de longa duração (RASMUSSEN, SECHER e PETERSEN, 2007). A fadiga periférica ou fadiga muscular é provocada por eventos fisiológicos que ocorrem dentro da célula muscular, causando alterações nas propriedades musculares, sendo que tipos de exercícios distintos geram estímulos que desencadeiam em fadiga por diferentes mecanismos (ALLEN, LAMB e WESTERBLAD, 2008).

A hipótese da fadiga central supõe que os sinais resultantes de fadiga na periferia, pode ser modulada pela atividade dos neurónios serotoninérgicos, pois a serotonina é um neurotransmissor relacionada ao bem estar e relaxamento e, também poderia atuar na inibição do drive muscular. A produção de serotonina é dependente do transporte do aminoácido triptofano por meio da barreira hematoencefálica, esse depende de um transportador e compete com os aminoácidos de cadeia ramificada, durante o exercício prolongado há mais triptofano disponível e por consequência maior produção de serotonina (NEWSHOLME e BLOMSTRAND, 2006).

Essa hipótese foi testada em ratos, assim testaram uma dieta reduzida de triptofano que apresentou maior resistência ao exercício de longa duração, quando

comparado aos ratos com dieta rica em triptofano (YAMAMOTO e NEWSHOLME, 2003), em humanos as pesquisas apontam para relação de biomarcadores, como a prolactina que infere a interação de serotonina e dopamina no cérebro durante o desenvolvimento da fadiga central, observado em situação de estresse térmico, assim o calor excessivo poderia desencadear uma série de eventos que culminariam em fadiga central (WRIGHT *et al.*, 2012; PITSILADIS *et al.*, 2002). Outro fator que pode influenciar a fadiga central é o fato de que em exercício prolongado há queda da glicemia, oxigenação e glicogênio cerebral, especialmente em algumas áreas cerebrais foi medido em animais queda no: cerebelo de 60%, 48% córtex, hipocampo 43%, tronco cerebral 37% e hipotálamo 34% (MATSUI *et al.*, 2011).

A fadiga periférica vem sendo alvo de estudo de bioquímicos e fisiologistas do exercício. Evidências indicam papel particularmente relevante de alguns eventos no surgimento desse tipo de fadiga, tais como: a inibição de enzimas que participam da transferência de energia, o acúmulo de potássio no meio extracelular, a diminuição da sensibilidade aos íons cálcio (Ca^{2+}) no sítio da troponina, a diminuição da liberação ou da recaptação de Ca^{2+} no retículo sarcoplasmático e a depleção de substratos energéticos (ALLEN, LAMB e WESTERBLAD, 2008; SAHLIN, 1986;1992). O mecanismo responsável pelo surgimento da fadiga muscular esta relacionada com a intensidade do exercício.

Em exercícios de moderada intensidade a causa é a depleção do substrato energético glicogênio, assim interferindo na taxa de ressíntese de ATP, prejudicando a contração a muscular. Foi observado em homens submetidos a exercício moderado realizado em cicloergômetro, correlação entre o glicogênio muscular e o tempo até a exaustão, para tanto fizeram manipulação da dieta de dieta e exercício e observaram por meio de biopsia o conteúdo de glicogênio muscular, a supercompensação de carboidratos aumenta o desempenho em relação a uma dieta padrão, bem como a queda do glicogênio se relacionou a fadiga precoce no exercício (BERGSTROM *et al.*, 1967).

Em exercícios de alta intensidade e curta duração, além da depleção de glicogênio muscular existem outros fatores que implicam em fadiga: a diminuição de K^+ , o acúmulo de íons fosfato inorgânico (P_i) e o acúmulo de íons H^+ . O K^+ é importante para manter o equilíbrio elétrico da célula, durante a contração muscular ocorre um efluxo do K^+ para fora da célula, assim ocorre uma alteração na concentração com aumento fora da célula e diminuição dentro da célula desse íon,

provocando alterando as cargas, o que implica diretamente na excitabilidade da célula (ALLEN, LAMB e WESTERBLAD, 2008).

O acúmulo de íons fosfato inorgânico (P_i) ocorre pela hidrólise da creatina fosfato em P_i e creatina usada na produção de energia em metabolismo anaeróbio, devido a grande demanda energética do exercício físico de caráter intenso, assim o P_i livre pode deprimir a função contrátil do músculo, também pode dificultar a reabsorção do Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático (WESTERBLAD, ALLEN e LANNERGREN, 2002).

A utilização do metabolismo anaeróbio ainda pode gerar o ácido láctico que é rapidamente dissociado em lactato e íons H^+ , o acúmulo desse componente causa queda do pH intramuscular, gerando acidose. Algumas evidências apoiam o acúmulo de íons H^+ como potenciais causadores da fadiga (FITTS, 1994). Dentre elas, estudos já demonstraram a competição dos íons H^+ com os íons Ca^{2+} pelo sítio de ligação da troponina, prejudicando a capacidade da maquinaria contrátil de operar efetivamente (FABIATO e FABIATO, 1978).

O acúmulo de lactato, comumente observado em atividades intensas, foi tido por muito tempo como o principal fator causador da fadiga durante este tipo de atividade. Atualmente, este fato já perdeu grande parte de sua força e já é bem aceito que o lactato não possui qualquer efeito sobre a fadiga. Hoje, acredita-se que o acúmulo de íons H^+ seja a principal causa da fadiga durante exercícios de alta intensidade e curta duração, já que tal acúmulo seria capaz de provocar uma queda do pH intramuscular, influenciando os processos contráteis e inibindo enzimas importantes da via glicolítica (GLADDEN, 2004).

Ao longo de muitos anos houve na literatura uma grande discussão sobre qual a real causa do aparecimento da fadiga, especialmente sobre o papel do P_i , bem como o acúmulo de H^+ . No entanto, com o avanço tecnológico atualmente é possível estudar melhor os mecanismos envolvidos no processo de fadiga muscular, e assim compreender como cada elemento contribui para esse fenômeno. Em um refinado experimento que usa a técnica do *trap laser* com medidas de uma única fibra acoplada em um detector de movimento por laser, foi observado que a acidose gera interferência no acoplamento de actina e miosina que diminui a velocidade de contração (DEBOLD, 2012).

É muito importante entender os mecanismos de fadiga, pois assim, podemos fazer manipulações para alterar o desempenho, dentre esses elementos

responsáveis pelo surgimento da fadiga em exercícios de alta intensidade, o que poderia ser mais facilmente manipulado é o pH. No entanto, ainda é questionado o real papel da acidose muscular sobre o aparecimento da fadiga por alegarem que os estudos *in vitro* investigando este fenômeno não refletem de fato as situações *in vivo*. Divergências à parte, existem evidências indiretas *in vivo* que apoiam a acidose muscular como um fator limitante durante exercícios de alta intensidade e curta duração. Dentre elas, estudos que induziram a alcalose, com a ingestão de bicarbonato de sódio, e observaram retardo no aparecimento da fadiga (ARTIOLI, *et al.*, 2007); estudos que induziram um aumento da capacidade tamponante intracelular, via aumento de carnosina muscular, e também observaram um atraso no aparecimento da fadiga (DERAVE *et al.*, 2007; HILL *et al.*, 2007); e estudos que induziram acidose, por meio da ingestão de cloreto de amônia, e verificaram tendência de queda no desempenho (BRIEN e MCKENZIE, 1989).

O organismo possui diversos mecanismos para manter o pH dentro de valores fisiológicos, como tampões intracelulares, tampões químicos sanguíneos, regulação respiratória e regulação renal. Dentro das células, o tamponamento é feito por fosfatos orgânicos e por proteínas que apresentam grupos imidazóis, destacando-se o dipeptídeo carnosina (ABE, 2000). Uma vez que a carnosina apresenta valores de pKa (constante de dissociação de ácidos) dentro do alcance fisiológico do pH, ocorre um protonamento de um dos dois nitrogênios do anel imidazol, sequestrando íons H^+ , e estabilizando o pH desta maneira (ABE, 2000). Isso ajuda na manutenção do pH intramuscular e possibilita a manutenção do desempenho no exercício de alta intensidade (HOBSON *et al.*, 2012).

No ambiente extracelular, o mais importante tampão sanguíneo é o sistema bicarbonato, o qual tampona os íons H^+ , sendo convertido em dióxido de carbono e água. Outro recurso importante de controle da homeostase ácido-base é o transporte ativo de H^+ para fora da célula (MAINWOOD e WORSLEY-BROWN, 1975). Isso ocorre devido a um aumento da atividade MCT, o qual se torna mais ativo conforme o gradiente intracelular/extracelular de íons H^+ aumenta. A alcalinização do sangue por meio dos agentes tamponantes aumenta o efluxo dos íons de H^+ do interior do músculo ativo para o sangue, pois existe uma diferença nos gradientes de pH (MAINWOOD e WORSLEY-BROWN, 1975). Isso ajuda na manutenção do pH durante exercícios de alta intensidade, no qual o principal limitante de desempenho é a fadiga induzida pela queda do pH. Assim, a

alcalinização sanguínea faz com que o pH intramuscular diminua mais vagarosamente, de tal modo que há menor interferência da acidose sobre o processo contrátil e sobre a via glicolítica, levando ao retardo do aparecimento da fadiga (BISHOP *et al.*, 2004). Assim a suplementação de bicarbonato e de lactato tem potencial ergogênico, uma vez que ambos podem interferir na regulação ácido-base.

2.2 Transportadores monocarboxilato

No exercício físico intenso, a participação da via glicolítica anaeróbia para a ressíntese de ATP torna-se preponderante. Dois importantes subprodutos do metabolismo anaeróbio, cujas concentrações aumentam rapidamente no músculo durante esforços de alta intensidade são o lactato e os íons H^+ (COSTILL *et al.*, 1984). Tais metabólitos não são transportados passivamente pelo sarcolema, de forma que se torna obrigatória a presença de proteínas transportadoras específicas capazes de exportá-los ao sangue ou, em sentido contrário, captá-los do sangue para dentro das células musculares. De fato, proteínas denominadas transportadores monocarboxilato (MCTs) são responsáveis por realizar esse transporte (JUDEL, 2001).

Os MCTs realizam o transporte transmembrana de moléculas como lactato, H^+ , piruvato, corpos cetônicos e grupos de cetoácidos. Diversas isoformas já foram identificadas, o que sugere diferentes funções para cada subtipo de transportador. No músculo esquelético humano, as principais isoformas desses transportadores são o MCT1 e o MCT4 (HALESTRAP, 2013).

O MCT1 é encontrado principalmente nas fibras musculares oxidativas, tanto na membrana celular como na membrana das mitocôndrias. Esse transportador também é encontrado em grande quantidade nas hemácias e no coração (BONEN *et al.*, 2000). Sua principal função é captar o lactato que está no sangue e transportar para dentro das células musculares (JUDEL, 2001). O MCT1 sofre influência do treinamento físico, tendo sido relatado aumento de 76% nesse transportador após treinamento de alta intensidade (PILEGAARD *et al.*, 1999). Similarmente, 9 semanas de treinamento em cicloergômetro a 75% do VO_2 pico também foram capazes de aumentar a expressão do MCT1 em 78%, conforme avaliado por meio da técnica de *Western Blot* (DUBOCHAUD *et al.*, 2000). Os

autores verificaram, ainda, que esse aumento ocorreu tanto no sarcolema como nas membranas mitocondriais. O treinamento de força também parece induzir aumento da expressão de MCT1, o que foi demonstrado ocorrer tanto em homens saudáveis como em portadores de diabetes tipo 2 (JUDEL, HOLTEN e DELA, 2004).

O pH celular durante o repouso é relativamente constante. Durante o exercício, a despeito da queda no pH intramuscular, diversos sistemas de tamponamento atuam para mantê-lo dentro de limites fisiológicos. Dentre esses sistemas, destacamos o tamponamento dinâmico, o qual é em grande parte realizado pelos MCTs, em especial, o MCT4. Esse transportador exporta o lactato e o H^+ do interior das células para o sangue (JUDEL, 2001) e sua importância na manutenção do equilíbrio ácido-base durante o exercício fica evidente à medida em que se verifica que é predominantemente encontrado em fibras glicolíticas (brancas) de contração rápida (BONEN *et al.*, 2000).

O treinamento de força pode aumentar o conteúdo de MCT4 nas células musculares em homens saudáveis (JUDEL *et al.*, 2004). Com o treinamento de alta intensidade também foi observado aumento na quantidade desse transportador, com incremento de 32% no músculo sendo reportado após 8 semanas (PILEGAARD *et al.*, 1999). Por outro lado o treinamento aeróbio parece não ser capaz de aumentar significativamente a expressão de MCT4 (DUBOCHAUD *et al.*, 2000).

Quando o lactato e o H^+ saem das fibras dos músculos glicolíticos via MCT4 e caem na corrente sanguínea, grande parte do lactato é capturado, via MCT1, pelas hemácias, pelo coração e pelos músculos oxidativos. O grau de captação desses metabólitos está associado ao grau de expressão desse transportador (BONEN *et al.*, 2000; GLADDEN, 2004). Os íons H^+ podem também ser tamponados pelo bicarbonato sanguíneo, dando origem ao ácido carbônico e, em seguida, água e dióxido de carbono. Tanto o tamponamento químico dos íons H^+ como o tamponamento dinâmico desses íons e do lactato (retirados do sangue via MCT1) auxiliam a manter o efluxo de lactato e H^+ via MCT4 da célula para o sangue, pois mantém o gradiente de concentração necessário para impulsionar tal transporte (ROBERGS *et al.*, 2004).

2.3 Suplementação de Bicarbonato

O sistema bicarbonato é o principal sistema tampão extracelular. A literatura têm demonstrado efeitos ergogênicos da ingestão de bicarbonato de sódio pré-exercício sobre o desempenho anaeróbio (CARR, HOPKINS e GORE, 2011). Os efeitos ergogênicos do bicarbonato parecem ser mais eficientes para exercícios que durem, no mínimo, 60 segundos e, no máximo, 5 minutos (HORSWILL, 1995). Dessa maneira, a suplementação de bicarbonato de sódio é eficaz em exercícios de alta intensidade e curta duração, sendo mais eficientes exercícios intermitentes com consecutivas séries, com caráter anaeróbio, intercalados por curtos períodos de recuperação.

O "destino metabólico" do bicarbonato de sódio suplementado oralmente inclui sua imediata dissociação no estômago em sódio e bicarbonato. Subsequentemente à dissociação no estômago, a absorção do bicarbonato ocorrerá preferencialmente no jejuno, por meio do transporte ativo (TURNBERG *et al.*, 1970). O bicarbonato absorvido pelo jejuno será liberado na corrente sanguínea, levando a um aumento da concentração de bicarbonato sanguíneo, e conseqüentemente, do pH sanguíneo (REQUENA *et al.*, 2005). Devido à relativa impermeabilidade do sarcolema ao bicarbonato, a hipótese de ação tamponante desta substância dentro da célula é refutada. Durante o exercício intenso, tais alterações aumentam o fluxo de íons H^+ e lactato para fora do músculo ativo. Isso ocorre devido a um aumento da atividade do MCT, o qual se torna mais ativo conforme o gradiente intracelular/extracelular de íons H^+ aumenta (MAINWOOD e CECETTO, 1980; MAINWOOD e WORSLEY-BROWN, 1975). Com isso, o pH intramuscular diminui mais lentamente, havendo menor interferência da acidose sobre o processo contrátil e produção de ATP pela via glicolítica, logo atrasando o início da fadiga.

Com a ingestão de bicarbonato de sódio o músculo aumenta sua capacidade de produzir lactato, isso foi verificado por meio de biopsia muscular feita no momento em que o sujeito entrou em exaustão, durante exercício de curta duração e alta intensidade realizada em cicloergômetro. Observou-se que a concentração muscular de lactato era de 31,7 mM para o grupo que ingeriu a solução alcalina e de 17 mM para o placebo (BOUISSOU *et al.*, 1988). O pH muscular também é diferente com a ingestão de bicarbonato, torna-se mais alcalino, sendo que após o exercício o pH na fadiga era 6,81 para o grupo que ingeriu bicarbonato e 6,73 para o controle.

As amostras de sangue mostraram que a ingestão de bicarbonato de sódio aumentou o pH em repouso (7,34 - 7,41), bicarbonato sanguíneo (27,5 - 31,0 mM), e excesso de base (1,1- 4,6 mM), também é observado que durante e depois do exercício, o pH e o bicarbonato do sangue foram sempre superiores ao placebo (COSTILL *et al.*, 1984).

O protocolo de suplementação de bicarbonato de sódio já é bem estabelecido na literatura e pode ser realizado de duas maneiras: aguda e crônica. Na suplementação aguda a dose de 200 mg.kg⁻¹ já apresenta resultados positivos sobre o desempenho, no entanto a melhor resposta é obtida com a dose de 300 mg.kg⁻¹, que deve ser ingerida em única dose 60-120 minutos antes do início da prova (MCNAUGHTON, 1992; PEART, SIEGLER e VINCE, 2012). A suplementação crônica é realizada durante de 5 a 7 dias com dose diária de 500 mg.kg⁻¹, a qual é fracionada ao longo do dia para gerar menor desconforto gastrointestinal (MCNAUGHTON, *et al.*, 1999). Esse tipo de suplementação tem a vantagem de manter os efeitos tamponantes do bicarbonato por até 2 dia, após o termino da suplementação, enquanto que no protocolo de suplementação aguda os efeitos do bicarbonato parecem diminuir cerca de quatro horas após a ingestão (ARTIOLI *et al.*, 2006). Um grande problema com a suplementação de bicarbonato de sódio são os efeitos colaterais mais comuns são: desconforto gastrointestinal, diarreia, azia, dor de cabeça entre outras, esses efeitos geram muito mal estar e podem causar queda no desempenho, no entanto a suplementação feita junto com uma refeição rica em carboidratos apresenta menor ocorrência de efeitos colaterais indesejáveis (CARR; SLATER; *et al.*, 2011).

Os efeitos da suplementação de bicarbonato de sódio sobre o desempenho físico e esportivo tem sido alvo de uma grande quantidade de estudos ao longo dos anos, dessa forma, pesquisadores da área fizeram estudos analisando a literatura, onde a eficácia dessa suplementação no desempenho físico e esportivo é o ponto central, com importantes questões como: em quais tipos de exercício são encontrados resultados positivos e em quais protocolos de suplementação, também discutido nos artigos a relação entre o efeito ergogênico e ergolítico desse suplemento uma vez que seu uso pode gerar efeitos colaterais indesejáveis, que podem afetar o desempenho (CARR, HOPKINS e GORE, 2011; MCNAUGHTON, *et al.*, 2008; PEART, SIEGLER e VINCE, 2012; REQUENA *et al.*, 2005).

Nessa revisão de literatura, os autores separaram os artigos de acordo com o tipo de exercício empregado. Assim mostraram que em exercícios de alta intensidade e curta duração com duração menor que dois minutos, apresentaram quatro estudos que mostraram resultados positivos da suplementação, cinco mostraram não haver diferença em comparação ao placebo. Em protocolos de exercícios de séries repetidas, mostraram que dentre os dose artigos analisados somente metade apresentou melhora no desempenho pela suplementação. Em exercícios de força mostraram poucos estudos dois com melhora do desempenho e o estudo que não mostrou melhora foi justificado pelo protocolo. E os estudos com protocolos de exercícios de alta intensidade e longa duração, apesar de muitos trabalhos os resultados também ficaram divididos. Há uma grande variabilidade do benefício ergogênico atingido, esses resultados controversos da literatura, indicam que o benefício do uso do bicarbonato tem relação intrínseca com o protocolo de exercício utilizado (REQUENA *et al.*, 2005).

Em outra revisão sobre o tema os autores selecionaram 15 artigos publicados a partir dos anos 2000 com foco no desempenho, também dividiram os artigos revisados pelo tipo de exercício executado, em: serie única, múltiplas séries, desempenho de resistência e carga constante. Assim constataram que parece que exercício de alta intensidade tanto de curta duração, como os de longa duração podem se beneficiar do efeito ergogênico da suplementação de tamponantes como o bicarbonato, bem como, atividades que não podem ser consideradas como tipicamente intermitente, assim evidenciam sua efetividade como recurso ergogênico (MCNAUGHTON, *et al.*, 2008).

Carr *et al.*, (2011) publicaram uma meta análise sobre a ingestão aguda de bicarbonato de sódio, para tanto elegeram 38 estudos e constataram que a suplementação foi capaz de aumentar o desempenho físico moderadamente em 1,6% ($\pm 2,0\%$), tanto em homens quanto em mulheres, com a dose média de 300 mg.kg⁻¹, em atividade de curta duração e alta intensidade. Os autores constataram que doses maiores que a média pode apresentar melhor efeito sobre o desempenho, no entanto essa prática pode gerar maior desconforto gastrointestinal. Ainda, a suplementação apresenta melhor efeitos sobre exercícios intensos de curta duração em torno de 1 minuto de duração ou repetidos *sprints* (CARR, HOPKINS e GORE, 2011).

No ano seguinte mais uma meta análise foi publicada, com recomendações sobre a suplementação de bicarbonato de sódio, selecionaram 40 estudos que com características semelhantes quanto ao: tipo de exercício, mensuração do desempenho, tempo aproximando de exercício, estado de treinamento dos participantes, indução de alcalose e acidose, desses 15 estudos que representam apenas 38% apresentaram efeitos ergogênico com o uso de bicarbonato de sódio. O tamanho total efeito do uso de bicarbonato de sódio sobre o desempenho foi moderada, também foi verificado que o efeito da suplementação foi menor para indivíduos treinados especificamente quando comparado a indivíduos não treinados. Os efeitos colaterais muito intensos decorrentes da suplementação, pode causar queda no desempenho, mas essa reação varia é individual e resultado negativo pouco frequente (PEART, SIEGLER e VINCE, 2012).

Em trabalhos mais recentes, a suplementação de bicarbonato sódio sobre o desempenho físico em testes anaeróbios contínuos de alta intensidade também têm recebido atenção na literatura, pois a acidose muscular é um fator limitante para o desempenho nesse modelo. Assim foi utilizado o teste da capacidade de ciclismo o CCT110%, que consiste de um teste até a exaustão, inicia com carga de 80% da potência máxima por 15 segundos, sobe a carga para 90% da potência máxima e finalmente chega a 110% da potência máxima, onde o sujeito se mantém pedalando até a exaustão determinada pela queda da cadência da pedalada, no entanto o grupo suplementado não teve o tempo até a exaustão significativamente menor que o grupo placebo (DANAHER *et al.*, 2014). Outro estudo que também utilizou o protocolo CCT110%, onde foram analisados 21 homens fisicamente ativos e não foi verificado melhora no desempenho, mas quando foi excluído 4 sujeitos que apresentaram efeitos colaterais como desconforto gastrointestinal, foi possível observar melhora no desempenho, assim reforçando a ideia das reações individuais a suplementação que pode gerar um efeito de queda no desempenho (SAUNDERS *et al.*, 2014).

Alguns estudos avaliaram se essa estratégia nutricional também poderia ser ergogênico em tarefas intermitentes, pois esses exercícios intermitentes possuem características que simulam as demandas metabólicas de muitas modalidades esportivas, e também geram acidose muscular maior do que em exercício contínuo. Assim foi averiguado em jovens fisicamente ativos no teste de YoYo IR2 que consiste em percorrer uma distancia de 20 metros em velocidade alta e progressiva,

caracterizado como um exercício intermitente de alta intensidade, que a suplementação aumentou em 14% a metragem dos sujeitos e melhorou a percepção subjetiva de esforço em 7% (KRUSTRUP, ERMIDIS e MOHR, 2015). Marriot *et al.* (2015), averiguaram em atletas, também no teste de YoYo IR2, mas precedido por um exercício de alta intensidade para membros superiores, com o objetivo de aumentar a acidose metabólica. Assim verificaram que a suplementação foi capaz de melhorar a metragem executada em 23% comparada ao placebo (MARRIOTT, KRUSTRUP e MOHR, 2015).

Outro estudo também avaliou o desempenho intermitente de alta intensidade, utilizaram-se 4 séries do teste de *wingate* para membros superiores com 30 segundos cada série e um período de intervalo de 3 minutos, em atletas de judô e *jiu jitsu*, a suplementação foi capaz de aumentar o desempenho do trabalho total em 8% e da potência pico em na quarta serie de 9,4% (TOBIAS *et al.*, 2013). No entanto, outro estudo que utilizou um teste de capacidade de *sprints* repetidos (RSA), consistiu de 5 repetições máximas de 6 segundos em cicloergômetro separados por 24 segundos de repouso, não observou nenhuma alteração no na potência média e pico nem no trabalho total (DANAHER *et al.*, 2014). Assim fica evidente a grande possibilidade de incremento no desempenho desse recurso nesse em exercícios com característica intermitente e alta intensidade.

Já em pesquisas que investigaram a suplementação de bicarbonato de sódio como estratégia nutricional ergogênico durante protocolos de exercício simulando o desempenho específico em campo ou específicos ao esporte, são estudos muito importantes para a aplicação desse recurso ergogênico no cenário esportivo. Dessa forma, uma análise com maior validade ecológica foi feita com atletas juniores de natação, foi analisado o desempenho no nado livre de 100m e 200m e a suplementação foi eficaz em diminuir o tempo dos atletas, em -2,3% nos 200m e -2,6% em 100m (PAINELLI *et al.*, 2014). Apesar desse positivo resultado, ainda é necessário mais estudos que investiguem a efetividade da suplementação de bicarbonato de sódio, considerando as peculiaridades das provas dentro de cada modalidade esportiva.

2.4 Suplementação de Lactato

O lactato é um produto do metabolismo da glicose, produzido pelo metabolismo de vias anaeróbias. Durante muito tempo, o lactato foi apontado como o protagonista do surgimento da fadiga muscular; no entanto, estudos mais recentes sugerem que o principal causador é o acúmulo de íons H^+ , que leva à queda do pH intramuscular, sendo que o lactato não possui qualquer efeito sobre a fadiga (GLADDEN, 2004). O lactato pode ser utilizado pelo organismo como substrato energético, através de sua oxidação, ou por sua conversão à glicose, como mostra a figura 1. O lactato ainda pode ter um papel de regulador do pH, pois, durante seu processo de degradação, são consumido íons H^+ , o que pode influenciar nos níveis sanguíneos de pH e bicarbonato (MORRIS, 2012). Essas evidências levaram à especulação de que a suplementação de lactato pode melhorar o desempenho físico.

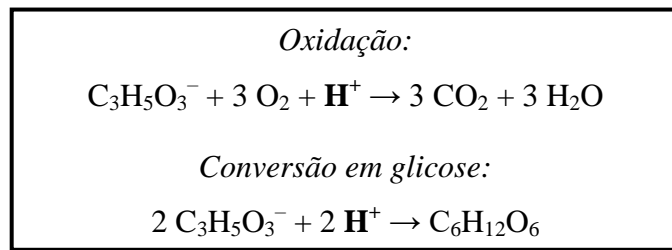


Figura 1: Oxidação e conversão em glicose do lactato

Os primeiros estudos com lactato investigaram seu potencial ergogênico como um substrato energético, investigando a ação ergogênica em exercícios de longa duração e intensidade moderada. Fahey *et al.* (1991) investigaram a suplementação em ciclistas treinados, distribuindo os sujeitos em três grupos experimentais: controle, suplementado com água adoçada com aspartame; lactato, suplementado em solução de 7%; e maltodextrina, suplementada em solução de 7%, ingerido 5 min antes do início do exercício e a cada 20 min durante todo o exercício. Coletaram amostras de sangue para posterior análise das variáveis sanguíneas de lactato, bicarbonato, pH e glicose, utilizando um teste em cicloergômetro, a 50% do VO_{2pico} por 180 min. Os autores constataram que os resultados de glicemia encontrados nos grupos lactato e maltodextrina foram similares, mesmo durante o exercício, assim o lactato foi eficiente na manutenção da glicemia, mas o pH e o bicarbonato foi maior apenas no grupo que utilizou lactato. No entanto, esse estudo não avaliou variáveis do desempenho, assim não é

possível verificar se essas alterações são relevantes ao desempenho físico (FAHEY *et al.*, 1991).

Na mesma linha, Swenesen *et al.* (1994) pesquisaram, igualmente em ciclista treinados, os efeitos da suplementação de lactato sobre variáveis sanguíneas e também se preocuparam em com as variáveis de desempenho aeróbio. Utilizaram uma bebida com apenas o carboidrato em solução de 7%, ou a combinação de lactato com carboidrato, sendo 6,25g de carboidrato e 0,75g de lactato, a bebida foi ingerida pelos participantes antes do início e a cada 20 min de exercício. No teste de desempenho não foi observado qualquer melhora na comparação entre os grupos e também não houve diferença decorrente a suplementação sobre o pH sanguíneo. Ainda, foi relatado grande desconforto gastrointestinal nos sujeitos que fizeram a suplementação combinada. No entanto, a dose utilizada nesse estudo pode ter sido muito baixa e, portanto, não apresentou alterações nas variáveis sanguíneas ou de desempenho.

Bryner *et al.* (1998), com o propósito de avaliar a suplementação de lactato sobre o desempenho e variáveis metabólicas, em uma situação similar à realidade de uma corrida de ciclismo, investigaram a suplementação de: apenas água, solução com 2% de lactato, solução com 8% de carboidrato e uma combinação das com 2% de lactato e 8% de carboidrato. A bebida foi ingerida a antes do início e cada 30 min de exercício. Os ciclistas realizaram um teste em cicloergômetro de moderada intensidade até a exaustão, seguida pelo teste de 30s de *Wingate*, com carga de 9% do peso corporal. Os resultados obtidos evidenciaram que não houve diferença no desempenho do tempo para exaustão, nem na potência pico e também não houve diferença em nenhuma das variáveis metabólicas e sanguíneas analisadas (BRYNER *et al.*, 1998). Assim esse estudo mostrou que a suplementação de lactato não exerce efeito ergogênico sobre desempenho e nem provoca alterações nas variáveis sanguíneas, similar ao estudo de Swenesen *et al.* (1994).

Peveler e Palmer (2012) averiguaram a suplementação de lactato de magnésio diidratado e lactato de cálcio monoidratado, que compõe a formulação de uma bebida esportiva, no desempenho de 20 km de contra relógio de ciclismo. O experimento foi conduzido em um velódromo com medidas oficiais, sendo a distância de 20 km escolhida por ser uma metragem comum em corridas de ciclismo e onde o suplemento teria efeito ergogênico. As variáveis analisadas foram: tempo total, potência média, frequência cardíaca e percepção de esforço. Dentre todas as

variáveis de desempenho analisadas, o tempo total, potência média e frequência cardíaca não apresentaram melhora com a suplementação de lactato, a única variável com diferença significativa decorrente a suplementação foi a percepção de esforço (PEVELER e PALMER, 2012).

O mais recente estudo sobre o tema é de Northgraves e colaboradores (2014), que pesquisaram a suplementação de lactato em comparação com a suplementação de bicarbonato de sódio. Para tanto, formaram 4 grupos experimentais: bicarbonato de sódio, placebo do bicarbonato, lactato e placebo do lactato. As análises sanguíneas apontaram que apenas a suplementação de bicarbonato de sódio levou a alterações ácido-básica no sangue. O desempenho foi avaliado em um teste de contra relógio de 40 km de ciclismo, mas nenhum resultado positivo sobre o desempenho foi encontrado. Corroborando com todos os trabalhos anteriormente apresentados, que a suplementação de lactato não trás quaisquer efeitos positivos sobre o desempenho aeróbio (NORTHGRAVES *et al.*, 2014).

No entanto, discordando de outros estudos, Azevedo *et al.* (2007) conseguiram evidenciar acréscimo no desempenho físico aeróbio decorrente a suplementação de lactato. Para tanto, testaram uma bebida que combinava lactato, glicose e frutose e outra bebida isocalórica, com apenas glicose e frutose, em ciclistas treinados. A dose ingerida de lactato foi de 130 mg.kg^{-1} . A bebida foi consumida antes e durante (a cada 15 min) um teste contínuo em cicloergômetro com 95 min de duração, a 62% do VO_2max e, na sequência, os atletas realizaram um teste até a exaustão a 86% do VO_2max . Os resultados evidenciaram uma incrível melhora no desempenho físico aeróbio de 25% até o tempo de exaustão, em relação ao grupo que não ingeriu lactato na composição da bebida (AZEVEDO *et al.*, 2007).

Conforme a literatura tem apresentado, os estudos que investigaram o lactato, como um substrato energético, não apresentaram melhora no desempenho aeróbio (BRYNER *et al.*, 1998; NORTHGRAVES *et al.*, 2014; PEVELER e PALMER, 2012; SWENSEN *et al.*, 1994). Contudo, apenas um estudo apresentou resultados positivos, com uma grande melhora de 25% no desempenho aeróbio (AZEVEDO *et al.*, 2007). No entanto, como há aumento dos níveis de pH (FAHEY *et al.*, 1991; MORRIS, *et al.*, 2011; PAINELLI *et al.*, 2014) e bicarbonato (FAHEY *et al.*, 1991; PAINELLI *et al.*, 2014) no sangue decorrente da suplementação de lactato, há grande potencial para a suplementação de lactato ter efeito ergogênico se utilizado

como um tamponante e, assim, exercer influência positiva sobre a fadiga causada pela acidose em exercícios de alta intensidade.

Apenas três estudos investigaram os efeitos da suplementação de lactato sobre exercícios de alta intensidade. Van Montfoort *et al.* (2004) foram os primeiros a investigar o lactato como um agente mediador do pH. Os autores suplementaram corredores, 105 min antes do início do exercício, com 400 mg.kg^{-1} de lactato de sódio e analisaram os níveis sanguíneos de bicarbonato e pH e desempenho físico durante um teste de alta intensidade até a exaustão em esteira. Os autores observaram aumentos no pH e bicarbonato sanguíneo, decorrentes da suplementação de lactato de sódio. Os autores também observaram uma melhora de 1,7% após a suplementação no desempenho físico em teste na esteira até a exaustão, quando comparado ao grupo placebo (VAN MONTFOORT *et al.*, 2004). No entanto esse estudo apresenta algumas limitações, os autores não apresentam os valores sanguíneos basais, o que dificulta uma análise do tamanho do efeito da suplementação, e o teste até exaustão apresenta um grande coeficiente de variação de 5 a 10% (BILLAT *et al.*, 1994).

Morris *et al.* (2011) investigaram a suplementação de 120 mg.kg^{-1} de lactato de cálcio, ingerido 80 min antes do início do teste, em ciclistas sobre os níveis de bicarbonato sanguíneo e pH decorrente a suplementação. Constataram que não houve alterações no pH sanguíneo com a suplementação, mas que a mesma se mostrou eficaz em aumentar os níveis de bicarbonato no sangue em comparação ao período pré-suplementação. Os autores também investigaram a suplementação sobre o desempenho físico durante um teste intermitente de alta intensidade até a exaustão em cicloergômetro e relataram um extraordinário aumento de 17% no tempo até a exaustão com a suplementação de lactato de cálcio em comparação ao placebo (MORRIS, *et al.*, 2011).

Inspirados pelos prévios resultados positivos encontrados na literatura, Painelli *et al.* (2013) investigaram a ação da suplementação aguda de duas doses de 150 e 300 mg.kg^{-1} lactato de cálcio, ingerida 90 min antes do teste, em homens jovens fisicamente ativos, sob variáveis sanguíneas de pH e bicarbonato, lactato plasmático e desempenho. Os autores verificaram que ambas as doses apresentaram um discreto aumento das variáveis sanguíneas de pH e níveis de bicarbonato, sem diferenças entre a dose alta e a dose baixa. Para análise do desempenho utilizaram 3 séries um teste intermitente máximo com 30 s de duração.

O teste foi executado com os membros superiores, e analisaram a potência média, pico e o trabalho total feito; no entanto, não foi verificada qualquer diferença no desempenho, em nenhuma das variáveis analisadas e independe da dose administrada (PAINELLI *et al.*, 2014). Assim, com esse distinto resultado, surge um questionamento sobre o uso do lactato como recurso ergogênico de ação tamponante, nos exercícios de alta intensidade e curta duração. Frente a esses dados controversos, resta claro que mais estudos tornam-se necessários para elucidar o potencial ergogênico da suplementação de lactato em exercícios de alta intensidade.

2.5 Protocolos de suplementação

Existe uma vasta literatura acerca da suplementação com o bicarbonato de sódio. A maioria dos estudos utiliza a suplementação aguda com a dose de 300 mg.kg⁻¹, que deve ser ingerida em única dose 60-120 minutos antes do início do exercício (CARR, HOPKINS e GORE, 2011; MCNAUGHTON, 1992; PEART, SIEGLER e VINCE, 2012). Para chegar à conclusão de qual seria a melhor dose utilizada McNaughton (1992) fez um estudo para testar a resposta de diferentes doses, para tanto homens saudáveis, que passaram por todos os seguintes protocolos: controle, suplementação de placebo e suplementação de bicarbonato nas doses 100, 200, 300, 400 e 500 mg.kg⁻¹. O controle, o placebo e a dose de 100 mg.kg⁻¹ não foram capazes de aumentar a o bicarbonato sanguíneo, tampouco o desempenho físico. A dose 200 mg.kg⁻¹ aumentou o bicarbonato sanguíneo, o lactato pós esforço e levou a alguma melhora no desempenho físico. Já as doses de 300, 400 e 500 mg.kg⁻¹ resultaram em aumento significativo do bicarbonato sanguíneo, do desempenho do lactato pós esforço, sem diferenças entre as condições. No entanto, as doses mais altas (400 e 500 mg.kg⁻¹) induziram maior desconforto gastrointestinal. Dessa maneira, a melhor resposta obtida é com a dose de 300 mg.kg⁻¹.

O tempo entre o início da suplementação de bicarbonato de sódio e o início do exercício físico é de 60 a 90 minutos, sendo esse o intervalo de tempo utilizado na maioria dos estudos com suplementação aguda (CARR, HOPKINS e GORE, 2011; PEART, SIEGLER e VINCE, 2012). Estudos de tempo-resposta examinaram em qual período de tempo ocorreriam os picos de bicarbonato sanguíneos após a

suplementação. Os resultados mostram que as concentrações de bicarbonato de sódio elevam-se a partir de 30 minutos, mantendo-se assim até 120 minutos (RENFREE, 2007). Outro estudo apresentou resultados semelhantes, indicando que as concentrações de pico ocorrem entre 60 e 90 minutos (PRICE e SINGH, 2008). No entanto, vale ressaltar que esses estudos são baseados nas médias dos indivíduos agrupados, o que não leva em conta variações interindividuais. Um estudo mais recente, que considerou a resposta sanguínea de cada sujeito, mostrou que há uma grande variação individual no tempo para atingir o pico de bicarbonato no sangue, sendo que o intervalo de tempo de pico no sangue foi de 75 a 180 minutos para a dose usual de $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (STANNARD *et al.*, dados ainda não publicados). Assim, pode-se deduzir que os protocolos de ingestão aguda com tempo fixo entre o consumo do suplemento e o início dos testes podem não avaliar os efeitos do bicarbonato de sódio dentro de sua faixa de máxima eficácia (isto é, o pico de bicarbonato no sangue).

Outra maneira de fazer a suplementação é utilizar a estratégia crônica, que é realizada por um período de 5 a 7 dias com dose diária de $500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a qual é fracionada ao longo do dia para gerar menor desconforto gastrointestinal. Os níveis sanguíneos de bicarbonato permanecem elevados por todos os dias de suplementação, mantendo-se assim por até 24-48 h após o término do protocolo (ARTIOLI *et al.*, 2006; MC NAUGHTON e THOMPSON, 2001). Uma grande vantagem dessa estratégia é a flexibilidade no *timing* da suplementação em relação ao início do exercício (MC NAUGHTON e THOMPSON, 2001; MCNAUGHTON, *et al.*, 1999). No protocolo crônico, a dose de $500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ é fracionada ao longo do dia, mantendo-se assim os níveis sanguíneos de bicarbonato. Outra vantagem do protocolo crônico é eliminar o problema da individualidade da resposta à suplementação aguda de bicarbonato de sódio, como foi recentemente evidenciada por Stannard *et al.*; elimina-se assim a necessidade de saber qual é o pico individual de cada sujeito para a realização do exercício físico.

A suplementação de bicarbonato de sódio pode gerar muitos sintomas como desconforto gastrointestinal, diarreia, azia, dor de cabeça entre outros. Portanto, estratégias de suplementação foram testadas a fim de ser verificar a forma mais segura de consumir o suplemento. Os estudos observaram que todas as estratégias testadas foram igualmente eficazes para elevar o pH e os níveis de bicarbonato sanguíneos; no entanto, ao aliar a suplementação com uma refeição rica em

carboidratos foi observada menor ocorrência de efeitos colaterais indesejáveis (CARR, *et al.*, 2011). Assim é importante recomendar que a suplementação de bicarbonato seja acompanhada de uma refeição para diminuir possíveis desconfortos.

O primeiro estudo com a utilização de lactato como suplemento foi publicado em 1991 por Fahey *et al.*, que utilizaram uma solução de lactato a 7%, com glicose 7% ou aspartame no início e a cada 20 minutos de exercício. Apesar da hipótese de uso não envolver o aumento das reservas tampão do sangue, foram identificados aumentos significativos de pH e bicarbonato sanguíneos. Outros estudos com solução de lactato a 7% e 2% não encontraram quaisquer alterações no pH e bicarbonato sanguíneos (BRYNER *et al.*, 1998; SWENSEN *et al.*, 1994). Mais alguns estudos utilizaram o lactato como suplemento, mas a dose foi muito baixa (21,5 mg.kg⁻¹ de uma combinação de lactato de cálcio e lactato de magnésio). Como esperado também não houve diferença no bicarbonato e pH sanguíneo (NORTHGRAVES *et al.*, 2014; PEVELER e PALMER, 2012). A suplementação de lactato como um agente tamponante ainda é bem escasso na literatura, sendo que há apenas 3 estudos feitos com esse propósito.

O primeiro estudo que utilizou esse recurso ergogênico como um tamponante foi publicado em 2004, em que Van Moontfort *et al.*, utilizaram a dose de 400 mg.kg⁻¹ de lactato de sódio 105 minutos antes do exercício. Essa dose foi capaz de aumentar os níveis de pH e bicarbonato sanguíneos em comparação a suplementação do placebo. O estudo seguinte foi publicado em 2011 por Morris *et al.*, que utilizaram uma dose menor comparada ao estudo anterior, de 120 mg.kg⁻¹ lactato de cálcio 80 minutos antes do exercício. Como resposta, os autores observaram aumento de bicarbonato, mas não do pH, em relação ao placebo. O estudo mais recente é de Painelli *et al.* (2014), o qual utilizaram-se duas doses distintas, sendo uma baixa (150 mg.kg⁻¹) e outra alta (300 mg.kg⁻¹) de lactato de cálcio 90 minutos antes do exercício. Ambas as doses causaram um discreto, porém significativo, aumento no pH e no bicarbonato sanguíneos, o que não ocorreu de forma dose-dependente. Nesse estudo também foi verificada a cinética de absorção do lactato de cálcio; o pico de bicarbonato no sangue ocorreu aos 90 minutos, retornando aos níveis basais após 150 minutos. Em relação ao comportamento da curva de pH, também não houve diferença entre as doses.

Diferente da suplementação com o bicarbonato de sódio, ainda não há na literatura nenhum estudo avaliando a estratégia de suplementação crônica de lactato de cálcio. Essa estratégia pode ter efeitos ergogênicos como é verificado com o bicarbonato de sódio (MCNAUGHTON, *et al.*, 1999), pois pode promover um incremento maior no bicarbonato sanguíneo com o maior período de suplementação, mas esse protocolo ainda precisa ser explorado.

3 OBJETIVO

Investigar os efeitos da suplementação crônica de lactato de cálcio sobre o equilíbrio ácido-base sanguíneo e sobre o desempenho físico de alta intensidade, comparando-os com a suplementação de bicarbonato de sódio, que foi utilizada neste estudo como controle positivo.

4 MÉTODOS

4.1 Amostra

A pesquisa foi amplamente divulgada no Campus USP Butantã e em redes sociais, de modo que a equipe de Rugby mostrou grande interesse em participar. Seus integrantes são estudantes da graduação e pós graduação. Além da equipe de Rugby, integrantes de uma equipe de jiu jitsu também participaram como voluntários. Para participar dos estudos, os indivíduos deveriam estar dentro dos critérios de inclusão, a saber: sexo masculino, atletas engajados em modalidades de alta solicitação de metabolismo anaeróbio, alto envolvimento de membros superiores e que tenham a intermitência como uma de suas características, ter entre 18 e 35 anos. Os critérios de exclusão foram: ser tabagista, ter problemas físicos que impeçam a realização de exercício físico máximo, fazer ou ter feito uso de creatina ou beta-alanina nos últimos 2 e 6 meses antes do início do estudo, respectivamente, fazer ou ter feito uso de esteroides anabolizantes nos 6 meses que antecedem ao estudo. Assim, 31 homens engajados em modalidades de alta solicitação de metabolismo anaeróbio, jogadores de rugby, lutadores de jiu jitsu e judô e praticantes de treinamento de força foram inicialmente recrutados para o estudo. No entanto, 13 voluntários desistiram de participar do estudo, sendo que 4 foram motivados por não conseguir manter ou concluir o protocolo de suplementação e os outros 8 indivíduos tiveram apenas incompatibilidade de agenda e 1 sofreu uma lesão, como mostra a figura 2.

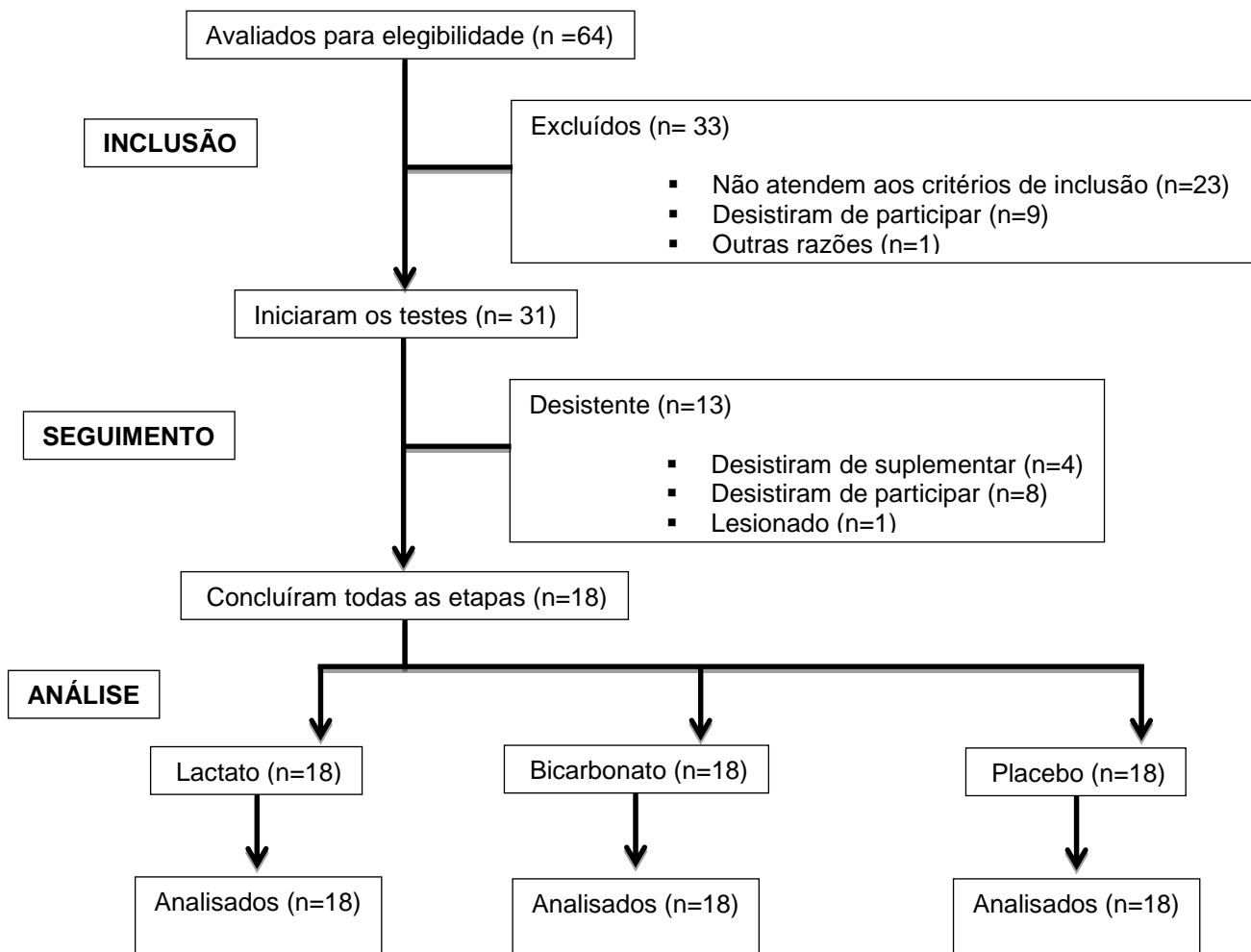


Figura 2: Fluxograma Consort

Dessa forma, a amostra final foi composta por 18 homens cujas características estão descritas na tabela 1. Antes do início dos testes, os indivíduos foram informados sobre todos os objetivos do estudo e os procedimentos que seriam realizados, bem como os possíveis riscos e desconfortos envolvidos. Em seguida, todos que concordaram em participar, preencheram e assinaram o termo de consentimento. Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição (protocolo número 29181114.0.0000.5391).

Tabela 1. Características dos Participantes.

| | Idade (anos) | Estatura (m) | Massa Corporal (kg) | Gordura Corporal (%) | TE (h/semana) | TG (h/semana) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Média | 26 | 1,78 | 88,8 | 18,6 | 5,7 | 3,6 |
| DP | 5 | 0,7 | 6,8 | 6,2 | 2,3 | 1,8 |

Os dados estão apresentados como média \pm desvio-padrão. TE treinamento específico da modalidade esportiva; TG treinamento geral, além da modalidade.

4.2 Consumo alimentar

Na Tabela 2 estão apresentados os dados de consumo alimentar dos atletas, contendo o consumo calórico, de carboidratos, de proteínas, de gorduras e o consumo de proteínas foi apresentado em valor percentual e pelo peso corporal, dentro de cada semana de suplementação. Conforme evidenciado na tabela, a análise da variância com um fator revelou que a dieta dos participantes permaneceu inalterada durante cada condição experimental (todos $P > 0.05$).

Tabela 2. Consumo alimentar dos participantes em cada condição experimental.

| | Bicarbonato | Lactato | Placebo | P |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|
| Kcal total | 2006,01 \pm 556,1 | 1932,82 \pm 451,3 | 1951,91 \pm 602,2 | 0,93 |
| CHO (%) | 46,60 \pm 8,9 | 46,60 \pm 10,8 | 51,35 \pm 8,8 | 0,39 |
| CHO/kg (g) | 2,75 \pm 1,4 | 2,56 \pm 0,9 | 2,77 \pm 1,2 | 0,86 |
| Proteínas (%) | 22,67 \pm 6,7 | 21,49 \pm 6,8 | 21,42 \pm 5,3 | 0,83 |
| Proteína/kg (g) | 1,25 \pm 0,7 | 1,14 \pm 0,4 | 1,10 \pm 0,4 | 0,68 |
| Lipídios (%) | 30,73 \pm 6,2 | 29,85 \pm 7,0 | 27,19 \pm 6,6 | 0,30 |

CHO: carboidrato; /kg - por quilograma de peso corporal; g: gramas.

4.3 Desenho Experimental

O estudo seguiu o desenho randomizado, duplo-cego, *crossover* contrabalançado, controlado por placebo. As análises sanguíneas foram conduzidas no LABNUTRI (Laboratório de Nutrição e Metabolismo Aplicados à Atividade Motora) da EEFÉ-USP (Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo). Os testes físicos foram conduzidos no LADESP (Laboratório de Determinantes Energéticos do Desempenho Esportivo) da EEFÉ-USP.

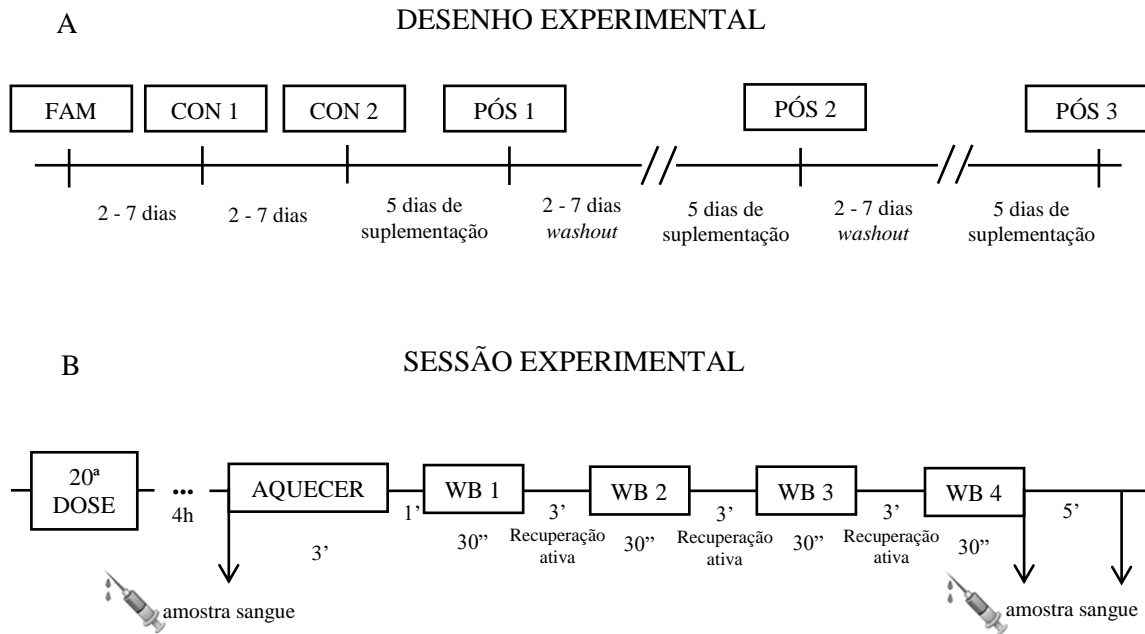


Figura 3: Desenho experimental e sessão experimental do estudo A. A: FAM: familiarização teste de desempenho. CON, POS 1, 2 e 3: teste de desempenho e coleta sanguínea. WB: *wingate* de braço. 20ª DOSE: última dose.

O protocolo consistiu de seis visitas ao laboratório. Todos os testes físicos foram realizados na mesma bicicleta ergométrica para membros superiores, na qual os voluntários foram testados para potência de pico, potência média e trabalho total. Os voluntários foram submetidos a três tratamentos diferentes, os quais foram separados por períodos de *washout* de 2 a 7 dias: suplementação de placebo (PLA – carbonato de cálcio), suplementação de lactato de cálcio (LaC), suplementação de bicarbonato de sódio (BiS). A visita 1 e 2 consistiu de sessões de familiarização aos procedimentos experimentais; a visita 3 foi o teste PRÉ, ou controle, sem tratamento. Já nas visitas 4, 5 e 6 os voluntários fizeram o teste de desempenho após terem suplementado com PLA, LaC ou BiS, em ordem aleatória e contrabalanceada (figura 3). Nos intervalos das sessões experimentais os voluntários mantiveram suas rotinas normais de treinamento. A composição corporal foi avaliada por meio de pesagem hidrostática.

Os sujeitos foram orientados a manter um recordatório alimentar (anexo 1) antes de cada teste. Eles também foram instruídos a não realizar nenhum tipo de atividade física intensa no dia anterior a cada teste. Todos os voluntários foram instruídos a manter a rotina normal de treino. Todos os testes e coletas foram preferencialmente realizados no mesmo período do dia.

4.4 Protocolo de Suplementação

Foi adotado um protocolo de suplementação crônica de lactato de cálcio, bicarbonato de sódio e como placebo carbonato de cálcio, pois provoca sensações similares ao bicarbonato de sódio sem modificações sanguíneas nas concentrações do bicarbonato sanguíneo (RENFREE, 2007). A dose diária utilizada foi de 500 mg.kg⁻¹ para todos os tratamentos, a ser ingerida em 4 doses diárias de 125 mg.kg⁻¹. Todos tratamentos foram administrados via oral por 5 dias, por meio de cápsulas gelatinosas de aparência idêntica e em igual quantidade.

As cápsulas de cada dose foram separadas individualmente, em pequenos sacos plásticos com zíper, essa dose tinha uma etiqueta descrevendo o nome do sujeito e quantidade de cápsulas. As etiquetas deveriam ser retiradas do saco plástico e coladas na ficha de controle de suplementação (anexo 2), cada vez que uma dose fosse ingerida. Cada semana os sujeitos receberam um pacote que continha 20 unidades de sacos plásticos com as doses para a suplementação, e 1, 2 ou 3 doses a mais, essa estratégia foi utilizada para ajudar no controle da suplementação, uma vez que as doses excedentes deveriam ser devolvidas. A última dose foi ingerida em torno de 4 horas antes da sessão de avaliação do desempenho.

4.5 Avaliação do Desempenho Físico

Os sujeitos foram submetidos à avaliação do desempenho, a qual foi realizada por meio de 4 séries de um teste de Wingate para membros superiores, em aparelho projetado especificamente para este teste (Cefise, Brasil). Os testes tiveram duração de 30 segundos e carga fixa em 4% do peso corporal. As séries foram separadas por períodos de recuperação ativa de 3 minutos, sem carga. Antes da série inicial os voluntários realizaram um aquecimento no aparelho por 2 minutos. Um sensor mensurou a velocidade da roda, de modo que um software (Wingate 1.0, Cefise, Brasil) fez o cálculo automaticamente da potência produzida por segundo, permitindo o registro da potência de pico, potência média e trabalho total. Durante todo o período de esforço o sujeito foi encorajado verbalmente.

Esse protocolo de avaliação do desempenho baseou-se integralmente no mecanismo de ação esperado para as substâncias testadas. Tanto o lactato de cálcio como o bicarbonato de sódio aumentam a capacidade tamponante extracelular e, portanto, sua ação ergogênica pode ser verificada em exercícios limitados pela acidose muscular (CARR, HOPKINS e GORE, 2011; HOBSON *et al.*, 2012; PEART, SIEGLER e VINCE, 2012). O uso de protocolos muito curtos ou muito longos, nos quais o desempenho não é limitado pela acidose, resulta na incapacidade de observar o potencial ergogênico desses suplementos (MCNAUGHTON, 1992; PORTINGTON *et al.*, 1998; STEPHENS *et al.*, 2002). Segundo dados de Robertson *et al.* (1987), os membros superiores são mais sensíveis à ação de tamponantes do que os membros inferiores (ROBERTSON *et al.*, 1987). Trabalhos do nosso grupo confirmam que o protocolo de avaliação adotado induz acentuada acidose metabólica (PAINELLI *et al.*, 2014), sendo sensível às melhoras promovidas pelo uso de substâncias tamponantes (ARTIOLI, *et al.*, 2007; TOBIAS *et al.*, 2013). Foi incluída a recuperação ativa durante o intervalo entre cada série, para evitar o reflexo vagal que gera hipotensão que tipicamente ocorre após um exercício de máxima intensidade do tipo *all-out*. Essa resposta pode levar os participantes a experimentar sintomas desconfortáveis, como êmese e perda de consciência. Assim, essa medida visa garantir o bem-estar dos voluntários, sendo, portanto, importante do ponto de vista ético. A recuperação ativa pode diminuir os níveis de lactato sanguíneo, mas não influencia o desempenho (OUERGUI *et al.*, 2014).

4.6 Coletas e Análises Sanguíneas

Para análise do pH, bicarbonato e gases sanguíneos foram colhidas amostras de sangue da veia antecubital. A amostra foi de aproximadamente 1 mL de sangue venoso, que foi colhido por meio de uma agulha e seringa. Esse procedimento foi realizado por profissionais devidamente treinados e qualificados para tal. As amostras de sangue foram colhidas no repouso (pré-exercício), imediatamente após o teste físico (pós-exercício) e 5 minutos após o teste físico (pós-exercício + 5 min). O pH e a pressão de CO₂ sanguíneos foram avaliados por gasometria venosa no analisador de gases sanguíneos RAPIDPOINT® 350 (Siemens, Alemanha). A

concentração de bicarbonato foi calculada segundo a equação de Henderson-Hasselbalch.

Para a análise de lactato plasmático, uma alíquota de 20 μL do sangue venoso coletado para gasometria foi imediatamente dispensado em 20 μL de solução NaF 2% a 4^o C. As amostras também foram colhidas no repouso e após o teste físico, nos tempos 0' e 5'. A alíquota reservada para mensuração do lactato plasmático foi submetida a centrifugação a 300 g por 5 minutos a 4^o C (universal 32R - Hettich). O plasma sobrenadante foi separado dos eritrócitos para posterior determinação do lactato plasmático, o que foi feito em duplicata pelo método enzimático colorimétrico utilizando-se o *Kit Lactate II* (BioVision). A leitura dos microensaios foi feita pelo espectrofotômetro de placas (Victor 3/1420 Multi-Label Counter - Perkin Elmer).

4.7 Análise Estatística

Os dados foram apresentados como média \pm desvio-padrão e foram analisados através do software estatístico SAS (versão 9.3). Para apresentação dos dados de desempenho fizemos uma separação do efeito da variação absoluta do trabalho total em duas parciais, assim somamos os valores das duas primeiras séries e das duas últimas séries. Os dados de desempenho do trabalho total de dos tratamentos PLA, LaC ou BiS foram corrigidos pela sessão controle, dessa forma todos os dados de desempenho estão apresentados como a variação absoluta do trabalho total ou em percentual da variação. Modelos Mistos foram empregados para examinar as alterações na potência pico, potência média, no lactato plasmático, no pH, no bicarbonato e excesso ácido-base sanguíneos, com 'momento' e 'teste' como fatores fixos no estudo de Reprodutibilidade; e 'momento' e 'condição' como fatores fixos no estudo de Eficácia. Separadamente, foi realizada a análise da variância com um fator (no caso, 'condição') para analisar a variação absoluta das variáveis sanguíneas em relação à sessão pré-suplementação. A análise da variância com um fator ('condição') também foi utilizada para a comparação entre as condições experimentais da variação absoluta do trabalho total em relação à sessão controle. Os dados de reprodutibilidade também foram usados para análise: teste t para análise do trabalho total, correlação intraclasse (ICC) e coeficiente de variação (CV). Adicionalmente, foi conduzida a inferência baseada em magnitude, seguindo as

recomendações de BATTERHAM e HOPKINS (2006), para detectar efeitos pequenos, mas de relevância prática sobre o trabalho total (BATTERHAM e HOPKINS, 2006). Por fim, foi empregado o Teste Exato de Fischer com o objetivo de avaliar a eficácia do desenho duplo-cego do estudo. Foram testadas 4 diferentes matrizes de co-variância (Compound Symmetry, Autoregressive, Toeplitz e Unstructured) para verificarmos qual o melhor modelo que se ajustaria aos dados, de acordo com o critério de Schwarz Bayesian (menor valor BIC – “Bayesian Information Criterion”). No caso de um valor F significativo, comparações múltiplas com ajuste de Tukey-Kraemer foram empregadas para localizar diferenças específicas e o Tamanho do Efeito foi calculado utilizando o Coeficiente D de Cohen. O nível de significância assumido foi $p \leq 0.05$. As análises individuais foram feitas com os valores percentuais da variação absoluta dos dados de trabalho total em relação ao PRE.

6 RESULTADOS

6.1 Desempenho físico

6.1.1 Reprodutibilidade

Os dados de trabalho total, potência pico e potência média estão apresentados na figura 4. A análise de teste t revelou que não houve diferenças no trabalho total entre as sessões de testes ($F = 0.49$; $P = 0.61$). A análise do Modelo Misto revelou um efeito principal de 'tempo' para a potência pico ($F = 97.22$; $P < 0.0001$) e potência média ($F = 213.54$; $P < 0.0001$), mostrando que houve uma redução significativa destes parâmetros a cada serie do teste de *Wingate*. Por outro lado, não foi verificado efeito principal de 'teste' para a potência pico ($F = 1.98$; $P = 0.14$) e potência média ($F = 0.52$; $P = 0.59$), mostrando que estes parâmetros não foram diferentes entre os testes. O CV do trabalho total foi de $2.62 \pm 3.12\%$ e o ICC foi de 0.91.

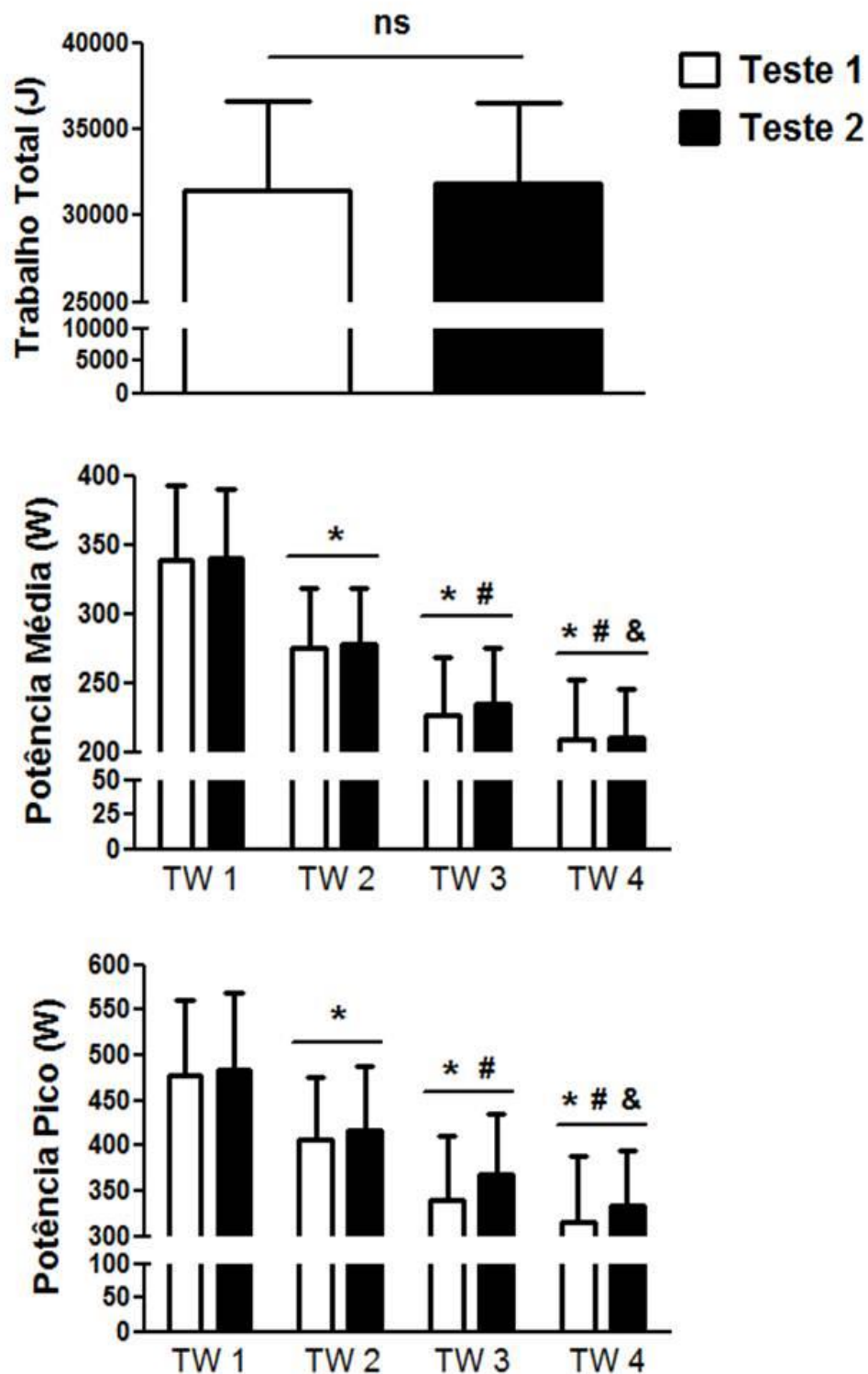


Figura 4: Dados do trabalho total, potência média e pico. **PAINEL A** – Trabalho total, ns sem diferença significativa. **PAINEL B** – Potência média em cada serie das sessões. **PAINEL C** – Potência pico em cada serie das sessões, ($P < 0,05$). Teste 1 (barras brancas) e teste 2 (barras pretas); WT = Teste de Wingate, * diferença significativa (ao nível $p < 0,05$) em relação ao TW1; # diferença significativa (ao nível $p < 0,05$) em relação ao TW2; & diferença significativa (ao nível $p < 0,05$) em relação ao TW3.

6.1.2 Eficácia da suplementação

A análise da variância com um fator revelou um efeito principal de 'condição' ($F = 3.09$; $P = 0.05$), indicando um aumento significativo no trabalho total entre a suplementação de bicarbonato de sódio em relação à suplementação de lactato de cálcio ou placebo (Figura 6).

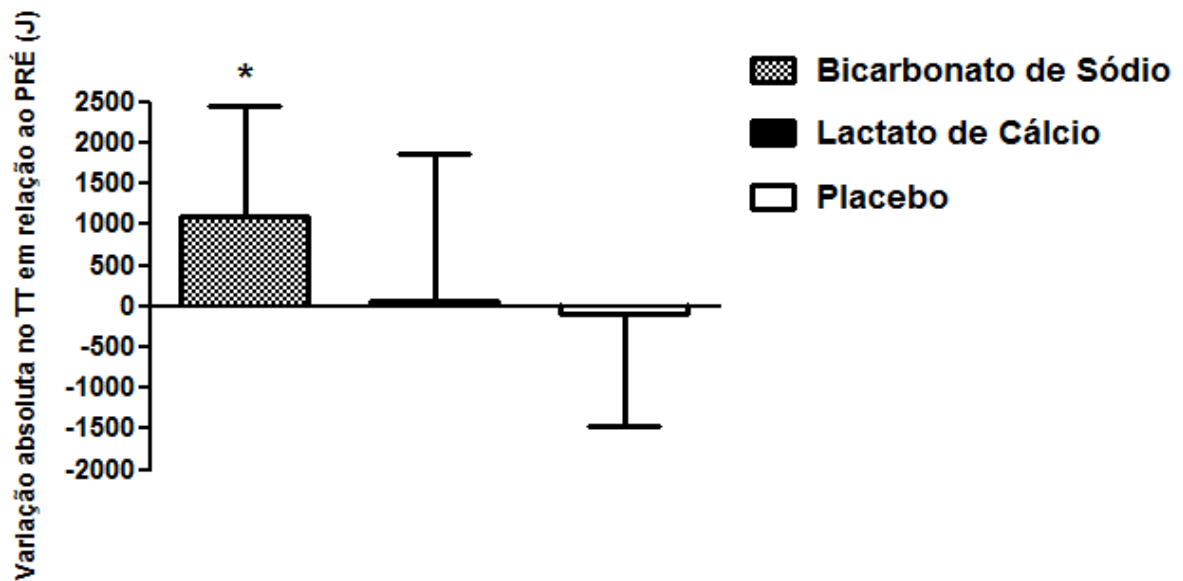


Figura 5: variação absoluta do trabalho total em relação ao PRÉ; * diferença significativa (ao nível $p \leq 0,05$) em relação às demais condições experimentais.

Considerando a variação absoluta do trabalho total, ao agruparmos as séries iniciais (séries 1 e 2) e séries finais (séries 3 e 4), a análise da variância com um fator revelou que não houve diferenças significantes na variação do trabalho total entre as condições experimentais nas séries iniciais ($F = 0.49$; $P = 0.61$; Figura 7 – Painel A); por outro lado, durante as séries finais, que sofrem maior influência da acidose, a análise da variância com um fator revelou um efeito principal de 'condição' ($F = 3.89$; $P = 0.02$; Figura 8 – Painel B), indicando um aumento significativo desta variável com a suplementação de bicarbonato de sódio em relação à suplementação de lactato de cálcio ou placebo.

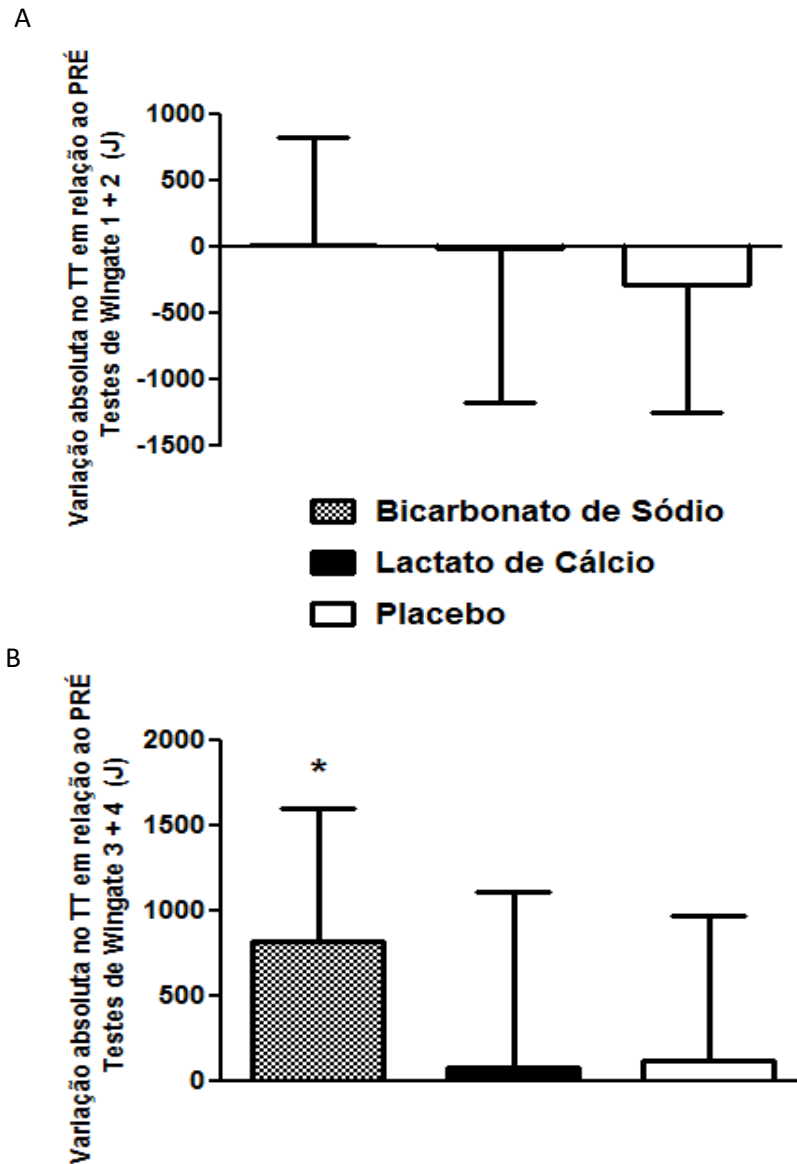


Figura 6: PAINEL A - Variação absoluta do trabalho total em relação ao PRÉ com apenas as séries iniciais (séries 1 e 2); **PAINEL B** - Variação absoluta do trabalho total em relação ao PRÉ com apenas as séries finais (séries 3 e 4); * diferença significativa (ao nível $p < 0.05$) em relação às demais condições experimentais.

A diferença na variação absoluta do trabalho total entre as condições experimentais fica ainda mais evidenciada através do cálculo do tamanho do efeito (Figura 7), a qual revelou um efeito pequeno do bicarbonato de sódio (0.19), e negligenciável das suplementações com lactato de cálcio e placebo (0.01 e 0.02, respectivamente).

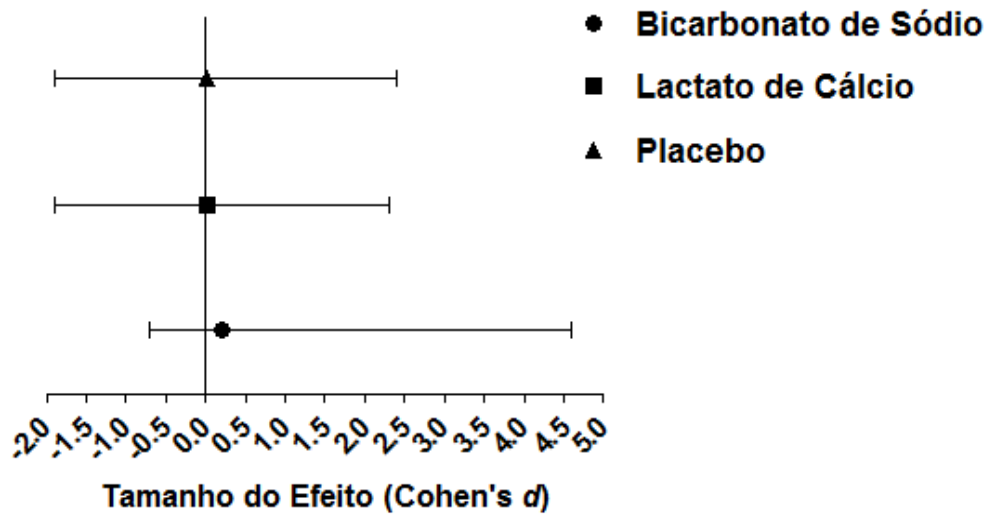


Figura 7: Tamanho do efeito calculado para cada condição experimental em comparação ao PRÉ: bicarbonato de sódio - 0,19 - 95% IC (-0,7 até 4,6); lactato de cálcio - 0,01 - 95% IC (-1,9 até 2,3); placebo - 0,02 - 95% IC (-1,9 até 2,4).

A análise da inferência baseada em magnitude do trabalho total (Tabela 3) mostrou que o bicarbonato de sódio foi o suplemento que apresentou maior chance de ser positivo quando comparado ao teste pré suplementação, placebo e lactato de cálcio (98.3, 55.2 e 51.2%, respectivamente).

Tabela 3. Inferência baseada na magnitude para o trabalho total

| | Diferença (%) | Chance do tratamento ser positivo (%) | Chance do tratamento ser trivial (%) | Chance do tratamento ser negativo (%) |
|-------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Trabalho Total | | | | |
| HCO ₃ ⁻ vs. PRE | + 2.86 | 64 | 36 | 0 |
| Lactato vs. PRE | + 0.13 | 0 | 100 | 0 |
| Placebo vs. PRE | - 0.02 | 0 | 99 | 1 |
| HCO ₃ ⁻ vs. Lactato | + 2.16 | 43 | 57 | 0 |
| HCO ₃ ⁻ vs. Placebo | + 2.64 | 57 | 43 | 0 |
| Lactato vs. Placebo | - 0.004 | 0 | 100 | 0 |
| Trabalho Total (Séries 1+2) | | | | |
| HCO ₃ ⁻ vs. PRE | + 0.13 | 0 | 99 | 0 |
| Lactato vs. PRE | + 0.12 | 2 | 95 | 3 |
| Placebo vs. PRE | - 1.01 | 0 | 85 | 15 |
| HCO ₃ ⁻ vs. Lactato | + 0.19 | 1 | 98 | 1 |
| HCO ₃ ⁻ vs. Placebo | + 1.31 | 17 | 83 | 0 |
| Lactato vs. Placebo | + 0.96 | 15 | 85 | 0 |
| Trabalho Total (Séries 3+4) | | | | |
| HCO ₃ ⁻ vs. PRE | + 5.93 | 96 | 4 | 0 |
| Lactato vs. PRE | + 0.21 | 1 | 99 | 0 |
| Placebo vs. PRE | + 0.87 | 6 | 93 | 1 |
| HCO ₃ ⁻ vs. Lactato | + 5.40 | 83 | 17 | 0 |
| HCO ₃ ⁻ vs. Placebo | + 5.22 | 86 | 14 | 0 |
| Lactato vs. Placebo | - 0.20 | 49 | 2 | 49 |

Análises individuais do trabalho total mostraram que a suplementação de lactato de cálcio 6 indivíduos acima da variação do teste, o tratamento de bicarbonato de sódio 8 melhoraram a performance e no placebo apenas 5 aumentaram a performance, como é mostrado na figura 9.

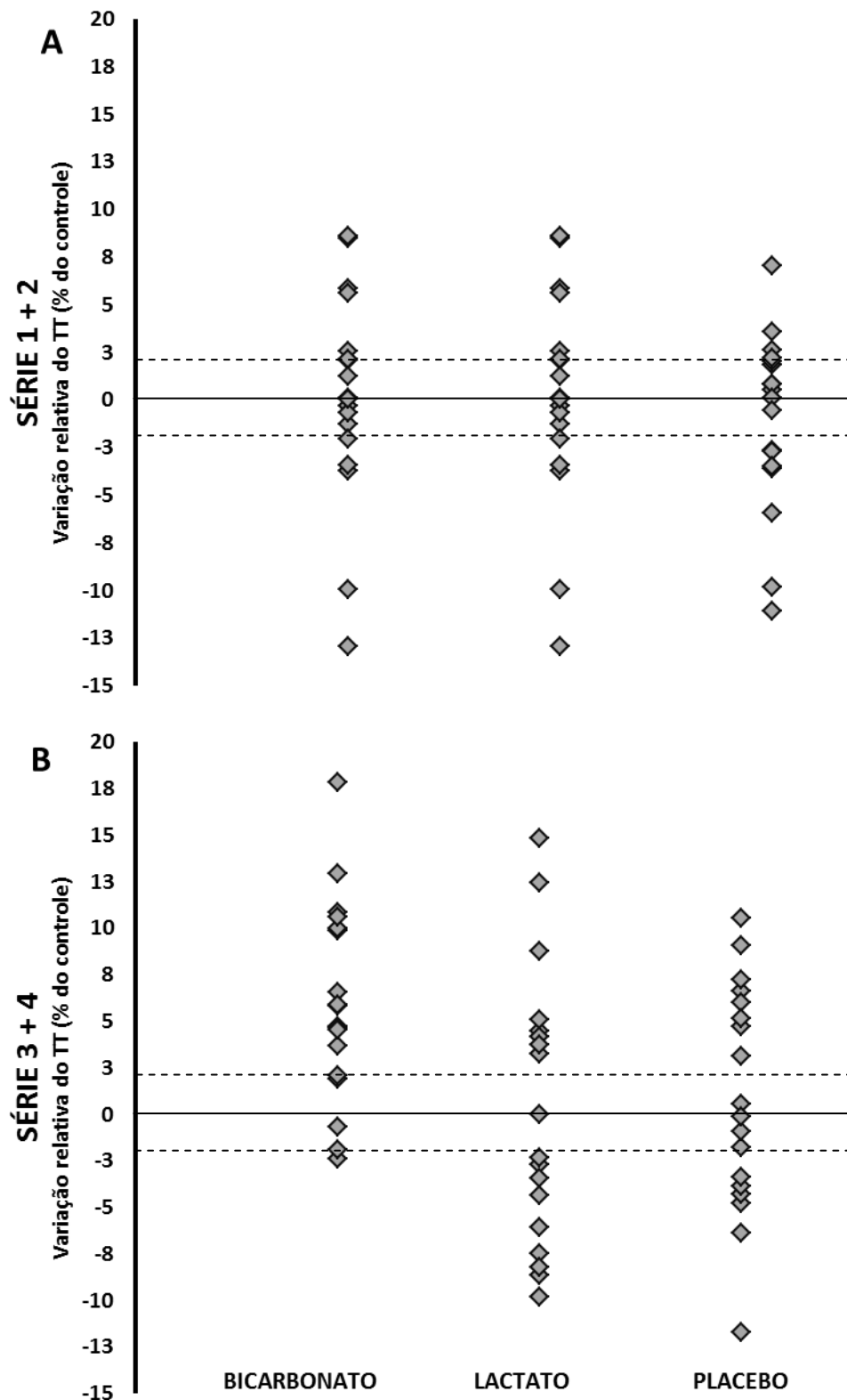


Figura 9: Análise individual dos sujeitos, os dados estão apresentados em porcentagem da variação absoluta do trabalho total do tratamento em relação ao teste pré suplementação. Onde losango representa os voluntários suplementados com bicarbonato de sódio; triângulo representa os voluntários suplementados com lactato de cálcio; e círculo representa os voluntários suplementados com placebo. Linha tracejada representa a variação do teste de *wingate* para membros superiores (CV: $2.62 \pm 3.12\%$).

Análises individuais do trabalho total dividido em séries iniciais e finais mostraram o padrão das respostas individuais do trabalho total dentro de cada tratamento, como é mostrado na figura 10.

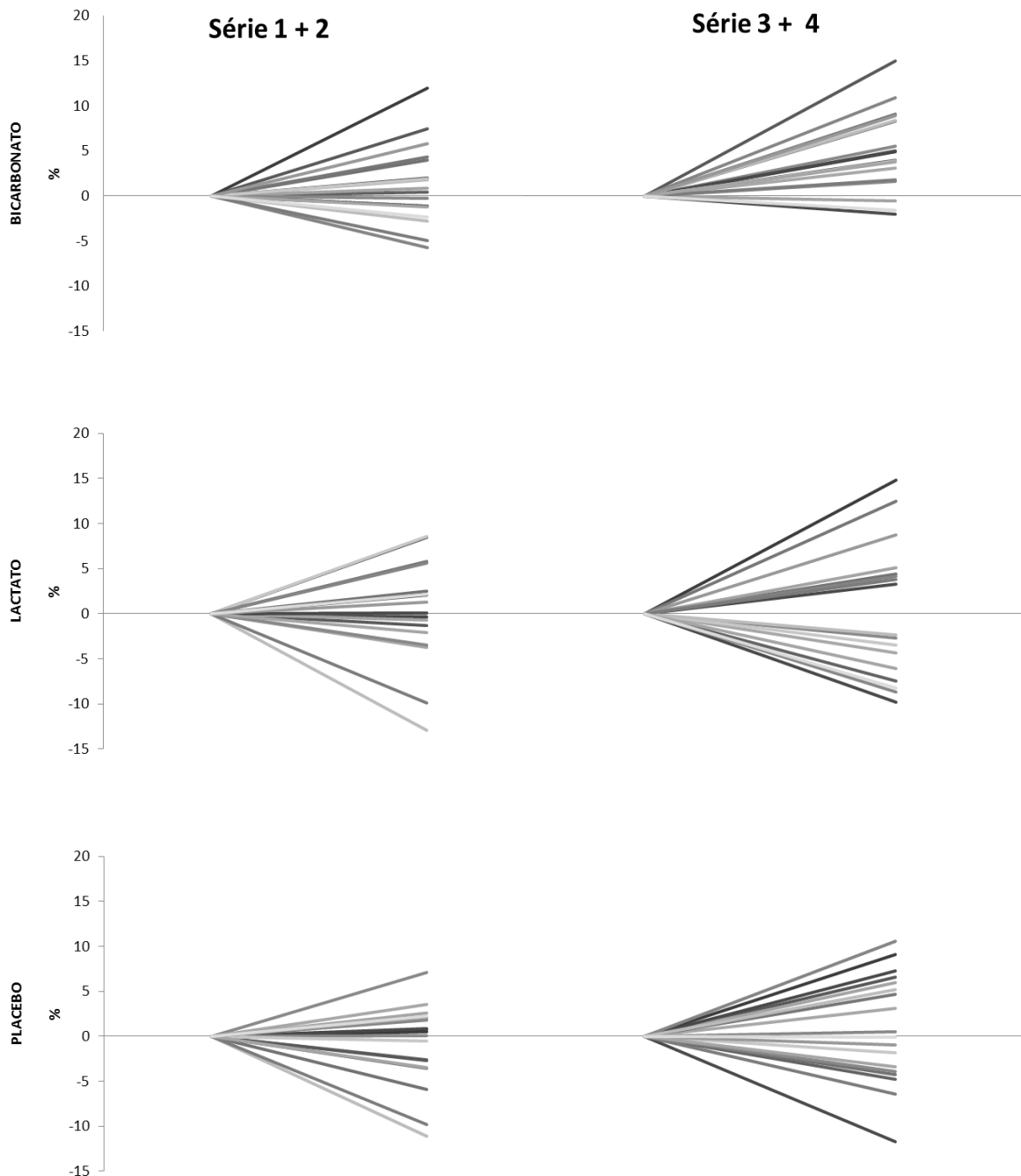


Figura 10: Análise individual dos sujeitos separado em séries, os dados estão apresentados em porcentagem da variação absoluta do trabalho total do tratamento em relação ao teste pré suplementação, separados em séries iniciais (esquerda) e séries finais (séries 3 e 4).

6.2 Variáveis sanguíneas

6.2.1 Reprodutibilidade

A Tabela 4 apresenta as variáveis sanguíneas analisadas em cada um dos momentos ('repouso', 'pós-exercício' e '5 minutos pós-exercício') durante os testes 1 e 2. Não foram identificadas diferenças significantes entre os testes físicos para qualquer uma das variáveis sanguíneas em repouso.

A análise do Modelo Misto detectou um efeito principal de 'momento' ($F = 669.66$; $P < 0.0001$) para o pH sanguíneo, indicando uma significativa redução desta variável nos momentos 'pós-exercício' e '5 minutos pós-exercício' em relação ao repouso. Contudo, não foi observado um efeito principal de 'teste' ($F = 0.12$; $P = 0.89$), indicando que esta redução do pH sanguíneo não foi significativamente diferente entre os testes.

A análise do Modelo Misto detectou um efeito principal de 'momento' ($F = 1550.62$; $P < 0.0001$) para o bicarbonato sanguíneo, indicando uma significativa redução desta variável nos momentos 'pós-exercício' e '5 minutos pós-exercício' em relação ao repouso. Contudo, não foi observado um efeito principal de 'teste' ($F = 1.32$; $P = 0.27$), indicando que esta redução do bicarbonato sanguíneo não foi significativamente diferente entre os testes.

A análise do Modelo Misto detectou um efeito principal de 'momento' ($F = 1232.03$; $P < 0.0001$) para o lactato plasmático, indicando um significativo aumento desta variável nos momentos 'pós-exercício' e '5 minutos pós-exercício' em relação ao repouso. Contudo, não foi observado um efeito principal de 'teste' ($F = 0.49$; $P = 0.61$), indicando que este aumento do lactato plasmático não foi significativamente diferente entre os testes.

Tabela 4. pH, bicarbonato e lactato, no teste 1 e 2

| | Repouso | Pós-exercício | Pós-exercício + 5 min |
|----------------------------------------------------------|-------------|--------------------------|---------------------------|
| pH | | | |
| Teste 1 | 7,39 ± 0,02 | 7,09 ± 0,06 [*] | 7,16 ± 0,05 ^{*^} |
| Teste 2 | 7,39 ± 0,02 | 7,10 ± 0,05 [*] | 7,17 ± 0,05 ^{*^} |
| HCO₃⁻ (mmol.l⁻¹) | | | |
| Teste 1 | 30,2 ± 1,5 | 16,5 ± 2,7 [*] | 12,4 ± 1,7 ^{*^} |
| Teste 2 | 30,6 ± 1,3 | 16,6 ± 2,5 [*] | 13,1 ± 2,8 ^{*^} |
| Lactato (mmol.l⁻¹) | | | |
| Teste 1 | 0,3 ± 0,3 | 15,1 ± 2,6 [*] | 14,4 ± 0,1 [*] |
| Teste 2 | 0,3 ± 0,2 | 15,3 ± 2,8 [*] | 14,5 ± 2,8 ^{*^} |

* diferença significativa em relação ao 'Repouso' (ao nível $p < 0.05$). ^ diferença significativa em relação ao 'Pós-exercício' (ao nível $p < 0.05$). Os dados estão apresentados como média ± desvio-padrão.

6.2.2 Eficácia da suplementação

A Figura 11 apresenta as variáveis sanguíneas analisadas em cada um dos momentos ('repouso', 'pós-exercício' e '5 minutos pós-exercício') durante o teste pré-suplementação e os testes experimentais. Não foram identificadas diferenças significantes entre os testes para as variáveis sanguíneas pH e bicarbonato no repouso.

A análise do Modelo Misto detectou um efeito principal de 'momento' ($F = 713.88$; $P < 0.0001$) para o pH sanguíneo, indicando uma significativa redução desta variável nos momentos 'pós-exercício' e '5 minutos pós-exercício' em relação ao repouso. Contudo, não foi observado um efeito principal de 'condição' ($F = 0.46$; $P = 0.71$), indicando que esta redução do pH sanguíneo não foi significativamente diferente entre os teste pré-suplementação e experimentais.

A análise do Modelo Misto detectou um efeito principal de 'momento' ($F = 1210.45$; $P < 0.0001$) para o lactato plasmático, indicando um significativo aumento desta variável nos momentos 'pós-exercício' e '5 minutos pós-exercício' em relação ao repouso. Contudo, não foi observado um efeito principal de 'condição' ($F = 1.72$; $P = 0.17$), indicando que este aumento do lactato plasmático não foi significativamente diferente entre os teste pré-suplementação e experimentais.

A análise do Modelo Misto detectou um efeito principal de 'momento' ($F = 1157.73$; $P < 0.0001$) para o bicarbonato sanguíneo, indicando uma significativa redução desta variável nos momentos 'pós-exercício' e '5 minutos pós-exercício' em relação ao repouso. Apesar do Modelo Misto não ter revelado um efeito principal de 'condição' ($F = 2.60$; $P = 0.06$), a análise de comparação mista revelou uma aumentada concentração de bicarbonato sanguíneo em repouso com a suplementação de bicarbonato de sódio em comparação às demais condições experimentais (todas $p < 0.05$).

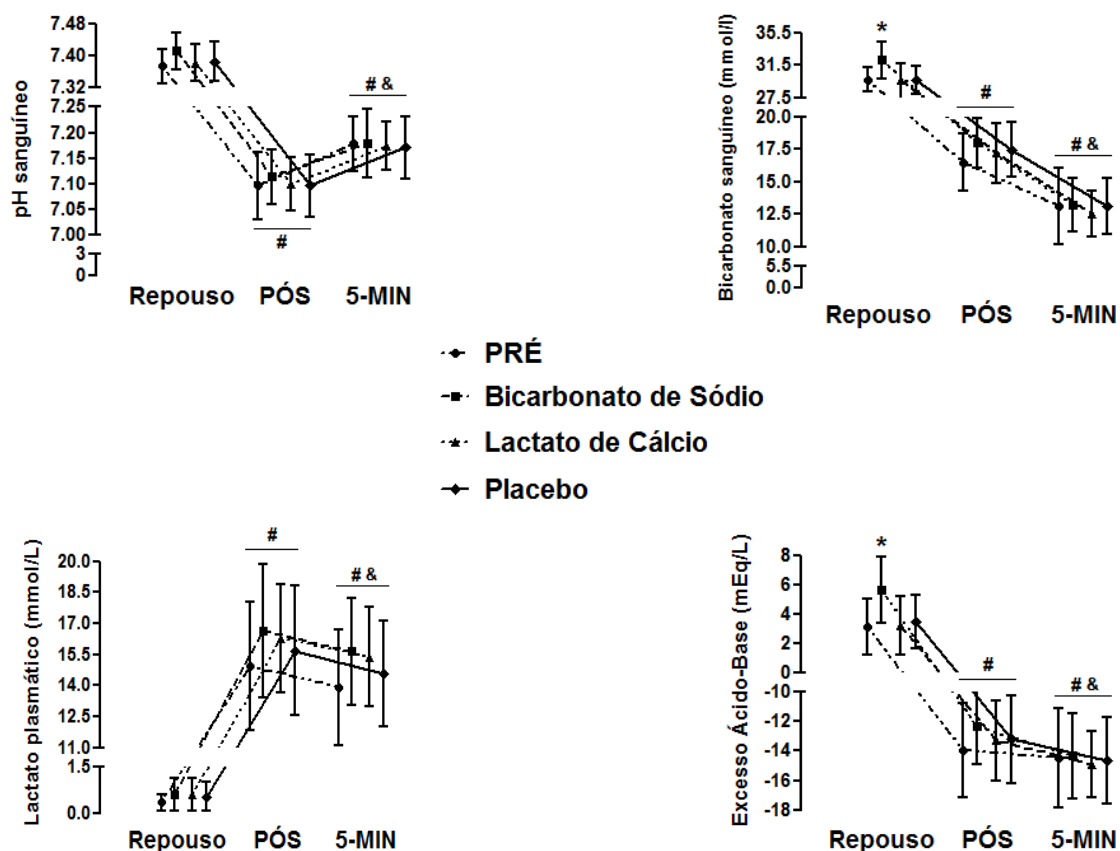


Figura 11: Variáveis sanguíneas sensibilidade. **PAINEL A** – pH sanguíneo. **PAINEL B** – Bicarbonato sanguíneo. **PAINEL C** – Lactato plasmático. **PAINEL D** – Excesso ácido-base. # diferença significativa (ao nível $p < 0,05$) em relação ao repouso; & diferença significativa (ao nível $p < 0,05$) em relação ao pós teste, * diferença significativa (ao nível $p < 0,05$) em relação as demais condições.

A análise do Modelo Misto detectou um efeito principal de 'momento' ($F = 1113.64$; $P < 0.0001$) para o excesso ácido-base sanguíneo, indicando uma significativa redução desta variável nos momentos 'pós-exercício' e '5 minutos pós-exercício' em relação ao repouso. Apesar do Modelo Misto não ter revelado um efeito principal de 'condição' ($F = 1.61$; $P = 0.19$), a análise de comparação mista revelou um excesso ácido-base sanguíneo aumentado em repouso com a

suplementação de bicarbonato de sódio em comparação às demais condições experimentais (todas $p < 0.05$).

A Tabela 5 apresenta a mudança absoluta em variáveis sanguíneas analisadas em cada um dos momentos ('repouso', 'pós-exercício' e '5 minutos pós-exercício') durante os testes experimentais em relação ao teste pré suplementação. Não foram identificadas diferenças significantes entre os suplementos para as variáveis sanguíneas pH e bicarbonato em nenhum momento.

Em apoio aos resultados observados com a análise do Modelo Misto, a análise da variância com um fator foi empregada para examinar a variação absoluta (em comparação à sessão pré-suplementação) de cada variável sanguínea, para cada momento. Como principais resultados, durante o repouso, observou-se uma diferença significativa da variação absoluta do bicarbonato e excesso ácido-base sanguíneos com a suplementação de bicarbonato de sódio em comparação às demais condições experimentais (ambos $p < 0.05$).

Tabela 5. Mudanças absolutas no pH, excesso ácido-base bicarbonato e lactato, do teste pré suplementação para os testes experimentais

| | Repouso | Pós-exercício | Pós-exercício + 5 min |
|----------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|
| pH | | | |
| Bicarbonato de sódio | + 0,035 ± 0,048 | + 0,033 ± 0,046 | + 0,026 ± 0,065 |
| Lactato de cálcio | + 0,009 ± 0,029 | + 0,006 ± 0,046 | + 0,004 ± 0,053 |
| Placebo | + 0,019 ± 0,038 | + 0,016 ± 0,044 | + 0,013 ± 0,039 |
| HCO₃⁻ (mmol.l⁻¹) | | | |
| Bicarbonato de sódio | + 2,5 ± 2,0 [*] | + 1,7 ± 2,1 | + 1,1 ± 1,7 |
| Lactato de cálcio | - 0,1 ± 2,3 | + 0,6 ± 2,3 | - 0,7 ± 2,4 |
| Placebo | - 0,3 ± 1,7 | + 1,2 ± 1,3 | + 0,3 ± 2,7 |
| Excesso ácido-base (mEq/L) | | | |
| Bicarbonato de sódio | + 2,7 ± 2,1 [*] | + 2,2 ± 2,6 | + 1,5 ± 2,7 |
| Lactato de cálcio | + 0,1 ± 1,6 | + 0,6 ± 2,4 | - 0,4 ± 2,9 |
| Placebo | + 0,1 ± 1,6 | + 1,3 ± 1,9 | + 0,5 ± 2,9 |
| Lactato (mmol.l⁻¹) | | | |
| Bicarbonato de sódio | + 0,3 ± 0,5 | + 1,7 ± 3,6 | + 1,9 ± 3,4 |
| Lactato de cálcio | + 0,2 ± 0,5 | + 1,4 ± 3,9 | + 1,2 ± 2,8 |
| Placebo | + 0,1 ± 0,4 | + 0,8 ± 4,1 | + 0,8 ± 3,6 |

* diferença significativa em relação as demais condições no mesmo momento (ao nível $p < 0,05$). Os dados estão apresentados como média ± desvio-padrão.

6.3 Aderência à suplementação

Na Tabela 6 estão apresentados os dados de todos os atletas participantes referente à aderência à suplementação em cada fase de intervenção, é interessante notar que alguns atletas apresentam aderência de 105%, pois eram entregues doses a mais nos pacotes que recebiam, para controle da aderência e alguns atletas acabaram fazendo uso de uma dose a mais. O indivíduo 4 apresentou a menor aderência ao protocolo de suplementação, esse indivíduo relatou muito desconforto gastrointestinal, diarreia intensa e dificuldade de manter o protocolo de suplementação, especialmente nos dois primeiros dias e depois manteve a suplementação normalmente. Não houve diferença entre os tratamentos quanto a suplementação.

Tabela 6. Aderência à suplementação.

| Suj | Bicarbonato | | | | | | Lactato | | | | | | Placebo | | | | | | | |
|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | T | | |
| 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 50 | 100 | 25 | 75 | 75 | 65 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 3 | 75 | 100 | 100 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 75 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 95 | |
| 4 | 0 | 50 | 25 | 100 | 100 | 55 | 0 | 50 | 100 | 100 | 100 | 70 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 125 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 105 | |
| 6 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 125 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 105 | |
| 7 | 125 | 100 | 100 | 100 | 100 | 105 | 125 | 100 | 100 | 100 | 100 | 105 | 125 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 105 | |
| 8 | 100 | 100 | 75 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 75 | 75 | 100 | 100 | 90 | |
| 9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 11 | 100 | 100 | 100 | 100 | 75 | 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 75 | 95 | |
| 12 | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 25 | 75 | 100 | 100 | 100 | 100 | 80 | |
| 13 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 14 | 100 | 100 | 75 | 100 | 100 | 95 | 75 | 75 | 100 | 75 | 100 | 85 | 100 | 100 | 100 | 75 | 100 | 100 | 95 | |
| 15 | 75 | 100 | 100 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 75 | 75 | 100 | 90 | 100 | 100 | 50 | 100 | 100 | 100 | 90 | |
| 16 | 100 | 100 | 100 | 75 | 75 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 17 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 18 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| | | | | | | 95,3 ± 10,7 | | | | | | | 95,3 ± 11,0 | | | | | | | 97,8 ± 6,2 |

Os dados estão apresentados em percentual, como média ± desvio-padrão.

6.4 Eficácia do Desenho Duplo-Cego e Efeitos Colaterais

Somente 10 dos 18 participantes foram capazes de adivinhar corretamente o suplemento que foi ingerido durante o 1° e 3° testes experimentais, enquanto somente 8 dos 18 foram capazes de identificar corretamente o suplemento que foi ingerido no 2° teste experimental. Não houve diferenças significantes na taxa de acerto entre os testes experimentais (Teste Exato de Fisher: $P = 0.83$). (Tabela 7). Na condição suplementada com lactato de cálcio houve 8 sujeitos com efeitos colaterais, sendo que cada um apresentou uma queixa, na condição placebo houve um total de 12 relatos queixas feito por 8 sujeitos, enquanto um total de 22 relatos queixosos foram feitos por 13 sujeitos na condição Bicarbonato de Sódio, como foi mostrado na figura 12. Entre os efeitos colaterais, a eructação e o desconforto gastrointestinal foram os mais frequentes, seguidos da diarreia.

Tabela 7. Acertos e erros dos participantes no vendamento do estudo

| Sujeito | Bicarbonato | Lactato | Placebo |
|----------------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | acertou | acertou | acertou |
| 2 | acertou | errou | errou |
| 3 | acertou | errou | errou |
| 4 | errou | errou | errou |
| 5 | errou | acertou | acertou |
| 6 | acertou | acertou | acertou |
| 7 | acertou | acertou | acertou |
| 8 | errou | acertou | errou |
| 9 | acertou | errou | errou |
| 10 | acertou | errou | errou |
| 11 | acertou | errou | errou |
| 12 | acertou | errou | acertou |
| 13 | acertou | errou | acertou |
| 14 | acertou | errou | errou |
| 15 | errou | errou | errou |
| 16 | acertou | errou | acertou |
| 17 | acertou | acertou | errou |
| 18 | acertou | errou | acertou |
| ACERTOS | 14 | 6 | 8 |
| ERROS | 4 | 12 | 10 |

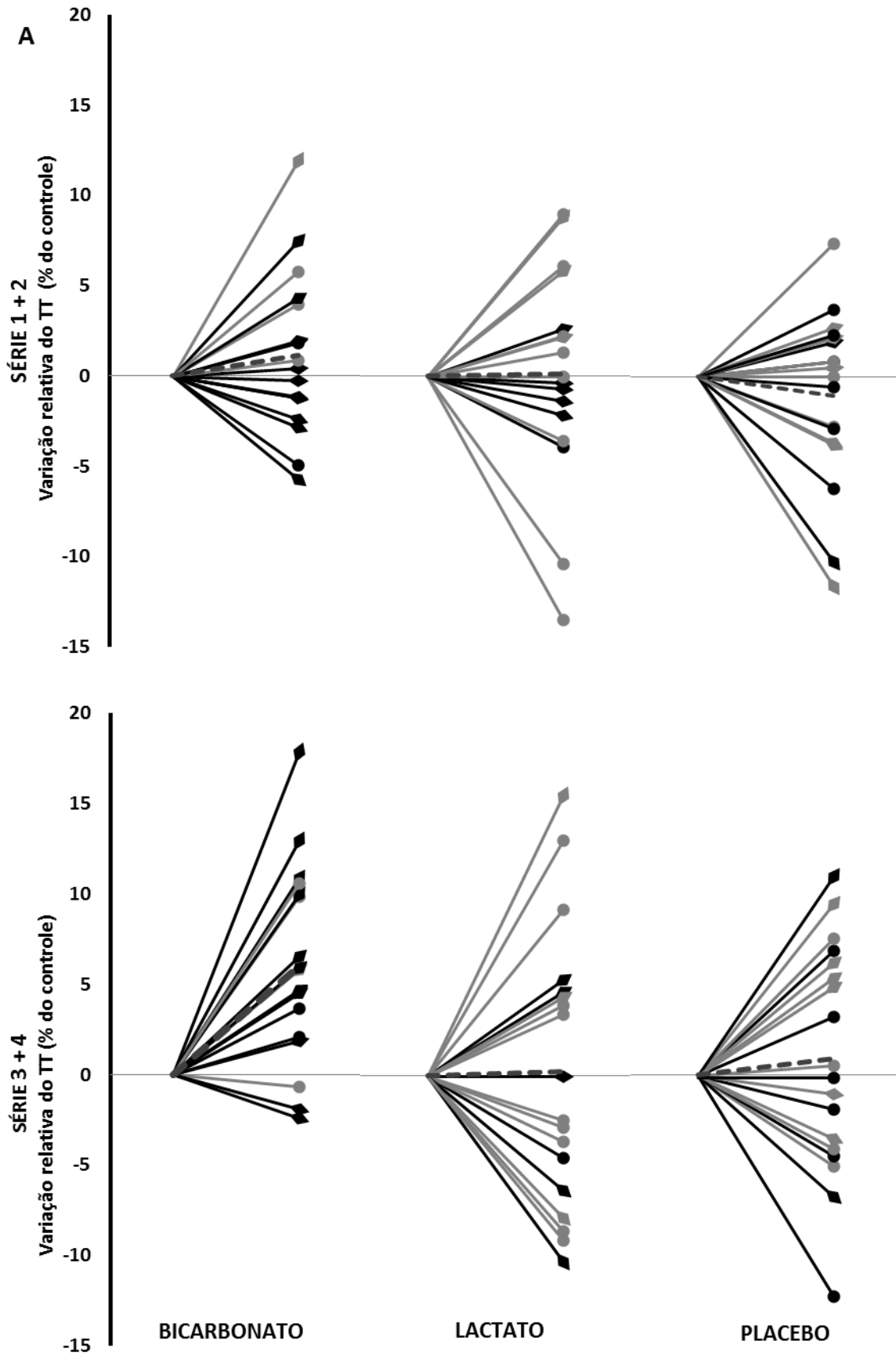


Figura 12: Efeitos colaterais, vendamento e desempenho individual, os dados estão apresentados em porcentagem da variação absoluta do trabalho total do tratamento em relação ao teste pré-suplementação. Linhas pretas representa quem acertou o suplemento ingerido; linhas cinzas

representa quem errou o suplemento ingerido; linha tracejada representa a média da variação absoluta do tratamento. Losango apresentou efeito colateral; círculo não apresentou nenhum efeito colateral.

5 DISCUSSÃO

Esse foi o primeiro estudo que investigou a suplementação crônica de lactato de cálcio. O principal resultado desse estudo foi que a suplementação de lactato de cálcio não aumentou o desempenho intermitente de alta intensidade no *wingate* para membros superiores, comparado ao controle ou comparado à suplementação do placebo. Por outro lado, a suplementação de bicarbonato de sódio foi capaz de aumentar o desempenho comparado ao controle e suplementação do placebo e do lactato de cálcio.

O principal achado desse estudo corrobora com o estudo de Painelli *et al.* (2014), que mostrou não haver nenhuma alteração no desempenho em exercício de alta intensidade após a ingestão aguda de uma dose baixa ($150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) e dose alta ($300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) de lactato de cálcio. No entanto, esses resultados divergem de outros estudos que utilizaram a suplementação de lactato como um agente mediador do pH, que mostraram melhoras no desempenho do tempo até a exaustão de 1,7% (VAN MONTFOORT *et al.*, 2004) e 17% (MORRIS, *et al.*, 2011), em cicloergômetro. Esse resultado é contrastante com nossa hipótese inicial, de que o lactato de cálcio poderia ser um agente tamponante por poupar bicarbonato sanguíneo e, dessa forma, ter as reservas de bicarbonato aumentadas. Por outro lado, a suplementação de bicarbonato de sódio foi eficaz em melhorar o desempenho em quase 3%, que é o incremento esperado no desempenho desse recurso ergogênico (CARR, HOPKINS e GORE, 2011; PEART, SIEGLER e VINCE, 2012). Logo, com a efetividade do controle positivo, podemos inferir que o protocolo de teste e suplementação foi eficiente.

O protocolo de exercício empregado no presente estudo foi previamente utilizado para verificar eficácia de agentes tamponantes e tem sido sensível em detectar melhoras no desempenho promovidas pelo aumento intracelular (TOBIAS *et al.*, 2013) e extracelular (ARTIOLI *et al.*, 2007; TOBIAS *et al.*, 2013) da capacidade de tamponamento. Nosso estudo verificou ainda que o teste é reprodutível, pois existe consistência no trabalho total, potência média e pico entre diferentes sessões, sendo que o teste possui um coeficiente de variação de 2,5%. Esses dados se refletem nos dados sanguíneos que evidenciam a sensibilidade do teste em causar a acidose necessária para testar um agente tamponante.

Na figura 8 fizemos uma separação do efeito do trabalho total em duas parciais. Para tanto, somamos os valores das duas primeiras séries e das duas últimas séries. Essa forma de analisar os dados de desempenho nos permitiu evidenciar o real efeito do aumento da capacidade tamponante, o qual classicamente se observa quando os indivíduos já se encontram em fadiga, como nas últimas séries do teste de *wingate* (ARTIOLI *et al.*, 2007). Em nosso estudo, esse gráfico mostrou que as duas primeiras séries não apresentam efeito de nenhum dos tratamentos, o que é esperado, pois a acidose ainda é baixa nas primeiras séries e não limita o desempenho, afinal os suplementos tamponantes extracelulares só podem ser efetivos quando há presença de acidose muscular, tamponando os íons de H^+ que foram transportados para fora da célula muscular (ROBERGS *et al.*, 2004). O gráfico também deixou ainda mais evidente a contribuição da suplementação de bicarbonato de sódio no aumento do desempenho do trabalho total nas últimas, bem como, que a suplementação de lactato de cálcio não foi eficaz nem nas últimas séries do *wingate*. A figura 10 também mostra os dados separados em séries iniciais e finais, mas em forma de respostas individuais aos tratamentos, nessa apresentação do dado fica evidente que a suplementação de bicarbonato de sódio aumenta o desempenho para a maioria dos indivíduos nas séries finais.

Nesse estudo, a suplementação crônica de lactato de cálcio não foi capaz de aumentar os níveis sanguíneos de pH, bicarbonato, excesso ácido-base e lactato comparado ao período pré suplementação. Isso difere dos estudos que utilizaram protocolos de suplementação aguda, onde Painelli *et al.* (2014) mostraram um aumento de $\sim 4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ após a ingestão de qualquer dose 150 ou $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de lactato de cálcio. Van Moontfort *et al.* (2004) apresentaram elevação do pH e bicarbonato sanguíneo decorrente da suplementação de lactato em comparação a condição pré suplementação e ao placebo. Fahey *et al.* (1991) mostraram aumento no pH sanguíneo de $7,38$ para $7,47$ e no bicarbonato sanguíneo de $\sim 17\%$. Além disso, Morris *et al.* (2011) apresentaram um aumento significativo do bicarbonato sanguíneo de $26,83$ para $29,50 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, no entanto o pH sanguíneo permaneceu sem alteração com o tratamento, corroborando com os dados de pH do nosso estudo. Dessa forma, no presente estudo a suplementação de lactato de cálcio não foi capaz de induzir tais efeitos. Sugeriu-se que é necessário para um potencial efeito ergogênico um aumento mínimo de $5-6 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ em bicarbonato no sangue,

enquanto aumentos superiores a $6 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ quase certamente irá resultar em um efeito ergogênico (CARR, HOPKINS e GORE, 2011). Outro ponto importante é que Painelli *et al.* (2014) mostraram que a concentração de pico ocorreu 90 minutos após a ingestão, enquanto os participantes no estudo ingeriram a sua última dose de 4 h antes do exercício. Assim, como não houve aumentos na concentração de bicarbonato sanguíneo, não era provável que houvesse efeito ergogênico decorrente dessa suplementação, isto é evidenciado pelos valores de bicarbonato no sangue pré exercício que não foram diferentes entre os tratamentos de lactato de cálcio e placebo.

No estudo presente, utilizamos um protocolo de suplementação crônica, uma vez que é possível resultar em alcalose mais pronunciada, como mostrado com o bicarbonato de sódio, além de minimizar potenciais efeitos colaterais (MC NAUGHTON; THOMPSON, 2001). No entanto, o protocolo de suplementação empregado pode não ter sido suficiente para induzir alterações em variáveis sanguíneas e melhorar o desempenho. Embora McNaughton *et al.* (2001) mostraram aumento do bicarbonato no sangue 48h após o término da suplementação crônica, os dados do nosso estudo sugerem que a suplementação crônica com lactato de cálcio não resulta em efeito semelhante. Isto pode ocorrer devido ao rápido retorno aparente aos valores pré suplementação, após a suplementação aguda lactato de cálcio, como mostrado por Painelli *et al.* (2014). Claramente, a suplementação crônica de lactato não é capaz de prolongar os efeitos da ingestão aguda sobre o bicarbonato sanguíneo, o que contrasta com o que se observa com a suplementação crônica de bicarbonato de sódio. No estudo de Painelli *et al.* (2014), o pico de bicarbonato sanguíneo ocorreu 90 minutos depois da ingestão, retornando aos valores basais após 150 minutos depois da ingestão. Além disso, as variações absolutas em bicarbonato sanguíneo com a suplementação de lactato de cálcio foi de apenas ~1%, o que é consideravelmente inferior à média aumentos de 18-25% mostrados após a suplementação de bicarbonato de sódio (REQUENA *et al.*, 2005). Nesse sentido, pode ser apontado como uma limitação do presente estudo medidas diárias de sangue nos cinco dias de suplementação.

O lactato plasmático não foi aumentado após a suplementação de lactato de cálcio, esse resultado pode ter ocorrido devido a última dose dos voluntários ter sido 4 horas antes do teste, assim quando a coleta sanguínea foi realizada o lactato provavelmente já fora metabolizado, pois quando o lactato cai na corrente

sanguínea, é capturado por diversos tecidos e pode ser utilizado como fonte de energia (GLADDEN, 2004). Ainda, a dose diária ($500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) foi dividida em 4 sub doses de $125 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, quantidade incapaz de aumentar o lactato plasmático, como mostrado por Painelli *et al.* (2014). Nesse estudo, apenas a dose de $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ aumentou o lactato, enquanto a dose baixa de $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, que é um pouco maior que a sub dose diária do presente estudo, não resultou em nenhuma alteração.

Como esperado, um grande aumento do lactato no plasma foi observado após o exercício de alta intensidade intermitente, indicando uma elevada dependência da glicólise anaeróbia. No entanto, nenhum dos tratamentos apresentou diferenças na concentração de lactato plasmático nos momentos pós exercício e nem em 5 minutos pós exercício. Muitos estudos mostram uma concentração de lactato maior após o exercício em condições de suplementação com tamponantes tanto intracelular (TOBIAS *et al.*, 2013) como extracelular (ARTIOLI *et al.*, 2007; PAINELLI *et al.*, 2014; TOBIAS *et al.*, 2013). Isso sugere que o aumento da concentração de lactato, que ocorre por maior efluxo a partir de células musculares ativas para o sangue, pode diminuir a concentração intramuscular H^+ , que poderia permitir uma ativação um pouco mais prolongada da via glicolítica e dessa maneira melhorar o desempenho (REQUENA *et al.*, 2005). No entanto, uma maior concentração de lactato plasmático não garante melhor desempenho (PAINELLI *et al.*, 2014), dessa forma não há correlação direta com a concentração de lactato pós exercício e o desempenho, que pode ser afetado por mais fatores.

A suplementação das substâncias utilizadas no presente estudo podem causar alguns efeitos colaterais, especialmente mal estar gastrointestinal, sendo que a maior incidência de relatos foi com a suplementação de bicarbonato de sódio, conforme já evidenciado na literatura (CARR, HOPKINS e GORE, 2011; PEART, SIEGLER e VINCE, 2012; REQUENA *et al.*, 2005). Os efeitos colaterais foram mais evidente no tratamento com bicarbonato de sódio, que apresentou maior número de relatos de desconforto gastrointestinal. Isso pode ter facilitado que os voluntários adivinhassem com mais facilidade o suplemento que estavam tomando, sendo que o suplemento (bicarbonato de sódio) que os sujeitos mais acertaram qual suplemento foi de fato ingerido também foi o suplemento que apresentou mais sintomas adversos e o suplemento (lactato de cálcio) com menor desenvolvimento de sintomas foi o que menos os voluntários acertaram qual era o suplemento correto.

No entanto, o teste Exato de Fisher, mostrou que o vendamento do estudo foi efetivo, ao menos do ponto de vista estatístico. Uma explicação alternativa para o elevado número de acertos pode residir na forma como as coletas foram realizadas. Em vez de dar aos participantes a opção de relatarem “não sei”, todos eles foram obrigados a tentar adivinhar a substância ingerida no dia, mesmo que não soubessem. Assim, pode-se ter aumentando as chances de acerto ao acaso, sem que necessariamente estivessem minimamente convictos do que haviam tomado.

A adesão à suplementação necessita de um valor mínimo aceitável de aderência ao protocolo para que o sujeito possa ser considerado como suplementado. No entanto, não existe um ponto de corte claro para a suplementação crônica para o bicarbonato de sódio semelhante ao que foi usado como modelo para a suplementação do lactato de cálcio no presente estudo (MC NAUGHTON e THOMPSON, 2001). Os valores sanguíneos de bicarbonato e pH são sustentados por até 24 horas, de modo que as doses mais importantes para o incremento do desempenho são as doses próximas ao dia do teste.

Em conclusão, a suplementação de lactato de cálcio não foi capaz de induzir aumentos significativos nas variáveis sanguíneas analisadas no estudo. Nem apresentou efeitos ergogênicos sobre o desempenho de intermitente de alta intensidade. Por outro lado, a suplementação de bicarbonato de sódio induziu aumento significativo dos níveis de bicarbonato sanguíneo e, apesar de não ter alterado o pH, foi eficaz em melhorar o desempenho, conforme esperado. Isso indica que o desenho do estudo foi capaz de detectar os efeitos ergogênicos induzidos pelo aumento da capacidade tamponante extracelular. Uma vez que o mesmo efeito não foi observado com a suplementação de lactato, pode-se concluir seguramente que tal estratégia não é capaz de aumentar a capacidade tamponante, tampouco de promover melhoras no desempenho intermitente de alta intensidade.

REFERÊNCIAS

ABE, H. Role of histidine-related compounds as intracellular proton buffering constituents in vertebrate muscle. **Biochemistry (Mosc)**, v. 65, n. 7, p. 757-65, Jul 2000.

ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. **Physiol Rev**, v. 88, n. 1, p. 287-332, Jan 2008.

ARTIOLI et al. A ingestão de bicarbonato de sódio pode contribuir para o desempenho em lutas de judô? . **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, p. 371 - 375, 2006.

ARTIOLI, G. G. et al. Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judo performance? **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, v. 17, n. 2, p. 206-17, Apr 2007.

AZEVEDO, J. L. et al. Lactate, fructose and glucose oxidation profiles in sports drinks and the effect on exercise performance. **PLoS One**, v. 2, n. 9, p. e927, 2007.

BATTERHAM, A. M.; HOPKINS, W. G. Making meaningful inferences about magnitudes. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 1, n. 1, p. 50-7, Mar 2006.

BERGSTROM, J. et al. Diet, muscle glycogen and physical performance. **Acta Physiol Scand**, v. 71, n. 2, p. 140-50, Oct-Nov 1967.

BILLAT, V. et al. Reproducibility of running time to exhaustion at VO₂max in subelite runners. **Med Sci Sports Exerc**, v. 26, n. 2, p. 254-7, Feb 1994.

BISHOP, D. et al. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 5, p. 807-13, May 2004.

BONEN, A. et al. Abundance and subcellular distribution of MCT1 and MCT4 in heart and fast-twitch skeletal muscles. **Am J Physiol Endocrinol Metab**, v. 278, n. 6, p. E1067-77, Jun 2000.

BOUISSOU, P. et al. Metabolic and blood catecholamine responses to exercise during alkalosis. **Med Sci Sports Exerc**, v. 20, n. 3, p. 228-32, Jun 1988.

BRIEN, D. M.; MCKENZIE, D. C. The effect of induced alkalosis and acidosis on plasma lactate and work output in elite oarsmen. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 58, n. 8, p. 797-802, 1989.

BROOKS, G. A. Lactate production under fully aerobic conditions: the lactate shuttle during rest and exercise. **Fed Proc**, v. 45, n. 13, p. 2924-9, Dec 1986.

BRYNER, R. W. et al. Effect of lactate consumption on exercise performance. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 38, n. 2, p. 116-23, Jun 1998.

CARR, A. J.; HOPKINS, W. G.; GORE, C. J. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: a meta-analysis. **Sports Med**, v. 41, n. 10, p. 801-14, Oct 1 2011.

CARR, A. J.; SLATER; et al. Effect of sodium bicarbonate on $[HCO_3^-]$, pH, and gastrointestinal symptoms. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, v. 21, n. 3, p. 189-94, Jun 2011.

COSTILL, D. L. et al. Acid-base balance during repeated bouts of exercise: influence of HCO_3^- . **Int J Sports Med**, v. 5, n. 5, p. 228-31, Oct 1984.

DANAHER, J. et al. The effect of beta-alanine and NaHCO₃ co-ingestion on buffering capacity and exercise performance with high-intensity exercise in healthy males. **Eur J Appl Physiol**, v. 114, n. 8, p. 1715-24, Aug 2014.

DEBOLD, E. P. Recent insights into muscle fatigue at the cross-bridge level. **Front Physiol**, v. 3, p. 151, 2012.

DERAVE, W. et al. beta-Alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during repeated isokinetic contraction bouts in trained sprinters. **J Appl Physiol (1985)**, v. 103, n. 5, p. 1736-43, Nov 2007.

DUBOUCHAUD, H. et al. Endurance training, expression, and physiology of LDH, MCT1, and MCT4 in human skeletal muscle. **Am J Physiol Endocrinol Metab**, v. 278, n. 4, p. E571-9, Apr 2000.

FABIATO, A.; FABIATO, F. Effects of pH on the myofilaments and the sarcoplasmic reticulum of skinned cells from cardiac and skeletal muscles. **J Physiol**, v. 276, p. 233-55, Mar 1978.

FAHEY, T. D. et al. The effects of ingesting polylactate or glucose polymer drinks during prolonged exercise. **Int J Sport Nutr**, v. 1, n. 3, p. 249-56, Sep 1991.

FITTS, R. H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. **Physiol Rev**, v. 74, n. 1, p. 49-94, Jan 1994.

GLADDEN, L. B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. **J Physiol**, v. 558, n. Pt 1, p. 5-30, Jul 1 2004.

HALESTRAP, A. P. Monocarboxylic acid transport. **Compr Physiol**, v. 3, n. 4, p. 1611-43, Oct 2013.

- HILL, C. A. et al. Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. **Amino Acids**, v. 32, n. 2, p. 225-33, Feb 2007.
- HOBSON, R. M. et al. Effects of beta-alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. **Amino Acids**, v. 43, n. 1, p. 25-37, Jul 2012.
- HORSWILL, C. A. Effects of bicarbonate, citrate, and phosphate loading on performance. **Int J Sport Nutr**, v. 5 Suppl, p. S111-9, Jun 1995.
- JUEL, C. Current aspects of lactate exchange: lactate/H⁺ transport in human skeletal muscle. **Eur J Appl Physiol**, v. 86, n. 1, p. 12-6, Nov 2001.
- _____. Regulation of pH in human skeletal muscle: adaptations to physical activity. **Acta Physiol (Oxf)**, v. 193, n. 1, p. 17-24, May 2008.
- JUEL, C.; HOLTEN, M. K.; DELA, F. Effects of strength training on muscle lactate release and MCT1 and MCT4 content in healthy and type 2 diabetic humans. **J Physiol**, v. 556, n. Pt 1, p. 297-304, Apr 1 2004.
- KRUSTRUP, P.; ERMIDIS, G.; MOHR, M. Sodium bicarbonate intake improves high-intensity intermittent exercise performance in trained young men. **J Int Soc Sports Nutr**, v. 12, p. 25, 2015.
- LINDH, A. M. et al. Sodium bicarbonate improves swimming performance. **Int J Sports Med**, v. 29, n. 6, p. 519-23, Jun 2008.

MAINWOOD, G. W.; CECHETTO, D. The effect of bicarbonate concentration on fatigue and recovery in isolated rat diaphragm muscle. **Can J Physiol Pharmacol**, v. 58, n. 6, p. 624-32, Jun 1980.

MAINWOOD, G. W.; WORSLEY-BROWN, P. The effects of extracellular pH and buffer concentration on the efflux of lactate from frog sartorius muscle. **J Physiol**, v. 250, n. 1, p. 1-22, Aug 1975.

MARRIOTT, M.; KRUSTRUP, P.; MOHR, M. Ergogenic effects of caffeine and sodium bicarbonate supplementation on intermittent exercise performance preceded by intense arm cranking exercise. **J Int Soc Sports Nutr**, v. 12, p. 13, 2015.

MATSUI, T. et al. Brain glycogen decreases during prolonged exercise. **J Physiol**, v. 589, n. Pt 13, p. 3383-93, Jul 1 2011.

MC NAUGHTON, L.; THOMPSON, D. Acute versus chronic sodium bicarbonate ingestion and anaerobic work and power output. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 41, n. 4, p. 456-62, Dec 2001.

MCNAUGHTON, L. et al. Effects of chronic bicarbonate ingestion on the performance of high-intensity work. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 80, n. 4, p. 333-6, Sep 1999.

MCNAUGHTON, L. R. Bicarbonate ingestion: effects of dosage on 60 s cycle ergometry. **J Sports Sci**, v. 10, n. 5, p. 415-23, Oct 1992.

MCNAUGHTON, L. R.; SIEGLER, J.; MIDGLEY, A. Ergogenic effects of sodium bicarbonate. **Curr Sports Med Rep**, v. 7, n. 4, p. 230-6, Jul-Aug 2008.

MORRIS, D. Effects of oral lactate consumption on metabolism and exercise performance. **Curr Sports Med Rep**, v. 11, n. 4, p. 185-8, Jul-Aug 2012.

MORRIS, D. M. et al. Effects of lactate consumption on blood bicarbonate levels and performance during high-intensity exercise. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, v. 21, n. 4, p. 311-7, Aug 2011.

NEWSHOLME, E. A.; BLOMSTRAND, E. Branched-chain amino acids and central fatigue. **J Nutr**, v. 136, n. 1 Suppl, p. 274S-6S, Jan 2006.

NORTHGRAVES, M. J. et al. Effect of lactate supplementation and sodium bicarbonate on 40-km cycling time trial performance. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 1, p. 273-80, Jan 2014.

OUERGUI, I. et al. Effects of recovery type after a kickboxing match on blood lactate and performance in anaerobic tests. **Asian J Sports Med**, v. 5, n. 2, p. 99-107, Jun 2014.

PAINELLI VDE, S. et al. The effects of two different doses of calcium lactate on blood pH, bicarbonate, and repeated high-intensity exercise performance. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, v. 24, n. 3, p. 286-95, Jun 2014.

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. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 7, p. 1975-83, Jul 2012.

PEVELER, W. W.; PALMER, T. G. Effect of magnesium lactate dihydrate and calcium lactate monohydrate on 20-km cycling time trial performance. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 4, p. 1149-53, Apr 2012.

PILEGAARD, H. et al. Effect of high-intensity exercise training on lactate/H⁺ transport capacity in human skeletal muscle. **Am J Physiol**, v. 276, n. 2 Pt 1, p. E255-61, Feb 1999.

PITSILADIS, Y. P. et al. Hyperprolactinaemia during prolonged exercise in the heat: evidence for a centrally mediated component of fatigue in trained cyclists. **Exp Physiol**, v. 87, n. 2, p. 215-26, Mar 2002.

PORTINGTON, K. J. et al. Effect of induced alkalosis on exhaustive leg press performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 4, p. 523-8, Apr 1998.

PRICE, M. J.; SINGH, M. Time course of blood bicarbonate and pH three hours after sodium bicarbonate ingestion. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 3, n. 2, p. 240-2, Jun 2008.

RASMUSSEN, P.; SECHER, N. H.; PETERSEN, N. T. Understanding central fatigue: where to go? **Exp Physiol**, v. 92, n. 2, p. 369-70, Mar 2007.

RENFREE, A. The time course for changes in plasma [h⁺] after sodium bicarbonate ingestion. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 2, n. 3, p. 323-6, Sep 2007.

REQUENA, B. et al. Sodium bicarbonate and sodium citrate: ergogenic aids? **J Strength Cond Res**, v. 19, n. 1, p. 213-24, Feb 2005.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 287, n. 3, p. R502-16, Sep 2004.

ROBERTSON, R. J. et al. Effect of induced alkalosis on physical work capacity during arm and leg exercise. **Ergonomics**, v. 30, n. 1, p. 19-31, Jan 1987.

SAHLIN, K. Muscle fatigue and lactic acid accumulation. **Acta Physiol Scand Suppl**, v. 556, p. 83-91, 1986.

_____. Metabolic factors in fatigue. **Sports Med**, v. 13, n. 2, p. 99-107, Feb 1992.

SAUNDERS, B. et al. Sodium bicarbonate and high-intensity-cycling capacity: variability in responses. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 9, n. 4, p. 627-32, Jul 2014.

SIEGLER, J. C.; HIRSCHER, K. Sodium bicarbonate ingestion and boxing performance. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 1, p. 103-8, Jan 2010.

STEPHENS, T. J. et al. Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 4, p. 614-21, Apr 2002.

SWENSEN, T. et al. Adding polylactate to a glucose polymer solution does not improve endurance. **Int J Sports Med**, v. 15, n. 7, p. 430-4, Oct 1994.

TOBIAS, G. et al. Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. **Amino Acids**, v. 45, n. 2, p. 309-17, Aug 2013.

TURNBERG, L. A. et al. Mechanism of bicarbonate absorption and its relationship to sodium transport in the human jejunum. **J Clin Invest**, v. 49, n. 3, p. 548-56, Mar 1970.

VAN MONTFOORT, M. C. et al. Effects of ingestion of bicarbonate, citrate, lactate, and chloride on sprint running. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 7, p. 1239-43, Jul 2004.

WESTERBLAD, H.; ALLEN, D. G.; LANNERGREN, J. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? **News Physiol Sci**, v. 17, p. 17-21, Feb 2002.

WRIGHT, H. E. et al. Peripheral markers of central fatigue in trained and untrained during uncompensable heat stress. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 3, p. 1047-57, Mar 2012.

YAMAMOTO, T.; NEWSHOLME, E. A. The effect of tryptophan deficiency in the brain on rat fatigue levels: a rat model of fatigue reduction. **Adv Exp Med Biol**, v. 527, p. 527-30, 2003.

ANEXO 1

INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DO DIÁRIO ALIMENTAR

- Anote absolutamente tudo que ingerir durante 3 dias não-consecutivos, sendo um deles do fim de semana (sem incluir água – segunda, quarta e sábado, por exemplo);
- Para que possamos realizar o cálculo de calorias e macronutrientes ingeridos na dieta da forma mais precisa o possível, anote o que você comeu com o maior número possível de detalhes (tamanho das porções, dos alimentos, fabricante). Abaixo você pode ver um exemplo de como preencher o diário;
- Caso necessite de mais linhas para anotar, favor inserir o necessário, não deixando de anotar nenhum alimento;
- Por favor, não se esquecer de anotar os suplementos que você utiliza, se for o caso;
- Em caso de dúvidas favor entrar em contato com Luana (luanaindaia@yahoo.com.br 014 9 8176-2451) ou Lívia (024 9 9860 9932 liviasouzaigoncalves@gmail.com)

Exemplo:

| Refeição | Alimentos e forma de preparo | Quantidade |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Café da manhã | Pão de forma Pullman | 2 fatias |
| | Mussarela | 2 fatias finas de máquina |
| | Requeijão Poços de Caldas | 2 colheres de sopa |
| | Peito de Peru Light | 2 fatias grossas de máquina |
| | Leite desnatado Parmalat | 1 copo de requeijão |
| | Achocolatado em pó Toddy | 2 colheres de sopa |
| | Açúcar refinado | 1 colher se sobremesa rasa |
| | Lanche | Banana nanica |
| Barra de cereal Taeaq de laranja | | 2 unidades |
| Almoço | Arroz integral 7 cereais Raris | 2 escumadeiras cheias |
| | Feijão preto | 1 concha média |
| | Bife acebolado | 1 pedaço grande |
| | Alface | 5 folhas |
| | Tomate | 3 rodelas |
| | Azeite | 2 colhes de sopa |

ANEXO 2 CONTROLE DA SUPLEMENTAÇÃO

Nome: _____ Cod.: _____

Semana: 1 2 3 Dose: _____

Teste PÓS: ___/___/_____ Horário ____:____

| REGISTRO DE DOSE | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ___/___ __:___ | ___/___ __:___ | ___/___ __:___ | ___/___ __:___ |
| Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. |
| ___/___ __:___ | ___/___ __:___ | ___/___ __:___ | ___/___ __:___ |
| Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. |
| ___/___ __:___ | ___/___ __:___ | ___/___ __:___ | ___/___ __:___ |
| Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. |
| ___/___ __:___ | ___/___ __:___ | ___/___ __:___ | ___/___ __:___ |
| Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. |
| ___/___ __:___ | ___/___ __:___ | ___/___ __:___ | ___/___ __:___ |
| Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. | Cole aqui a etiqueta. |

OBS: _____
