



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

PROJETO DE PESQUISA

**O EFEITO DO SUCO DE BETERRABA SOBRE AS RESPOSTAS
CARDIORRESPIRATÓRIAS E NEUROMUSCULARES EM CICLISTAS
TREINADOS**

Proponente: Prof. Dr. Eduardo Marcel Fernandes Nascimento

Florianópolis

2025

1. INTRODUÇÃO

A eficácia e segurança na utilização de suplementos nutricionais esportivos (ANTONIO et al., 2024) têm tornado essa prática uma parte importante da nutrição esportiva, sobretudo pelos significativos efeitos ergogênicos relacionados à performance atlética, recuperação e à saúde de maneira geral (NETECA et al., 2024). Consequentemente, o consumo de suplementos nutricionais esportivos tem aumentado especialmente na população de esportistas. Acerca da performance atlética de alto nível, é fato que uma diferença no desempenho em torno de 0,5 a 1,5% pode representar um resultado significativo (PATON; HOPKINS, 1999). Dessa forma, os atletas frequentemente recorrem a suplementos nutricionais esportivos com o intuito de potencializar os efeitos do treinamento e melhorar a performance (KNAPIK et al., 2016).

Dentre os recursos nutricionais ergogênicos, bastante atenção tem sido dada ao suco de beterraba, por sua concentração alta em nitrato (ESEN et al., 2018). Especificamente em relação ao nitrato inorgânico (NO_3^-), sua utilização iniciou-se como uma intervenção nutricional popular para melhorar o desempenho nos exercícios (ESEN et al., 2018). Importante destacar que, logo após a ingestão do NO_3^- , as bactérias anaeróbias existentes na cavidade oral reduzem quimicamente o NO_3^- em nitrito (NO_2^-), e subsequentemente a óxido nítrico (NO) por meio de uma variedade de redutases amplamente expressas (LUNDBERG; WEITZBERG, 2009). Além da beterraba, alimentos ricos em nitrato incluem vegetais de folhas verdes e raízes, como espinafre, rúcula e aipo. No músculo esquelético, uma infinidade de processos fisiológicos é impactada pelo NO, sendo este um radical livre que pode implicar no desenvolvimento da fadiga muscular (COCKSEDGE et al., 2020). Recentemente, o Comitê Olímpico Internacional classificou cinco suplementos com sólida base de evidência para melhorar o desempenho em exercícios de alta intensidade: cafeína, beta-alanina, bicarbonato de sódio, suco de beterraba e creatina (MAUGHAN et al., 2018). Além disso, o Instituto Australiano de Esporte (AIS, 2022) apresenta uma classificação dos suplementos nutricionais esportivos aos quais os atletas têm acesso. O suco de beterraba está no grupo A do Sistema de Classificação ABCD, pois é considerado com sólidas evidências científicas para uso no esporte,

devido à alta concentração de NO_3^- , que aumenta a biodisponibilidade do NO, desempenhando papel importante na modulação da função do músculo esquelético (JONES, 2014). Acredita-se também que a ingestão de nitrato possa aprimorar as funções das fibras musculares do tipo II, aumentando o desempenho (BAILEY et al., 2009), reduzir o custo de ATP na produção de força muscular, aumentar a eficiência da respiração mitocondrial, aumentar o fluxo sanguíneo para o músculo e diminuir a heterogeneidade do consumo de oxigênio (VO_2) (BAILEY et al., 2010).

A suplementação com suco de beterraba tem sido extensivamente estudada em esportes de endurance, resistência e potência (SALEM et al., 2025). Dentre os diferentes tipos de atletas que se beneficiam da suplementação nutricional esportiva, os ciclistas destacam-se como consumidores significativos de suplementos nutricionais alimentares e alimentos desportivos especializados (GARCÍA-DURÁN; GONZÁLEZ-JURADO; SÁNCHEZ-OLIVER, 2024). Evidências sugerem efeitos pronunciados nos membros inferiores, devido ao maior engajamento da massa muscular com a suplementação aguda de suco de beterraba, resultando em melhora da resistência muscular, potência e volume de repetições em exercícios como supino e agachamento (SALEM et al., 2025). Estudos prévios demonstram que a suplementação de NO_3^- melhorou a eficiência contrátil muscular, aumentou o tempo até a exaustão em 25%, reduziu a amplitude do componente lento do VO_2 em 50% (BAILEY et al., 2015) e diminuiu o tempo de exaustão em ciclistas treinados (CERMAK; GIBALA; VAN LOON, 2012) e competitivos (LANSLEY et al., 2011).

A avaliação funcional do metabolismo oxidativo do músculo esquelético é crucial na mensuração da tolerância ao exercício (ZUCCARELLI et al., 2020), sendo a espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) uma medida simples e confiável da capacidade oxidativa do músculo (BEEVER et al., 2020), além da reserva na extração muscular de O_2 (REM) que pode ser obtida por meio de uma oclusão do fluxo sanguíneo (IANNETTA et al., 2018). Assim, o NIRS pode ser uma estratégia interessante para elucidar os efeitos do suco de beterraba sobre o metabolismo oxidativo. Outro ponto importante são os efeitos promissores na modulação das respostas cardiovasculares durante o exercício. O aumento do fluxo sanguíneo e a melhora da remoção do lactato, são induzidos pelas

propriedades vasodilatadoras do suco de beterraba, e podem também contribuir para a regulação da pressão arterial e melhoria da função endotelial (LANSLEY et al., 2011; SIERVO et al., 2013). A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) também é modulada pelas propriedades vasodilatadoras do NO_3^- , refletindo melhor equilíbrio autonômico e recuperação. A VFC é uma ferramenta valiosa para monitorar a carga interna e o estado de recuperação em atletas, pois reflete a interação dinâmica entre as atividades simpática e parassimpática (JURADO-CASTRO et al., 2022). Portanto, o NO derivado do suco de beterraba é um modulador chave da VFC, um marcador estabelecido da função e recuperação do sistema nervoso autônomo (DONG, 2016). No entanto, até o momento, não existem estudos que tenham investigado os efeitos do suco de beterraba sobre a capacidade oxidativa do músculo esquelético e a REM por meio do NIRS em conjunto com a análise da VFC e sua relação com parâmetros da aptidão aeróbica e anaeróbica em ciclistas treinados. Ambos os métodos (NIRS e VFC) apresentam uma vantagem por serem não invasivos e de boa aplicabilidade em diferentes contextos esportivos.

Embora, estudos prévios demonstrem que a suplementação regular de suco de beterraba pode diminuir a pressão sanguínea, melhorar o fluxo sanguíneo e aumentar o $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ (BENJAMIM et al., 2023); a suplementação de NO_3^- também pode beneficiar exercícios intermitentes e de alta intensidade, que induzem hipóxia local no músculo, ativando a via NO_3^- - NO_2^- -NO sob condições de baixo pH e baixa disponibilidade de oxigênio (TAN et al., 2022; SAN JUAN et al., 2020). Assim, mensurar os efeitos do suco de beterraba sobre a capacidade oxidativa do músculo esquelético em repouso e após um esforço máximo anaeróbico (sprints no ciclismo) e subsequentemente um aeróbico (teste progressivo máximo), pode ser uma excelente estratégia para inferir sobre a fadiga muscular. Obviamente, vale ressaltar que a eficácia dos suplementos está atrelada à dosagem e ao tipo de esforço, pois o efeito ergogênico pode variar conforme o esporte (CLOSE et al., 2016). Entretanto, acredita-se que uma dosagem de 8,4 mmol NO_3^- pode melhorar significativamente o tempo até a falha durante exercícios de intensidade severa, sem benefícios adicionais com 16,8 mmol NO_3^- (WYLIE et al., 2013).

Sendo assim, o propósito deste estudo será investigar o efeito agudo da suplementação nutricional de nitrato, na forma de suco de beterraba, sobre a capacidade oxidativa muscular e variáveis fisiológicas derivadas de esforço máximo de sprints no ciclismo e, subsequentemente, um teste progressivo máximo. A hipótese é que o consumo de suco concentrado de beterraba com aproximadamente 8,4 mmol de NO_3^- , duas horas e meia antes dos testes, induzirá melhorias na capacidade oxidativa muscular, na REM e nos parâmetros de capacidade de trabalho anaeróbio e aeróbico, assim como otimização da modulação autonômica, em ciclistas treinados do sexo masculino, em comparação a condição placebo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Investigar o efeito agudo da suplementação nutricional de nitrato, na forma de suco de beterraba, sobre a capacidade oxidativa muscular e variáveis fisiológicas derivadas de esforço máximo de sprints no ciclismo, e subsequentemente um teste progressivo máximo.

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1 Determinar, comparar e correlacionar os parâmetros derivados da capacidade oxidativa muscular e da REM previamente a um esforço máximo de sprints no ciclismo, e subsequentemente um teste progressivo máximo, nas situações com ingestão de suco de beterraba e placebo;
- 2.2.2 Determinar, comparar e correlacionar o $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ e a frequência cardíaca máxima (FC_{MAX}) obtidos em um teste progressivo máximo no ciclismo, nas situações com ingestão de suco de beterraba e placebo;
- 2.2.3 Determinar, comparar e correlacionar os parâmetros derivados da relação Torque-Cadência e Potência-Cadência obtidos pelo esforço máximo de sprints no ciclismo, nas situações com ingestão de suco de beterraba e placebo;

3. Métodos

A presente investigação caracteriza-se por um ensaio clínico randomizado duplo-cego cruzado. A seleção dos participantes para o presente projeto será

feita de forma intencional, não probabilística. Assim, serão selecionados vinte indivíduos masculinos, com faixa etária entre 20 e 40 anos, praticantes de ciclismo (ao menos três vezes por semana) e sem comorbidades. Um protocolo para controle de dietas será realizado para manter ingestão alimentar habitual dos participantes. Os registros alimentares de 3 dias serão utilizados para avaliar o consumo alimentar habitual dos participantes durante o período do estudo. Além disso, o mesmo padrão de refeição pré-exercício de cada sujeito será mantido em todos os ensaios, para evitar diferenças no desempenho do exercício dentro do sujeito. Durante o período do estudo, os participantes serão instruídos a descontinuar o uso de qualquer suplemento ergogênico nutricional. Nos dias dos ensaios, duas horas e meia antes de performar os testes, os participantes consumirão 140ml de suco de beterraba concentrado ($\sim 8,4$ mmol de nitrato) ou 140ml de suco de beterraba sem nitrato (PLA; ~ 0 mmol nitrato) (Beet It Sport, James White Drinks Ltd., Ipswich, Reino Unido) (ROKKEDAL-LAUSCH et al, 2019). Antes de iniciarem os procedimentos para a coleta de dados, os participantes serão esclarecidos sobre os objetivos da pesquisa e assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEPSH) da Universidade proponente deste projeto.

Os participantes serão instruídos sobre todos os procedimentos da pesquisa, durante o primeiro contato com os pesquisadores, a qual será conduzida uma avaliação antropométrica e o voluntário responderá a um questionário sobre seus hábitos de atividades diárias, histórico de lesões musculoesquelética e rotina de atividade física.

Como critérios de inclusão serão considerados as características de idade descritas acima, ter pelo menos dois anos de experiência em treinamento e competição. Durante período da investigação, os ciclistas deverão treinar pelo menos 8 horas por semana em sessões de ciclismo. Serão considerados como critérios de exclusão do estudo, o fato do sujeito ter sido acometido por quaisquer lesões musculoesqueléticas nos últimos 40 dias que precederão o início das coletas de dados.

3.1 Delineamento Experimental

Todos os testes serão realizados em um cicloergômetro com frenagem eletrônica (Excalibur Sport PFM, Lode BV, Groningen, Holanda) equipado com

um sistema de medição da força do pedal que permitiu a coleta da cadência (rpm), potência (W) e torques da manivela direita/esquerda (N·m), com um comprimento de manivela de 175 mm. Cada participante visitará o laboratório em 2 ocasiões diferentes, separadas por no mínimo 48 horas.

Nas duas visitas ao laboratório os participantes realizarão um aquecimento de 10 minutos a 50 W, seguido por dois sprints ISO_{LIN} (NASCIMENTO et al., 2024), descansando 3 minutos entre cada sprint. Em seguida os participantes descansarão por 15 e subsequentemente serão submetidos a um teste progressivo máximo de ciclismo, com carga inicial de 50 W e aumento da carga de 25 W a cada 3 minutos. Será conduzido um protocolo de oclusão para mensurar a capacidade oxidativa pré esforço e imediatamente após o final do esforço máximo, assim como o teste de REM.

3.2 Instrumentos de Medida

3.2.1 Mensuração das variáveis fisiológicas

Durante todos os testes acima mencionados, os participantes respirarão em uma máscara da marca Hans Rudolf, conectada a um analisador de gases, com medidas respiração a respiração, da marca Cosmed (modelo Quark CPET, Roma, Itália). A calibração do equipamento será realizada de acordo com as recomendações do fabricante antes de cada teste.

O sinal derivado do NIRS (PortaMon, Artinis, Medical System) será mensurado pelo perfil da oxigenação local da musculatura do vasto lateral. O probe do NIRS será colocado sobre o musculo vasto lateral da coxa direita, a pelo menos 10 cm acima da articulação do joelho em um eixo vertical a coxa, entre o epicôndilo lateral e o trocanter maior. As dobras cutâneas no local da aplicação do NIRS serão determinadas durante a primeira visita. Diferenças nas características de absorção de luz para dois comprimentos de ondas ($\lambda = 750$ e 850 nm) serão usados para mensurar mudanças nas concentrações teciduais de oxihemoglobina e/ou mioglobina (HbO_2) e deoxihemoglobina e/ou mioglobina (HHb).

Em relação a VFC, os dados da FC serão coletados batimento a batimento por cardiofrequencímetro S810i da Polar® (GAMELIN et al., 2006), e os dados de intervalos R-R serão analisados por meio de plotagem de Poincaré, os quais

índices SD1 e desvio-padrão da variabilidade a longo prazo de intervalos R-R contínuos (SD2), em repouso (10 minutos), durante cada estágio do teste progressivo máximo e pós esforço (10 min) (NASCIMENTO et al., 2022).

Em repouso e imediatamente ao final dos sprints e ao final de cada estágio do teste progressivo máximo, uma escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) de 6 a 20 será usada para monitorar as respostas perceptivas ao exercício (BORG, 1982). Em repouso ao final de cada estágio do teste progressivo máximo, amostras de sangue de 25 µL serão coletadas do lóbulo da orelha e analisadas para [La] usando equipamento de eletrodo enzimático (YSI 2700 Sport, Yellow Springs, EUA).

Em todos os testes realizados, as seguintes variáveis fisiológicas serão analisadas: Ventilação Pulmonar (VE); Consumo de Oxigênio (VO_2); Frequência Cardíaca (FC); Percepção Subjetiva de Esforço (PSE); Concentração de lactato sanguíneo [La]; Variabilidade da frequência cardíaca (VFC); Capacidade muscular oxidativa. A partir das variáveis fisiológicas mensuradas serão determinados os seguintes índices para cada teste incremental: Consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}); Intensidade do VO_{2max} (velocidade ou inclinação); Frequência cardíaca máxima (FC_{max}); Primeiro e segundo limiar ventilatório, de lactato e derivados do NIRS (intensidade, FC e VO_2).

3.2.2 Teste de capacidade oxidativa muscular

Para obtenção da estimativa do $VO_{2muscular}$ (mVO_2) será calculada a inclinação do aumento linear inicial na HHb durante períodos curtos (5 a 10 s) de isquemia induzida pela rápida inflação e desinsuflação de um manguito pneumático durante a recuperação de um exercício curto de extensão de perna (<1 min). Os procedimentos de ajuste e o protocolo de oclusão arterial intermitente seguiram os pressupostos de estudos prévios (do NASCIMENTO SALVADOR et al., 2023; ZUCCARELLI et al., 2020).

3.2.3 Teste da reserva de extração muscular de oxigênio

A amplitude da REM será obtida pela diferença entre o maior valor atingido no teste incremental e o maior valor mensurado durante o período de oclusão, sendo determinada consecutivamente após a interrupção do teste incremental, isto é, os participantes permanecerão posicionados no ergômetro sem a

realização de qualquer movimento e será realizado uma oclusão (~2 minutos) até o alcance de um platô na resposta (IANNETTA et al., 2018).

4. Estatística

Os dados descritivos serão relatados como média $\pm$ desvio padrão (DP). Os dados serão analisados usando um modelo de efeitos mistos. Os efeitos fixos do modelo foram a condição, ou seja, a suplementação com suco de beterraba (BET) e suplementação placebo (PLA), os dados serão explorados posteriormente usando comparações post hoc de Tukey. A normalidade dos resíduos do modelo será verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Quando apropriado, os dados serão explorados posteriormente por meio de comparações post hoc de Tukey. A correlação produto-momento de Pearson será usada para avaliar as relações entre as variáveis. A análise será realizada utilizando o software R com os pacotes “Rcmdr”, “lme4” e “lsmeans”. O nível de significância estatística será $\leq 0,05$.

5. Resultados esperados

Os resultados deste projeto poderão oferecer contribuições significativas para o campo da nutrição esportiva, especialmente no que se refere à ampliação da compreensão dos mecanismos fisiológicos envolvidos na melhora do desempenho físico por meio da ingestão de suco de beterraba. Além disso, espera-se que o desenvolvimento desta pesquisa contribua para a formação de recursos humanos altamente qualificados em nível de pós-graduação. A partir dos resultados da pesquisa, espera-se divulgar por meio de dois artigos científicos em periódicos indexados no Web of Science ou Scopus estratificado no quartil 1 ou 2. Segue abaixo sugestões de títulos:

- 1. Efeito agudo da ingestão de suco de beterraba sobre a capacidade oxidativa e a reserva de extração de O₂ muscular em ciclistas treinados**
- 2. Efeito agudo da ingestão de suco de beterraba sobre parâmetros de torque e velocidade derivados de um sprint em ciclistas treinados**

3. Efeito agudo da ingestão de suco de beterraba sobre os parâmetros cardiovasculares em ciclistas treinados

EXEQUIBILIDADE

Todos os equipamentos e recursos (insumos) estão disponíveis e serão utilizados em parcerias com o Laboratório do Esforço Físico do Centro de Desportos localizados também na Universidade Federal de Santa Catarina. O custo do suplemento (suco de beterraba e placebo) serão custeados pelo próprio pesquisador proponente utilizando do valor da bolsa, uma vez que não envolve um custo elevado para obtenção deles.

PARTICIPAÇÕES EM EVENTOS

XVIII Congresso Internacional Nutrição Funcinonal Clínica & Esportiva

37º Congresso Brasileiro de Medicina do Exercício e do Esporte; e/ou

REUNIÕES DE GRUPOS:

Participação em reuniões do Grupo de Estudos de Nutrição e Exercício Físico e do Grupo de Estudos do Laboratório do Esforço Físico (LAEF), realizadas no Campus Universitário Trindade, CDS Bloco 5 – UFSC.

B) ATIVIDADES DE ENSINO;

Contribuição em atividades de ensino no curso de:

- **Graduação em Nutrição – UFSC**

Disciplina: Nutrição e exercício físico

Código: NTR5633; Carga Horária: 54 horas/aula.

Docentes: Fernanda Hansen

- **Pós Graduação em Educação Física – UFSC**

Disciplina: Bases Fisiológicas do Desempenho Humano

Código: DEF 410026; Carga Horária: 60 horas/aula.

Docentes: Ricardo Dantas de Lucas, Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo e Tiago Turnes.

REFERÊNCIAS

- ANTONIO, J.; PEREIRA, F.; CURTIS, J.; ROJAS, J.; EVANS, C. The top 5 can't-miss sport supplements. *Nutrients*, [S. l.], v. 16, n. 19, p. 3247, 26 set. 2024. DOI: 10.3390/nu16193247.
- AUSTRALIAN INSTITUTE OF SPORT (AIS). *The AIS Sports Supplement Framework*. Canberra: AIS, 2022. Disponível em: <https://www.sportaus.gov.au/ais/nutrition/supplements>. Acesso em: 30 maio 2025.
- BAILEY, S. J. et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, v. 109, p. 135–148, 2010.
- BAILEY, S. J. et al. Inorganic nitrate supplementation improves muscle oxygenation, O₂ uptake kinetics, and exercise tolerance at high but not low pedal rates. *Journal of Applied Physiology*, v. 118, p. 1396–1405, 2015.
- BAILEY, S. J. et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, v. 107, p. 1144–1155, 2009.
- BEEVER, A. T. et al. NIRS-derived skeletal muscle oxidative capacity is correlated with aerobic fitness and independent of sex. *Journal of Applied Physiology* (1985), v. 129, n. 3, p. 558–568, 2020. DOI: 10.1152/jappphysiol.00017.2020.
- BENJAMIM, C. J. R. et al. Negligible effects of nutraceuticals from beetroot extract on cardiovascular and autonomic recovery response following submaximal aerobic exercise in physically active healthy males: a randomized trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, p. 4019, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20054019>.
- BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.
- CERMAK, N. M.; GIBALA, M. J.; VAN LOON, L. J. Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, v. 22, p. 64–71, 2012.
- CLOSE, G. L. et al. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 98, p. 144–158, 2016. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.018.

COCKSEGE, S. P. et al. Influence of muscle oxygenation and nitrate-rich beetroot juice supplementation on O₂ uptake kinetics and exercise tolerance. *Nitric Oxide*, v. 99, p. 25–33, 2020. DOI: 10.1016/j.niox.2020.03.007.

do NASCIMENTO SALVADOR, P. C.; NASCIMENTO, E. M. F.; ANTUNES, D.; GUGLIELMO, L. G. A.; DENADAI, B. S. Energy metabolism and muscle activation heterogeneity explain $\dot{V}O_2$ slow component and muscle fatigue of cycling at different intensities. *Experimental Physiology*, [S.l.], v. 108, n. 3, p. 503–517, mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1113/EP090444>.

DONG, J.-G. The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and Therapeutic Medicine*, v. 11, p. 1531–1536, 2016. DOI: 10.3892/etm.2016.3104.

ESEN, O.; NICHOLAS, C.; MORRIS, M.; BAILEY, S. J. No effect of beetroot juice supplementation on 100-m and 200-m swimming performance in moderately trained swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 14, n. 6, p. 706–710, 1 jul. 2019. DOI: 10.1123/ijsp.2018-0654.

GAMELIN, F. X.; BERTHOIN, S.; BOSQUET, L. Validity of the Polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 38, n. 5, p. 887–893, maio 2006. DOI: 10.1249/01.mss.0000218135.79476.9c. GARCÍA-DURÁN, J.; GONZÁLEZ-JURADO, J. A.; SÁNCHEZ-OLIVER, A. J. Analysis of sports supplement consumption in 1688 federated road cyclists. *Nutrients*, v. 16, n. 1, p. 123, 2023. DOI: 10.3390/nu16010123.

IANNETTA, Danilo; OKUSHIMA, Dai; INGLIS, Erin Calaine; KONDO, Narihiko; MURIAS, Juan M.; KOGA, Shunsaku. Blood flow occlusion-related O₂ extraction “reserve” is present in different muscles of the quadriceps but greater in deeper regions after ramp-incremental test. *Journal of Applied Physiology*, [S. l.], v. 125, n. 2, p. 313–319, 2018. b. DOI: 10.1152/jappphysiol.00154.2018

JONES, A. M. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Medicine*, v. 44, p. 35–45, 2014.

JURADO-CASTRO, J. M. et al. Beetroot juice produces changes in heart rate variability and reduces internal load during resistance training in men: a randomized double-blind crossover. *Nutrients*, v. 14, p. 5119, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu14235119>.

KNAPIK, J. J. et al. Prevalence of dietary supplement use by athletes: systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, v. 46, p. 103–123, 2016.

LANSLEY, K. E. et al. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 43, n. 6, p. 1125–1131, 2011.

LUNDBERG, J. O.; WEITZBERG, E. NO generation from inorganic nitrate and nitrite: role in physiology, nutrition and therapeutics. *Archives of Pharmacal Research*, v. 32, n. 8, p. 1119–1126, 2009.

MAUGHAN, R. J. et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, v. 52, n. 7, p. 439–455, 2018. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099027.

NASCIMENTO, E. M. F. et al. Reliability and validity of cycling sprint performance at isoinertial mode without torque factor: a preliminary study in well-trained male cyclists. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 95, n. 3, p. 722–729, set. 2024. DOI: 10.1080/02701367.2023.2298752.

NASCIMENTO, E. M. F. et al. Heart rate variability kinetics during different intensity domains of cycling exercise in healthy subjects. *European Journal of Sport Science*, v. 22, n. 8, p. 1231–1239, ago. 2022. DOI: 10.1080/17461391.2021.1938689.

NETECA, J. et al. Effect of beetroot juice supplementation on aerobic capacity in female athletes: a randomized controlled study. *Nutrients*, v. 17, n. 1, p. 63, 2024. DOI: 10.3390/nu17010063.

PATON, C. D.; HOPKINS, W. G. Performance enhancement at the Fifth World Congress on Sport Sciences. Dunedin: University of Otago, 1999. v. 3.

ROKKEDAL-LAUSCH T, FRANCH J, POULSEN MK, THOMSEN LP, WEITZBERG E, KAMAVUAKO EN, KARBING DS, LARSEN RG. Chronic high-dose beetroot juice supplementation improves time trial performance of well-trained cyclists in normoxia and hypoxia. *Nitric Oxide*. 2019 Apr 1;85:44-52. doi: 10.1016/j.niox.2019.01.011.

SALEM, A. et al. Short-term beetroot juice supplementation enhances strength, reduces fatigue, and promotes recovery in physically active individuals: a randomized, double-blind, crossover trial. *Nutrients*, v. 17, n. 10, p. 1720, 2025. DOI: 10.3390/nu17101720.

SAN JUAN, A. F. et al. Effects of dietary nitrate supplementation on weightlifting exercise performance in healthy adults: a systematic review. *Nutrients*, v. 12, p. 2227, 2020.

SIERVO, M. et al. Inorganic nitrate and beetroot juice supplementation reduces blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Nutrition*, v. 143, p. 818–826, 2013.

TAN, R. et al. The effects of dietary nitrate supplementation on explosive exercise performance: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, p. 762, 2022.

WYLIE, L. J. et al. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *Journal of Applied Physiology* (1985), v. 115, n. 3, p. 325–336, 2013. DOI: 10.1152/jappphysiol.00372.2013.

ZUCCARELLI, L. et al. Skeletal muscle $\dot{V}O_2$ kinetics by the NIRS repeated occlusions method during the recovery from cycle ergometer exercise. *Journal of Applied Physiology* (1985), v. 128, n. 3, p. 534–544, 2020.