



**RAFAEL CORREA TEODORO**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO  
EM MULHERES PRATICANTES DE EXERCÍCIO  
RESISTIDO: UM ESTUDO RANDOMIZADO DUPLO-  
CEGO E CONTROLADO POR PLACEBO**

**LAVRAS – MG  
2025**

**RAFAEL CORREA TEODORO**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO EM MULHERES  
PRATICANTES DE EXERCÍCIO RESISTIDO: UM ESTUDO RANDOMIZADO  
DUPLO-CEGO E CONTROLADO POR PLACEBO**

Defesa de dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Nutrição e Saúde,  
área de concentração em Nutrição e  
Saúde, para obtenção do título de mestre.

Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva

Orientador

Prof. Dr. Wilson Cesar de Abreu

Coorientador

**LAVRAS – MG  
2025**

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo(a) autor(a) através do Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA.**

Correa Teodoro, Rafael.

Efeitos da suplementação aguda de nitrato em mulheres praticantes de exercício resistido: um estudo randomizado duplo-cego e controlado por placebo / Rafael Correa Teodoro. 2025.

96 p. : il.

Orientador: Dr. Sandro Fernandes da Silva

Coorientador: Dr. Wilson Cesar de Abreu

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025.

Bibliografia.

1. Nutrição esportiva. 2. Desempenho físico. 3. Suplementação . 4. Nitrato . 5. Exercício resistido . I. Fernandes da Silva, Dr. Sandro. II. Cesar de Abreu, Dr. Wilson. III. Universidade Federal de Lavras. IV. Título.

**RAFAEL CORREA TEODORO**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO EM MULHERES  
PRATICANTES DE EXERCÍCIO RESISTIDO: UM ESTUDO RANDOMIZADO  
DUPLO-CEGO E CONTROLADO POR PLACEBO**

**ACUTE NITRATE SUPPLEMENTATION EFFECTS IN WOMEN  
PERFORMING RESISTANCE EXERCISE: A RANDOMIZED, DOUBLE-  
BLIND, PLACEBO-CONTROLLED STUDY**

Defesa de dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Nutrição e Saúde,  
área de concentração em Nutrição e  
Saúde, para obtenção do título de mestre.

Aprovado em 14 de fevereiro de 2025.

Dr. Sandro Fernandes da Silva

Dr. Wilson Cesar de Abreu

Dr. Francisco de Assis Manoel

Dr. Miller Pereira Guimarães

Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva

Orientador

Prof. Dr. Wilson Cesar de Abreu

Coorientador

**LAVRAS – MG  
2025**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me acompanhar a cada passo, me dando forças para seguir em frente, lutar pelos meus objetivos e alcançar minhas conquistas. A Ele, minha eterna gratidão por iluminar meu caminho.

Agradeço profundamente à minha família, especialmente ao meu pai, à minha mãe e à minha madrastra (Adriano, Manoela e Maria José), que estiveram ao meu lado incondicionalmente, me apoiando, sustentando e orientando ao longo de todo o mestrado. Vocês foram minha base, minha inspiração e a razão de não ter desistido. Esta conquista também é de vocês.

Aos meus irmãos Alexsandro, Adriano Vinicius, Alexandre e Leandro, meu agradecimento mais sincero por sempre estarem presentes, me apoiando e motivando em todos os momentos, especialmente nos mais difíceis.

Agradeço de forma especial ao professor Fernando Roberto de Oliveira, que, embora não esteja mais entre nós, deixou um legado imensurável de sabedoria e amor pelo ensino. Que sua memória continue a inspirar todos que tiveram o privilégio de aprender com ele.

Agradeço também ao CRIA Lavras, com quem compartilhei tantos momentos ao longo desses anos. Cada experiência vivida com vocês fez parte fundamental dessa trajetória.

A todos os professores que contribuíram com sua sabedoria, seja pelas disciplinas ou pelas discussões enriquecedoras, meu muito obrigado. Em especial, ao professor, orientador e amigo Dr. Sandro Fernandes da Silva, pela paciência, dedicação e orientação, não apenas durante o mestrado, mas também em toda a minha graduação.

Aos meus queridos amigos, minha gratidão eterna. Obrigado por sempre estarem ao meu lado, seja nos momentos de alegria, seja nos desafios. Um agradecimento especial ao Chrystian e ao Yury, por suas palavras de apoio, conselhos e por me manterem firme em cada passo dessa caminhada.

Agradeço ao professor Dr. Wilson Cesar de Abreu, por me acolher neste projeto e por ser meu guia ao longo dessa jornada. Também agradeço ao professor Dr. Francisco Manoel de Assis, pelas oportunidades que me proporcionou durante o mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), gostaria de agradecer a mesma por todo financiamento do trabalho aqui presente.

Além disso, a minha caminhada durante o mestrado foi realizada com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, dessa forma gostaria de agradecer a CAPES pela ajuda financeira durante todo esse tempo.

E, por fim, ao grupo GEPREN e a todos os seus integrantes, que foram uma parte essencial dessa trajetória. As discussões, coletas, trabalhos desenvolvidos e até as brincadeiras entre nós foram fundamentais para meu crescimento, e me ajudaram a ser a pessoa que sou hoje.

## EPÍGRAFE

*“Todo aperto sempre será pouco”*

Fernando de Oliveira

*“Dar menos que seu melhor é sacrificar o dom que você recebeu”*

Steve Prefontaine

## LISTA DE ABREVIações

- CMJ** – Counter movement jump
- Con** - Controle
- CVIM** – Contração voluntária isométrica máxima
- CVIP** – Contração voluntária isométrico pico
- FC** – Frequência cardíaca
- Nit** - Nitrato
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** - Nitrato
- NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** - Nitrito
- NO** – Óxido nítrico
- PA** – Pressão arterial
- PAD** – Pressão arterial diastólica
- PAS** – Pressão arterial sistólica
- Pla** - Placebo
- PSE** – Percepção subjetiva de esforço
- REN** - Recursos Ergogênicos Nutricionais
- SJ** – Squat Jump
- TCLE** – Termo de consentimento livre e esclarecido
- TR** – Treinamento resistido
- TRF** – Treinamento resistido até a falha
- 1 RM** – Uma repetição máxima
- 4xfalha** – quatro séries até a falha muscular

## LISTA DE FIGURAS

### PRIMEIRA PARTE

Figura 1- Fluxograma das Visitas .....	21
Figura 2- Fluxograma de Familiarização.....	23
Figura 3- Fluxograma teste experimental.....	25

### ARTIGO 1

Figura 4- Fluxograma das visitas .....	43
Figura 5- Fluxograma do protocolo experimental.....	46
Figura 6- pressão arterial sistólica e diastólica dos grupos controle, placebo e nitrato antes do treinamento e após.....	52
Figura 7- concentração de lactato sanguíneo pré-treinamento, após supino e após leg press 45° nos grupos controle, placebo e nitrato. ....	53

### ARTIGO 2

Figura 8- Fluxograma das visitas .....	71
Figura 9 - Representação gráfica da porcentagem de queda nas repetições entre a 1° e 4° série.....	76
Figura 10– Representação gráfica das comparações potência dos membros inferiores. ....	77
Figura 11– Representação gráfica das comparações de força isométrica.....	77

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1- Média de carga máxima e carga de treinamento do supino e leg press 45° ..... 49

Tabela 2 – Número de repetições e tempo sobre tensão nos exercícios leg press 45° e supino ..... 50

Tabela 3 – Dados de percepções subjetivas de esforço e frequência cardíaca ..... 51

### ARTIGO 2

Tabela 1 - Média de carga máxima e carga de treinamento do supino e leg press 45° .... 69

Tabela 2 - Média de carga máxima e carga de treinamento do supino e leg press 45° .... 76

## RESUMO GERAL

A suplementação de nitrato tem sido amplamente estudada devido aos seus potenciais efeitos ergogênicos no desempenho esportivo, especialmente em exercícios aeróbicos. No entanto, há uma lacuna na literatura quanto aos seus efeitos no treinamento resistido, particularmente em mulheres. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação aguda de nitrato em mulheres praticantes de exercício resistido, tais como, desempenho, efeitos fisiológicos e fadiga muscular. O estudo foi conduzido no formato randomizado, duplo-cego e controlado por placebo, com a participação de 16 mulheres saudáveis e praticantes regularmente de treinamento resistido. As participantes realizaram protocolos de treinamento resistido (quatro séries até a falha muscular concêntrica na intensidade de 60% de uma repetição máxima, com dois minutos de pausa entre as séries) no supino reto e no leg press 45° após a ingestão de suco de beterraba rico em nitrato (~12,8 mmol de  $\text{NO}_3^-$ ) ou placebo. Foram avaliadas variáveis como número de repetições, tempo sobre tensão, percepção subjetiva de esforço (PSE), frequência cardíaca (FC), concentração de lactato e pressão arterial (PA), potência de membros inferiores por meio dos testes counter movement jump (CMJ) e squat jump (SJ) e força de membros superiores no supino pelo teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM). Os resultados indicaram que a suplementação de nitrato não promoveu melhorias significativas no desempenho físico, tampouco reduziu a fadiga muscular ou modificou os parâmetros fisiológicos analisados. Estes achados contrastam com estudos anteriores que observaram efeitos ergogênicos do nitrato em outras populações e modalidades de exercício, sugerindo que fatores como diferenças hormonais e metabólicas podem influenciar a resposta ao nitrato em mulheres. Dessa forma, conclui-se que a suplementação aguda de nitrato não demonstrou benefícios no desempenho de mulheres em exercícios resistidos. Estudos futuros são necessários para aprofundar a investigação dos efeitos do nitrato considerando aspectos como período menstrual, dose-resposta e protocolos de suplementação de longo prazo.

**Palavras-chave:** Suco de Beterraba; Oxido Nítrico; Treinamento de Força; Fadiga Muscular; Ergogênicos

## GENERAL ABSTRACT

Nitrate supplementation has been widely studied for its potential ergogenic effects on sports performance, particularly in aerobic exercises. However, there is a gap in the literature regarding its effects on resistance training, especially in women. This study aimed to evaluate the effects of acute nitrate supplementation on women engaged in resistance exercise, including performance, physiological effects, and muscle fatigue. The study was conducted in a randomized, double-blind, placebo-controlled design, with the participation of 16 healthy women who regularly practiced resistance training. Participants performed resistance training protocols (four sets to concentric muscle failure at an intensity of 60% of one-repetition maximum, with two-minute rest intervals between sets) on the bench press and 45° leg press after ingesting either nitrate-rich beetroot juice (~12.8 mmol NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) or a placebo. Variables assessed included the number of repetitions, time under tension, rating of perceived exertion (RPE), heart rate (HR), blood lactate concentration, and blood pressure (BP), as well as lower limb power through the counter movement jump (CMJ) and squat jump (SJ) tests, and upper limb strength in the bench press via the maximal voluntary isometric contraction (MVIC) test. The results indicated that nitrate supplementation did not significantly improve physical performance, reduce muscle fatigue, or alter the physiological parameters analyzed. These findings contrast with previous studies that observed ergogenic effects of nitrate in other populations and exercise modalities, suggesting that factors such as hormonal and metabolic differences may influence the response to nitrate in women. Thus, it is concluded that acute nitrate supplementation did not demonstrate benefits in women's performance in resistance exercises. Future studies are needed to further investigate the effects of nitrate considering aspects such as menstrual cycle phase, dose-response relationship, and long-term supplementation protocols.

**Keywords:** Beetroot Juice; Nitric Oxide; Strength Training; Muscle Fatigue; Ergogenic Aids

## **INDICADORES DE IMPACTO**

O presente estudo investigou os impactos da suplementação aguda de nitrato no desempenho de mulheres praticantes de exercício resistido, buscando entender seus efeitos fisiológicos e a fadiga muscular nesse contexto. Realizado com 16 mulheres saudáveis, em formato randomizado, duplo-cego e controlado por placebo, o trabalho contribui diretamente para a área de saúde e tecnologia de produção, uma vez que aborda a suplementação nutricional como intervenção ergogênica. Embora os resultados não tenham demonstrado efeitos concretos no aumento do desempenho ou na redução da fadiga muscular, o estudo gera impactos potenciais significativos ao fornecer evidências científicas específicas para o público feminino, tradicionalmente sub-representado em pesquisas esportivas. O trabalho impacta, portanto, a sociedade acadêmica e a comunidade de profissionais de educação física, nutrição e saúde, orientando práticas futuras e estimulando protocolos de suplementação mais individualizados e sensíveis às variáveis hormonais femininas. O território diretamente relacionado é o grupo de praticantes de treinamento resistido em academias, com potencial extensão para mulheres atletas e treinadoras em nível nacional. Em termos de extensão universitária, o estudo dialoga com a sociedade ao propor uma base científica para orientações mais seguras e eficazes, alinhando-se especialmente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, como o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar) e o ODS 5 (Igualdade de Gênero). A produção científica derivada do projeto poderá ainda apoiar futuras iniciativas em saúde preventiva e promoção do bem-estar feminino, reforçando o compromisso com a Agenda 2030. Dessa maneira, mesmo sem efeitos ergogênicos imediatos observados, o trabalho promove um impacto científico, social e cultural relevante ao fomentar novas abordagens e ao consolidar a necessidade de pesquisas mais inclusivas e específicas para o público feminino em treinamentos resistidos.

## **IMPACT INDICATORS**

This study investigated the impacts of acute nitrate supplementation on the performance of women engaged in resistance training, aiming to understand its physiological effects and muscle fatigue within this context. Conducted with 16 healthy women in a randomized, double-blind, placebo-controlled design, the work contributes directly to the areas of health and production technology, as it addresses nutritional supplementation as an ergogenic intervention. Although the results did not show concrete effects on improving performance or reducing muscle fatigue, the study generates significant

potential impacts by providing scientific evidence specific to the female population, traditionally underrepresented in sports research. Thus, it impacts the academic community and professionals in physical education, nutrition, and health fields, guiding future practices and encouraging more individualized supplementation protocols that are sensitive to female hormonal variables. The directly related territory is the group of resistance training practitioners in gyms, with potential extension to female athletes and coaches nationwide. In terms of university outreach, the study engages with society by proposing a scientific basis for safer and more effective guidelines, aligning particularly with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), such as SDG 3 (Good Health and Well-being) and SDG 5 (Gender Equality). The scientific production derived from the project may also support future initiatives in preventive health and the promotion of women's well-being, reinforcing the commitment to the 2030 Agenda. Thus, even without immediate ergogenic effects observed, the work promotes relevant scientific, social, and cultural impacts by encouraging new approaches and consolidating the need for more inclusive and specific research for the female population in resistance training contexts.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
2.	OBJETIVOS.....	19
2.1	Objetivo Geral.....	19
2.2	Objetivos Específicos .....	19
3	METODOLOGIA .....	20
3.1	Delineamento e Aspectos Étnicos.....	20
3.2	Participantes.....	20
3.3	Delineamento Experimental .....	20
3.4	Procedimentos de Coleta .....	22
3.4.1	Familiarização .....	22
3.4.2	Teste Experimental.....	23
3.4.3	Recomendações Pré-Teste.....	25
3.5	Métodos e Procedimentos das Coletas.....	26
3.5.1	Teste de Uma Repetição Máxima (1RM) .....	26
3.5.2	Medidas Antropométricas .....	27
3.5.3	Recordatório Alimentar de 24 Horas .....	27
3.5.4	Administração da Suplementação .....	28
5.4.5	Aferição da Pressão Arterial .....	28
5.4.6	Frequência Cardíaca.....	28
5.4.7	Lactato Sanguíneo .....	29
5.4.8	Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) .....	29
5.4.9	Potência de Membros Inferiores .....	30
5.4.10	Percepção Subjetiva de Esforço (PSE).....	31
5.5	Análise Estatística.....	31
	REFERENCIAS .....	32
	SEGUNDA PARTE .....	38
	A SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO: EFEITOS NO TREINAMENTO RESISTIDO EM MULHERES .....	39
1.	INTRODUÇÃO .....	41
2	METODOLOGIA .....	42
2.4	Desenho experimental.....	42
2.5	Protocolo de 1RM e Familiarização .....	43
2.6	Protocolo Experimental .....	44
2.7	Recomendações pré teste .....	46

2.8	Recordatório alimentar 24h .....	46
2.9	Suplementação .....	47
2.10	Medidas Antropométricas .....	47
2.11	Aferição da pressão arterial .....	47
2.12	Frequência cardíaca .....	47
2.13	Lactato Sanguíneo.....	48
2.14	Percepção Subjetiva de Esforço.....	48
2.15	Análise Estatística.....	48
3	RESULTADOS .....	49
4	DISCUSSÃO.....	53
5	CONCLUSÃO .....	59
6	REFERENCIAS .....	59
<b>EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO NA FADIGA MUSCULAR ACENTUADA APÓS EXERCÍCIO RESISTIDO ATÉ A FALHA EM MULHERES SAUDÁVEIS .....</b>		
<b>66</b>		
1	INTRODUÇÃO .....	68
2	METODOLOGIA .....	68
2.1	Participantes.....	68
2.2	Desenho experimental.....	69
2.3	Procedimentos de Coleta .....	71
2.3.1	Familiarização .....	71
2.3.2	Protocolo de treinamento exaustivo .....	72
2.3.3	Medidas Antropométricas .....	73
2.3.4	Administração da Suplementação .....	73
2.3.5	Porcentagem de perda de repetições.....	73
2.3.6	Contração Voluntária Isométrica Máxima .....	74
2.3.7	Testes de Potência de Membros Inferiores .....	74
2.3.8	Estatística.....	75
4	RESULTADOS .....	76
5	DISCUSSÃO.....	78
6	CONCLUSÃO .....	81
7	REFERENCIAS .....	81
<b>APÊNDICE 2 – FICHA DE AVALIAÇÃO DA FAMILIARIZAÇÃO .....</b>		
<b>89</b>		
<b>APÊNDICE 3 – FICHA DE COLETA DAS INTERVENÇÕES .....</b>		
<b>91</b>		
<b>APÊNDICE 4 – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE IMAGEM .....</b>		
<b>93</b>		
<b>ANEXOS 1 - PSE - PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (BORG).....</b>		
<b>94</b>		

## PRIMEIRA PARTE

A primeira parte conta com a introdução, os objetivos e a metodologia completa do estudo, para que posteriormente os resultados possam ser apresentados em uma segunda parte.

### 1 INTRODUÇÃO

O rendimento esportivo, assim como a prática regular de exercícios físicos, pode ser beneficiado pelo uso de recursos ergogênicos. O termo “ergogênico” refere-se a qualquer estratégia que “aumenta a capacidade de trabalho” e, no contexto esportivo, engloba métodos farmacológicos, técnicas de treinamento, dispositivos mecânicos, abordagens nutricionais e práticas psicológicas (Kerksick et al., 2018).

Dentre essas estratégias, a nutrição desempenha um papel essencial na otimização das adaptações ao treinamento e na melhora do desempenho esportivo. Os chamados Recursos Ergogênicos Nutricionais (REN) compreendem substâncias presentes em alimentos e ou suplementos, estimulantes que auxiliam na performance (Krowchuk et al., 1989). Seu principal objetivo é aumentar a eficiência mecânica, a resistência muscular e a recuperação, além de reduzir a fadiga e fortalecer a força mental, possibilitando a manutenção da potência física por períodos mais prolongados durante a atividade física (Frączek et al., 2016).

No entanto, muitos dos produtos utilizados por atletas e praticantes não possuem evidências científicas suficientes que comprovem sua eficácia e segurança, especialmente no que se refere ao impacto no desempenho esportivo e na saúde (Koncic; Tomczyk, 2013). Segundo o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM), cinco suplementos apresentam fortes comprovações científicas: cafeína, bicarbonato de sódio, beta-alanina, creatina e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

O  $\text{NO}_3^-$  é um ânion presente em alimentos e classificado como um subproduto inerte do metabolismo do óxido nítrico (NO). Seus efeitos ergogênicos estão associados à sua conversão gradual em NO (Lundberg; Weitzberg; Gladwin, 2008). Essa formação exógena ocorre através do consumo de vegetais folhosos verdes, como rúcula, couve, alface e espinafre, bem como alguns vegetais de raiz, como beterraba, todos ricos em  $\text{NO}_3^-$  (Weitzberg et al., 2013; Jones et al., 2021). Após a ingestão, o nitrato é absorvido pelo trato gastrointestinal superior e entra na corrente sanguínea, sendo que cerca de 25% desse nitrato em circulação é captado pelas glândulas salivares por meio de transportadores ativos. Na cavidade oral, bactérias anaeróbicas presente na saliva,

convertem parte do nitrato salivar em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) (Jones et al., 2021). Ao ser ingerido, parte do nitrito é reduzida a NO no estômago, enquanto o restante entra na circulação sistêmica, armazenando-se em diversos tecidos, onde pode ser convertido em NO, especialmente sob condições de acidose e hipóxia (Alsharif et al., 2023; Li et al., 2008; Castelo et al., 2006; Modin et al., 2001).

Além de ser produzido a partir do  $\text{NO}_3^-$  dietético, o NO também pode ser sintetizado endogenamente por meio das enzimas NO sintase (NOS), que catalisam sua produção a partir da conversão do aminoácido semiessencial L-arginina (Kina-Tanada et al., 2017).

Diversos estudos indicam que uma dieta rica em vegetais e raízes contendo nitrato pode oferecer proteção contra doenças cardiovasculares, promovendo redução da pressão arterial tanto em indivíduos normotensos quanto hipertensos, além de minimizar o estresse oxidativo (Thompson et al., 2014; Lansley et al., 2011; Kapil, 2010; Webb et al., 2008; Larsen; Weitzberg; Lundberg, 2007). No contexto esportivo, a suplementação de nitrato tem sido associada à melhora do desempenho aeróbico, especialmente devido à sua ação no sistema cardiovascular. Estudos apontam que essa suplementação melhora o desempenho em provas contrarrelógio e em exercícios intermitentes de alta intensidade, reduzindo o consumo de oxigênio, a pressão arterial e aumentando o tempo até a exaustão, promovendo maior tolerância ao esforço físico (Casado et al., 2021; Peeling et al., 2015; Wylie et al., 2013; Cermak, Ginala, Van Loon, 2012; Bailey et al., 2009).

A suplementação de nitrato em associação ao exercício resistido tem recebido crescente atenção desde o estudo de Hernandez et al. (2012), que demonstrou, em um modelo experimental com camundongos, que a administração de nitrato de sódio aumentou a força de contração das fibras musculares do tipo II, sem afetar as fibras do tipo I. De acordo com Wylie et al. (2019) e Hernandez et al. (2012), esses efeitos nas fibras do tipo II são atribuídos ao aumento proporcional dos níveis de nitrito plasmático e à regulação do cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) no músculo esquelético. Wylie et al. (2019) destacam que o músculo esquelético atua como um importante reservatório de nitrito, cuja degradação ocorre durante a contração muscular, contribuindo para a eficiência energética e a função muscular. Esse efeito decorre da capacidade do nitrito de inibir a liberação excessiva de cálcio durante a contração, reduzindo, assim, o consumo de ATP necessário para o transporte de  $\text{Ca}^{2+}$  de volta ao retículo sarcoplasmático durante o relaxamento muscular (Mosely; Landberg, 2020).

Além disso, uma meta-análise conduzida por Senefeld et al. (2020), abrangendo 80 estudos, concluiu que a suplementação de nitrato apresenta benefícios mais significativos para exercícios de curta duração (<15 min) do que para exercícios prolongados. Esse efeito está relacionado à perfusão do tecido metabolicamente ativo, que tende a ser menor durante exercícios de longa duração, reduzindo a necessidade de produção de óxido nítrico (NO) devido à menor conversão de nitrito. Adicionalmente, a contração das fibras musculares do tipo II ocorre em condições de menor pressão parcial de O<sub>2</sub> e pH em comparação com as fibras do tipo I, e esses valores diminuem progressivamente com o aumento da intensidade do exercício (McDonough et al., 2005). Dessa forma, exercícios de alta intensidade demandam um recrutamento significativo de fibras do tipo II, resultando em quedas no pH intramuscular e na PO<sub>2</sub>, criando um ambiente propício para os efeitos ergogênicos da suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Um dos primeiros estudos a investigar a suplementação de nitrato em humanos no contexto do treinamento de força foi conduzido por Mosher et al. (2016). Os pesquisadores observaram que, após seis dias de suplementação com suco de beterraba contendo 6,4 mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, os participantes apresentaram um aumento significativo no número de repetições no exercício de supino em comparação ao grupo placebo. Achados semelhantes foram relatados por Sanchez et al. (2020), que utilizaram uma suplementação de 140 mL de suco de beterraba com concentração de 12,8 mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, administrada 2h30 antes da realização dos exercícios de supino e agachamento. Nesse estudo, verificou-se uma diferença significativa no número de repetições no agachamento, mas não no supino. Esses achados corroboram outros estudos disponíveis na literatura (Jurado-Castro et al., 2022; Tan et al., 2022; Casado et al., 2021).

Em relação à dose-resposta da suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, os efeitos ergogênicos são observados com doses diárias superiores a aproximadamente 5 mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Tan et al., 2022; Wylie et al., 2013), podendo variar entre 5 e 13 mmol (Senefeld et al., 2020). A literatura também aponta efeitos tanto agudos quanto crônicos, com duração variável entre 1 e 15 dias (Senefeld et al., 2020). No que diz respeito ao tempo de ação, a biodisponibilidade de NO é avaliada por meio da concentração plasmática de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, cujo pico está diretamente associado à melhora do desempenho físico (Tan et al., 2022; Coggan; Peterson, 2018). Kapil et al. (2018) identificaram que, aproximadamente 1h30 após a suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, a concentração plasmática de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> aumentou significativamente, atingindo seu pico entre 2 e 3 horas.

Apesar dessas evidências, há uma lacuna na literatura no que se refere aos efeitos ergogênicos da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  em mulheres. A meta-análise de Tan et al. (2022) revelou que, dos 267 participantes dos estudos revisados, apenas 20 eram mulheres. Situação semelhante foi observada na meta-análise de Senefeld et al. (2020), que analisou 80 estudos sobre a suplementação de nitrato, dos quais apenas seis incluíram exclusivamente mulheres ou apresentaram dados segmentados por sexo. A sub-representação feminina nas pesquisas deve-se, em grande parte, à complexidade do ciclo menstrual e suas flutuações hormonais. No entanto, existem diferenças antropométricas, metabólicas e fisiológicas que podem influenciar as respostas à suplementação (Mazure; Jones, 2015), reforçando a necessidade de investigações específicas para essa população.

Estudos recentes sugerem diferenças na resposta à suplementação de  $\text{NO}_3^-$  entre homens e mulheres. Por exemplo, Hogwood et al. (2023) identificaram que, após a suplementação, a concentração sanguínea de  $\text{NO}_3^-$  foi maior na fase folicular tardia do ciclo menstrual do que na fase folicular precoce. Kapil et al. (2018) também demonstraram que, para a mesma dose de  $\text{NO}_3^-$ , mulheres apresentaram concentrações plasmáticas de  $\text{NO}_2^-$  mais elevadas do que homens.

Até então, estudos como os de Jurado-Castro et al. (2022) e Peeling et al. (2015) demonstraram o potencial ergogênico da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  em mulheres praticantes de exercícios resistidos e em provas contra-relógio de atletas profissionais de caiaque, respectivamente. Em contrapartida, pesquisas como as de Lane et al. (2014) e Hogwood et al. (2023), bem como a revisão de Wickham e Spriet (2019) e a meta-análise de Senefeld et al. (2020), não identificaram efeitos ergogênicos consistentes da suplementação de nitrato em mulheres, apontando um efeito atenuado nessa população (Senefeld et al., 2020; Wickham & Spriet, 2019).

A literatura ainda carece de estudos específicos sobre os efeitos ergogênicos da suplementação de nitrato em mulheres (Senefeld et al., 2020). Até o momento, o estudo de Jurado-Castro et al. (2022) é o único que investigou a influência dessa suplementação no exercício resistido em mulheres saudáveis. Dado o número limitado de pesquisas, as evidências contraditórias, a crescente adesão das mulheres ao treinamento de força e a possibilidade de respostas diferenciadas ao nitrato devido a fatores hormonais e metabólicos (Hogwood et al., 2023), torna-se essencial explorar mais profundamente esse tema.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os efeitos da suplementação aguda de nitrato em mulheres praticantes de exercício resistido.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Analisar os efeitos da suplementação de suco de beterraba sobre o número de repetições e volume total no exercício supino e leg press a 60% do 1RM;
- Verificar se a suplementação do nitrato causa um efeito protetor reduzindo a perda de força após um protocolo de exercício extenuante num intervalo de 1 e 5 minutos;
- Analisar se a suplementação de nitrato prolonga o tempo no exercício resistido;
- Verificar se a suplementação nitrato causa uma redução na fadiga mecânica após um protocolo extenuante num intervalo de 1 e 5 minutos;
- Avaliar os efeitos da suplementação de nitrato sobre o lactato sanguíneo, FC, PSE e PA;

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Delineamento e Aspectos Éticos**

A presente pesquisa é de caráter clínico, exploratório, randomizado, duplo-cego, cruzado e controlado por placebo. Todas as coletas foram realizadas no Laboratório de Estudos do Movimento Humano (LEMOH), localizado na Universidade Federal de Lavras, no estado de Minas Gerais. O projeto foi submetido, apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Lavras, sob o protocolo de número CAAE: 67603023.0.0000.5148. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo, protocolos e procedimentos da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

#### **3.2 Participantes**

Através do cálculo amostral (G power ®) o tamanho do efeito para 16 participantes ( $3 \times 16 = 48$ ) é de  $1 - \beta$  0,88 ( $\beta = 0,11$  e  $\alpha = 0,02$ ). A participação no estudo foi voluntária, como bônus, receberam uma consulta nutricional. Das 18 participantes que iniciaram o estudo, duas não retornaram após o primeiro dia de coleta. Dessa forma, o estudo foi concluído com 16 participantes, com idade média de  $27,5 \pm 5,07$  anos.

Os critérios de inclusão para o estudo foram: mulheres fisicamente ativas, praticar treinamento resistido há pelo menos 6 meses, não apresentar lesões osteomioarticulares no início das coletas, ter idade entre 18 e 40 anos, não utilizar esteroides ou anabolizantes, e não fazer uso de creatina ou beta-alanina no mês anterior às coletas.

#### **3.3 Delineamento Experimental**

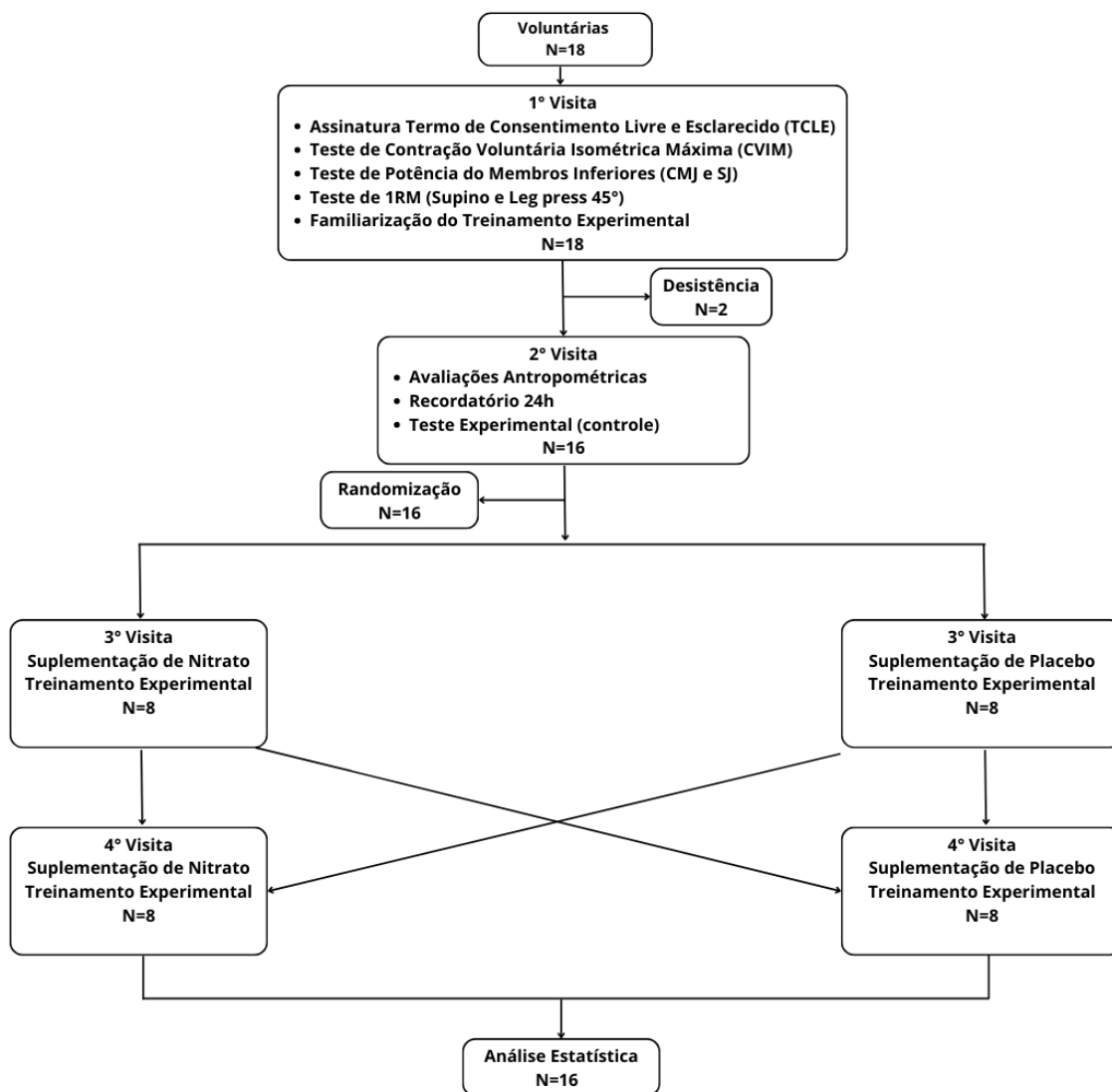
A convocação das participantes foi realizada por meio de anúncios em redes sociais (Facebook, Instagram e WhatsApp) e contatos diretos do pesquisador. As coletas ocorreram em quatro encontros (Figura 1).

No primeiro encontro, as participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice 1) e realizaram testes para quantificação das cargas do treinamento experimental, avaliação de força dos membros superiores, medição da potência dos membros inferiores e familiarização com os protocolos de treinamento.

Na segunda visita, foram aplicados o recordatório alimentar de 24 horas, realizadas as medidas antropométricas e a avaliação do percentual de gordura, além da execução do protocolo de treinamento experimental denominado "controle" (sem administração de intervenção).

As terceira e quarta visitas foram realizadas de forma randomizada, seguindo o delineamento do estudo randomizado, duplo-cego e controlado por placebo. Nos dias de intervenção (placebo ou nitrato), as participantes chegaram ao laboratório com duas horas e 30 minutos de antecedência para a administração da suplementação, respeitando o tempo necessário para o efeito do suplemento. O intervalo entre as coletas dos protocolos experimentais foi de, no mínimo, 72 horas, garantindo o período de *washout*.

Figura 1- Fluxograma das Visitas



Fonte: Do Autor (2025)

### 3.4 Procedimentos de Coleta

#### 3.4.1 Familiarização

Na primeira visita, o delineamento seguiu os passos descritos na Figura 6. As participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e foram informadas sobre todos os protocolos e objetivos do estudo. Em seguida, foram direcionadas para o aquecimento geral, que consistiu em 5 minutos em uma bicicleta ergométrica (Ergo fit®, plus167, ciclo) a uma cadência superior a 80 bpm, com potência de 50 watts.

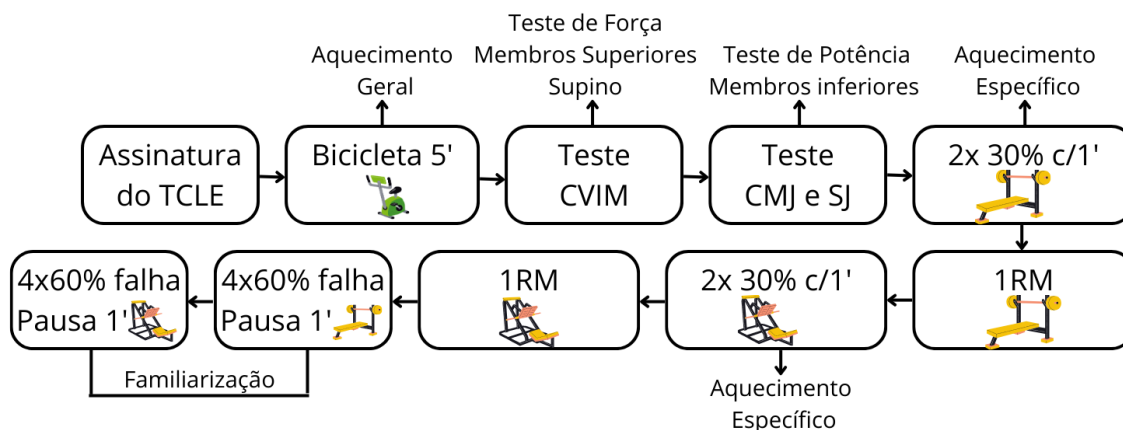
Após o aquecimento geral, as participantes realizaram o teste de Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) no exercício de supino, utilizando um aparelho Smith (Multi Exercícios com Barra Guiada – Smith – Master Line 4 polegadas) acoplado a uma célula de carga Miograph (Miotec®, Equipamentos Biomédicos Ltda, Porto Alegre, Brasil).

Em seguida, foram realizados os testes de potência dos membros inferiores, que incluíram três saltos *counter movement jump* (CMJ) e três saltos *squat jump* (SJ), executados em um tapete de contato Jump System Pro (Cefise®, Nova Odessa, Brasil).

Após os testes de força e potência, as participantes realizaram um aquecimento específico, baseado em protocolos de estudos prévios que utilizaram nitrato em exercícios de força (Mosher et al., 2016; Sanchez et al., 2020). Posteriormente, foi realizado o teste de 1 Repetição Máxima (1RM), seguindo o protocolo de Baechle et al. (2008). O teste de 1RM foi aplicado primeiro no exercício de supino e, em seguida, no exercício de leg press 45°.

Finalmente, foi realizada a familiarização com o protocolo de treinamento experimental, que consistiu em quatro séries até a falha, com pausas de dois minutos entre as séries.

Figura 2- Fluxograma de Familiarização



Legenda: TCLE, Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; CVIM, Contração Voluntária Isométrica Máxima; CMJ, *conuter moviment jump*; SJ, *squat jump*.

Fonte: Do Autor (2025)

### 3.4.2 Teste Experimental

Na segunda, terceira e quarta visitas, o delineamento experimental seguiu o mesmo protocolo. Contudo, na segunda visita, além de as participantes não receberem suplementação, foi aplicado o recordatório alimentar de 24 horas (Mosfhfegh et al., 2008) para garantir a replicação da mesma dieta nas coletas subsequentes. Além disso, foram realizadas medidas antropométricas para caracterização das amostras, incluindo altura, peso corporal, e composição corporal.

Na terceira e quarta visita, as participantes foram randomizadas para receber a suplementação de nitrato ou placebo 2h30 antes do treinamento experimental. A partir disso, a sequência metodológica foi a mesma para os três dias de coletas.

Ao chegarem ao laboratório, as participantes foram submetidas a cinco minutos de repouso completo para aferição da pressão arterial com um monitor automático (Omron®, Kyoto, Japão) e da frequência cardíaca em repouso, medida por um frequencímetro (Garmin®, HRM dual, Chicago, EUA). Em seguida, uma pequena amostra de sangue foi coletada da extremidade do dedo para análise da concentração de lactato sanguíneo, utilizando tiras reagentes de lactato (Accusport BM – lactate, Roche®, Hawthorne, EUA) e analisada com um analisador portátil (Accusport BoehringerMannheim – Roche®, Hawthorne, EUA).

Após as medidas iniciais, as participantes realizaram um aquecimento específico para o exercício de supino, composto por duas séries de 10 repetições com 30% do 1RM,

com pausas de um minuto entre as séries. Após o aquecimento, foi respeitado um intervalo de três minutos antes do início do treinamento experimental.

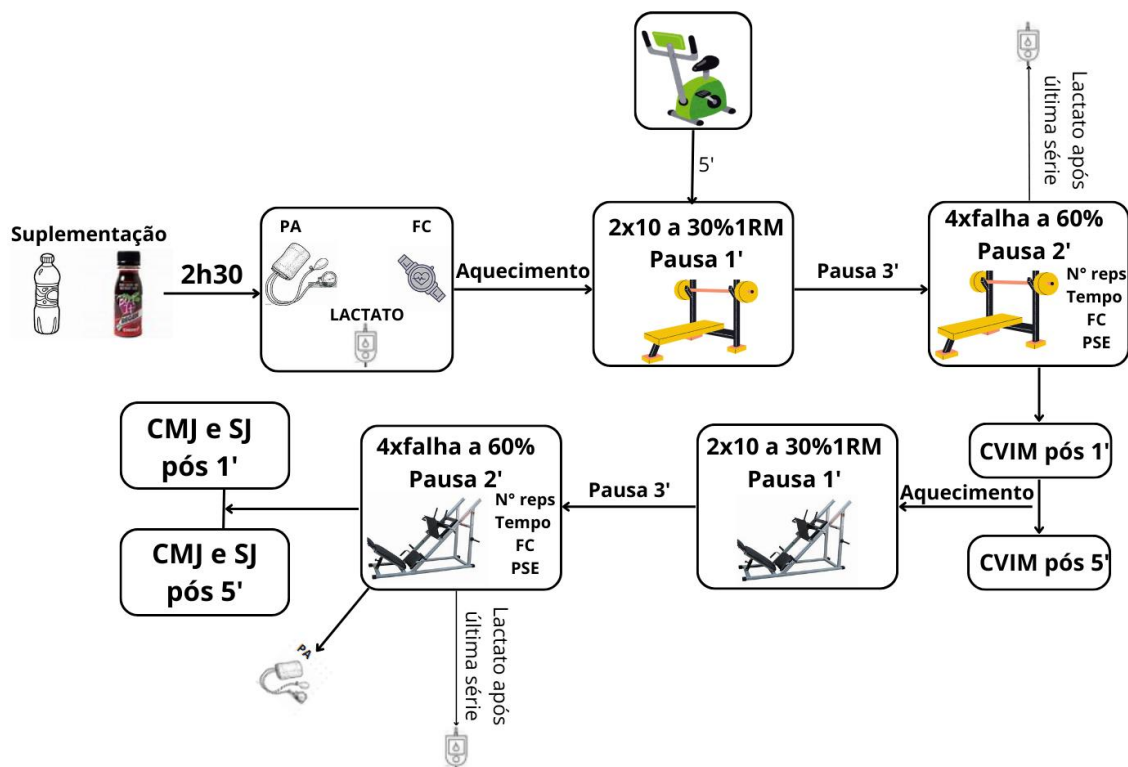
O treinamento experimental consistiu em quatro séries realizadas até a falha concêntrica (*4xfalha*) no exercício de supino, com pausas de dois minutos entre as séries e utilizando uma carga correspondente a 60% do 1RM. As participantes foram instruídas a executar os movimentos até a falha concêntrica, sendo auxiliadas por dois avaliadores para a retirada da barra no momento da falha.

Imediatamente após cada série, foi registrada a frequência cardíaca das participantes. No primeiro minuto de pausa, foi aplicada a Escala de Percepção Subjetiva de Esforço (PSE), adaptada por Borg (2003), para avaliação do nível de esforço. Todas as séries foram gravadas para contagem precisa do número de repetições e do tempo sobre tensão, permitindo uma análise posterior.

Após a quarta série, foi coletada uma nova amostra de sangue para análise da concentração de lactato sanguíneo. Além disso, um e cinco minutos após o término da última série, foram realizados os testes de Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) para avaliar a força isométrica muscular dos membros superiores no exercício de supino (Multi Exercícios com Barra Guiada – Smith – Master Line 4 polegadas).

No mesmo dia, após o treinamento dos membros superiores, foi realizado o treinamento de membros inferiores no leg press 45° (Flex Fitness, Classic, Brasil). O protocolo de treinamento no leg press seguiu a mesma metodologia do supino. Contudo, após 1 e 5 minutos da última série, foram realizados testes de potência dos membros inferiores, que incluíram três saltos *counter movement jump* (CMJ) e três saltos *squat jump* no tapete de contato (Cefise®, Nova Odessa, Brasil).

Figura 3- Fluxograma teste experimental



Legenda: PA, pressão arterial; FC, frequência Cardíaca; 1RM, uma repetição máxima; CVIM, Contração Voluntária Isométrica Máxima; CMJ, *counter moviment jump*; SJ *quat jump*.

Fonte: Do Autor (2025)

### 3.4.3 Recomendações Pré-Teste

As participantes foram orientadas a não utilizar outros suplementos como cafeína e não praticar exercícios físicos extenuantes nas 24 horas que antecederam os testes, além de manterem a mesma dieta em todos os dias de coleta, replicando o recordatório alimentar de 24 horas realizado no primeiro dia do treinamento experimental. Foi solicitado que evitassem o consumo de alimentos ricos em nitrato, como aipo, agrião, alface, beterraba, espinafre e rúcula. Também foram instruídos a não utilizar enxaguante bucal e a não escovar a língua antes das coletas, a fim de evitar interferências nos resultados relacionados à suplementação de nitrato.

### 3.4.4 Controle do Ciclo Menstrual

Na primeira visita, por meio de entrevistas, as participantes foram questionadas quanto à fase do ciclo menstrual em que se encontravam, bem como sobre o uso de métodos contraceptivos, especificando-se, quando aplicável, o tipo de método utilizado. Das voluntárias, oito faziam uso de anticoncepcional oral monofásico, três utilizavam

dispositivo intrauterino (DIU) de cobre e cinco não utilizavam nenhum método contraceptivo. De acordo com McNulty et al. (2020), mulheres eumenorreicas podem apresentar uma leve redução no desempenho durante a fase menstrual e no início da fase folicular. Considerando essa variação fisiológica, o protocolo de treinamento experimental foi iniciado quatro dias após o término da fase menstrual para todas as voluntárias.

### **3.5 Métodos e Procedimentos das Coletas**

#### **3.5.1 Teste de Uma Repetição Máxima (1RM)**

De acordo com Grgic et al. (2020), o teste de 1RM apresenta alta confiabilidade para determinar a força dinâmica máxima. Assim, esse protocolo foi utilizado para estabelecer as cargas máximas nos exercícios de supino na máquina Smith (Multi Exercícios com Barra Guiada – Smith – Master Line 4 polegadas) e leg press 45° (Flex Fitness, Classic, Brasil), que posteriormente foram utilizadas para quantificar as cargas de treinamento no teste experimental.

O teste de 1RM seguiu procedimentos semelhantes a estudos prévios sobre suplementação de nitrato e exercícios resistidos (Mosher et al., 2016; Sanchez et al., 2020) e utilizou a metodologia validada por Baechle et al. (2008).

As participantes iniciaram com um aquecimento geral de cinco minutos em uma bicicleta ergométrica (Ergo fit, plus167, cicle), mantendo uma velocidade superior a 80 rpm e uma potência de 50 watts. Em seguida, foi realizado um aquecimento específico. Na primeira série, as participantes executaram 10 repetições com 30% do 1RM estimado, seguido de um descanso de 60 segundos. A carga foi então aumentada para 50% do 1RM estimado, com a realização de cinco repetições e um período de descanso de 90 segundos. Posteriormente, foi estimada uma carga quase máxima para a realização de duas a três repetições, com um intervalo de descanso de 180 segundos.

Após o aquecimento, a carga foi ajustada de 0,4 kg a 5 kg por série, dependendo da percepção de esforço e do desempenho das participantes durante o movimento. Caso a carga final ultrapassasse o limite máximo, impossibilitando a realização de qualquer repetição, o peso era reduzido. Foram pré-determinadas até cinco tentativas para alcançar o 1RM, com intervalos de 180 segundos entre cada tentativa.

O 1RM foi definido como a maior carga que a participante conseguiu levantar em apenas uma repetição, nos exercícios de supino e leg press 45°.

### 3.5.2 Medidas Antropométricas

As avaliações antropométricas foram utilizadas para caracterizar as voluntárias do presente estudo, dessa forma as coletas foram feitas na segunda visita.

Para análise do peso corporal utilizamos uma balança digital (Filizola®) precisão de 1kg e capacidade máxima de 200kg, devidamente calibrada. Para a coleta do peso a amostra estava descalça em posição anatômica correta, olhando para frente em um ponto fixo com a cabeça em linha reta ao corpo.

Para a quantificação da estatura total da participante utilizamos um estadiômetro acoplado na mesma balança, com precisão de 1mm. O indivíduo foi colocado de pé, descalço, com os calcanhares juntos, pés formando um ângulo de 45°, costas retas de maneira que o occipital, o dorso, as nádegas e os calcanhares toquem o antropômetro, de braços estendidos ao lado do corpo e a cabeça voltada para frente no plano de Frankfurt (Heyward; Gibson, 2014).

A composição corporal foi determinada pelo método de bioimpedância elétrica utilizando um aparelho octapolar InBody 230 (Biospace®). Para realizar o teste de bioimpedância foram cumpridos os seguintes procedimentos (Bera, 2014):

- Jejum por pelo menos 4 horas antes do teste
- Não realizar atividade física intensa nas 24 horas anteriores ao teste
- Urinar pelo menos 30 minutos antes do teste
- Não consumir bebidas alcoólicas nas 48 horas anteriores ao teste
- Não usar diuréticos nos 7 dias anteriores ao teste

### 3.5.3 Recordatório Alimentar de 24 Horas

O recordatório alimentar de 24 horas (Mosfhfegh et al., 2008) foi aplicado na segunda visita por um nutricionista experiente, com o objetivo de identificar o perfil alimentar das participantes, caracterizá-las e verificar a presença de alimentos com alto teor de nitrato na dieta. Os dados coletados foram analisados e quantificados utilizando o software WebDiet®.

Todas as participantes foram orientadas a replicar a mesma alimentação consumida 24 horas antes das visitas subsequentes, conforme registrado no recordatório, garantindo que nenhum outro tipo de alimento ou bebida interferisse nos resultados. A padronização alimentar foi realizada de forma individualizada, permitindo que cada participante seguisse seu próprio padrão alimentar previamente registrado.

### **3.5.4 Administração da Suplementação**

A suplementação foi realizada 2 horas e 30 minutos antes do treinamento experimental, podendo consistir em suco de beterraba rico em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (~12,8 mmol de  $\text{NO}_3^-$ ; 800 mg; 140 mL – Beet IT, James White Drinks Ltd, Ipswich, UK) ou em um placebo de suco de beterraba com baixa concentração de  $\text{NO}_3^-$  (~0,92 mmol de  $\text{NO}_3^-$ ; 58 mg; 140 mL – Beterraba, Soldiers Nutrition, Brasil).

A preparação das soluções foi realizada por um pesquisador não envolvido na coleta de dados, garantindo o cegamento do estudo. Tanto o suco rico em  $\text{NO}_3^-$  quanto o placebo foram acondicionados em recipientes idênticos, sem distinção nos rótulos, a fim de impedir que as participantes identificassem qual substância estavam ingerindo. Os sucos foram entregues antecipadamente às participantes, que foram instruídas e lembradas de consumir a suplementação exatamente 2 horas e 30 minutos antes do início das coletas no laboratório.

### **5.4.5 Aferição da Pressão Arterial**

A pressão arterial (PA) foi aferida em completo repouso antes do início do treinamento e imediatamente após a última série do exercício leg press 45°, com o objetivo de avaliar se a suplementação de nitrato influencia diretamente a PA durante e imediatamente após o TR.

As medições foram realizadas utilizando um monitor automático (Omron®, Kyoto, Japão) em todos os dias de coleta, exceto no dia da familiarização.

Os procedimentos seguiram as diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia (2016). Durante as aferições, as voluntárias permaneceram sentadas, com os pés apoiados no chão e o dorso recostado na cadeira. O braço direito foi posicionado na altura do coração, e todas as participantes foram orientadas a permanecer em silêncio durante o procedimento.

### **5.4.6 Frequência Cardíaca**

A frequência cardíaca (FC) foi avaliada em completo repouso antes do início do treinamento experimental e imediatamente após o término de todas as séries nos exercícios de supino e leg press 45°, com o objetivo de analisar o comportamento da FC em resposta à suplementação de nitrato.

Para a avaliação, foi utilizado um relógio cárdio-frequencímetro acompanhado de uma cinta de monitoramento cardíaco (Garmin HRM dual®) acoplada abaixo do osso esterno.

#### **5.4.7 Lactato Sanguíneo**

Para avaliar o comportamento da acidez sanguínea no início, meio e fim dos testes, foi coletado sangue capilar fresco da extremidade dos dedos. Aproximadamente 1-2 µl (microlitros) de sangue foram depositados diretamente em uma tira reagente de lactato (Accusport BM – lactate, Roche®, Hawthorne, EUA). A concentração de lactato foi analisada por meio de um analisador portátil (Accusport BoehringerMannheim – Roche®, Hawthorne, EUA).

Durante a coleta, todos os procedimentos de biossegurança foram seguidos. Luvas hospitalares foram utilizadas, e o local da punção foi devidamente higienizado com álcool 70% (líquido INPM). Para a punção, foi utilizada uma lanceta estéril (Lancetas Premium, Accumed®, Brasil) de ponta ultra-fina e triangular, garantindo um procedimento indolor e seguro. Após o uso, as lancetas foram descartadas de maneira adequada.

A primeira gota de sangue foi removida com algodão embebido em álcool, minimizando o risco de contaminação por suor ou outras substâncias. Em seguida, o dedo foi puncionado novamente para a coleta de sangue, que foi depositado diretamente na tira reagente de lactato. Após a coleta, a tira reagente com sangue foi introduzida no analisador portátil, que apresentou os resultados em mmol/dl.

#### **5.4.8 Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM)**

A CVIM foi utilizada para determinar a força isométrica máxima no exercício de supino antes do teste experimental, e novamente 1 e 5 minutos após o término do treinamento experimental. O objetivo foi avaliar se a suplementação de nitrato teria um efeito protetor contra a perda de força após um protocolo extenuante de treinamento de força. Os protocolos utilizados para as análises da CVIM foram os mesmos utilizados por Souza et al., (2017).

Antes de iniciar o teste de CVIM, foram realizados procedimentos específicos. Solicitou-se às voluntárias que deitassem em decúbito dorsal no banco reto, segurando a barra do aparelho Smith (Multi Exercícios com Barra Guiada – Smith – Master Line 4 polegadas) posicionada sobre o peito, com os cotovelos formando um ângulo de 90°. A barra foi fixada por correntes conectadas a uma célula de carga, garantindo que a angulação de 90° dos cotovelos fosse mantida durante o teste.

Duas correntes foram fixadas nas extremidades da barra, ligadas a um mosquetão conectado a uma célula de carga Miograph (Miotec®, Equipamentos Biomédicos Ltda, Porto Alegre, Brasil) com capacidade de 250 kgf (quilogramas-força). Essa célula de

carga, por sua vez, estava presa a outro mosquetão fixo em uma barra ancorada próxima ao solo, assegurando a estabilidade da barra e a manutenção da posição correta das voluntárias.

Após os ajustes necessários, o protocolo de coleta da CVIM foi iniciado. As voluntárias foram instruídas a exercer a força máxima possível contra a barra fixada à célula de carga, sem movimento da mesma. Durante o teste, foi dado o comando para empurrar a barra por 10 segundos, garantindo que a força fosse constante, sem impulsos, ao longo do período.

Para obter uma análise precisa, foram selecionados os 5 segundos mais estáveis da contração, que foram analisados no software MiotecSuite 1.0, com os canais devidamente calibrados para o teste de CVIM. Esse procedimento permitiu uma avaliação detalhada da força gerada por cada voluntária nas diferentes etapas do protocolo experimental.

#### **5.4.9 Potência de Membros Inferiores**

Os testes de saltos verticais *counter movement jump* (CMJ) e *squat jump* (SJ), propostos por Komi e Bosco (1982), são amplamente utilizados para avaliar a potência muscular. Segundo Hespanhol et al. (2007), além de medir a potência muscular, esses testes podem ser aplicados para avaliar a fadiga muscular por meio da altura dos saltos.

Nesse contexto, os testes de potência foram empregados para determinar a potência dos membros inferiores e avaliar a influência da suplementação de nitrato na perda de força muscular, potência e fadiga muscular após um protocolo extenuante de TR.

Os protocolos de salto foram os mesmos proposto por Claudino et al., (2017), as avaliações foram realizadas em um tapete de contato (Cefise®, Nova Odessa, Brasil), considerado o padrão ouro (*gold standard*). Cada voluntária realizou três saltos CMJ e três saltos SJ, com 10 segundos de pausa entre os saltos e 30 segundos de descanso entre os diferentes tipos de saltos.

No primeiro dia de coleta (familiarização), os saltos foram realizados em condições de descanso, sem fadiga muscular, servindo como valores de referência (*saltos pré*). Já os saltos realizados em condição de fadiga muscular foram avaliados 1 e 5 minutos após a última série no exercício leg press 45°, mantendo-se o mesmo protocolo: três saltos CMJ e três saltos SJ, com 10 segundos de pausa entre os saltos e 30 segundos entre os diferentes tipos de saltos.

Para o teste de *counter movement jump* (CMJ), as voluntárias posicionaram-se sobre o tapete de contato, com as mãos na cintura e o corpo ereto. O salto foi iniciado com uma rápida flexão dos joelhos, até no máximo 90° de flexão na articulação, seguida imediatamente por uma extensão dos joelhos, utilizando o ciclo alongamento-encurtamento para impulsionar o corpo verticalmente.

O teste de *squat jump* (SJ) seguiu os mesmos padrões do CMJ, com a diferença de que as voluntárias partiram de uma posição agachada, com os joelhos semiflexionados, mantendo-se imóveis por cinco segundos antes do salto. O movimento foi realizado com uma rápida extensão dos joelhos, sem a execução de um contra movimento prévio.

#### **5.4.10 Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)**

A percepção de esforço (PSE) foi obtida pela escala CR10 de Borg 1 min ao final de cada série durante o treino no supino e no *leg press 45°*, na qual as participantes relataram o nível de esforço em uma escala de 0 a 10, onde 0 indica esforço mínimo, e 10 esforço máximo (Borg, 2004).

### **5.5 Análise Estatística**

A estatística consistiu em descrever a média, desvio padrão e o erro padrão da média, para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste Shapiro-Wilk considerando os dados normais  $p > 0,05$ . Para as análises controle x placebo x nitrato foi utilizado o teste ANOVA de um fator, Welch para amostras paramétricas e Kruskal-Wallis para as amostras não paramétricas. A comparação das variáveis analisadas (repetições, tempo sobre tensão, PSE, CMJ, SJ, CVIM, FC, PAS, PAD e lactato) em suas diferentes condições (Controle, Placebo e Nitrato) foram feitas pela Teste ANOVA de medidas repetidas aplicando o Post Hock de Tukey para os dados paramétricos e o Post Hock de Scheffé para os dados não paramétricos. A diferença estatística foi considerada significativa quando o  $p < 0,05$ . Os cálculos estatísticos foram realizados através do software de estatística Jamovi® versão 2.3.28 e os gráficos foram plotados através do software Prism® versão 8.0

## REFERÊNCIAS

- Alsharif NS, Clifford T, Alhebshi A, Rowland SN, Bailey SJ. Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Performance during Single and Repeated Bouts of Short-Duration High-Intensity Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. **Antioxidants (Basel)**. 2023 May 31;12(6):1194. doi: 10.3390/antiox12061194. PMID: 37371924; PMCID: PMC10294948.
- Baechle TR, Earle RW, Wathen D. Resistance training. In: Essentials of Strength Training and Conditioning. Baechle T.R., Earle R.W., eds. Champaign, IL: **Human Kinetics**, 2008. 381–412
- Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, Dimenna FJ, Wilkerson DP, Tarr J, Benjamin N, Jones AM. Dietary nitrate supplementation reduces the O<sub>2</sub> cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. **J Appl Physiol** (1985). 2009 Oct;107(4):1144-55. doi: 10.1152/jappphysiol.00722.2009. Epub 2009 Aug 6. PMID: 19661447.
- Borg G. 2004. Principles in scaling pain and the Borg CR Scales. **Psychologica**, **37**: 35–47.
- Casado, A.; Domínguez, R.; Fernandes da Silva, S.; Bailey, S.J. Influence of Sex and Acute Beetroot Juice Supplementation on 2 KM Running Performance. **Appl. Sci.** **2021**,*11*, 977. <https://doi.org/10.3390/App11030977>.
- Cermak NM, Gibala MJ, van Loon LJ. Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. **Int J Sport Nutr Exerc Metab.** 2012 Feb;22(1):64-71. doi: 10.1123/ijsnem.22.1.64. PMID: 22248502.
- Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, Amadio AC, Serrão JC. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **J Sci Med Sport.** 2017 Apr;20(4):397-402. doi: 10.1016/j.jsams.2016.08.011. Epub 2016 Aug 25. PMID: 27663764.
- Coggan AR, Peterson LR. Dietary Nitrate Enhances the Contractile Properties of Human Skeletal Muscle. **Exerc Sport Sci Rev.** 2018 Oct;46(4):254-261. doi: 10.1249/JES.000000000000167. PMID: 30001275; PMCID: PMC6138552.

Frączek B, Warzecha M, Tyrała F, Pięta A. Prevalence of the use of effective ergogenic aids among professional athletes. **Rocz Panstw Zakl Hig.** 2016;67(3):271-8. PMID: 27546324.

Grgic J, Lazinica B, Schoenfeld BJ, Pedisic Z. Test-Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. **Sports Med Open.** 2020 Jul 17;6(1):31. doi: 10.1186/s40798-020-00260-z. PMID: 32681399; PMCID: PMC7367986.

Hernández A, Schiffer TA, Ivarsson N, Cheng AJ, Bruton JD, Lundberg JO, Weitzberg E, Westerblad H. Dietary nitrate increases tetanic  $[Ca^{2+}]_i$  and contractile force in mouse fast-twitch muscle. **J Physiol.** 2012 Aug 1;590(15):3575-83. doi: 10.1113/jphysiol.2012.232777. Epub 2012 Jun 11. PMID: 22687611; PMCID: PMC3547271.

Hespanhol JE, Neto LGS, Arruda M, Dini CA. Avaliação da resistência de força explosiva em voleibolistas através de testes de saltos verticais. **Ver Bras Med Esporte** 2007; 13(3): 181-4. doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922007000300010>

Hogwood AC, Ortiz de Zevallos J, Kruse K, De Guzman J, Buckley M, Weltman A, Allen JD. The effects of inorganic nitrate supplementation on exercise economy and endurance capacity across the menstrual cycle. **J Appl Physiol** (1985). 2023 Nov 1;135(5):1167-1175. doi: 10.1152/jappphysiol.00221.2023. Epub 2023 Sep 21. PMID: 37732374.

Jurado-Castro JM, Campos-Perez J, Ranchal-Sanchez A, Durán-López N, Domínguez R. Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Lower-Body Strength in Female Athletes: Double-Blind Crossover Randomized Trial. **Sports Health.** 2022 Nov-Dec;14(6):812-821. doi: 10.1177/19417381221083590. Epub 2022 May 21. PMID: 35603411; PMCID: PMC9631049.

Kapil V, Milsom AB, Okorie M, Maleki-Toyserkani S, Akram F, Rehman F, Arghandawi S, Pearl V, Benjamin N, Loukogeorgakis S, Macallister R, Hobbs AJ, Webb AJ, Ahluwalia A. Inorganic nitrate supplementation lowers blood pressure in humans: role for nitrite-derived NO. **Hypertension.** 2010 Aug;56(2):274-81. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.153536. Epub 2010 Jun 28. Erratum in: *Hypertension.* 2010 Sep;56(3):e37-9. Erratum in: *Hypertension.* 2017 Feb;69(2):e1. doi: 10.1161/HYP.0000000000000057. PMID: 20585108.

Kapil V, Khambata RS, Robertson A, Caulfield MJ, Ahluwalia A. Dietary nitrate provides sustained blood pressure lowering in hypertensive patients: a randomized, phase 2, double-blind, placebo-controlled study. **Hypertension**. 2015 Feb;65(2):320-7. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.04675. Epub 2014 Nov 24. PMID: 25421976; PMCID: PMC4288952.

Kapil V, Rathod KS, Khambata RS, Bahra M, Velmurugan S, Purba A, S Watson D, Barnes MR, Wade WG, Ahluwalia A. Sex differences in the nitrate-nitrite-NO<sup>•</sup> pathway: Role of oral nitrate-reducing bacteria. **Free Radic Biol Med**. 2018 Oct;126:113-121. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.07.010. Epub 2018 Jul 20. PMID: 30031863.

Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, Collins R, Cooke M, Davis JN, Galvan E, Greenwood M, Lowery LM, Wildman R, Antonio J, Kreider RB. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. **J Int Soc Sports Nutr**. 2018 Aug 1;15(1):38. doi: 10.1186/s12970-018-0242-y. PMID: 30068354; PMCID: PMC6090881.

Kina-Tanada M, Sakanashi M, Tanimoto A, Kaname T, Matsuzaki T, Noguchi K, Uchida T, Nakasone J, Kozuka C, Ishida M, Kubota H, Taira Y, Totsuka Y, Kina SI, Sunakawa H, Omura J, Satoh K, Shimokawa H, Yanagihara N, Maeda S, Ohya Y, Matsushita M, Masuzaki H, Arasaki A, Tsutsui M. Long-term dietary nitrite and nitrate deficiency causes the metabolic syndrome, endothelial dysfunction and cardiovascular death in mice. **Diabetologia**. 2017 Jun;60(6):1138-1151. doi: 10.1007/s00125-017-4259-6. Epub 2017 Mar 28. PMID: 28352942.

Koncic MZ, Tomczyk M. New insights into dietary supplements used in sport: active substances, pharmacological and side effects. **Curr Drug Targets**. 2013 Aug;14(9):1079-92. doi: 10.2174/1389450111314090016. PMID: 23574283.

Krowchuk DP, Anglin TM, Goodfellow DB, Stancin T, Williams P, Zimet GD. High school athletes and the use of ergogenic aid. **Am J Dis Child**. 1989 Apr;143(4):486-9. doi: 10.1001/archpedi.1989.02150160116023. PMID: 2929532.

Lane SC, Hawley JA, Desbrow B, Jones AM, Blackwell JR, Ross ML, Zemski AJ, Burke LM. Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. **Appl Physiol Nutr Metab**. 2014 Sep;39(9):1050-7. doi: 10.1139/apnm-2013-0336. Epub 2013 Oct 29. PMID: 25154895.

Lansley KE, Winyard PG, Bailey SJ, Vanhatalo A, Wilkerson DP, Blackwell JR, Gilchrist M, Benjamin N, Jones AM. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. **Med Sci Sports Exerc.** 2011 Jun;43(6):1125-31. doi: 10.1249/MSS.0b013e31821597b4. PMID: 21471821.

Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, Ekblom B. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. **Acta Physiol (Oxf).** 2007 Sep;191(1):59-66. doi: 10.1111/j.1748-1716.2007.01713.x. Epub 2007 Jul 17. PMID: 17635415.

Lundberg JO, Weitzberg E, Gladwin MT. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. **Nat Rev Drug Discov.** 2008 Feb;7(2):156-67. doi: 10.1038/nrd2466. PMID: 18167491.

Mazure CM, Jones DP. Twenty years and still counting: including women as participants and studying sex and gender in biomedical research. **BMC Womens Health.** 2015 Oct 26;15:94. doi: 10.1186/s12905-015-0251-9. PMID: 26503700; PMCID: PMC4624369.

McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, Thomas K, Hicks KM. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrhic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med.** 2020 Oct;50(10):1813-1827. doi: 10.1007/s40279-020-01319-3. PMID: 32661839; PMCID: PMC7497427.

Modin A, Björne H, Herulf M, Alving K, Weitzberg E, Lundberg JO. Nitrite-derived nitric oxide: a possible mediator of 'acidic-metabolic' vasodilation. **Acta Physiol Scand.** 2001 Jan;171(1):9-16. doi: 10.1046/j.1365-201X.2001.00771.x. PMID: 11350258.

Moshfegh AJ, Rhodes DG, Baer DJ, Murayi T, Clemens JC, Rumpler WV, Paul DR, Sebastian RS, Kuczynski KJ, Ingwersen LA, Staples RC, Cleveland LE. The US Department of Agriculture Automated Multiple-Pass Method reduces bias in the collection of energy intakes. **Am J Clin Nutr.** 2008 Aug;88(2):324-32. doi: 10.1093/ajcn/88.2.324. PMID: 18689367.

Mosher SL, Sparks SA, Williams EL, Bentley DJ, Mc Naughton LR. Ingestion of a Nitric Oxide Enhancing Supplement Improves Resistance Exercise Performance. **J Strength Cond Res.** 2016 Dec;30(12):3520-3524. doi: 10.1519/JSC.0000000000001437. PMID: 27050244.

Mosely S, Landberg C. The Popeye mythology may be true: eating spinach can make you fatigue resistant! **J Physiol**. 2020 Feb;598(4):627-629. doi: 10.1113/JP279264. Epub 2020 Jan 15. PMID: 31856303.

Peeling P, Cox GR, Bullock N, Burke LM. Beetroot Juice Improves On-Water 500 M Time-Trial Performance, and Laboratory-Based Paddling Economy in National and International-Level Kayak Athletes. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**. 2015 Jun;25(3):278-84. doi: 10.1123/ijsnem.2014-0110. Epub 2014 Sep 8. PMID: 25202886.

Ranchal-Sanchez A, Diaz-Bernier VM, De La Florida-Villagran CA, Llorente-Cantarero FJ, Campos-Perez J, Jurado-Castro JM. Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Resistance Training: A Randomized Double-Blind Crossover. **Nutrients**. 2020 Jun 28;12(7):1912. doi: 10.3390/nu12071912. PMID: 32605284; PMCID: PMC7401280.

Senefeld JW, Wiggins CC, Regimbal RJ, Dominelli PB, Baker SE, Joyner MJ. Ergogenic Effect of Nitrate Supplementation: A Systematic Review and Meta-analysis. **Med Sci Sports Exerc**. 2020 Oct;52(10):2250-2261. doi: 10.1249/MSS.0000000000002363. PMID: 32936597; PMCID: PMC7494956.

**SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA**, Volume 107, Nº 3, Supl. 3, setembro 2016

Souza GC de, Silva LC, Mariano ACS, Silva SF da. Efeitos agudos da combinação de série isométrica com dinâmica nos aspectos hemodinâmicos. **Cons. Saúde** [Internet]. 23º de janeiro de 2017 [citado 10º de janeiro de 2025];15(3):392-400. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/saude/article/view/6264>

Tan R, Cano L, Lago-Rodríguez Á, Domínguez R. The Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Explosive Exercise Performance: A Systematic Review. **Int J Environ Res Public Health**. 2022 Jan 11;19(2):762. doi: 10.3390/ijerph19020762. PMID: 35055584; PMCID: PMC8775572

Thompson C, Wylie LJ, Blackwell JR, Fulford J, Black MI, Kelly J, McDonagh ST, Carter J, Bailey SJ, Vanhatalo A, Jones AM. Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and muscle metabolic adaptations to sprint interval training. **J Appl Physiol** (1985). 2017 Mar 1;122(3):642-652. doi: 10.1152/jappphysiol.00909.2016. Epub 2016 Dec 1. PMID: 27909231; PMCID: PMC5401949.

Wylie LJ, Mohr M, Krstrup P, Jackman SR, Ermudis G, Kelly J, Black MI, Bailey SJ, Vanhatalo A, Jones AM. Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. **Eur J Appl Physiol**. 2013 Jul;113(7):1673-84. doi: 10.1007/s00421-013-2589-8. Epub 2013 Feb 1. PMID: 23370859.

Wylie LJ, Park JW, Vanhatalo A, Kadach S, Black MI, Stoyanov Z, Schechter AN, Jones AM, Piknova B. Human skeletal muscle nitrate store: influence of dietary nitrate supplementation and exercise. **J Physiol**. 2019 Dec;597(23):5565-5576. doi: 10.1113/JP278076. Epub 2019 Jul 27. PMID: 31350908; PMCID: PMC9358602.

Webb AJ, Patel N, Loukogeorgakis S, Okorie M, Aboud Z, Misra S, Rashid R, Miall P, Deanfield J, Benjamin N, MacAllister R, Hobbs AJ, Ahluwalia A. Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. **Hypertension**. 2008 Mar;51(3):784-90. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.107.103523. Epub 2008 Feb 4. PMID: 18250365; PMCID: PMC2839282.

Weitzberg E, Lundberg JO. Novel aspects of dietary nitrate and human health. **Annu Rev Nutr**. 2013;33:129-59. doi: 10.1146/annurev-nutr-071812-161159. Epub 2013 Apr 29. PMID: 23642194.

Wickham KA, Spriet LL. No longer beeting around the bush: a review of potential sex differences with dietary nitrate supplementation<sup>1</sup>. **Appl Physiol Nutr Metab**. 2019 Sep;44(9):915-924. doi: 10.1139/apnm-2019-0063. Epub 2019 Jul 26. PMID: 31348674.

## **SEGUNDA PARTE**

A segunda parte da dissertação conta com os resultados encontrados a partir da metodologia realizada. Ao todo são dois artigos que apresentam estes resultados, intitulados em:

**ARTIGO I - A SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO: EFEITOS NO TREINAMENTO RESISTIDO EM MULHERES**

**ARTIGO II - EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO NA FADIGA MUSCULAR ACENTUADA APÓS EXERCÍCIO RESISTIDO ATÉ A FALHA EM MULHERES SAUDÁVEIS**

# A SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO: EFEITOS NO TREINAMENTO RESISTIDO EM MULHERES

**Autores:** Rafael Correa Teodoro<sup>1,2,4</sup>; Miller Guimarães<sup>5</sup>; Francisco Manoel<sup>1,3</sup>; Wilson<sup>1,2,4</sup> Cesar de Abreu; Sandro Fernandes da Silva<sup>1,2,3</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras - UFLA

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde da UFLA - PPGNS

<sup>3</sup>Departamento de Educação Física UFLA – DEF

<sup>4</sup>Departamento de Nutrição UFLA – DNU

<sup>5</sup>Faculdade Presbiteriana Gammon - FAGAMMON

## RESUMO

**Introdução:** A suplementação de nitrato inorgânico, presente em vegetais como a beterraba, tem sido investigada por seus possíveis efeitos ergogênicos no exercício resistido. Contudo, mais de 90% dos estudos são realizados apenas com homens. Este estudo visou avaliar os efeitos da suplementação de nitrato no desempenho físico de mulheres praticantes de exercício resistido. **Objetivo:** o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da suplementação aguda de nitrato em mulheres praticantes de treinamento resistido. **Metodologia:** Este estudo randomizado, duplo-cego, cruzado e controlado por placebo foi aprovado pelo comitê de ética da UFLA (CAAE: 67603023.0.0000.5148). Participaram 16 mulheres ( $27 \pm 4,7$  anos;  $61,5 \pm 9,1$  kg;  $161 \pm 4,0$  cm;  $27,6 \pm 7,0\%$  de gordura; 1RM:  $31,4 \pm 6,5$  kg). Após o teste de 1RM e familiarização, as participantes realizaram quatro séries de supino e leg press  $45^\circ$  reto até a falha concêntrica (60% de 1RM, intervalo de 2 minutos). Foram avaliados número de repetições, tempo sob tensão, percepção subjetiva de esforço (PSE), frequência cardíaca (FC), lactato e pressão arterial (PA). A suplementação consistiu em suco de beterraba rico em nitrato ( $\sim 12,8$  mmol de  $\text{NO}_3^-$ , 800 mg) ou placebo ( $\sim 0,92$  mmol de  $\text{NO}_3^-$ , 58 mg), administrados 2,5 horas antes do treinamento. As análises estatísticas, foram realizadas por meio de ANOVA para medidas repetidas com pós-teste de Tukey ou Scheff. **Resultados:** Os resultados indicaram que a suplementação aguda de nitrato não resultou em melhorias significativas no desempenho físico, PSE, FC, PA ou lactato ( $p > 0,05$ ). **Conclusão:** A suplementação aguda de nitrato não influenciou positivamente o desempenho físico ou os marcadores fisiológicos de mulheres praticantes de exercício resistido.

**Palavras-chave:** Suco de Beterraba; Oxido Nítrico; Treinamento de Força.

## ABSTRACT

**Introduction:** Inorganic nitrate supplementation, found in vegetables such as beetroot, has been investigated for its potential ergogenic effects in resistance exercise. However, more than 90% of studies are conducted with men. This study aimed to evaluate the effects of nitrate supplementation on physical performance in women engaged in resistance exercise. **Objective:** The aim of this study is to evaluate the effects of acute nitrate supplementation in women who practice resistance training. **Methodology:** This randomized, double-blind, crossover, placebo-controlled study was approved by the UFLA ethics committee (CAAE: 67603023.0.0000.5148). Sixteen women participated ( $27 \pm 4.7$  years;  $61.5 \pm 9.1$  kg;  $161 \pm 4.0$  cm;  $27.6 \pm 7.0\%$  body fat; 1RM:  $31.4 \pm 6.5$  kg). After the 1RM test and familiarization, participants performed four sets of bench press and  $45^\circ$  leg press to concentric failure (60% of 1RM, 2-minute rest intervals). The following parameters were assessed: number of repetitions, time under tension, perceived exertion (PE), heart rate (HR), lactate, and blood pressure (BP). Supplementation consisted of nitrate-rich beetroot juice ( $\sim 12.8$  mmol of  $\text{NO}_3^-$ , 800 mg) or placebo ( $\sim 0.92$  mmol of  $\text{NO}_3^-$ , 58 mg), administered 2.5 hours before training. Statistical analyses were performed using repeated measures ANOVA with Tukey or Scheff post-tests. **Results:** The results indicated that acute nitrate supplementation did not lead to significant improvements in physical performance, PE, HR, BP, or lactate ( $p > 0.05$ ). **Conclusion:** Acute nitrate supplementation did not positively influence physical performance or physiological markers in women engaged in resistance exercise.

Keywords: Beetroot Juice; Nitric Oxide; Strength Training.

## 1. INTRODUÇÃO

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é um ânion presente na dieta diária e classificado como um subproduto inerte do metabolismo do óxido nítrico (NO). A ingestão de  $\text{NO}_3^-$  eleva as concentrações de NO no sangue, molécula sinalizadora que regula funções como contração muscular, metabolismo energético, respiração, biogênese mitocondrial e controle vascular, resultando em benefícios terapêuticos e ergogênicos (Cooper; Giulivi, 2007; Lundberg; Weitzberg; Gladwin, 2008). Estudos indicam que alimentos ricos em  $\text{NO}_3^-$ , como vegetais e raízes, promovem proteção cardiovascular, reduzem a pressão arterial e o estresse oxidativo, beneficiando tanto indivíduos normotensos quanto hipertensos (Bailey et al., 2009; Webb et al., 2008).

Além dos efeitos terapêuticos, a suplementação de  $\text{NO}_3^-$  tem sido amplamente investigada por seu potencial efeito ergogênico. Pesquisas mostram que o consumo de  $\text{NO}_3^-$  pode melhorar o desempenho físico, reduzindo o consumo de oxigênio, aumentando a tolerância ao exercício, prolongando o tempo até a exaustão e melhorando o desempenho em exercícios de força, com evidências mais robustas em homens (Tan et al., 2022; Sanchez et al., 2020; Thompson et al., 2017; Cermak et al., 2012; Lansley et al., 2011; Bailey et al., 2009).

No entanto, estudos como os de Jurado-Castro et al. (2022), Casado et al., (2021) e Peeling et al. (2015) demonstraram o potencial ergogênico da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  em mulheres praticantes de exercícios resistidos, em provas contra-relógio de atletas profissionais de caiaque e corredoras recreacionais em provas de 2km, respectivamente. Em contrapartida, pesquisas como as de Lane et al. (2014) e Hogwood et al. (2023), bem como a revisão de Wickham e Spriet (2019) e a meta-análise de Senefeld et al. (2020), não identificaram efeitos ergogênicos consistentes da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  em mulheres, apontando um efeito atenuado ou inexistente nessa população (Senefeld et al., 2020; Wickham & Spriet, 2019).

Contudo, A literatura ainda carece de estudos específicos sobre os efeitos ergogênicos da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  em mulheres (Senefeld et al., 2020). Até o momento, o estudo de Jurado-Castro et al. (2022) é o único que investigou a influência dessa suplementação no exercício resistido em mulheres saudáveis. Dado o número limitado de pesquisas e sub-representação de mulheres nas pesquisas, as evidências contraditórias, a crescente adesão das mulheres ao treinamento de força e a possibilidade de respostas diferenciadas ao  $\text{NO}_3^-$  devido a fatores hormonais e metabólicos (Hogwood et al., 2023), torna-se essencial explorar mais profundamente esse tema.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da suplementação aguda de nitrato em mulheres praticantes de treinamento resistido.

## **2 METODOLOGIA**

Através do cálculo amostral (G power ®) o tamanho do efeito para 16 participantes ( $3 \times 16 = 48$ ) é de  $1 - \beta$  0,88 ( $\beta = 0,11$  e  $\alpha = 0,02$ ). Dessa forma, participaram do presente estudo 16 mulheres, com idade média de  $27,5 \pm 5,07$  anos, todas com no mínimo 6 meses de experiência em treinamento resistido (TR) e familiarizadas com os exercícios de leg press  $45^\circ$  e supino reto. As participantes incluídas no estudo eram moderadamente ativas nos seis meses anteriores ao início das coletas e praticavam TR pelo menos três vezes por semana. Além disso, para que fossem incluídas no estudo deveriam: não apresentar lesões osteomioarticulares no início das coletas, ter entre 18 e 40 anos, não utilizar esteroides ou anabolizantes e não fazer uso de creatina ou beta-alanina no mês anterior às coletas. Foram excluídas do estudo as participantes que não compareceram para as coletas após o primeiro dia.

As participantes recrutadas foram informadas sobre o objetivo do estudo, ficaram sabendo sobre todos os procedimentos de coletas e assinam um termo de consentimento livre e esclarecido antes de iniciar as coletas. O projeto foi submetido, apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Lavras, sob o protocolo de número CAAE: 67603023.0.0000.5148.

### **2.4 Desenho experimental**

A presente pesquisa é de caráter clínico, exploratório, randomizado, duplo-cego, cruzado e controlado por placebo. Todas as coletas foram realizadas no Laboratório de Estudos do Movimento Humano (LEMOH), localizado na Universidade Federal de Lavras, no estado de Minas Gerais.

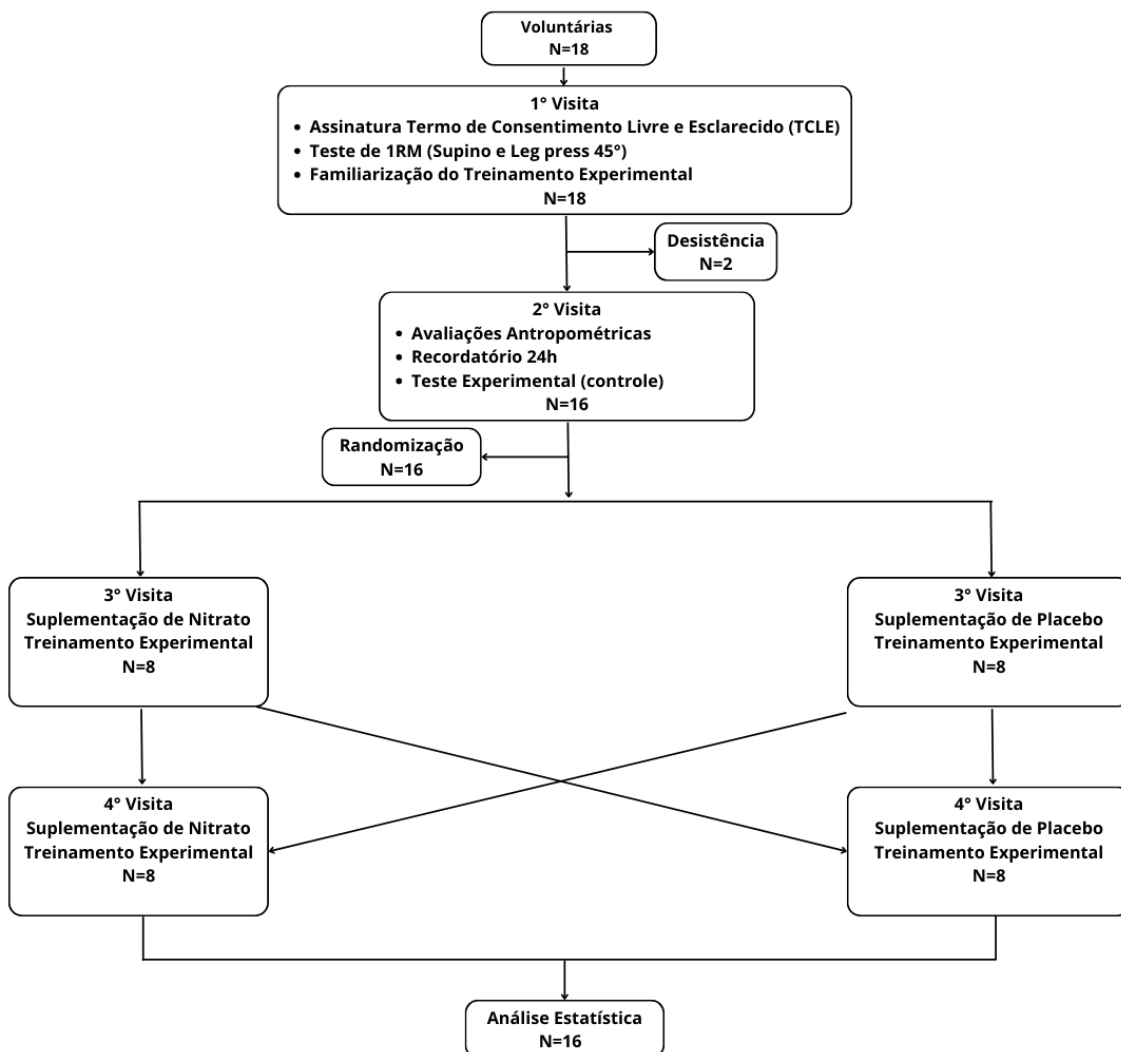
As coletas ocorreram em quatro encontros (Figura 4). No primeiro encontro, as participantes assinaram o TCLE e realizaram testes para quantificação das cargas do treinamento experimental e familiarização com os protocolos de treinamento.

Na segunda visita, foram aplicados o recordatório alimentar de 24 horas, realizadas as medidas antropométricas e a avaliação do percentual de gordura, além da execução do protocolo de treinamento experimental denominado "controle" (sem administração de intervenção).

As terceira e quarta visitas foram realizadas de forma randomizada, seguindo o delineamento do estudo randomizado, duplo-cego e controlado por placebo. Nos dias de

intervenção (placebo ou nitrato), as participantes tomaram a suplementação com duas horas e 30 minutos de antecedência para a administração da suplementação, respeitando o tempo necessário para o efeito do suplemento. O intervalo entre as coletas dos protocolos experimentais foi de, no mínimo, 72 horas, garantindo o período de *washout*.

Figura 4- Fluxograma das visitas



Fonte: Do Autor (2025)

## 2.5 Protocolo de 1RM e Familiarização

Na familiarização após a assinatura do TCLE, as participantes foram direcionadas para o aquecimento geral, que consistiu em 5 minutos em uma bicicleta ergométrica (Ergo fit®, plus167, ciclo) a uma cadência superior a 80 bpm, com potência de 50 watts.

Após o aquecimento geral as participantes realizaram um aquecimento específico, baseado em protocolos de estudos prévios que utilizaram nitrato em exercícios de força (Mosher et al., 2016; Sanchez et al., 2020). Posteriormente, foi realizado o teste de 1 Repetição Máxima (1RM), seguindo o protocolo de Baechle et al. (2008). O teste de 1RM foi aplicado primeiro no exercício de supino e, em seguida, no exercício de leg press 45°.

O aquecimento específico para o início da quantificação do 1 RM consistiu na execução de 10 repetições com 30% do 1RM estimado, seguido de um descanso de 60 segundos. A carga foi então aumentada para 50% do 1RM estimado, com a realização de cinco repetições e um período de descanso de 90 segundos. Posteriormente, foi estimada uma carga quase máxima para a realização de duas a três repetições, com um intervalo de descanso de 180 segundos.

Após o aquecimento, a carga foi ajustada de 0,4 kg a 5 kg por série, dependendo da percepção de esforço e do desempenho das participantes durante o movimento. Caso a carga final ultrapassasse o limite máximo, impossibilitando a realização de qualquer repetição, o peso era reduzido. Foram pré-determinadas até cinco tentativas para alcançar o 1RM, com intervalos de 180 segundos entre cada tentativa.

Após a quantificação do 1RM as participantes fizeram quatro séries até falha muscular (4xfalha) com 60% da carga máxima com dois minutos de pausa entre as séries no exercício do supino e em sequência no exercício leg press 45°.

## **2.6 Protocolo Experimental**

Na segunda, terceira e quarta visitas, o delineamento experimental seguiu o mesmo protocolo. Contudo, na segunda visita, além de as participantes não receberem suplementação, foi aplicado o recordatório alimentar de 24 horas (Mosfhfegh et al., 2008) para garantir a replicação da mesma dieta nas coletas subsequentes.

Além disso, foram realizadas medidas antropométricas para caracterização das amostras, incluindo altura e peso corporal. O peso foi aferido utilizando uma balança digital (Filizola®), enquanto a estatura foi medida com um estadiômetro fixado à balança. A composição corporal foi avaliada pelo método de bioimpedância elétrica, utilizando o equipamento octapolar InBody 230 (Biospace®).

Nas terceira e quarta visitas, as participantes foram randomizadas para receber a suplementação de nitrato ou placebo 2h30 antes do treinamento experimental. A partir disso, a sequência metodológica foi a mesma para os três dias de coletas.

Ao chegarem ao laboratório, as participantes ficaram cinco minutos sentadas em completo repouso para aferição da pressão arterial com um monitor automático (Omron®, Kyoto, Japão) e da frequência cardíaca em repouso, medida por um frequencímetro (Garmin®, HRM dual, Chicago, EUA). Em seguida, uma pequena amostra de sangue foi coletada da extremidade do dedo para análise da concentração de lactato sanguíneo, utilizando tiras reagentes de lactato (Accusport BM – lactate, Roche®, Hawthorne, EUA) e analisada com um analisador portátil (Accusport BoehringerMannheim – Roche®, Hawthorne, EUA).

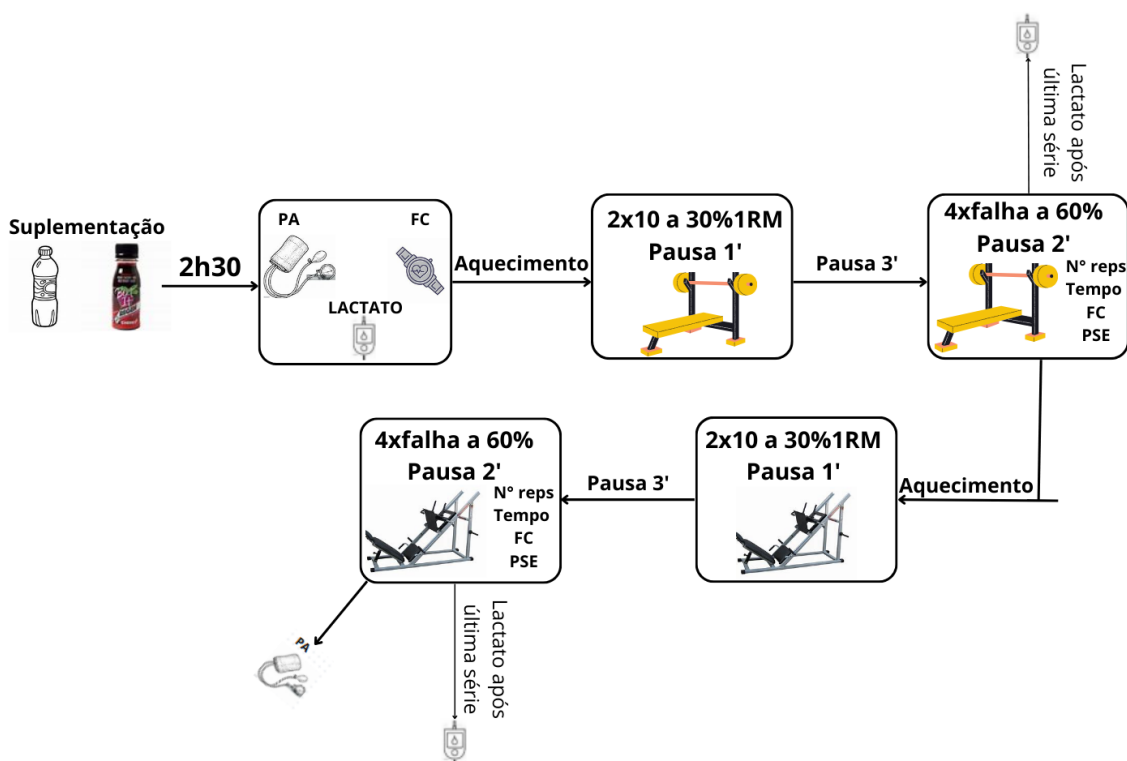
Após as medidas iniciais, as participantes realizaram um aquecimento específico para o exercício de supino, composto por duas séries de 10 repetições com 30% do 1RM, com pausas de um minuto entre as séries. Após o aquecimento, foi respeitado um intervalo de três minutos antes do início do treinamento experimental.

O treinamento experimental consistiu em quatro séries realizadas até a falha concêntrica (*4xfalha*) no exercício de supino (Multi Exercícios com Barra Guiada – Smith – Master Line 4 polegadas), com pausas de dois minutos entre as séries e utilizando uma carga correspondente a 60% do 1RM. As participantes foram instruídas a executar os movimentos até a falha concêntrica, sendo auxiliadas por dois avaliadores para a retirada da barra no momento da falha.

Imediatamente após cada série, foi registrada a frequência cardíaca das participantes. No primeiro minuto de pausa, foi aplicada a Escala de Percepção Subjetiva de Esforço (PSE), adaptada por Borg (2004), para avaliação do nível de esforço. Todas as séries foram gravadas para contagem precisa do número de repetições e do tempo sob tensão, permitindo uma análise posterior. Após a quarta série, foi coletada uma nova amostra de sangue para análise da concentração de lactato sanguíneo.

No mesmo dia, após o treinamento dos membros superiores, foi realizado o treinamento de membros inferiores no leg press 45° (Flex Fitness, Classic, Brasil). O protocolo de treinamento no leg press seguiu a mesma metodologia do supino.

Figura 5 - Fluxograma do protocolo experimental



Legenda: PA, pressão arterial; FC, frequência Cardíaca; 1RM, uma repetição máxima.

Fonte: Do Autor (2025)

## 2.7 Recomendações pré teste

Foi solicitado a todas as participantes que não praticassem exercício físico extenuante nas 24 horas anteriores aos testes, além de manterem a dieta em todos os dias de coleta, replicando o recordatório alimentar de 24 horas realizado no primeiro dia do treinamento experimental. Também foram orientados a evitar o consumo de alimentos com alto teor de nitrato, como aipo, agrião, alface, beterraba, espinafre e rúcula, bem como a não utilizar enxaguante bucal e a não escovar a língua antes das coletas.

## 2.8 Recordatório alimentar 24h

O recordatório alimentar de 24 horas (Mosfhfegh et al., 2008) foi aplicado na segunda visita por um nutricionista experiente, com o objetivo de identificar o perfil alimentar das participantes, caracterizá-las e verificar a presença de alimentos com alto teor de nitrato na dieta. Os dados coletados foram analisados e quantificados utilizando o software WebDiet®.

## 2.9 Suplementação

A suplementação foi feita 2h30 min antes do treinamento experimental, podendo ser 140 ml de suco de beterraba rico em  $\text{NO}_3^-$  (~12,8mmol de  $\text{NO}_3^-$  - 800mg - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK) ou placebo suco de beterraba com baixa concentração de  $\text{NO}_3^-$  (~ 0,92 mmol de  $\text{NO}_3^-$  58 mg -140 ml Beterraba, Soldiers Nutrition, Brasil).

## 2.10 Medidas Antropométricas

Para análise do peso corporal utilizamos uma balança digital (Filizola®) precisão de 1kg e capacidade máxima de 200kg, devidamente calibrada. Para a coleta do peso a amostra estava descalça em posição anatômica correta, olhando para frente em um ponto fixo com a cabeça em linha reta ao corpo.

Para a aferição da estatura total da participante utilizamos um estadiômetro acoplado na mesma balança, com precisão de 1mm. O indivíduo foi colocado de pé, descalço, com os calcanhares juntos, pés formando um ângulo de 45°, costas retas de maneira que o occipital, o dorso, as nádegas e os calcanhares toquem o antropômetro, de braços estendidos ao lado do corpo e a cabeça voltada para frente no plano de Frankfurt (Heyward; Gibson, 2014). A composição corporal foi determinada pelo método de bioimpedância elétrica utilizando um aparelho octapolar InBody 230 (Biospace®).

## 2.11 Aferição da pressão arterial

A aferição da pressão arterial foi feita por um monitor de pressão arterial automático (Omron®, Kyoto, Japão). A aferição foi feita em todos os dias de coleta, exceto no dia da familiarização. As aferições ocorreram no início das coletas (em completo repouso) e imediatamente após a última série do exercício leg press 45°.

As aferições foram feitas de acordo com os procedimentos propostos pela Sociedade Brasileira de Cardiologia (2016). As voluntárias estavam sentadas, pés apoiados no chão e dorso recostado na cadeira. O braço direito ficava posicionado na altura do coração e as voluntárias foram orientadas a não falarem durante a aferição.

## 2.12 Frequência cardíaca

Os dados de frequência cardíaca foram coletados continuamente no repouso e durante os testes físicos. Para isso, foi utilizado um dispositivo de monitoramento de frequência cardíaca (cinta para monitoramento cardíaco Garmin HRM dual®), acoplado

abaixo do osso esterno do participante, acompanhado de um relógio cárdio frequencímetro antes do início dos testes.

### **2.13 Lactato Sanguíneo**

Para identificar o comportamento da acidez do sangue no início, meio e ao final da coletamos sangue capilar fresco da extremidade dos dedos. foi coletado cerca de 1-2 µl (microlitros) de sangue diretamente em uma tira reagente de lactato (Accusport BM – lactate, Roche®, Hawthorne, USA) e para sua análise da concentração foi utilizado o analisador portátil (Accusport BoehringerMannheim – Roche®, Hawthorne, USA).

### **2.14 Percepção Subjetiva de Esforço**

A percepção de esforço (PSE) foi obtida pela escala CR10 de Borg 1 min ao final de cada série durante o treino no supino e no leg press 45°, na qual as participantes relataram o nível de esforço em uma escala de 0 a 10, onde 0 indica esforço mínimo, e 10 esforço máximo (Borg, 2004).

### **2.15 Análise Estatística**

Os resultados estão apresentados em a média e desvio padrão. Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste Shapiro-Wilk considerando os dados normais  $p > 0,05$ . Para as análises entre os grupos (controle x placebo x nitrato) foi utilizado o teste ANOVA de um fator, Welch para amostras paramétricas e Kruskal-Wallis para as amostras não paramétricas. A comparação das variáveis analisadas (repetições, tempo sobre tensão, PSE, FC, PAS, PAD e lactato) foi utilizado o teste ANOVA de medidas repetidas aplicando o Post Hock de Tukey para os dados paramétricos e o Post Hock de Scheffe para os dados não paramétricos. Além da análise convencional, o tamanho do efeito ( $\eta^2$ ) foi utilizado para estimar os efeitos das duas médias em todas as análises, os valores foram classificados de acordo com D de Cohen:  $< 0,2$  (trivial),  $0,2-0,6$  (pequeno),  $0,6-1,2$  (moderado),  $1,2-2$  (grande),  $2-4$  (muito grande). A diferença estatística foi considerada significativa quando o  $p < 0,05$ . Os cálculos estatísticos foram realizados através do software de estatística Jamovi® versão 2.3.28 e os gráficos foram plotados através do software Prism® versão 8.0

### 3 RESULTADOS

Os dados de caracterização das amostras e os resultados de carga máxima obtidos no teste de 1RM para os exercícios supino e leg press 45° estão apresentados na Tabela 1, assim como a carga média de 60% utilizada durante o treinamento experimental em ambos os exercícios.

**Tabela 1-** média de carga máxima e carga de treinamento do supino e leg press 45°

Variáveis	Média ± Desvio-padrão
Idade (anos)	27,5±5,07
Peso (kg)	62,6±10,6
Estatura (m)	1,61±0,05
Gordura Corporal (%)	28,5±7,2
Experiência no TR (anos)	2,0±2,1
CHO (g)	220,6±55,6
PTN (g)	112,3±28,5
LIP (g)	52,5±19,2
1RM supino (kg)	31,6±6,10
60% 1RM supino (kg)	19,25±3,8
1RM leg press 45° (kg)	198,6±44,01
60% 1 RM leg Press 45° (kg)	119±27,09

Legenda. Dados expressos com médias ± desvio padrão. 1 RM: uma repetição máxima; TR -Treinamento resistido; kg - quilogramas; CHO – carboidrato; PTN proteína; LIP – lipídios; g – gramas.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para as variáveis de rendimento (número de repetições por séries e tempo sob tensão) tanto no exercício supino (número de repetições:  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,003$ ; tempo sob tensão:  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,005$ ) quanto no leg press 45° (número de repetições:  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,001$ ; tempo sob tensão:  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,002$ ). Além disso, o volume total de repetições também não apresentou diferenças significativas no exercício supino (número de repetições:  $p = 0,858$ ; tempo sob tensão:  $p = 0,796$ ) e no leg press 45° (número de repetições:  $p = 0,964$ ; tempo sob tensão:  $p = 0,815$ ).

Nas análises intragrupo do exercício supino para a variável número de repetições, observou-se diferença significativa entre a primeira série e as demais, bem como entre a

segunda série e a terceira e quarta séries ( $p < 0,05$ ). Para a variável tempo sob tensão, houve diferença significativa entre a primeira série e as demais, além de diferenças entre a segunda e a terceira/quarta séries, e entre a terceira e a quarta série no grupo placebo. No grupo nitrato, observou-se diferença entre a segunda e quarta série e entre a terceira e quarta série ( $p < 0,05$ ). No grupo controle, observou-se diferença entre a segunda e quarta série.

No exercício leg press 45° a diferença encontrada foi apenas entre a primeira série e a quarta série nos grupos controle e nitrato para a variável número de repetições ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2 – Número de repetições e tempo sobre tensão nos exercícios leg press 45° e supino

Exercício	Grupo	Variáveis	1° série	2° série	3° série	4° série	Total	Valor de $p$	Valor de $p$
								rep	TST
Sup	Con	Rep	20,8±4,0 <sup>123</sup>	13,9±3,2 <sup>#°</sup>	10,8±2,1	10,1±2,3	55,6±9,7	0,785	0,615
		TST	51,8±12 <sup>123</sup>	37,8±8,2 <sup>°</sup>	33,4±6,3	30,8±7,6	153±27		
	Pla	Rep	20,9±4,9 <sup>123</sup>	15,5±4,2 <sup>#°</sup>	11,4±3,1	10,1±2,6	58,9±13		
		TST	49,6±10 <sup>123</sup>	39,6±8,7 <sup>#°</sup>	32,7±8,9 <sup>¢</sup>	28,3±7,9	150±32		
	Nit	Rep	20,9±6,0 <sup>123</sup>	14,3±4,0 <sup>#°</sup>	11,3±2,8	9,56±2,6	56,0±14		
		TST	50,4±13 <sup>123</sup>	36,5±8,9 <sup>°</sup>	32,1±7,5 <sup>¢</sup>	26,8±6,3	146±33		
Valor de $p$ total reps = 0,858						Valor de $p$ total T. sobre tensão = 0,796			
Leg	Con	Rep	25,9±10 <sup>1</sup>	21,0±9,7	18,3±8,8	17,3±8,5	82,6±36	0,945	0,793
		TST	59,9±26	49,3±23	44,8±20	41,6±21	196±87		
	Pla	Rep	25,1±12	19,9±9,1	17,5±7,9	17,9±9,1	80,4±37		
		TST	55,4±26	43,5±19	39,6±18	41,5±23	180±82		

Nit	Rep	25,0±10 <sup>1</sup>	19,4±7,2 <sup>#</sup>	18,1±7,5	16,8±6,3	79,3±30		
	TST	55,9±25	41,1±18	40,7±15	37,3±14	178±71		
Valor de <i>p</i> total rep = 0,964					Valor de <i>p</i> total TST = 0,815			

TST = tempo sobre tensão; Sup = Supino; Leg = Leg press 45°; Con = Controle; PLA = Placebo; Nit = Nitrato.

<sup>1</sup> diferença significativa entre a primeira e quarta série;

<sup>2</sup> diferença significativa entre a primeira e terceira série;

<sup>3</sup> diferença significativa entre a primeira e quarta série;

<sup>#</sup> diferença significativa entre segunda e terceira série;

<sup>o</sup> diferença significativa entre segunda e quarta série;

<sup>é</sup> diferença significativa entre a terceira e quarta série.

Também não foram observadas diferenças significativas na PSE ao final de cada série, nem alterações significativas na FC entre os grupos, tanto no exercício supino (PSE:  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,002$ ; FC:  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,004$ ) quanto no leg press 45° (PSE:  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,004$ ; FC:  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,001$ ).

Nas análises intragrupo, foram observadas diferenças significativas na PSE ao comparar todas as séries dentro dos três grupos, tanto no exercício supino quanto no leg press 45° ( $p < 0,05$ ). No entanto, nas comparações da frequência cardíaca, não foram encontradas diferenças significativas.

Tabela 3 – dados de percepções subjetivas de esforço e frequência cardíaca

Exercício	Grupo	Variáveis	1°	2°	3°	4°	Valor de p PSE	Valor de p FC
Supino	Controle	PSE	3,63±1,36 <sup>123</sup>	4,72±1,55 <sup>#o</sup>	5,84±1,79 <sup>é</sup>	6,69±1,99	0,764	0,184
		FC	134±10,0	133±17,7	132±18,0	132±17,3		
	Placebo	PSE	3,69±1,49 <sup>123</sup>	4,72±1,65 <sup>#o</sup>	5,50±2,12 <sup>é</sup>	6,31±2,18		
		FC	127±18,7	129±19,3	128±19	129±20,9		
	Nitrato	PSE	3,22±1,30 <sup>123</sup>	4,38±1,71 <sup>#o</sup>	5,13±1,82 <sup>é</sup>	6,0±2,0		
		FC	127±21,6	131±19,8	133±25,5	130±18,2		
	Controle	PSE	4,84±1,59 <sup>123</sup>	5,88±1,59 <sup>#o</sup>	6,72±1,63 <sup>é</sup>	7,63±1,63		
		FC	150±18,0	152±16,8	153±16,0	153±16,1		
	PSE	5,0±1,70 <sup>123</sup>	5,88±2,0 <sup>#o</sup>	6,56±2,03 <sup>é</sup>	7,22±2,01			

Leg press 45°	Placebo	FC	147±17,8	147±17,2	148±16,6	148±17,8	0,473	0,731
		PSE	4,69±1,59 <sup>123</sup>	5,69±1,59 <sup>#o</sup>	6,34±1,63 <sup>ε</sup>	7,22±1,63		
	Nitrato	FC	148±20,6	150±21,3	151±18,7	152±18,7		

TST = tempo sobre tensão;

<sup>1</sup> diferença significativa entre a primeira e quarta série;

<sup>2</sup> diferença significativa entre a primeira e terceira série;

<sup>3</sup> diferença significativa entre a primeira e quarta série;

<sup>#</sup> diferença significativa entre segunda e terceira série;

<sup>o</sup> diferença significativa entre segunda e quarta série;

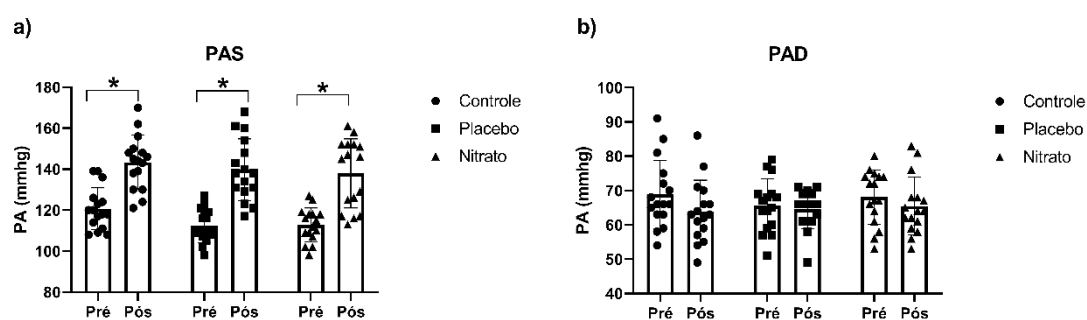
<sup>ε</sup> diferença significativa entre a terceira e quarta série.

A pressão arterial sistólica (PAS) e a pressão arterial diastólica (PAD) não apresentaram diferenças significativas entre os grupos ( $p > 0,05$ , Figura 6).

Nas análises intragrupo, a PAS apresentou uma elevação estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), conforme esperado, com variações de 18,8% no grupo controle, 24,4% no grupo nitrato e 22,6% no grupo placebo.

Por outro lado, não foram observadas diferenças estatísticas na PAD ( $p > 0,05$ ). No entanto, observou-se uma queda na PAD após o treinamento, com variações de 7% no grupo controle, 1,6% no grupo placebo e 3,8% no grupo nitrato.

Figura 6 - pressão arterial sistólica e diastólica dos grupos controle, placebo e nitrato antes do treinamento e após



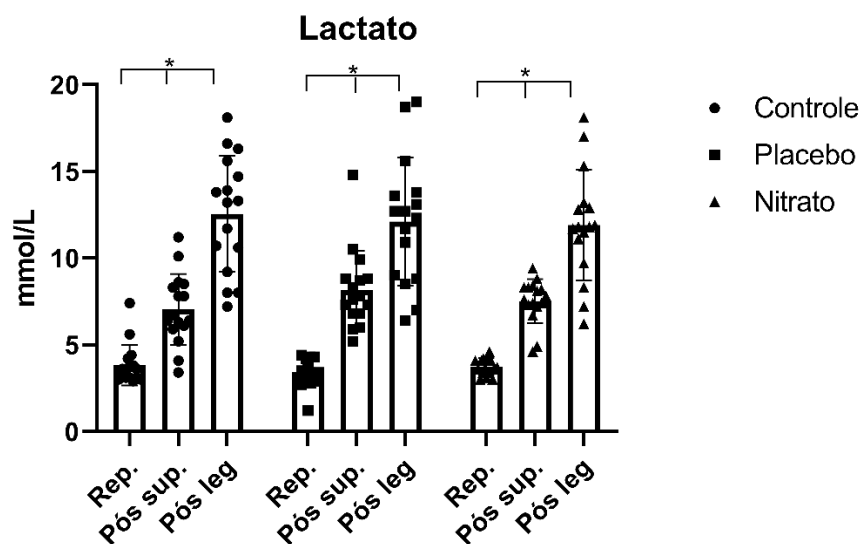
Legenda: PA, Pressão Arterial; PAS, Pressão Arterial Sistólica; PAD, Pressão Arterial Diastólica.

Fonte: Do Autor (2025)

Não foram observadas diferenças significativas no lactato sanguíneo ao comparar os momentos equivalentes entre os grupos ( $p > 0,05$ ). No entanto, nas análises intragrupos, houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) ao comparar o

momento pré com o momento pós-supino e o momento pós-supino com o pós-leg press 45° em todos os grupos (Figura 7).

Figura 7 - concentração de lactato sanguíneo pré-treinamento, após supino e após leg press 45° nos grupos controle, placebo e nitrato.



Legenda: Rep, Repetições; Sup, Supino; Leg, Leg press 45°

Fonte: Do Autor (2025)

#### 4 DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de uma dose de suplementação aguda de nitrato (~12,8 mmol de  $\text{NO}_3^-$  - 800 mg - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK) no desempenho de mulheres praticantes de exercício resistido. O protocolo incluiu quatro séries realizadas até a falha muscular concêntrica momentânea, com dois minutos de pausa entre as séries, utilizando 60% da carga de 1RM nos exercícios de supino e leg press 45°.

O estudo foi conduzido em um delineamento duplo-cego, cruzado e controlado por placebo. Foram analisados os grupos controle, placebo e nitrato, avaliando o número de repetições, o tempo de execução em cada série, a frequência cardíaca (FC), a percepção subjetiva de esforço (PSE) ao final de cada série, além de níveis de pressão arterial e lactato pré e após o treinamento.

##### Repetições

O número de repetições não apresentou diferenças significativas. Assim, verificou-se estatisticamente que a suplementação de  $\text{NO}_3^-$  não influenciou os resultados. Os dados referentes ao número de repetições até a falha no presente estudo corroboram

as divergências observadas na literatura, incluindo estudos que adotaram desenhos experimentais semelhantes ao deste trabalho (Tan et al., 2022; Sanchez et al., 2020).

No estudo de Tan et al. (2022), foi encontrada uma diferença significativa no número de repetições até a falha no exercício de supino com suplementação aguda de  $\text{NO}_3^-$ , utilizando a mesma dose do presente estudo. Entretanto, essa diferença não foi observada nos exercícios que envolvem os membros inferiores. Uma das justificativas apresentadas pelos autores é que a suplementação de nitrato pode gerar efeitos distintos dependendo dos grupos musculares envolvidos no exercício. Essa hipótese foi sustentada pelos resultados obtidos no próprio estudo, em que a suplementação aguda de nitrato não influenciou o número total de repetições no agachamento, mas apresentou efeito ergogênico nos membros superiores.

De acordo com estudos prévios, a suplementação dietética de nitrato parece induzir efeitos fisiológicos e funcionais preferenciais nas fibras musculares do tipo II (Hernandez et al., 2012; Tan et al., 2022). Especificamente, isso pode ocorrer devido à maior proporção de fibras musculares do tipo II na musculatura da parte superior do corpo (Jones et al., 2018). Apesar disso, os resultados de Tan et al. (2022) diferem dos achados do presente estudo, embora estejam em consonância com outros estudos que investigaram a suplementação de nitrato (Williams et al., 2020; Mosher et al., 2016; Bailey et al., 2010).

Por outro lado, o estudo de Sanchez et al. (2020) não identificou diferenças significativas no número de repetições no exercício de supino, mesmo com suplementação aguda de 400 mg de nitrato. Os autores sugeriram que um possível motivo para a ausência de diferenças significativas no exercício de supino poderia ser a realização prévia do exercício de agachamento. Nesse caso, a fadiga acumulada teria interferido no desempenho no supino. No entanto, no presente estudo, o exercício de supino foi realizado antes do agachamento, e, mesmo assim, não houve diferenças significativas nos resultados dos membros superiores e inferiores.

Ademais, é relevante observar que os estudos mencionados foram conduzidos exclusivamente com homens, e a comparação entre os sexos pode ser inadequada, visto que há diferenças na resposta fisiológica entre homens e mulheres (Hogwood et al., 2023; Haizlip et al., 2015; Regitz-Zagrozek, 2012). Por exemplo, Kapil et al. (2018) demonstraram que mulheres possuem um microbioma oral mais eficiente na conversão de nitrato em nitrito. Por outro lado, Wickham e Spriet (2019) apontaram que as mulheres têm menor capacidade de conversão de  $\text{NO}_2^-$  em NO. Além disso, Hernandez et al. (2012) e Jones et al. (2016) sugerem que o nitrato dietético pode influenciar preferencialmente

as fibras musculares do tipo II, enquanto Haizlip et al. (2015) destacam que homens apresentam maior proporção de fibras do tipo II, enquanto as mulheres possuem maior proporção de fibras do tipo I. Tais diferenças metabólicas podem explicar, em parte, a ausência de efeitos significativos no presente estudo.

O volume total de repetições também não apresentou diferenças significativas. Esses achados divergem dos resultados de Jurado-Castro (2022), que avaliou três séries de repetições até a falha com 75% da carga máxima no exercício leg press 45°. Nesse estudo, houve diferença significativa no volume total de repetições em comparação com o placebo. Contudo, é necessário cautela ao comparar os dois estudos, pois, apesar de Jurado-Castro ter avaliado uma população exclusivamente feminina, a média de 1RM ( $159,28 \pm 44,80$  kg) foi inferior à do presente estudo ( $193,3 \pm 43,38$  kg). De acordo com Garnacho et al. (2022), o efeito ergogênico do nitrato pode ser mais evidente em indivíduos menos treinados, o que poderia justificar as diferenças observadas nos resultados entre os estudos.

### **Tempo Sobre Tensão**

Com relação ao tempo total sobre tensão, os resultados também não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Dessa forma, verificou-se que a suplementação de nitrato não exerceu influência. Segundo Schoenfeld et al. (2017), o tempo sob tensão apresenta correlação direta com o número de repetições executadas, ou seja, quanto maior o número de repetições, maior o tempo sobre tensão. Os resultados do presente estudo corroboram essa observação, uma vez que o número de repetições diminuiu progressivamente série após série devido à fadiga acumulada causada pelo exercício até a falha. Consequentemente, o tempo sob tensão também foi reduzido ao longo das séries.

No que diz respeito aos efeitos do nitrato, uma possível explicação para a ausência de diferenças significativas é que a suplementação aguda talvez não seja adequada para o prolongamento do desempenho neste tipo de exercício. Husmann et al. (2019) observaram que a suplementação crônica (cinco dias) foi capaz de prolongar o tempo até a exaustão durante exercícios de extensão de joelho de alta intensidade. De forma semelhante, no estudo realizado por Bailey et al. (2010), sete homens consumiram suco de beterraba rico em nitrato durante seis dias consecutivos. Os resultados demonstraram um aumento significativo no desempenho e no tempo de tolerância ao exercício, com um aumento de 25% no tempo até a falha durante a execução de tarefas de extensão de joelho. Os autores correlacionaram o tempo até a falha com a média da concentração plasmática

de  $\text{NO}_2^-$  nos dias 4 a 6, embora essa relação não tenha alcançado significância estatística. De forma geral, os pesquisadores concluíram que os efeitos da suplementação com  $\text{NO}_3^-$  foram comparáveis em exercícios de baixa e alta intensidade, sugerindo que a redução no custo total de ATP para a produção de força foi o principal mecanismo responsável pelos efeitos observados em ambas as intensidades.

Até o momento, não foram encontrados estudos que tenham avaliado os efeitos do nitrato no tempo sobre tensão em mulheres praticantes de treinamento resistido. Assim, mais pesquisas são necessárias para elucidar essa variável. No entanto, os achados de Kapil et al. (2010; 2018) indicam que mulheres apresentaram concentrações plasmáticas absolutas de  $\text{NO}_2^-$  maiores após três horas da ingestão de  $\text{NO}_3^-$  e maior capacidade de reduzir  $\text{NO}_3^-$  em  $\text{NO}_2^-$  em comparação aos homens. Em paralelo, a acidose decorrente do acúmulo de lactato em virtude dos íons de  $\text{H}^+$  inibe a fosforilação oxidativa e pode limitar o fornecimento de trifosfato de adenosina (ATP) no músculo em atividade (Jubrias et al., 2003). Segundo Hernandez et al. (2012), um ambiente mais ácido favorece a redução de  $\text{NO}_2^-$  em  $\text{NO}$ .

Considerando que os níveis de concentração de lactato no presente estudo foram relativamente altos (Figura 7), principalmente após o exercício de leg press 45°, pode-se inferir que o ambiente estava propício para o aumento das concentrações de  $\text{NO}$ . Esse aumento poderia melhorar os níveis de circulação sanguínea, aumentar o fornecimento local de  $\text{O}_2$ , restaurar os níveis de ATP e, assim, prolongar a capacidade de desempenho durante o exercício. No entanto, o presente estudo não avaliou diretamente essa variável, reforçando a necessidade de mais investigações sobre essa ação fisiológica em mulheres.

## **PSE**

A suplementação com nitrato não induziu diferenças significativas na Percepção Subjetiva de Esforço das voluntárias, coincidindo com as demais variáveis que também não exibiam diferenças significativas. Em consonância com os dados encontrados, no ensaio conduzido por Kokkinoplitis e Chester (2014), com a participação de sete homens, a suplementação de nitrato foi incapaz de reduzir a PSE dos voluntários, apesar das melhorias evidenciadas no pico de força durante extensão de joelho. Os autores do estudo sugerem que uma suplementação crônica poderia potencialmente induzir efeitos superiores aos observados até o momento. Em conformidade, no ensaio conduzido por Husmann et al., (2019), a suplementação crônica por cinco dias resultou em níveis inferiores de Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) em comparação com o grupo placebo

e controle. Assim como o tempo de trabalho, estudos sugerem que a suplementação contínua pode proporcionar efeitos mais significativos do que a suplementação aguda.

### **Frequência Cardíaca**

A presente pesquisa não demonstrou que a suplementação de nitrato influencia a frequência cardíaca. Além disso, não foram observadas diferenças na frequência cardíaca entre as quatro séries dos exercícios de supino e leg press 45°. Os resultados deste estudo estão em consonância com outros encontrados na literatura (Jakubcik et al., 2021; Oggione et al., 2018; Flanagan et al., 2016; Kapil et al., 2015).

É amplamente estabelecido na literatura que o óxido nítrico exerce um efeito cardioprotetor devido ao seu papel vasodilatador. No entanto, alguns autores sugerem que esse efeito pode ser exclusivamente atribuído ao óxido nítrico endógeno, em virtude de sua função de limitar a produção de noradrenalina, suprimindo a atividade simpática e aumentando o tônus parassimpático. De acordo com Jakubcik et al. (2021), uma das funções do sistema nervoso simpático é elevar a frequência cardíaca. Contudo, o NO exógeno não exerce o mesmo efeito sobre a produção de noradrenalina, o que explica sua ausência de impacto na redução da frequência cardíaca.

### **Pressão Arterial**

A pressão arterial no presente estudo foi medida no início, em situação de repouso, e ao final da última série do exercício leg press 45°. Contudo, não foram observadas diferenças significativas na pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) entre os momentos de repouso e ao final do exercício nos três grupos avaliados. Dessa forma, os resultados sugerem que a suplementação de nitrato não altera a pressão arterial em mulheres praticantes de exercícios resistidos.

São poucos os estudos encontrados na literatura que não demonstraram efeitos da suplementação de nitrato na redução da PAS ou PAD (Bondonno et al., 2015; Floyd et al., 2019). No entanto, a maioria dos trabalhos conclui que o nitrato dietético reduz tanto a PAS quanto a PAD (Bailey et al., 2009; Bailey et al., 2010; Kapil et al., 2015; Wyile et al., 2013; Larsen et al., 2007), mesmo utilizando a mesma dose empregada no presente estudo.

Uma possível explicação para a ausência de diferenças significativas está relacionada aos baixos valores de pressão arterial basal observados no presente estudo. Uma meta-análise conduzida por Bahadoran et al. (2017) identificou que a redução da pressão arterial sistólica foi mais expressiva em indivíduos com médias basais mais

elevadas. De forma semelhante, Jakubcik et al. (2021) apontaram que a maioria dos estudos que demonstraram reduções significativas na PAS apresentavam médias basais entre 129 e 149 mmHg, valores superiores aos encontrados na população deste estudo. Esses fatores podem justificar a ausência de diferenças significativas na pressão arterial no contexto do presente trabalho.

### **Lactato**

Embora o estudo tenha identificado elevações significativas na concentração de lactato em todas as condições experimentais após o teste, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos suplementado, placebo e controle. Esses achados indicam que, apesar da intervenção com nitrato, a capacidade de trabalho das participantes em condições de acidose e baixa disponibilidade de oxigênio permaneceu inalterada. Assim, não foram evidenciadas alterações na eficácia da via metabólica predominante ou na disponibilidade de oxigênio.

Dominguez et al. (2017) associam o aumento do lactato ao tipo de fibras musculares recrutadas durante o exercício, sugerindo que a suplementação de nitrato pode aumentar o fluxo sanguíneo para unidades motoras do tipo II. Essa alteração poderia resultar em maior atividade glicolítica durante exercícios de alta intensidade. No entanto, no presente estudo, tais efeitos não foram evidentes, possivelmente devido a diferenças relacionadas ao sexo ou ao protocolo utilizado. A pesquisa de Mosher et al. (2016), por exemplo, observou que, mesmo sem alterações significativas no lactato durante o exercício de supino, os voluntários suplementados foram capazes de realizar mais trabalho em condições desfavoráveis. Essa divergência reforça a necessidade de mais estudos para investigar os efeitos do nitrato em populações femininas e em diferentes modalidades de exercício.

### **Limitações do Estudo**

Este estudo apresenta algumas limitações importantes. A amostra utilizada teve um perfil heterogêneo, o que pode ter influenciado diretamente os resultados obtidos. Embora a dose e o tempo de suplementação de nitrato tenham sido estabelecidos com base em estudos anteriores, não realizamos a avaliação da concentração de  $\text{NO}_2^-$  no sangue, o que impede a confirmação da conversão do nitrato em nitrito, mantendo essa hipótese como especulativa. Além disso, embora as participantes tenham sido orientadas sobre os horários adequados para a ingestão da suplementação, não podemos garantir que as instruções foram seguidas com rigor.

Outro ponto relevante é a escassez de estudos que utilizem mulheres como amostra em contextos esportivos, o que limita a construção de hipóteses mais robustas. Esta lacuna na literatura reforça a necessidade de mais investigações sobre a suplementação de nitrato em populações femininas, contribuindo para uma base científica mais sólida.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo contribui para a compreensão dos efeitos da suplementação de nitrato em mulheres praticantes de treinamento de força, evidenciando a ausência de impacto significativo no desempenho físico. A suplementação aguda com suco de beterraba rico em nitrato (800 mg de  $\text{NO}_3^-$ ) não demonstrou efeitos estatisticamente significativos em comparação com as condições de placebo e controle, considerando as variáveis analisadas. Portanto, é essencial realizar mais pesquisas para esclarecer as variáveis que limitam o efeito ergogênico do nitrato dietético, especialmente no contexto do treinamento resistido entre mulheres. Investigações futuras devem considerar a suplementação crônica, as diferenças de gênero e as variações nas intensidades de treinamento resistido para possibilitar uma aplicação mais eficaz dos resultados no contexto esportivo.

## 6 REFERENCIAS

Baechle TR, Earle RW, Wathen D. Resistance training. In: Essentials of Strength Training and Conditioning. Baechle T.R., Earle R.W., eds. Champaign, IL: **Human Kinetics**, 2008. 381–412

Bahadoran Z, Mirmiran P, Kabir A, Azizi F, Ghasemi A. The Nitrate-Independent Blood Pressure-Lowering Effect of Beetroot Juice: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Adv Nutr**. 2017 Nov 15;8(6):830-838. doi: 10.3945/an.117.016717. Erratum in: **Adv Nutr**. 2018 May 1;9(3):274. doi: 10.1093/advances/nmy004. PMID: 29141968; PMCID: PMC5683004.

Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, Dimenna FJ, Wilkerson DP, Tarr J, Benjamin N, Jones AM. Dietary nitrate supplementation reduces the O<sub>2</sub> cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. **J Appl Physiol** (1985). 2009 Oct;107(4):1144-55. doi: 10.1152/jappphysiol.00722.2009. Epub 2009 Aug 6. PMID: 19661447.

Bailey SJ, Fulford J, Vanhatalo A, Winyard PG, Blackwell JR, DiMenna FJ, Wilkerson DP, Benjamin N, Jones AM. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. **J Appl Physiol** (1985). 2010 Jul;109(1):135-48. doi: 10.1152/jappphysiol.00046.2010. Epub 2010 May 13. Erratum in: *J Appl Physiol*. 2010 Sep;109(3):943. PMID: 20466802.

Bondonno CP, Liu AH, Croft KD, Ward NC, Shinde S, Moodley Y, Lundberg JO, Puddey IB, Woodman RJ, Hodgson JM. Absence of an effect of high nitrate intake from beetroot juice on blood pressure in treated hypertensive individuals: a randomized controlled trial. **Am J Clin Nutr**. 2015 Aug;102(2):368-75. doi: 10.3945/ajcn.114.101188. Epub 2015 Jul 1. PMID: 26135348.

Borg G. 2004. Principles in scaling pain and the Borg CR Scales. **Psychologica**, **37**: 35–47.

Cermak NM, Gibala MJ, van Loon LJ. Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**. 2012 Feb;22(1):64-71. doi: 10.1123/ijsnem.22.1.64. PMID: 22248502.

Cooper CE, Giulivi C. Nitric oxide regulation of mitochondrial oxygen consumption II: Molecular mechanism and tissue physiology. **Am J Physiol Cell Physiol**. 2007 Jun;292(6):C1993-2003. doi: 10.1152/ajpcell.00310.2006. Epub 2007 Feb 28. PMID: 17329402.

Domínguez R, Garnacho-Castaño MV, Cuenca E, García-Fernández P, Muñoz-González A, de Jesús F, Lozano-Estevan MDC, Fernandes da Silva S, Veiga-Herreros P, Maté-Muñoz JL. Effects of Beetroot Juice Supplementation on a 30-s High-Intensity Inertial Cycle Ergometer Test. **Nutrients**. 2017 Dec 15;9(12):1360. doi: 10.3390/nu9121360. PMID: 29244746; PMCID: PMC5748810.

Floyd CN, Lidder S, Hunt J, Omar SA, McNeill K, Webb AJ. Acute interaction between oral glucose (75 g as Lucozade) and inorganic nitrate: Decreased insulin clearance, but lack of blood pressure-lowering. **Br J Clin Pharmacol**. 2019 Jul;85(7):1443-1453. doi: 10.1111/bcp.13913. Epub 2019 May 9. PMID: 30845346; PMCID: PMC6595348.

Garnacho-Castaño MV, Palau-Salvà G, Serra-Payá N, Ruiz-Hermosel M, Berbell M, Viñals X, Bataller MG, Carbonell T, Vilches-Saez S, Cobo EP, Molina-Raya L. Understanding the effects of beetroot juice intake on CrossFit performance by assessing

hormonal, metabolic and mechanical response: a randomized, double-blind, crossover design. **J Int Soc Sports Nutr.** 2020 Nov 13;17(1):56. doi: 10.1186/s12970-020-00388-z. PMID: 33187518; PMCID: PMC7666517.

Garnacho-Castaño MV, Sánchez-Nuño S, Molina-Raya L, Carbonell T, Maté-Muñoz JL, Pleguezuelos-Cobo E, Serra-Payá N. Circulating nitrate-nitrite reduces oxygen uptake for improving resistance exercise performance after rest time in well-trained CrossFit athletes. **Sci Rep.** 2022 Jun 11;12(1):9671. doi: 10.1038/s41598-022-13786-x. PMID: 35690665; PMCID: PMC9188609.

Haizlip KM, Harrison BC, Leinwand LA. Sex-based differences in skeletal muscle kinetics and fiber-type composition. **Physiology (Bethesda).** 2015 Jan;30(1):30-9. doi: 10.1152/physiol.00024.2014. PMID: 25559153; PMCID: PMC4285578.

Husmann F, Bruhn S, Mittlmeier T, Zschorlich V, Behrens M. Dietary Nitrate Supplementation Improves Exercise Tolerance by Reducing Muscle Fatigue and Perceptual Responses. **Front Physiol.** 2019 Apr 24;10:404. doi: 10.3389/fphys.2019.00404. PMID: 31068827; PMCID: PMC6491676.

Hernández A, Schiffer TA, Ivarsson N, Cheng AJ, Bruton JD, Lundberg JO, Weitzberg E, Westerblad H. Dietary nitrate increases tetanic  $[Ca^{2+}]_i$  and contractile force in mouse fast-twitch muscle. **J Physiol.** 2012 Aug 1;590(15):3575-83. doi: 10.1113/jphysiol.2012.232777. Epub 2012 Jun 11. PMID: 22687611; PMCID: PMC3547271.

Hogwood AC, Ortiz de Zevallos J, Kruse K, De Guzman J, Buckley M, Weltman A, Allen JD. The effects of inorganic nitrate supplementation on exercise economy and endurance capacity across the menstrual cycle. **J Appl Physiol (1985).** 2023 Nov 1;135(5):1167-1175. doi: 10.1152/jappphysiol.00221.2023. Epub 2023 Sep 21. PMID: 37732374.

Hunter SK. The Relevance of Sex Differences in Performance Fatigability. **Med Sci Sports Exerc.** 2016 Nov;48(11):2247-2256. doi: 10.1249/MSS.0000000000000928. PMID: 27015385; PMCID: PMC5349856.

Jakubcik EM, Rutherford-Markwick K, Chabert M, Wong M, Ali A. Pharmacokinetics of Nitrate and Nitrite Following Beetroot Juice Drink Consumption. **Nutrients.** 2021 Jan 20;13(2):281. doi: 10.3390/nu13020281. PMID: 33498220; PMCID: PMC7908977.

Jurado-Castro JM, Campos-Perez J, Ranchal-Sanchez A, Durán-López N, Domínguez R. Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Lower-Body Strength in Female Athletes: Double-Blind Crossover Randomized Trial. **Sports Health**. 2022 Nov-Dec;14(6):812-821. doi: 10.1177/19417381221083590. Epub 2022 May 21. PMID: 35603411; PMCID: PMC9631049.

Jones AM, Ferguson SK, Bailey SJ, Vanhatalo A, Poole DC. Fiber Type-Specific Effects of Dietary Nitrate. **Exerc Sport Sci Rev**. 2016 Apr;44(2):53-60. doi: 10.1249/JES.0000000000000074. PMID: 26829247.

Jones AM, Thompson C, Wylie LJ, Vanhatalo A. Dietary Nitrate and Physical Performance. **Annu Rev Nutr**. 2018 Aug 21;38:303-328. doi: 10.1146/annurev-nutr-082117-051622. PMID: 30130468.

Jubrias SA, Crowther GJ, Shankland EG, Gronka RK, Conley KE. Acidosis inhibits oxidative phosphorylation in contracting human skeletal muscle in vivo. **J Physiol**. 2003 Dec 1;553(Pt 2):589-99. doi: 10.1113/jphysiol.2003.045872. Epub 2003 Sep 26. PMID: 14514869; PMCID: PMC2343560.

Kapil V, Milsom AB, Okorie M, Maleki-Toyserkani S, Akram F, Rehman F, Arghandawi S, Pearl V, Benjamin N, Loukogeorgakis S, Macallister R, Hobbs AJ, Webb AJ, Ahluwalia A. Inorganic nitrate supplementation lowers blood pressure in humans: role for nitrite-derived NO. **Hypertension**. 2010 Aug;56(2):274-81. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.153536. Epub 2010 Jun 28. Erratum in: **Hypertension**. 2010 Sep;56(3):e37-9. Erratum in: **Hypertension**. 2017 Feb;69(2):e1. doi: 10.1161/HYP.0000000000000057. PMID: 20585108.

Kapil V, Khambata RS, Robertson A, Caulfield MJ, Ahluwalia A. Dietary nitrate provides sustained blood pressure lowering in hypertensive patients: a randomized, phase 2, double-blind, placebo-controlled study. **Hypertension**. 2015 Feb;65(2):320-7. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.04675. Epub 2014 Nov 24. PMID: 25421976; PMCID: PMC4288952.

Kapil V, Rathod KS, Khambata RS, Bahra M, Velmurugan S, Purba A, S Watson D, Barnes MR, Wade WG, Ahluwalia A. Sex differences in the nitrate-nitrite-NO<sup>•</sup> pathway: Role of oral nitrate-reducing bacteria. **Free Radic Biol Med**. 2018 Oct;126:113-121. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.07.010. Epub 2018 Jul 20. PMID: 30031863.

Kokkinoplitis K. A., Chester N. The effect of beetroot juice on repeated sprint performance and muscle force production. **Journal of Physical Education and Sport @ (JPES)**, 14(2), Art 36, pp.242 – 247. 2014

Lane SC, Hawley JA, Desbrow B, Jones AM, Blackwell JR, Ross ML, Zemski AJ, Burke LM. Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. **Appl Physiol Nutr Metab.** 2014 Sep;39(9):1050-7. doi: 10.1139/apnm-2013-0336. Epub 2013 Oct 29. PMID: 25154895.

Lansley KE, Winyard PG, Bailey SJ, Vanhatalo A, Wilkerson DP, Blackwell JR, Gilchrist M, Benjamin N, Jones AM. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. **Med Sci Sports Exerc.** 2011 Jun;43(6):1125-31. doi: 10.1249/MSS.0b013e31821597b4. PMID: 21471821.

Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, Ekblom B. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. **Acta Physiol (Oxf).** 2007 Sep;191(1):59-66. doi: 10.1111/j.1748-1716.2007.01713.x. Epub 2007 Jul 17. PMID: 17635415.

Larsson B, Kadi F, Lindvall B, Gerdle B. Surface electromyography and peak torque of repetitive maximum isokinetic plantar flexions in relation to aspects of muscle morphology. **J Electromyogr Kinesiol.** 2006 Jun;16(3):281-90. doi: 10.1016/j.jelekin.2005.07.009. Epub 2005 Aug 29. PMID: 16129622.

Lundberg JO, Weitzberg E, Gladwin MT. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. **Nat Rev Drug Discov.** 2008 Feb;7(2):156-67. doi: 10.1038/nrd2466. PMID: 18167491.

Mosher SL, Sparks SA, Williams EL, Bentley DJ, Mc Naughton LR. Ingestion of a Nitric Oxide Enhancing Supplement Improves Resistance Exercise Performance. **J Strength Cond Res.** 2016 Dec;30(12):3520-3524. doi: 10.1519/JSC.0000000000001437. PMID: 27050244.

Moshfegh AJ, Rhodes DG, Baer DJ, Murayi T, Clemens JC, Rumpler WV, Paul DR, Sebastian RS, Kuczynski KJ, Ingwersen LA, Staples RC, Cleveland LE. The US Department of Agriculture Automated Multiple-Pass Method reduces bias in the collection of energy intakes. **Am J Clin Nutr.** 2008 Aug;88(2):324-32. doi: 10.1093/ajcn/88.2.324. PMID: 18689367.

Oggioni C, Jakovljevic DG, Klonizakis M, Ashor AW, Ruddock A, Ranchordas M, Williams E, Siervo M. Dietary nitrate does not modify blood pressure and cardiac output at rest and during exercise in older adults: a randomised cross-over study. **Int J Food Sci Nutr**. 2018 Feb;69(1):74-83. doi: 10.1080/09637486.2017.1328666. Epub 2017 May 31. PMID: 28562133; PMCID: PMC5952182.

Peeling P, Cox GR, Bullock N, Burke LM. Beetroot Juice Improves On-Water 500 M Time-Trial Performance, and Laboratory-Based Paddling Economy in National and International-Level Kayak Athletes. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**. 2015 Jun;25(3):278-84. doi: 10.1123/ijsnem.2014-0110. Epub 2014 Sep 8. PMID: 25202886.

Ranchal-Sanchez A, Diaz-Bernier VM, De La Florida-Villagran CA, Llorente-Cantarero FJ, Campos-Perez J, Jurado-Castro JM. Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Resistance Training: A Randomized Double-Blind Crossover. **Nutrients**. 2020 Jun 28;12(7):1912. doi: 10.3390/nu12071912. PMID: 32605284; PMCID: PMC7401280.

Regitz-Zagrosek V. Sex and gender differences in health. Science & Society Series on Sex and Science. **EMBO Rep**. 2012 Jun 29;13(7):596-603. doi: 10.1038/embor.2012.87. PMID: 22699937; PMCID: PMC3388783.

Schoenfeld BJ, Grgic J, Ogborn D, Krieger JW. Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. **J Strength Cond Res**. 2017 Dec;31(12):3508-3523. doi: 10.1519/JSC.0000000000002200. PMID: 28834797.

Schulz KF, Altman DG, Moher D; CONSORT Group. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. **BMJ**. 2010 Mar 23;340:c332. doi: 10.1136/bmj.c332. PMID: 20332509; PMCID: PMC2844940.

Senefeld JW, Wiggins CC, Regimbal RJ, Dominelli PB, Baker SE, Joyner MJ. Ergogenic Effect of Nitrate Supplementation: A Systematic Review and Meta-analysis. **Med Sci Sports Exerc**. 2020 Oct;52(10):2250-2261. doi: 10.1249/MSS.0000000000002363. PMID: 32936597; PMCID: PMC7494956.

Tan R, Pennell A, Price KM, Karl ST, Seekamp-Hicks NG, Paniagua KK, Weiderman GD, Powell JP, Sharabidze LK, Lincoln IG, Kim JM, Espinoza MF, Hammer MA, Goulding RP, Bailey SJ. Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Performance and

Muscle Oxygenation during Resistance Exercise in Men. **Nutrients**. 2022 Sep 8;14(18):3703. doi: 10.3390/nu14183703. PMID: 36145080; PMCID: PMC9504620.

Thompson C, Wylie LJ, Blackwell JR, Fulford J, Black MI, Kelly J, McDonagh ST, Carter J, Bailey SJ, Vanhatalo A, Jones AM. Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and muscle metabolic adaptations to sprint interval training. **J Appl Physiol** (1985). 2017 Mar 1;122(3):642-652. doi: 10.1152/jappphysiol.00909.2016. Epub 2016 Dec 1. PMID: 27909231; PMCID: PMC5401949.

Webb AJ, Patel N, Loukogeorgakis S, Okorie M, Aboud Z, Misra S, Rashid R, Miall P, Deanfield J, Benjamin N, MacAllister R, Hobbs AJ, Ahluwalia A. Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. **Hypertension**. 2008 Mar;51(3):784-90. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.107.103523. Epub 2008 Feb 4. PMID: 18250365; PMCID: PMC2839282.

Wickham KA, Spriet LL. No longer beeting around the bush: a review of potential sex differences with dietary nitrate supplementation<sup>1</sup>. **Appl Physiol Nutr Metab**. 2019 Sep;44(9):915-924. doi: 10.1139/apnm-2019-0063. Epub 2019 Jul 26. PMID: 31348674.

Williams TD, Martin MP, Mintz JA, Rogers RR, Ballmann CG. Effect of Acute Beetroot Juice Supplementation on Bench Press Power, Velocity, and Repetition Volume. **J Strength Cond Res**. 2020 Apr;34(4):924-928. doi: 10.1519/JSC.0000000000003509. PMID: 31913252.

Wylie LJ, Mohr M, Krstrup P, Jackman SR, Ermudis G, Kelly J, Black MI, Bailey SJ, Vanhatalo A, Jones AM. Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. **Eur J Appl Physiol**. 2013 Jul;113(7):1673-84. doi: 10.1007/s00421-013-2589-8. Epub 2013 Feb 1. PMID: 23370859.

# EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO NA FADIGA MUSCULAR ACENTUADA APÓS EXERCÍCIO RESISTIDO ATÉ A FALHA EM MULHERES SAUDÁVEIS

**Autores:** Rafael Correa Teodoro<sup>1,2,4</sup>; Miller Guimarães<sup>5</sup>; Francisco Manoel<sup>1,3</sup>; Wilson<sup>1,2,4</sup> Cesar de Abreu; Sandro Fernandes da Silva<sup>1,2,3</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras - UFLA

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde da UFLA - PPGNS

<sup>3</sup>Departamento de Educação Física UFLA – DEF

<sup>4</sup>Departamento de Nutrição UFLA – DNU

<sup>5</sup>Faculdade Presbiteriana Gammon - FAGAMMON

## RESUMO

**Introdução:** O treinamento resistido até a falha muscular induz fadiga central e periférica, comprometendo o desempenho. A suplementação com nitrato inorgânico, por aumentar os níveis de nitrito e óxido nítrico, pode melhorar a regulação vascular e o metabolismo energético, promovendo benefícios ergogênicos. Contudo, há poucas investigações sobre sua eficácia na recuperação muscular pós-treinamento, especialmente em protocolos de falha muscular. **Objetivos:** Analisar os efeitos da suplementação aguda de nitrato na fadiga muscular após um protocolo de treinamento até a falha em mulheres praticantes de exercício resistido. **Metodologia:** O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da UFLA (CAAE: 67603023.0.0000.5148) e seguiu um desenho clínico randomizado, duplo-cego, cruzado e controlado por placebo com 16 mulheres (27±4,7 anos; 61,5±9,1 kg; 161±4,0 cm; 27,6±7,0% de gordura; 1RM: 31,4±6,5 kg). Na primeira visita, foram realizados os testes de CVIM no supino reto, saltos CMJ e SJ, além do teste de 1RM no supino reto e no leg press 45°. Nas visitas subsequentes, as participantes executaram um protocolo experimental de quatro séries de supino reto até a falha concêntrica (60% de 1RM, intervalo de 2 minutos), seguido de CVIM (1 e 5 minutos pós-exercício) e testes de CMJ e SJ no leg press 45°. A suplementação consistiu em suco de beterraba rico em nitrato (~12,8 mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 800 mg) ou placebo (~0,92 mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 58 mg), administrados 2,5 horas antes do treinamento. **Resultados:** Os resultados indicaram que a suplementação de nitrato não teve efeito significativo na redução da fadiga muscular nas variáveis analisadas (CVIM, CMJ, SJ). As análises estatísticas não revelaram diferenças significativas entre os grupos ou momentos avaliados (p>0,05). **Conclusão:** A suplementação aguda de nitrato não reduziu a fadiga muscular na população estudada, sugerindo que esse tipo de administração pode ser insuficiente para influenciar os níveis de fadiga. Estudos futuros devem explorar protocolos de suplementação crônica para elucidar melhor os potenciais efeitos ergogênicos do nitrato.

**Palavras-chave:** Oxido Nítrico; Fadiga Muscular; Treinamento de Força; Ergogênicos

## ABSTRACT

**Introduction:** Resistance training to muscular failure induces central and peripheral fatigue, impairing performance. Supplementation with inorganic nitrate, by increasing nitrite and nitric oxide levels, may enhance vascular regulation and energy metabolism, promoting ergogenic benefits. However, there is limited research on its efficacy in post-training muscle recovery, particularly in protocols involving muscular failure, highlighting a gap in the literature. **Objectives:** To analyze the effects of acute nitrate supplementation on muscle fatigue following a failure protocol in women engaged in resistance exercise. **Methodology:** The study was approved by the UFLA ethics committee (CAAE: 67603023.0.0000.5148) and followed a randomized, double-blind, crossover, placebo-controlled clinical design with 13 women ( $27\pm 4.7$  years;  $61.5\pm 9.1$  kg;  $161\pm 4.0$  cm;  $27.6\pm 7.0\%$  body fat; 1RM:  $31.4\pm 6.5$  kg). In the first visit, tests for maximum voluntary isometric contraction (MVIC) on the bench press, CMJ and SJ jumps, and 1RM tests on the bench press and  $45^\circ$  leg press were performed. In subsequent visits, participants executed an experimental protocol consisting of four sets of bench press to concentric failure (60% of 1RM, 2-minute rest intervals), followed by MVIC (1- and 5-minutes post-exercise) and CMJ and SJ tests on the  $45^\circ$  leg press. The supplementation consisted of nitrate-rich beetroot juice ( $\sim 12.8$  mmol of  $\text{NO}_3^-$ , 800 mg) or placebo ( $\sim 0.92$  mmol of  $\text{NO}_3^-$ , 58 mg), administered 2.5 hours before training. **Results:** The results indicated that nitrate supplementation had no significant effect on reducing muscle fatigue in the analyzed variables (MVIC, CMJ, SJ). Statistical analyses revealed no significant differences between the groups or time points evaluated ( $p > 0.05$ ). **Conclusion:** Acute nitrate supplementation did not reduce muscle fatigue in the studied population, suggesting that this type of administration may be insufficient to influence fatigue levels. Future studies should explore chronic supplementation protocols to better elucidate the potential ergogenic effects of nitrate.

**Keywords:** Nitric Oxide; Muscle Fatigue; Strength Training; Ergogenics

## 1 INTRODUÇÃO

O treinamento resistido até a falha muscular (TRF) é amplamente utilizado por atletas e praticantes de atividade física devido aos seus comprovados benefícios no aumento de força, potência muscular e resistência (Grgic et al., 2022; Refalo et al., 2022; Schoenfeld et al., 2017). Esse método caracteriza-se pelo recrutamento de unidades motoras de alto limiar de excitabilidade e pelo aumento do estresse metabólico, promovendo ganhos significativos de desempenho físico (Fisher et al., 2013).

No entanto, o TRF também está associado à fadiga muscular aguda, definida como a incapacidade de gerar força ou potência adequadas em resposta a estímulos específicos (Vieira et al., 2021; MacIntosh; Rassier, 2002; Bigland-Ritchie et al., 1978). Essa condição resulta de fatores como alterações metabólicas, acúmulo de metabólitos e redução nos estoques de ATP e fosfocreatina (Grgic et al., 2022; Gorostiaga et al., 2014). Estratégias nutricionais, como a suplementação com nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), têm sido investigadas por seu potencial em atenuar a fadiga e acelerar a recuperação muscular (Hemmatinafar et al., 2023; Clifford et al., 2015).

O nitrato, presente em vegetais como beterraba e espinafre (Hord et al., 2009), é metabolizado no organismo em óxido nítrico (NO), uma molécula sinalizadora que regula funções fisiológicas como fluxo sanguíneo e metabolismo energético (Lundberg et al., 2008). Estudos prévios sugerem que a suplementação de  $\text{NO}_3^-$  pode melhorar a recuperação muscular e reduzir a fadiga aguda em atletas, especialmente após exercícios extenuantes (Tillin et al., 2018; Clifford et al., 2016). Contudo, grande parte das pesquisas concentra-se em populações masculinas, enquanto a investigação em mulheres permanece limitada, apesar de diferenças fisiológicas significativas entre os sexos (Wickham & Spriet, 2019).

Diante dessa lacuna, o presente estudo objetivou investigar os efeitos da suplementação aguda de nitrato sobre a recuperação muscular e a fadiga aguda em mulheres praticantes de treinamento resistido, utilizando um protocolo até a falha muscular.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Participantes

Através do cálculo amostral (G power®) o tamanho do efeito para 16 participantes ( $3 \times 16 = 48$ ) é de  $1 - \beta$  0,88 ( $\beta = 0,11$  e  $\alpha = 0,02$ ). Dessa forma, participaram do presente

estudo 16 mulheres praticantes de exercício resistido com no mínimo 6 meses de experiência e familiarizadas com os exercícios de leg press 45° e supino reto. As participantes incluídas no estudo eram moderadamente ativas nos seis meses anteriores ao início das coletas e praticavam TR pelo menos três vezes por semana, as características das participantes estão listadas na tabela 1. Para que fossem incluídas no estudo deveriam: não apresentar lesões osteomioarticulares no início das coletas, ter entre 18 e 40 anos, não utilizar esteroides ou anabolizantes e não fazer uso de creatina ou beta-alanina no mês anterior às coletas. Foram excluídas do estudo as participantes que não compareceram para as coletas após o primeiro dia.

Tabela 1 - Média de carga máxima e carga de treinamento do supino e leg press 45°

<b>Variáveis</b>	<b>Média ± Desvio-padrão</b>
<b>Idade (anos)</b>	27,5±5,07
<b>Peso (kg)</b>	62,6±10,6
<b>Estatutura (m)</b>	1,61±0,05
<b>Gordura Corporal (%)</b>	28,5±7,2
<b>Experiência no TR (anos)</b>	2,0±2,1

Legenda: TR, Treinamento resistido; kg, Quilogramas.

As participantes recrutadas foram informadas sobre o objetivo do estudo, ficaram sabendo sobre todos procedimentos de coletas e assinam um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) antes de iniciar as coletas. O projeto foi submetido, apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Lavras, sob o protocolo de número CAAE: 67603023.0.0000.5148.

## **2.2 Desenho experimental**

A presente pesquisa foi realizada de forma randomizada, cruzada, duplo-cego e controlado por placebo. Todas as coletas foram realizadas no Laboratório de Estudos do Movimento Humano (LEMOH), localizado na Universidade Federal de Lavras, no estado de Minas Gerais.

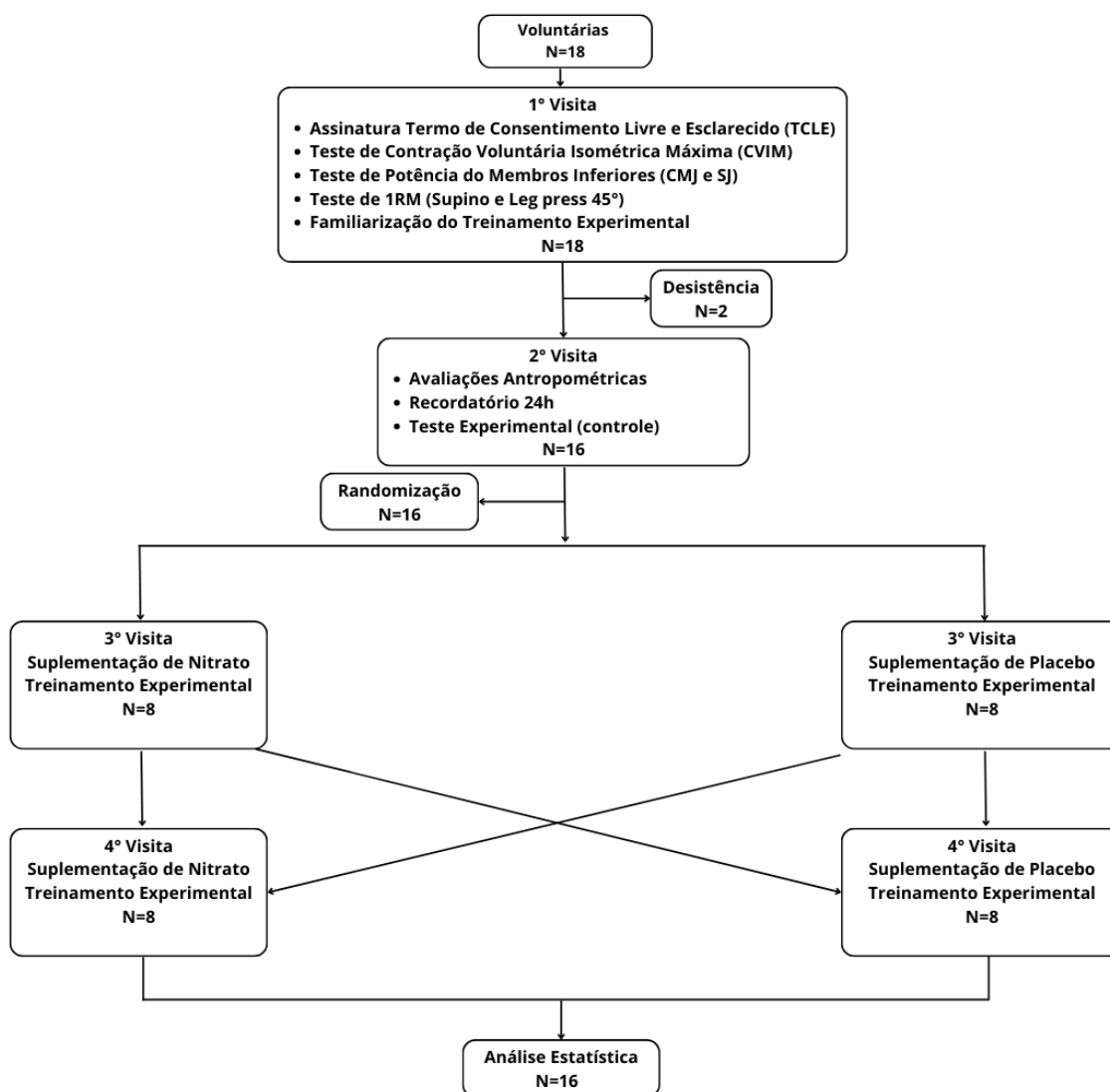
As coletas ocorreram em quatro encontros (Figura 8). No primeiro encontro, as participantes assinaram o TCLE e realizaram os testes de linha de base (*pré*), em condição de descanso. Nesse momento, foram realizados o teste de Contração Voluntária

Isométrica Máxima (CVIM) no exercício de supino e os testes de potência dos membros inferiores, *counter movement jump* (CMJ) e *squat jump* (SJ). Além disso, foi realizada a familiarização com o protocolo de treinamento exaustivo.

Na segunda visita, foram realizadas as medidas antropométricas e a avaliação do percentual de gordura, além da execução do protocolo de treinamento extenuante "controle" (sem administração de intervenção).

As terceira e quarta visitas foram realizadas de forma randomizada, seguindo o delineamento do estudo randomizado, duplo-cego e controlado por placebo. Nos dias de intervenção (placebo ou nitrato), as participantes chegaram ao laboratório com duas horas e 30 minutos de antecedência para a administração da suplementação, respeitando o tempo necessário para o efeito do suplemento. Em todos os dias de coletas após um minuto e cinco minutos do protocolo de treinamento experimental extenuante foi feito o teste de CVIM após o treinamento no supino e após o treinamento no leg press 45° os testes de potência dos membros inferiores, CMJ e SJ. O intervalo entre as coletas dos protocolos experimentais foi de, no mínimo, 72 horas, garantindo o período de *washout*.

Figura 8- Fluxograma das visitas



Fonte: Do Autor (2025)

## 2.3 Procedimentos de Coleta

### 2.3.1 Familiarização

Na primeira visita, as participantes da pesquisa foram direcionadas para o aquecimento geral, que consistiu em 5 minutos em uma bicicleta ergométrica (Ergo fit®, plus167, ciclo) a uma cadência superior a 80 bpm, com potência de 50 watts.

Após o aquecimento geral, as participantes realizaram o teste de CVIM no exercício de supino (Multi Exercícios com Barra Guiada – Smith – Master Line 4 polegadas) acoplado a uma célula de carga Miograph (Miotec®, Equipamentos Biomédicos Ltda, Porto Alegre, Brasil).

Em seguida, foram realizados os testes de potência dos membros inferiores, que incluíram três saltos CMJ e três saltos SJ, executados em um tapete de contato Jump System Pro (Cefise®, Nova Odessa, Brasil).

Após os testes de força e potência, as participantes realizaram um aquecimento específico, baseado em protocolos de estudos prévios que utilizaram nitrato em exercícios de força (Mosher et al., 2016; Sanchez et al., 2020). Posteriormente, foi realizado o teste de 1 Repetição Máxima (1RM), seguindo o protocolo de Baechle et al. (2008). O teste de 1RM foi aplicado primeiro no exercício de supino e, em seguida, no exercício de leg press 45°.

O aquecimento específico para o início da quantificação do 1 RM consistiu na execução de 10 repetições com 30% do 1RM estimado, seguido de um descanso de 60 segundos. A carga foi então aumentada para 50% do 1RM estimado, com a realização de cinco repetições e um período de descanso de 90 segundos. Posteriormente, foi estimada uma carga quase máxima para a realização de duas a três repetições, com um intervalo de descanso de 180 segundos.

Após o aquecimento, a carga foi ajustada de 0,4 kg a 5 kg por série, dependendo da percepção de esforço e do desempenho das participantes durante o movimento. Caso a carga final ultrapassasse o limite máximo, impossibilitando a realização de qualquer repetição, o peso era reduzido. Foram pré-determinadas até cinco tentativas para alcançar o 1RM, com intervalos de 180 segundos entre cada tentativa.

E por fim, foi realizada a familiarização do protocolo de treinamento exaustivo, que consistiu em quatro séries até a falha muscular concêntrica (4xfalha) a 60% do 1RM, com pausas de dois minutos entre as séries.

### **2.3.2 Protocolo de treinamento exaustivo**

O treinamento iniciou-se com um aquecimento específico para o exercício de supino, composto por duas séries de 10 repetições com 30% do 1RM, com pausas de um minuto entre as séries. Após o aquecimento, foi respeitado um intervalo de três minutos antes do início do treinamento exaustivo experimental.

O treinamento extenuante experimental consistiu em 4xfalha no exercício de supino, com pausas de dois minutos entre as séries e utilizando uma carga correspondente a 60% do 1RM. As participantes foram instruídas a executar os movimentos até a falha concêntrica, sendo auxiliadas por dois avaliadores para a retirada da barra no momento

da falha. Todas as séries foram gravadas para contagem precisa do número de repetições, permitindo uma análise posterior.

Após um e cinco minutos da última série, foram realizados os testes de CVIM para avaliar a força isométrica muscular dos membros superiores no exercício supino.

No mesmo dia, após o treinamento dos membros superiores, foi realizado o treinamento de membros inferiores no leg press 45° (Flex Fitness, Classic, Brasil). O protocolo de treinamento no leg press seguiu a mesma metodologia do supino. Contudo, após um e cinco minutos da última série, foram realizados testes de potência dos membros inferiores, que incluíram três saltos CMJ e três saltos SJ no tapete de contato (Cefise®, Nova Odessa, Brasil).

### **2.3.3 Medidas Antropométricas**

Para análise do peso corporal utilizaremos uma balança digital (Filizola®) precisão de 1kg e capacidade máxima de 200kg, devidamente calibrada. Para a coleta do peso a amostra estava descalça em posição anatômica correta, olhando para frente em um ponto fixo com a cabeça em linha reta ao corpo.

Para a quantificação da estatura total da participante utilizamos um estadiômetro acoplado na mesma balança, com precisão de 1mm. O indivíduo foi colocado de pé, descalço, com os calcanhares juntos, pés formando um ângulo de 45°, costas retas de maneira que o occipital, o dorso, as nádegas e os calcanhares toquem o antropômetro, de braços estendidos ao lado do corpo e a cabeça voltada para frente no plano de Frankfurt (Heyward; Gibson, 2014). A composição corporal foi determinada pelo método de bioimpedância elétrica utilizando um aparelho octapolar InBody 230 (Biospace®).

### **3.3.4 Administração da Suplementação**

A suplementação foi feita 2h30 min antes do treinamento experimental, podendo ser o suco de beterraba rico em NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (~12,8mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - 800mg - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK) ou placebo suco de beterraba com baixa concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (~ 0,92 mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 58 mg -140 ml Beterraba, Soldiers Nutrition, Brasil).

### **3.3.5 Porcentagem de perda de repetições**

A porcentagem de perda de repetições foi feita pela a diferença da primeira série com a última série, utilizando a formula 4° série – 1° série dividido pela 1° série (=1° - 4°/1°) estabelecida por Sforzo e Touey (1996). Os cálculos foram feitos no programa excel (Microsoft Office® excel 2021).

### 3.3.6 Contração Voluntária Isométrica Máxima

Os protocolos utilizados para as análises da CVIM foram os mesmos utilizados por Souza et al., (2017). Antes de iniciar a CVIM, foram realizados alguns procedimentos necessários. Solicitamos às voluntárias que deitassem em decúbito dorsal no banco reto e segurassem a barra do aparelho Smith (Multi Exercícios com Barra Guiada – Smith – Master Line 4 polegadas) na posição do supino reto, com a barra direcionada sob o peito e os cotovelos formando um ângulo de 90°. A barra reta foi então presa com uma corrente, que estava conectada a uma célula de carga sem que a voluntária deixasse a angulação de 90° do cotovelo. Foram fixadas duas correntes nas extremidades da barra, as quais foram presas a um mosquetão fixado a uma célula de carga Miograph (Miotec®, Equipamentos Biomédicos Ltda, Porto Alegre, Brasil) com capacidade de 250 Kgf (Quilogramas-Força). A célula de carga estava presa a outro mosquetão fixo em uma barra que estava travada perto do solo, garantindo que a voluntária não perdesse a angulação de 90° durante a execução do teste.

Após todos os ajustes necessários, o protocolo de coleta da CVIM foi realizado com o voluntário sendo submetido a realizar o máximo de força possível contra a barra presa a célula de carga na posição de supino, onde a barra não se movimentava. Após as voluntárias deitarem no banco e se manterem em posição, foi dado o comando para empurrar a barra durante 10 segundos sem realizar pequenos impulsos e tentando manter a força constante durante todo o tempo. Para uma melhor análise dos sinais obtidos durante o tempo de contração, analisamos apenas os 5 segundos mais estáveis de cada voluntário. As análises foram todas realizadas no software MiotecSuite 1.0, com os canais devidamente calibrados para a CVIM

### 3.3.7 Testes de Potência de Membros Inferiores

Os seguiram o mesmo protocolo descrito no trabalho de Claudino et al., (2017). Os saltos de linha de base foram realizados em condições de descanso, sem fadiga muscular, servindo como valores de referência (*saltos pré*). Já os saltos realizados em condição de fadiga muscular foram avaliados um e cinco minutos após a última série no exercício leg press 45°, mantendo-se o mesmo protocolo: três saltos CMJ e três saltos SJ, com 10 segundos de pausa entre os saltos e 30 segundos entre os diferentes tipos de saltos, no qual foi utilizado o melhor salto para as análises. As avaliações foram realizadas em um tapete de contato (Cefise®, Nova Odessa, Brasil), considerado o padrão ouro (*gold standard*).

Para o teste de CMJ, as voluntárias posicionaram-se sobre o tapete de contato, com as mãos na cintura e o corpo ereto. O salto foi iniciado com uma rápida flexão dos joelhos, até no máximo 90° de flexão na articulação, seguida imediatamente por uma extensão dos joelhos, utilizando o ciclo alongamento-encurtamento para impulsionar o corpo verticalmente.

O teste de SJ seguiu os mesmos padrões do CMJ, com a diferença de que as voluntárias partiram de uma posição agachada, com os joelhos semiflexionados, mantendo-se imóveis por cinco segundos antes do salto. O movimento foi realizado com uma rápida extensão dos joelhos, sem a execução de um contra movimento prévio.

### **3.4 Estatística**

Os resultados estão apresentados em a média e desvio padrão. Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste Shapiro-Wilk considerando os dados normais  $p > 0,05$ . Para comparar a porcentagem de perca foi utilizado o teste ANOVA de um fator de Welch para amostras paramétricas. Para a comparação das variáveis CVIM, CVIP, SJ e CMJ foi utilizado o teste ANOVA de medidas repetidas, também foi utilizado o teste de Post Hock de Tukey para a comparação dos grupos. A diferença estatística foi considerada significativa quando o  $p < 0,05$ . Os cálculos estatísticos foram realizados através do software de estatística Jamovi® versão 2.3.28 e os gráficos foram plotados através do software Prism® versão 8.0.

#### 4 RESULTADOS

Os dados das cargas máximas obtidas no teste de 1RM para os exercícios de supino e leg press 45°, bem como a carga média de 60% utilizada durante o treinamento experimental em ambos os exercícios, estão apresentados na Tabela 2.

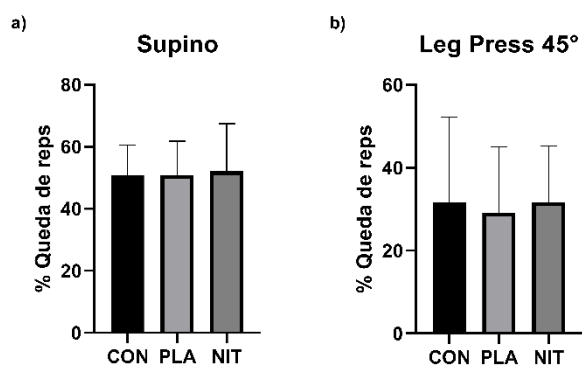
Tabela 2 - média de carga máxima e carga de treinamento do supino e leg press 45°

Variáveis	Média ± Desvio-padrão
1RM supino (kg)	31,6±6,10
60% 1RM supino (kg)	19,25±3,8
1RM leg press 45° (kg)	198,6±44,01
60% 1 RM leg Press 45° (kg)	119±27,09

Legenda. 1RM, Uma Repetição Máxima; kg, Quilogramas.

As análises de comparações da porcentagem de queda nas repetições não apresentaram diferenças significativas nos exercícios supino e leg press 45°  $p>0,05$  (figura 9). Com relação as médias, o grupo supino apresentou controle = 50,8±9,8%, placebo = 50,7±15,2% e nitrato = 52,1±311%. Já o leg press 45° apresentou média de 31,7±20,6% para o controle, 29,2±16% no grupo placebo e 31,8±13,5% no grupo nitrato.

Figura 9 - Representação gráfica da porcentagem de queda nas repetições entre a 1° e 4° série

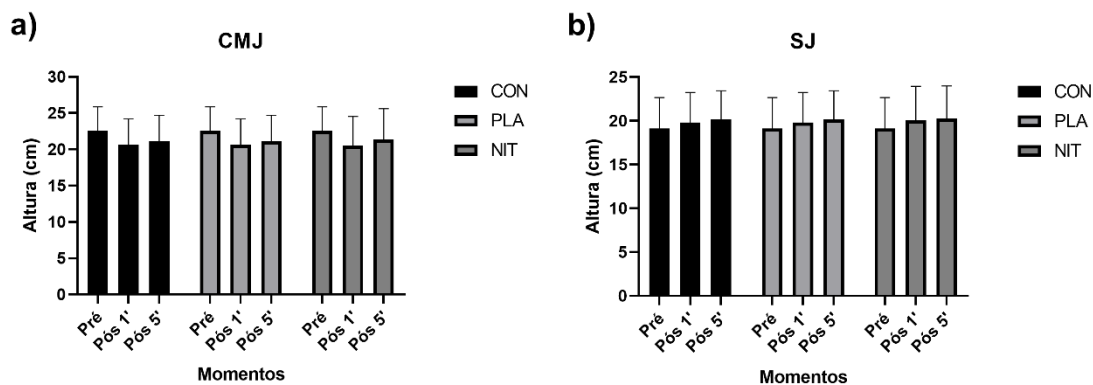


Legenda: Queda de reps, Queda de Repetições; CON, Controle; PLA, Placebo; NIT, Nitrato

Fonte: Do Autor (2025)

Conforme apresentado na figura 10, não houve diferença significativa nas análises intragrupos (pré x pós 1' x pós 5') e nas análises entregrupos (controle x placebo x nitrato) para as variáveis CMJ e SJ  $p > 0,05$ .

Figura 10– Representação gráfica das comparações potência dos membros inferiores

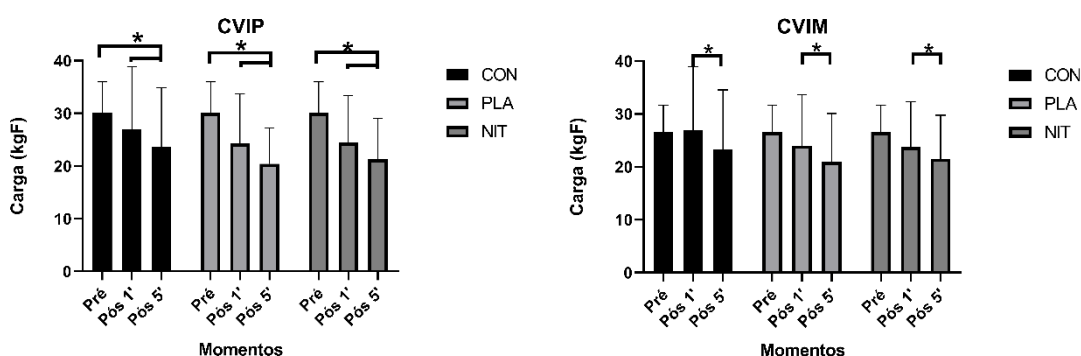


Legenda: CON, Controle; PLA, Placebo; NIT, Nitrato; CMJ, *Counter Moviment Jump*; SJ, *Squat Jump*.

Fonte: Do Autor (2025)

Com relação as variáveis CVIP e CVIM não foi encontrado diferença significativa nas entregrupos  $p > 0,05$ . No entanto, encontrou-se diferença nas comparações entre pré, pós 1' e pós 5' para a variável CVIP nos três grupos analisados  $p < 0,05$ . Na variável CVIM a diferença significativa encontra foi apenas nas comparações pós 1' com pós 5'  $p < 0,05$ .

Figura 11– Representação gráfica das comparações de força isométrica



Legenda: CON, Controle; PLA, Placebo; NIT, Nitrato; CVIP, *Contração Voluntária Isométrico Pico*; CVIM, *Contração Voluntária Isométrica Média*; \*diferença significativa  $p < 0,05$ .

Fonte: Do Autor (2025)

## 5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da suplementação aguda de nitrato na força e potência muscular após um protocolo exaustivo de treinamento resistido (TR) em mulheres praticantes de treinamento de força. Os resultados demonstraram que a suplementação de 800 mg de nitrato não interfere na fadiga muscular aguda, em comparação com os grupos controle e placebo, após o protocolo de treinamento exaustivo aplicado à população avaliada.

Foi analisado o percentual da diminuição no número de repetições com o objetivo de verificar se a suplementação de nitrato interferiu direta ou indiretamente nas demais variáveis analisadas. No entanto, não foram encontrados estudos na literatura que investigassem a influência da suplementação de nitrato sobre essa variável específica. O nitrato, conforme relatado em estudos prévios, pode aumentar o fluxo sanguíneo e melhorar a transferência de oxigênio para as mitocôndrias (Wong et al., 2022; Tan et al., 2022; Nyberg et al., 2020), facilitando a restauração de fosfocreatina e ATP de forma mais eficiente (Tillin et al., 2018). Consequentemente, seria esperado que a suplementação reduzisse o percentual de perda de repetições em exercícios realizados até a falha muscular concêntrica. Contudo, essa hipótese não foi confirmada pelos achados do presente estudo.

Uma observação relevante é que o TR realizado até a falha muscular concêntrica é caracterizado por um aumento do tempo sob tensão (Wilk et al., 2020). Assim, o maior número de repetições na primeira série resultou em um tempo sob tensão mais elevado, levando a um conseqüente aumento da fadiga muscular. De acordo com Vieira et al. (2021), o aumento do tempo sob tensão associado à falha muscular eleva os níveis de lactato sanguíneo, contribuindo para a fadiga periférica, que pode afetar as repetições subsequentes. Esse aumento nos marcadores sanguíneos ocorre como consequência da degradação da glicose láctica como fonte de energia, o que está associado à redução de ATP e, conseqüentemente, à diminuição da força muscular (Párraga-Montilla et al., 2020; Gorostiaga et al., 2014).

Os resultados observados no presente estudo sobre a porcentagem de queda nas repetições estão em concordância com achados de outros estudos na literatura (González-Hernandez et al., 2021; Fonseca et al., 2020; Morán-Navarro et al., 2017), reforçando que a fadiga muscular em protocolos exaustivos está diretamente relacionada ao aumento do tempo sob tensão e às alterações metabólicas provocadas pela falha muscular.

Os estudos disponíveis sobre o efeito do nitrato na fadiga mecânica, avaliada por meio do salto vertical e da força isométrica, ainda são limitados. Em teoria, a suplementação de nitrato pode gerar dois possíveis resultados. O primeiro seria o aumento da oxigenação muscular e a remoção de metabólitos. A acidose muscular provocada pelo exercício até a falha muscular poderia aumentar a disponibilidade de óxido nítrico (NO) pela conversão de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) presente no organismo (Lundberg et al., 2008; Jubrias et al., 2003). Esse aumento no NO poderia melhorar a oxigenação muscular, facilitando a remoção de metabólitos e a restauração dos níveis de fosfocreatina (Modin et al., 2001), o que resultaria em uma recuperação mais rápida durante os períodos de descanso. Por outro lado, o segundo possível efeito seria o prolongamento do exercício antes da falha muscular, promovido pela suplementação de nitrato. Isso ocorre devido à maior eficiência energética e à melhor oxigenação muscular local (Casey & Joyner, 2011), permitindo que os indivíduos suportem uma carga de trabalho maior por mais tempo. No entanto, essa extensão do esforço pode levar a uma fadiga mecânica mais acentuada ao final do treino, já que os músculos são submetidos a um período prolongado de esforço (Garnacho-Castano, Dominguez; Mate-Munoz, 2017).

No presente estudo, não foram encontradas diferenças significativas entre o grupo suplementado, o grupo placebo e o grupo controle. Em contraste, o estudo de Garnacho-Castano et al. (2022) demonstrou uma redução significativa no salto CMJ no grupo suplementado com nitrato em comparação ao placebo, após uma melhora expressiva no desempenho de um WOD (Workout of the Day) específico do CrossFit, utilizando suplementação aguda de nitrato administrada três horas antes do teste. Esses resultados estão alinhados com a hipótese de que o prolongamento do exercício pode levar a uma fadiga muscular mais acentuada.

Por outro lado, estudos na literatura indicam que uma suplementação crônica de nitrato, associada a intervalos de 48 a 72 horas após treinamentos extenuantes, pode gerar efeitos mais consistentes e expressivos no desempenho. Por exemplo, o estudo de Clifford et al. (2015) observou uma melhora significativa na altura do salto CMJ após 72 horas de uma sessão de treinamento pliométrico, quando a suplementação de nitrato foi administrada 1,5 horas, 24 horas e 48 horas após o exercício, em comparação ao placebo. De maneira similar, Clifford et al. (2016) reportaram uma melhor recuperação no salto CMJ após 96 horas de um protocolo de treinamento exaustivo de sprints, após três dias de suplementação de nitrato, em relação ao grupo placebo. Vale ressaltar que os estudos citados são todos feitos com homens, dessa forma, além da suplementação crônica e do

tempo de intervalo, a diferença de gênero pode explicar os resultados da presente pesquisa. Assim, os resultados da presente pesquisa vão em consonância com os resultados encontrado por Hemmatinafar et al., (2023), onde não foi entrado diferença significativa na altura do salto CMJ do grupo placebo com o nitrato após um protocolo de treinamento pliométrico.

A CVIM não apresentou diferenças significativas no presente estudo. De acordo com a meta-análise de Jones et al. (2021), a recuperação dessa variável pode ser influenciada pelo tempo de descanso. Os autores apontam que os efeitos benéficos da suplementação de nitrato na recuperação muscular foram observados apenas 72 horas após o treinamento extenuante, enquanto intervalos mais curtos, como 30 minutos, 24 horas e 48 horas, não apresentaram diferenças significativas em relação ao placebo. Esses achados podem explicar a ausência de diferenças observadas no presente estudo.

Outro ponto importante é que os estudos incluídos na meta-análise de Jones et al. (2021) foram conduzidos exclusivamente com homens, o que limita a generalização dos resultados para populações femininas. Além do presente estudo, apenas o trabalho conduzido por Hemmatinafar et al. (2023) avaliou a recuperação muscular utilizando a CVIM em mulheres após um protocolo de treinamento extenuante. Embora o tempo de intervalo no estudo de Hemmatinafar et al. (2023) tenha sido diferente daquele adotado na presente pesquisa, não foram observadas diferenças significativas na CVIM entre o grupo placebo e o grupo suplementado com nitrato em 12, 24 e 48 horas após o exercício. Esses dados sugerem que os efeitos da suplementação de nitrato na recuperação muscular podem ser dependentes do tempo de descanso e possivelmente influenciados por diferenças fisiológicas entre os sexos.

O presente estudo apresenta algumas limitações, como a ausência de avaliação de marcadores metabólicos e cognitivos, que poderiam fornecer uma compreensão mais ampla dos efeitos da suplementação de nitrato. Estudos futuros devem incluir essas variáveis para expandir e aprofundar as descobertas. Além disso, a análise limitada a intervalos de tempo de um e cinco minutos após o treinamento pode não capturar todo o espectro de efeitos do nitrato. A inclusão de outros intervalos de tempo em pesquisas futuras poderia contribuir para um entendimento mais detalhado sobre os impactos da suplementação após o treinamento resistido.

Outro ponto importante é a escassez de estudos com mulheres como amostra no contexto esportivo, o que limita a formação de hipóteses mais concretas. Essa lacuna na literatura reforça a necessidade de mais estudos que investiguem a suplementação de

nitrate em populações femininas, permitindo a construção de uma base científica mais sólida. Tais estudos devem buscar determinar as quantidades ideais de suplementação necessárias para alcançar o efeito ergogênico desejado, especialmente em protocolos de treinamento resistido.

Em suma, o presente estudo contribui para o entendimento dos efeitos da suplementação de nitrate em mulheres praticantes de treinamento de força, destacando a ausência de impacto significativo em variáveis como fadiga muscular e CVIM após protocolos exaustivos. Contudo, ressalta-se a necessidade de estudos futuros que investiguem suplementação crônica, diferenças de gênero e intervalos mais amplos de recuperação, permitindo uma aplicação mais efetiva dos resultados no contexto esportivo.

## 6 CONCLUSÃO

Conclui-se que a suplementação aguda de 800 mg de nitrate não apresentou impacto significativo na força e potência muscular em mulheres treinadas após um protocolo de treinamento exaustivo. Esses achados destacam a complexidade das respostas fisiológicas ao nitrate, que podem variar de acordo com o contexto do treinamento, o protocolo utilizado e as características individuais dos participantes. Assim, reforça-se a importância de conduzir mais estudos com populações diversificadas e protocolos experimentais variados, a fim de compreender melhor os efeitos do nitrate e identificar possíveis condições em que ele possa exercer benefícios ergogênicos.

## REFERENCIAS

Baechle TR, Earle RW, Wathen D. Resistance training. In: Essentials of Strength Training and Conditioning. Baechle T.R., Earle R.W., eds. Champaign, IL: **Human Kinetics**, 2008. 381–412

Bigland-Ritchie B, Jones DA, Hosking GP, Edwards RH. Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. **Clin Sci Mol Med**. 1978 Jun;54(6):609-14. doi: 10.1042/cs0540609. PMID: 657729.

Casado, A.; Domínguez, R.; Fernandes da Silva, S.; Bailey, S.J. Influence of Sex and Acute Beetroot Juice Supplementation on 2 KM Running Performance. **Appl. Sci**. 2021,11, 977. <https://doi.org/10.3390/App11030977>.

Casey DP, Joyner MJ. Local control of skeletal muscle blood flow during exercise: influence of available oxygen. **J Appl Physiol (1985)**. 2011 Dec;111(6):1527-38. doi:

10.1152/jappphysiol.00895.2011. Epub 2011 Sep 1. PMID: 21885800; PMCID: PMC3233894.

Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, Amadio AC, Serrão JC. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **J Sci Med Sport**. 2017 Apr;20(4):397-402. doi: 10.1016/j.jsams.2016.08.011. Epub 2016 Aug 25. PMID: 27663764.

Clifford T, Bell O, West DJ, Howatson G, Stevenson EJ. The effects of beetroot juice supplementation on indices of muscle damage following eccentric exercise. **Eur J Appl Physiol**. 2016 Feb;116(2):353-62. doi: 10.1007/s00421-015-3290-x. Epub 2015 Nov 4. PMID: 26537365.

Clifford T, Berntzen B, Davison GW, West DJ, Howatson G, Stevenson EJ. Effects of Beetroot Juice on Recovery of Muscle Function and Performance between Bouts of Repeated Sprint Exercise. **Nutrients**. 2016 Aug 18;8(8):506. doi: 10.3390/nu8080506. PMID: 27548212; PMCID: PMC4997419.

FISHER, J; STEELE, J; BRUCE-LOW, S; SMITH, D Evidence-based resistance training recommendations **Med Sport**, 15, pp. 147-162. 2011. DOI: 10.2478/v10036-011-0025-x

FISHER, J; STEELE; SMITH, D. Evidence-based resistance training recommendations for muscular hypertrophy **Med Sport**, 17, p. 217-235; 2013. DOI: 10.5604/17342260.1081302

Fonseca FS, Costa BDV, Ferreira MEC, Paes S, de Lima-Junior D, Kassiano W, Cyrino ES, Gantois P, Fortes LS. Acute effects of equated volume-load resistance training leading to muscular failure versus non-failure on neuromuscular performance. **J Exerc Sci Fit**. 2020 May;18(2):94-100. doi: 10.1016/j.jesf.2020.01.004. Epub 2020 Jan 21. PMID: 32636891; PMCID: PMC7327779.

GARNACHO-CASTANO MV. et al. Understanding the effects of beetroot juice intake on CrossFit performance by assessing hormonal, metabolic and mechanical response: a randomized, double-blind, crossover design. **J Int Soc Sports Nutr**. 13;17(1):56. Nov, 2020.

Grgic J, Schoenfeld BJ, Orazem J, Sabol F. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. **J Sport Health Sci.** 2022 Mar;11(2):202-211. doi: 10.1016/j.jshs.2021.01.007. Epub 2021 Jan 23. PMID: 33497853; PMCID: PMC9068575.

González-Hernández JM, García-Ramos A, Colomer-Poveda D, Tvarijonaviciute A, Cerón J, Jiménez-Reyes P, Márquez G. Resistance Training to Failure vs. Not to Failure: Acute and Delayed Markers of Mechanical, Neuromuscular, and Biochemical Fatigue. **J Strength Cond Res.** 2021 Apr 1;35(4):886-893. doi: 10.1519/JSC.0000000000003921. PMID: 33306589.

Gorostiaga EM, Navarro-Amézqueta I, Calbet JA, Sánchez-Medina L, Cusso R, Guerrero M, Granados C, González-Izal M, Ibáñez J, Izquierdo M. Blood ammonia and lactate as markers of muscle metabolites during leg press exercise. **J Strength Cond Res.** 2014 Oct;28(10):2775-85. doi: 10.1519/JSC.0000000000000496. PMID: 24736776.

Heyward, V., Gibson, A.. (2014). **Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription 7th Edition.**

Hemmatinfar M, Zaremoayedi L, Koushkie Jahromi M, Alvarez-Alvarado S, Wong A, Niknam A, Suzuki K, Imanian B, Bagheri R. Effect of Beetroot Juice Supplementation on Muscle Soreness and Performance Recovery after Exercise-Induced Muscle Damage in Female Volleyball Players. **Nutrients.** 2023 Aug 28;15(17):3763. doi: 10.3390/nu15173763. PMID: 37686795; PMCID: PMC10490293.

Hord NG, Tang Y, Bryan NS. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. **Am J Clin Nutr.** 2009 Jul;90(1):1-10. doi: 10.3945/ajcn.2008.27131. Epub 2009 May 13. PMID: 19439460.

Jones L, Bailey SJ, Rowland SN, Alsharif N, Shannon OM, Clifford T. The Effect of Nitrate-Rich Beetroot Juice on Markers of Exercise-Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis of Human Intervention Trials. **J Diet Suppl.** 2022;19(6):749-771. doi: 10.1080/19390211.2021.1939472. Epub 2021 Jun 21. PMID: 34151694.

Jubrias SA, Crowther GJ, Shankland EG, Gronka RK, Conley KE. Acidosis inhibits oxidative phosphorylation in contracting human skeletal muscle in vivo. **J Physiol.** 2003

Dec 1;553(Pt 2):589-99. doi: 10.1113/jphysiol.2003.045872. Epub 2003 Sep 26. PMID: 14514869; PMCID: PMC2343560.

Jurado-Castro JM, Campos-Perez J, Ranchal-Sanchez A, Durán-López N, Domínguez R. Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Lower-Body Strength in Female Athletes: Double-Blind Crossover Randomized Trial. **Sports Health**. 2022 Nov-Dec;14(6):812-821. doi: 10.1177/19417381221083590. Epub 2022 May 21. PMID: 35603411; PMCID: PMC9631049.

Párraga-Montilla JA, García-Ramos A, Castaño-Zambudio A, Capelo-Ramírez F, González-Hernández JM, Cordero-Rodríguez Y, Jiménez-Reyes P. Acute and Delayed Effects of a Resistance Training Session Leading to Muscular Failure on Mechanical, Metabolic, and Perceptual Responses. **J Strength Cond Res**. 2020 Aug;34(8):2220-2226. doi: 10.1519/JSC.0000000000002712. PMID: 29952872.

Lundberg JO, Weitzberg E, Gladwin MT. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. **Nat Rev Drug Discov**. 2008 Feb;7(2):156-67. doi: 10.1038/nrd2466. PMID: 18167491.

MacIntosh BR, Rassier DE. What is fatigue? **Can J Appl Physiol**. 2002 Feb;27(1):42-55. doi: 10.1139/h02-003. PMID: 11880690.

Mosher SL, Sparks SA, Williams EL, Bentley DJ, Mc Naughton LR. Ingestion of a Nitric Oxide Enhancing Supplement Improves Resistance Exercise Performance. **J Strength Cond Res**. 2016 Dec;30(12):3520-3524. doi: 10.1519/JSC.0000000000001437. PMID: 27050244.

Modin A, Björne H, Herulf M, Alving K, Weitzberg E, Lundberg JO. Nitrite-derived nitric oxide: a possible mediator of 'acidic-metabolic' vasodilation. **Acta Physiol Scand**. 2001 Jan;171(1):9-16. doi: 10.1046/j.1365-201X.2001.00771.x. PMID: 11350258.

Morán-Navarro R, Pérez CE, Mora-Rodríguez R, de la Cruz-Sánchez E, González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L, Pallarés JG. Time course of recovery following resistance training leading or not to failure. **Eur J Appl Physiol**. 2017 Dec;117(12):2387-2399. doi: 10.1007/s00421-017-3725-7. Epub 2017 Sep 30. PMID: 28965198.

Nyberg M, Christensen PM, Blackwell JR, Hostrup M, Jones AM, Bangsbo J. Nitrate-rich beetroot juice ingestion reduces skeletal muscle O<sub>2</sub> uptake and blood flow during

exercise in sedentary men. **J Physiol.** 2021 Dec;599(23):5203-5214. doi: 10.1113/JP281995. Epub 2021 Oct 14. PMID: 34587650.

Ranchal-Sanchez A, Diaz-Bernier VM, De La Florida-Villagran CA, Llorente-Cantarero FJ, Campos-Perez J, Jurado-Castro JM. Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Resistance Training: A Randomized Double-Blind Crossover. **Nutrients.** 2020 Jun 28;12(7):1912. doi: 10.3390/nu12071912. PMID: 32605284; PMCID: PMC7401280.

Refalo MC, Helms ER, Trexler ET, Hamilton DL, Fyfe JJ. Influence of Resistance Training Proximity-to-Failure on Skeletal Muscle Hypertrophy: A Systematic Review with Meta-analysis. **Sports Med.** 2023 Mar;53(3):649-665. doi: 10.1007/s40279-022-01784-y. Epub 2022 Nov 5. PMID: 36334240; PMCID: PMC9935748.

Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **J Sports Sci.** 2017 Jun;35(11):1073-1082. doi: 10.1080/02640414.2016.1210197. Epub 2016 Jul 19. PMID: 27433992.

Sforzo, Gary A.; Touey, Paul R.. Manipulating Exercise Order Affects Muscular Performance During a Resistance Exercise Training Session. **Journal of Strength and Conditioning Research** 10(1):p 20-24, February 1996. Doi: 10(1):p 20-24, February 1996.

Souza GC de, Silva LC, Mariano ACS, Silva SF da. Efeitos agudos da combinação de série isométrica com dinâmica nos aspectos hemodinâmicos. **Cons. Saúde** [Internet]. 23º de janeiro de 2017 [citado 10º de janeiro de 2025];15(3):392-400. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/saude/article/view/6264>

Willardson, Jeffrey M PhD, CSCS<sup>1</sup>; Norton, Layne<sup>2</sup>; Wilson, Gabriel MS, CSCS<sup>2</sup>. Training to Failure and Beyond in Mainstream Resistance Exercise **Programs. Strength and Conditioning Journal** 32(3):p 21-29, June 2010. | DOI: 10.1519/SSC.0b013e3181cc2a3a

Tan R, Pennell A, Price KM, Karl ST, Seekamp-Hicks NG, Paniagua KK, Weiderman GD, Powell JP, Sharabidze LK, Lincoln IG, Kim JM, Espinoza MF, Hammer MA, Goulding RP, Bailey SJ. Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Performance and Muscle Oxygenation during Resistance Exercise in Men. **Nutrients.** 2022 Sep 8;14(18):3703. doi: 10.3390/nu14183703. PMID: 36145080; PMCID: PMC9504620.

Tillin NA, Moudy S, Nourse KM, Tyler CJ. Nitrate Supplement Benefits Contractile Forces in Fatigued but Not Unfatigued Muscle. **Med Sci Sports Exerc.** 2018 Oct;50(10):2122-2131. doi: 10.1249/MSS.0000000000001655. PMID: 29727405.

Vieira JG, Sardeli AV, Dias MR, Filho JE, Campos Y, Sant'Ana L, Leitão L, Reis V, Wilk M, Novaes J, Vianna J. Effects of Resistance Training to Muscle Failure on Acute Fatigue: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med.** 2022 May;52(5):1103-1125. doi: 10.1007/s40279-021-01602-x. Epub 2021 Dec 9. PMID: 34881412.

Wickham KA, Spriet LL. No longer beeting around the bush: a review of potential sex differences with dietary nitrate supplementation <sup>1</sup>. **Appl Physiol Nutr Metab.** 2019 Sep;44(9):915-924. doi: 10.1139/apnm-2019-0063. Epub 2019 Jul 26. PMID: 31348674.

Wilk M, Tufano JJ, Zajac A. The Influence of Movement Tempo on Acute Neuromuscular, Hormonal, and Mechanical Responses to Resistance Exercise-A Mini Review. **J Strength Cond Res.** 2020 Aug;34(8):2369-2383. doi: 10.1519/JSC.0000000000003636. PMID: 32735429.

Wong TH, Sim A, Burns SF. The effects of nitrate ingestion on high-intensity endurance time-trial performance: A systematic review and meta-analysis. **J Exerc Sci Fit.** 2022 Oct;20(4):305-316. doi: 10.1016/j.jesf.2022.06.004. Epub 2022 Jul 5. PMID: 35892115; PMCID: PMC9287610.

## APÊNDICES 1 - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)



### Grupo de Estudos e Pesquisas em Respostas Neuromusculares (GEPREN) e Grupo de Estudos em Nutrição Esportiva (GENEX)



### Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)

A pesquisa será desenvolvida para defesa do mestrado em nutrição e saúde no programa de pós graduação em nutrição e saúde (PPGNS) da Universidade Federal de Lavras - UFLA. As coletas serão inteiramente feitas no Laboratório de Estudos do Movimento Humano (LEMOH) no departamento de educação física da UFLA.

**Pesquisador Responsável:** Rafael Correa Teodoro, Wilson César de Abreu e Sandro Fernandes da Silva.

**I – TÍTULO DO TRABALHO EXPERIMENTAL:** Efeitos da suplementação aguda de nitrato no desempenho físico de mulheres praticantes de exercício resistido.

#### II – Objetivos

O estudo objetiva analisar os reais efeitos da suplementação aguda de nitrato no exercício do supino e do leg press 45° em mulheres praticantes de exercício resistido.

#### III – Justificativa

O uso da suplementação aguda de nitrato pode ter efeitos positivos na performance de atletas e praticantes de exercício físico. No entanto, os reais efeitos na suplementação do mesmo ainda não estão claros em exercícios de força, visto que os estudos apresentados pela literatura têm apresentado variações entre os resultados e nenhum deles foram desenvolvidos com mulheres, levando em consideração que o número de praticantes de exercício resistido é o mesmo comparado mulheres e homens. Dessa forma se faz necessário estudos com a população feminina para elucidar os efeitos do suplemento em questão para toda população praticante de exercício resistido.

#### IV – Procedimentos do Experimento

Durante a realização da pesquisa, serão feitas com você anamnese (pergunta diagnósticas para conhecimento sobre a sua saúde e pré-disposição para a pesquisa), avaliações da composição corporal (dimensões corporais e percentual de gordura), recordatório alimentar, saltos contramovimento (CMJ e SJ), teste de força isométrica máxima (CVIM), teste de 1RM, aferição da pressão arterial e frequência cardíaca, análise de lactato sanguíneo e treinamento no exercício do supino e leg press.

#### V – Riscos Esperados

O experimento será minimamente invasivo, visto que será retirado uma pequena quantidade de sangue para análise de concentração do lactato sanguíneo. A punção será feita no lóbulo da orelha

com a utilização de lanceta descartável. Para cada amostra, será passado algodão na superfície desejada para retirada de possíveis gotas de suor e higienização do local, as quais poderiam contaminar as amostras. Durante a coleta sanguínea os avaliadores estarão utilizando luvas cirúrgicas. Não haverá modificação do desenvolvimento de suas atividades regulares. Caso haja algum imprevisto a assistência será realizada através do serviço de vigilância da UFLA que transportara o indivíduo ao centro de atendimento médico mais próximo, onde o responsável pela pesquisa fará o acompanhamento com o voluntario da pesquisa.

#### **VI – Benefícios**

O desenvolvimento da pesquisa poderá beneficiar praticantes de exercício resistido como forma de potencializar os treinos e ganhos na performance esportiva.

#### **VII – Critério para Suspender ou Encerrar a Pesquisa**

A pesquisa pode ser suspensa caso apresente irregularidades nos procedimentos e nos critérios apresentados acima.

#### **VIII - CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO**

Eu \_\_\_\_\_, certifico que, tendo lido ou ouvido, as informações acima e suficientemente esclarecido (a) de todos os itens, estou plenamente de acordo com a realização do experimento. Assim, eu autorizo a execução do trabalho de pesquisa exposto acima.

Lavras, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2023.

NOME  
(legível) \_\_\_\_\_

RG \_\_\_\_\_.

ASSINATURA \_\_\_\_\_

**ATENÇÃO:** A sua participação na pesquisa é voluntária. Em caso de dúvidas, escreva para e-mail dos pesquisadores responsáveis: [rafaelteodoro1@estudante.ufla.br](mailto:rafaelteodoro1@estudante.ufla.br), [wilson@ufla.br](mailto:wilson@ufla.br) e [sandrofs@ufla.br](mailto:sandrofs@ufla.br)

## APÊNDICE 2 – FICHA DE AVALIAÇÃO DA FAMILIARIZAÇÃO



**GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM RESPOSTAS  
NEUROMUSCULARES - GEPREN**

**E**

**GRUPO DE ESTUDOS EM NUTRIÇÃO E EXERCÍCIO  
GENEX**



### FICHA DE AVALIAÇÃO

**NOME:**

Método Anticoncepcional? Sim ( ) Não ( )	Se sim, qual?	Início ciclo atual:
Data de nascimento:	Idade:	Tempo de prática:
Estatura:	Peso corporal:	IMC:
%G:		

#### 1RM SUPINO

TENTATIVAS	PESO (KG)	PSF
1°		
2°		
3°		
4°		
5°		

#### 1RM LEG PRESS 45°

TENTATIVAS	PESO (KG)	PSF
1°		
2°		
3°		
4°		
5°		

#### FAMILIARIZAÇÃO SUPINO

SÉRIES	REPETIÇÕES	TEMPO DE TENSÃO	FC	PSE
1°				
2°				
3°				
4°				

#### FAMILIARIZAÇÃO LEG PRESS 45°

SÉRIES	REPETIÇÕES	TEMPO DE TENSÃO	FC	PSE
1°				
2°				
3°				
4°				

**SALTO VERTICAL**

TENTATIVAS	1°	2°	3°
CMJ			
SJ			

**CVIM**

PICO	
MÉDIA	

### APÊNDICE 3 – FICHA DE COLETA DAS INTERVENÇÕES



**GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM RESPOSTAS  
NEUROMUSCULARES - GEPREN**

**E**

**GRUPO DE ESTUDOS EM NUTRIÇÃO E EXERCÍCIO -  
GENEX**



#### INTERVENÇÃO

QUAL INTERVENÇÃO ACHA QUE TOMOU? ( ) PLACEBO ( ) NITRATO ( ) NÃO SEI

FC Repouso:	Lactato inicial:	PA inicial
Lactato meio:	Lactato final:	PA final:

#### CVIM

Pós 1'

PICO	
MÉDIA	

Pós 5'

PICO	
MÉDIA	

#### SUPINO

SÉRIES	REPETIÇÕES	TEMPO DE TENSÃO	FC	PSE
1º				
2º				
3º				
4º				

#### SALTO VERTICAL

Pós 1'

TENTATIVAS	1º	2º	3º
CMJ			
SJ			

Pós 5'

TENTATIVAS	1º	2º	3º
CMJ			
SJ			

**LEG PRESS 45°**

SÉRIES	REPETIÇÕES	TEMPO DE TENSÃO	FC	PSE
1°				
2°				
3°				
4°				

## APÊNDICE 4 – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE IMAGEM



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

GRUPO DE ESTUDO E PESQUISA EM RESPOSTAS NEUROMUSCULARES – GEPREN

### TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE IMAGEM

Eu, \_\_\_\_\_, portador da Cédula de identidade RG nº. \_\_\_\_\_, AUTORIZO a utilização de minha imagem \_\_\_\_\_ em caráter gratuito, pelo Grupo de Estudos e Pesquisa em Adaptações Neuromusculares (GEPREN) e Grupo de Estudos em Nutrição e Exercício ( GENEX), em material de divulgação como *home page* e/ou mídia eletrônica e redes sociais.

Fica ainda **autorizada**, de livre e espontânea vontade, para os mesmos fins, a cessão de direitos da veiculação das imagens não recebendo para tanto qualquer tipo de remuneração.

Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito \_\_\_\_\_ sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à minha imagem ou a qualquer outro, e assino a presente autorização em 02 vias de igual teor e forma.

Lavras, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 202 .

\_\_\_\_\_  
(Assinatura)

**ANEXOS 1 - PSE - PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (BORG)**

<b>0</b>	<b>Nenhum esforço (Repouso)</b>
<b>1</b>	<b>Muito Fraco</b>
<b>2</b>	<b>Fraco</b>
<b>3</b>	<b>Moderado</b>
<b>4</b>	<b>Um Pouco Forte</b>
<b>5</b>	<b>Forte</b>
<b>6</b>	
<b>7</b>	<b>Muito Forte</b>
<b>8</b>	
<b>9</b>	
<b>10</b>	<b>Esforço máximo</b>