



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JÚLIO CÉSAR NÓBILE RIBEIRO

**EFEITOS DA INGESTÃO AGUDA DE SUCO DE BETERRABA
NA FORÇA MUSCULAR E VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS:
METABÓLITOS DE ÓXIDO NÍTRICO, CORTISOL E LACTATO
SANGUÍNEO**

JÚLIO CÉSAR NÓBILE RIBEIRO

**EFEITOS DA INGESTÃO AGUDA DE SUCO DE BETERRABA
NA FORÇA MUSCULAR E VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS:
METABÓLITOS DE ÓXIDO NÍTRICO, CORTISOL E LACTATO
SANGUÍNEO**

Dissertação apresentada ao Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas UEL- PMPGCF, como requisito para a obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Doederlein Polito.

Londrina
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

N745 Nóbile, Júlio César .
EFEITOS DA INGESTÃO AGUDA DE SUCO DE BETERRABA NA FORÇA MUSCULAR E VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS; METABÓLITOS DE ÓXIDO NÍTRICO, CORTISOL E LACTATO SANGUÍNEO. / Júlio César Nóbile. - Londrina, 2019.
72 f. : il.

Orientador: Marcos Doederlein Polito.
Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Fadiga - Tese. 2. resistência - Tese. 3. recurso ergogênico - Tese. 4. exercício resistido - Tese. I. Doederlein Polito, Marcos . II. Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas. IV. Título.

CDU 612

JÚLIO CÉSAR NÓBILE RIBEIRO

**EFEITOS DA INGESTÃO AGUDA DE SUCO DE BETERRABA NA
FORÇA MUSCULAR E VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS:
METABÓLITOS DE ÓXIDO NÍTRICO, CORTISOL E LACTATO
SANGUÍNEO**

Dissertação apresentada ao Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas UEL- PMPGCF, como requisito para a obtenção do Título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ernane Torres Uchôa
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Marcos Doederlein Polito
Universidade Estadual de Londrina-UEL

Prof. Dr. Cosme Franklin Buzzachera
Universidade Pitágoras- UNOPAR

Londrina, 20 de agosto de 2019.

AGRADECIMENTOS

Seria impossível crer que a conquista que hoje me apresenta é mérito apenas meu...

Longa jornada, aonde senti a pressão de ter que tomar decisões, umas corretas, outras erradas e diversas que não cabiam a mim decidir.

Gostaria de deixar expresso neste reduzido espaço, a tentativa de agradecer aqueles que me auxiliaram nesta jornada.

Agradeço primeiramente a Deus por iluminar meu caminho e me presentear com meus pais, Margarete e Ademar, obrigado por nunca saírem do meu lado e por sempre me incentivarem.

A minha irmã, Júlia, por me fazer acreditar que tudo daria certo no final.

Aos meus avós, José Bispo e Gercina por serem meus exemplos de determinação e benevolência.

A meus tios, Iorrani, Elisabete e Wanderléia, pelo companheirismo e confiança.

A minha namorada, Stéffani, por ser meu porto seguro e minha companheira nos momentos de dificuldade.

Ao meu amigo, Guilherme, pela amizade sincera, conselhos e ter sido meu braço direito nas coletas.

Aos professores, Ernane e Cosme, por apontar-me a direção durante as turbulências do mestrado e não me deixar desanimar com as críticas.

Ao meu orientador, Marcos Polito, por ter acreditado em minha capacidade, ter me aceitado como seu orientado. Obrigado por se fazer sempre presente em minhas dúvidas, sempre me orientando com paciência e sabedoria.

Muitas outras pessoas fizeram-se presentes nesta conquista, gostaria de deixar meus mais sinceros agradecimentos e dizer que sem vocês esta conquista não seria possível e também que o caminho percorrido não seria prazeroso como foi.

RESUMO

Introdução: O desempenho físico pode ser otimizado quando associado ao treinamento resistido. Desta maneira, esportes coletivos, individuais e até mesmo os com predomínio aeróbico são beneficiados pelo treino de força muscular. Uma das estratégias nutricionais para melhorar o rendimento em exercícios anaeróbicos é a ingestão do suco de beterraba. Contudo, a ação do suco de beterraba na performance em exercícios resistidos ainda é controversa e não há protocolos padronizados sobre a quantidade de suco a ser ingerida e tempo de espera após a ingestão do suco.

Objetivos: Investigar a dosagem de nitrato presente no suco de beterraba, dosar os metabólitos de óxido nítrico após sua ingestão *in natura*, analisar a influência do recurso ergogênico sobre a tolerância nos exercícios resistidos, supino vertical e cadeira extensora, assim como as alterações no hormônio cortisol e no marcador de intensidade lactato.

Métodos: O estudo procedeu em duas etapas, sendo estas: a mensuração de metabólitos de NO que contou com a coleta e análise sanguínea de 14 sujeitos e a segunda etapa participaram 13 indivíduos e estes executaram os exercícios resistidos, cadeira extensora e supino vertical e a dosagem de cortisol e lactato antes e após o exercício. Foram realizadas três séries de cada exercício, iniciando-se pelo supino vertical e procedendo pela cadeira extensora, o intervalo entre séries foi de 3 minutos e o tempo de repouso entre os exercícios de 5 minutos. As três séries de ambos os exercícios executados constituíram de repetições até a fadiga.

Resultados: Como resultado da primeira etapa do estudo, após 1h e 2 h da ingestão aguda de suco de beterraba, houve o aumento significativo de metabólitos de óxido nítrico na circulação sanguínea ($P=0,01$). Porém, não foram constatadas diferenças significativas entre os metabólitos de NO entre 1h e 2h ($P=1,0$). Ao analisar a segunda etapa da pesquisa, observou-se que a ingestão de suco de beterraba ocasionou um aumento significativo no número total de repetições tanto no supino vertical ($P=0,02$) quanto na cadeira extensora ($P=0,06$) em relação ao placebo; porém, não foram encontradas diferenças significativas nas repetições entre as séries de cada exercício. Os marcadores, cortisol e o lactato, não apresentaram diferenças significativas entre a ingestão de suco de beterraba e o placebo ($P=1,0$).

Considerações Finais: A ingestão de suco de beterraba *in natura* de modo agudo propicia o aumento dos metabólitos de NO após 1 e 2h, assim como promove o aumento do número de repetições totais no exercício de supino vertical e cadeira extensora. No entanto, não foram constatadas diferenças no número de repetições entre as séries e nas concentrações de lactato e cortisol sanguíneo. Assim, concluiu-se que a ingestão aguda de suco de beterraba propicia benefícios a exercícios resistidos.

Palavras-chave: Fadiga. Resistência. Recurso ergogênico.

ABSTRACT

Introduction: Physical performance can be optimized when associated with resistance training. In this way, team sports, individual and even those with aerobic predominance are benefited by strength training. One of the nutritional strategies to improve yield in anaerobic exercises is the intake of beetroot juice. However, the action of beetroot juice on performance in resistance exercises is still controversial and there are no standardized protocols on the amount of juice to be ingested and waiting time after juice ingestion.

Objectives: To investigate the nitrate dosage in beetroot juice, to quantify nitric oxide metabolites after ingestion, to analyze the influence of the ergogenic resource on resistance in resisted exercises, vertical supine, and extensor chair as well as changes in the hormone cortisol and the lactate intensity marker.

Methods: The study proceeded in two stages: the measurement of NO metabolites that included the collection and blood analysis of 14 subjects, and the second stage involved 13 individuals who performed resisted exercises, extensor chair, and vertical bench press, and cortisol and lactate dosage before and after exercise. Three series of each exercise were performed, starting with the vertical supine and proceeding through the extensor chair, the interval between sets was 3 minutes and the rest time between exercises of 5 minutes. The three sets of both exercises performed consisted of repetitions until fatigue.

Results: As a result of the first stage of the study, after 1h and 2h of the acute intake of beet juice, there was a significant increase of nitric oxide metabolites in the blood circulation ($P = 0.01$). However, no significant differences were observed between the NO metabolites between 1h and 2h ($P = 1.0$). When analyzing the second stage of the research, it was observed that the intake of beet juice caused a significant increase in the total number of repetitions in both the vertical bench press ($P = 0.02$) and the extensor chair ($P = 0.06$) in relation to placebo; however, no significant differences were found in the repetitions between the series of each exercise. The biomarkers, cortisol and the lactate, did not present significant differences between the intake of beet juice and the placebo ($P=1,0$).

Final Considerations: The ingestion of fresh beetroot juice in an acute manner leads to an increase in NO metabolites after 1 and 2h, as well as to increase the number of total repetitions in the exercise of vertical supine and extensor chair. However, no differences were observed in the number of repetitions between the series and in the concentrations of blood lactate and cortisol. Thus, it can be concluded that acute intake of beetroot juice provides benefits to resistance exercise.

Key words: Fatigue. Resistance. Ergogenic resource.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	JUSTIFICATIVA	11
3.	OBJETIVOS	11
3.1	Objetivo Geral	11
3.2	Objetivos Específicos	11
4.	REVISÃO LITERÁRIA	12
4.1	Beterraba	12
4.2.	De Nitrogênio a Nitrato	13
4.3	Beterraba e seus Usos Terapêuticos	21
4.4	Metabolismo Aeróbico e a Beterraba como Recurso Ergogênico	23
4.5	Performance Física e Exercício Resistido	26
4.5.1	Força Muscular	28
4.5.2	Modalidades de Força Muscular	30
4.5.3	Nitrato e fibra muscular tipo II	32
4.5.4	Exercício resistido e metabolismo anaeróbico	33
4.5.5	O cortisol como biomarcador	35
5.	METODOLOGIA	37
5.1	Participantes	37
5.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	38
5.3	Medidas antropométricas	39
5.4	Teste de uma repetição máxima (1 RM) e execução dos exercícios	39
5.5	Ingestão do Suco de Beterraba	41
5.6	Ingestão do Placebo	41
5.7	Coleta de Lactato Sanguíneo	42
5.8	Coleta de Cortisol	42
6.	Análise Estatística	42

7. RESULTADOS	43
8. DISCUSSÃO	47
REFERÊNCIAS	53
APÊNDICE I	64
APÊNDICE II	66
ANEXO I	68
ANEXO II	69
ANEXO III	70

1. INTRODUÇÃO

A força muscular é uma qualidade física dependente da combinação de fatores neuronais e morfológicos para seu desenvolvimento, a qual pode ser estimulada por meio do treinamento resistido (SUCHOMEL,2016). Nesse contexto, a inclusão de programas de treinamento resistido tanto em atletas quanto em não atletas pode modificar a arquitetura muscular, o grau de rigidez de sua inserção aos tendões e o número de unidades motoras a serem recrutadas para a contração muscular (SUCHOMEL,2016).

Por outro lado, o desempenho físico em esportes coletivos/individuais e em atividades com predomínio do metabolismo aeróbico é limitado ao negligenciar o treinamento resistido (GEBRIN et al.,2005; SUCHOMEL,2016; GUIDO,2010; AVELINO,2011). Dessa forma, os treinamentos que atuam sobre a força muscular tornam-se imprescindíveis para atletas amadores ou profissionais (FLECK JÚNIOR, 2003).

Uma das estratégias de estimular e otimizar o treinamento da força muscular e, conseqüentemente, aumento sobre o desempenho esportivo, é por meio da ingestão de recursos ergogênicos, tais como cafeína (POLITO; SOUZA; FRANÇA, 2017), bebidas energéticas (DALL'AGNOL; SOUZA, 2009), creatina (COOKE,2009) e nitrato (BAILEY,2009).

Diante da importância de que os alimentos promovem na saúde e no exercício físico, houve uma mudança recente no campo de estudos sobre recursos ergogênicos industrializados e macronutrientes, permitindo a pesquisa de componentes alimentares *in natura* associados ao desempenho (DELDICQUE; MARC FRANCAUX, 2008). O suco de beterraba, por exemplo, é rico em carboidratos antioxidantes, vitamina C, betacianina, polifenóis, potássio, sódio, magnésio e nitrato, além de ser facilmente encontrado e com custo relativamente baixo (CLEMENTS, LEE; BLOOMER, 2014).

As evidências sugerem que a ingestão de suco de beterraba pode melhorar a perfusão sanguínea, reduzir a pressão arterial sistólica e o custo do consumo de oxigênio, promover melhorias na recuperação muscular e, conseqüentemente, o desempenho físico (BAILEY, et.al 2009, LUNDEBERG, WEITZBERG; GLADWIN, 2008). Isso pode ser explicado devido ao efeito do nitrato presente no suco em estimular a síntese do óxido nítrico (NO), como também promover a proteção contra

danos oxidativos causados às células. O nitrato (NO_3^-) ingerido através da dieta pode ser reduzido a nitrito (NO_2^-) na cavidade oral por bactérias anaeróbicas facultativas (LUNDEBERG, WEITZBERG; GLADWIN, 2008; SPIEGELHALDER; EISENBRAND; PREUSSMANN, 1976). O NO_2^- chega ao estômago onde, ao entrar em contato com o ácido gástrico, é decomposto de forma não enzimática a NO e outros óxidos de nitrogênio bioativos (LUNDBERG; WEITZBERG; GLADWIN, 2008).

Embora seja mais clara a relação do suco de beterraba com os exercícios aeróbicos (LUNDEBERG, WEITZBERG; GLADWIN, 2008), evidências mostram o aumento da eficiência contrátil (devido à redução do custo de ATP e menor depleção de creatina fosfato), sugerindo que o suco de beterraba também estimule o desempenho em exercícios resistidos (BAILEY et al., 2010; LANSLEY, 2011; LARSEN et al., 2011).

Contudo, a quantidade de pesquisa em relação ao suco de beterraba e o exercício resistido ainda é escassa, o que possibilita a realização de novos experimentos. Além disso, a medida de alguns marcadores pode auxiliar na compreensão do efeito do suco de beterraba associado ao exercício resistido. Por exemplo, o lactato é utilizado para mensurar a fadiga e a intensidade da demanda metabólica em diversos protocolos de treinamento de resistência (BUITRAGO, 2002; LACERDA, 2016). Associado ao lactato, a concentração de cortisol aumenta durante o exercício físico intenso, porém é necessário monitorar sua concentração devido ao fato de se tratar de um hormônio catabólico e que em altas concentrações pode prejudicar a performance física. A dosagem de cortisol deve ser padronizada, pois apresenta variabilidade em relação ao tipo e intensidade do exercício, nível de treinamento, estado nutricional e ritmo circadiano (BRENNER et al., 1998; MCARDLE, KATCH; KATCH, 1988; WILMORE; COSTILL, 1994).

2. JUSTIFICATIVA

Nota-se que, ao adotar alimentos funcionais na alimentação, estes podem fornecer ao organismo benefícios como, aumento da disposição e energia, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida. Esta melhoria deve-se ao fato de que a substância presente no alimento ao interagir com componentes celulares e/ou teciduais geram um determinado efeito biológico (FERRARI; TORRES,2010).

Desta maneira, justifica-se o interesse em estudar os efeitos da ingestão aguda do suco de beterraba *in natura* haja visto a escassez de pesquisas que estabeleçam a dose de suco de beterraba a ser ingerido, a concentração de nitrato presente na amostra e os benefícios que o recurso pode exercer sobre o exercício de força de resistência.

3.OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Investigar o efeito agudo do suco de beterraba em exercícios resistidos e em variáveis fisiológicas, metabólitos de óxido nítrico, cortisol e lactato sanguíneo.

3.2 Objetivos Específicos

Para atingir as metas propostas pelo objetivo geral, este estudo foi dividido em duas etapas, com os seguintes objetivos específicos para cada uma delas:

Etapa 1

- 1) Analisar a concentração de nitrato presente no suco de beterraba;
- 2) Verificar a concentração de metabólitos plasmáticos de NO após 1h e 2h da ingestão de suco de beterraba;

Etapa 2

Analisar a influência da ingestão aguda de suco de beterraba *in natura* na quantidade de repetições realizadas em dois exercícios resistidos e verificar as dosagens plasmáticas de cortisol e lactato sanguíneo.

4.REVISÃO LITERÁRIA

4.1 Beterraba

De origem mediterrânea, Europa, Norte da África e Oeste da Ásia, a beterraba é classificada como um tubérculo oval e suculento, com folhas oblongas, apresenta gosto adocicado, coloração vermelha, devido ao pigmento betalaína, (NUNES,1986; FERREIRA; TIVELLI, 1990; AHMED,2013). Este vegetal pertence à classe de dicotiledôneas das angiospermas, taxonomicamente incluída na família das quenopodiáceas na classificação de Engler II (DUKE,1983).

Esta hortaliça é bienal, onde seu ciclo biológico leva 24 meses para se findar. No primeiro ano ocorre o crescimento vegetal, enquanto no período posterior há seu florescimento e produção de sementes (FILGUEIRA, 2000). Além do gosto adocicado desta raiz, vê-se notável palatibilidade e odor que se assemelham ao "perfume terra", geosmin, devido à presença de actinomiceto da cepa, *Streptomyces griseus LP-16* (GERBER; LECHEVALIER,1965).

Por seu caule possuir grande reserva energética de amido, a beterraba é amplamente utilizada para a culinária, enquanto suas folhas para fins medicinais; registros datam que seu consumo ocorre desde 1.000 anos A.C (NORTON,1994; NOTTIGHAN,2004). Além do importante valor energético devido à quantidade de carboidratos, a beterraba destaca-se entre os vegetais por possuir em sua composição, vitamina C, betacianina, polifenóis, potássio, sódio, magnésio e o nitrato (CLEMENTS, LEE; BLOOMER, 2014). Além dos fatores nutricionais que fornecem benefícios aos indivíduos, seu consumo no Brasil é de fácil acesso, pois o cultivo de beterraba ocorre em temperaturas amenas variando entre 15 a 18°C. Seu cultivo é realizado por mais de 100 mil produtores em uma área de aproximadamente de 10 mil hectares, se concentrando principalmente nas regiões, São Paulo, Minas Gerais e nos Estados do Sul, produzindo cerca de 300 mil toneladas (NUNES,1986; ANDRADE NETTO,2005; TIVELLI et al., 2011).

O consumo de vegetais e frutas apresenta significativo efeito benéfico à saúde, sendo atribuídos tais efeitos a seus constituintes, vitaminas, minerais, fibras e as denominadas substâncias não nutritivas, como flavonóides e glucosinolatos (DUYN; PIVONSKA, 2000). A inclusão destes alimentos, além de seu papel protetor

contra o câncer, quando associado à diminuição no consumo de derivados de leite e de gorduras saturadas reduzem em 15% o risco de AVC e doença coronariana (APPEL, et al.1997).

Devido a diversos estudos indicando as propriedades benéficas dos vegetais para a manutenção da saúde e tratamento de doenças, cunhou-se o termo alimento funcional, atraindo a população para o consumo de alimentos orgânicos, se tornando ainda mais procurada e consumida a beterraba (ZIELIŃSKA-PRZYJEMSKA, 2009, et al; GEORGIEV, et al 2010).

4.2. De Nitrogênio a Nitrato

O gás nitrogênio é o componente de maior abundância na atmosfera terrestre, perfazendo cerca de 78% da composição gasosa. A troca contínua da molécula de nitrogênio entre o ar, água, solo, plantas e o ser humano denomina-se ciclo do nitrogênio (MENSINGA,2003).

Sabe-se, que todos os sistemas vivos utilizam o nitrogênio como fator crucial para a síntese de moléculas orgânicas complexas, como proteínas, ácido nucléico, vitaminas, hormônios, enzimas e o ATP. Embora, esta molécula seja vital para a constituição dos seres-vivos, a fixação biológica de nitrogênio ocorre apenas em bactérias e *archaea*, devido à interação simbiótica entre plantas e micro-organismos (PENNINGTON,1998; MENSINGA,2003).

Esta associação mutualística fez com que houvesse o surgimento de raízes especializadas, com a presença de nódulos. Estes nódulos funcionam como uma fábrica de fixação de nitrogênio por conter uma quantidade massiva de bactérias (WERNER,2014).

A fixação do nitrogênio é um processo químico no qual o nitrogênio é captado no ecossistema terrestre, devido à sua associação com uma molécula de hidrogênio, formando a amônia (NH₃). A partir deste primeiro processo, outros processos químicos ocorrerão para que seja possível a utilização do nitrogênio pelos seres-humanos e plantas. Após a captação de nitrogênio na forma de amônia pelos nódulos, as bactérias e fungos, aeróbicos e anaeróbicos, na camada superior do solo farão a conversão de amônia para nitrito, denominado nitrosação. Após a formação do nitrito, há o processo de nitrificação, onde forma-se o nitrato, a ser

utilizado para a síntese de proteínas pelos vegetais. Animais e humanos ao consumir matéria orgânica obterão compostos nitrogenados (MENSINGA,2003).

O ciclo do nitrogênio finda-se pela decomposição da matéria orgânica, pela conversão do nitrato a gás nitrogênio, óxido nítrico e dióxido de nitrogênio por micro-organismos anaeróbicos, processo nomeado de desnitrificação (MENSINGA,2003).

Vê-se que o nitrogênio é de suma importância para o crescimento das plantas, porém os componentes inorgânicos do nitrogênio, amônia, nitrito e nitrato perfazem apenas 5% do solo, tendo em vista que apenas estes componentes são absorvidos pelos cultivares, fertilizantes inorgânicos e orgânicos são utilizados com frequência na agricultura (BRADY; WEIL,2008).

Tendo em vista, o aumento expressivo da população de 2 bilhões em 1.900 para 6 bilhões no ano 2.000, vê-se necessário o aumento de nitrato no solo para que a produção dos cultivares possa alcançar a demanda (MENSINGA,2003).

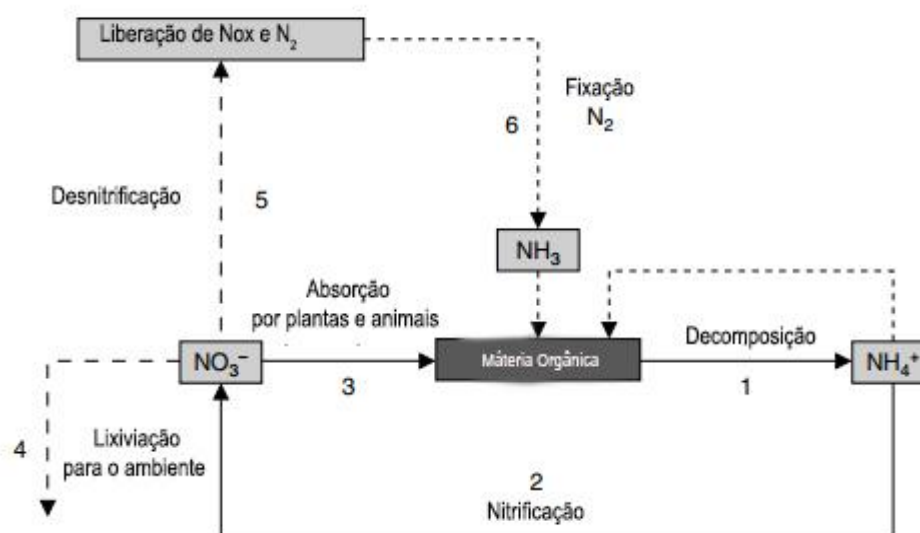


Figura 1 – Ciclo do Nitrogênio
Fonte: MESINGA., et.al 2013 p. 43. Adaptada pelo autor.

A figura 1 ilustra que a linha em segmento contínuo, representa o ciclo do nitrogênio, desde sua adesão ao solo até ser matéria orgânica novamente. A linha tracejada longa representa a perda de nitrogênio pelo ciclo, enquanto a linha de tracejado curto demonstra a adesão de nitrogênio ao ciclo.

A aplicação de fertilizantes orgânicos no solo faz com que a mineralização ocorra, ou seja, os componentes inorgânicos de nitrogênio são liberados e absorvidos pelas plantas. Porém a taxa de mineralização depende dos seguintes

fatores, propriedades do solo, microrganismos presentes na área cultivada, temperatura, tipo de fertilizante e a quantidade de água presente (LOBBEL,2007; GRIFFIN;2008; FAN; LI 2010).

O nitrato que não é absorvido pelas raízes dos cultivares, é lixiviado ou até mesmo penetra o lençol freático (TAMME,2009). Devido à solubilidade deste íon inorgânico, este pode se apresentar em altas concentrações na água e cultivares e desta maneira apresentarão um impacto negativo para a saúde e para o meio ambiente, tais como eutrofização, chuva ácida e efeito estufa. (LAWLOR; LEMAIRE; GASTAL, 2002; IKEMOTO; TERAGUCHI; KOBAYASHI, 2002).

Desta maneira a ingestão dietética de nitrato está associada ao tipo de vegetal a ser consumido, ao teor de nitrato utilizado em seu cultivo, fertilizante, a quantidade de vegetais consumida e a concentração de nitrato presente na irrigação da colheita (PENNINGTON,1998).

Além da utilização de nitrato nos cultivares, este íon é amplamente utilizado na conservação de carne, pois sua redução a nitrito oferece a exacerbação no gosto do alimento, sua reação com a mioglobina gera uma coloração avermelhada, aumentando a aceitação do alimento pelo público, diminui a oxidação de lipídios, fazendo com que o gosto permaneça por um período maior e, por fim, inibe o crescimento da cultura do *Clostridium botulinum* (KILLDAY,1988; ROBERTS, et.al 1991).

Embora, o nitrato seja amplamente utilizado na agricultura e na indústria alimentícia, debates entre comunidades científica, mídia e saúde pública levaram ao estudo de como o nitrato e o nitrito funcionam no corpo humano e se estes são seguros e, se seguros, em quais doses são indicadas ao consumo diário (BRYAN,2012).

O consumo de água e alimentos com o alto teor de nitrato está vinculado à meta-hemoglobinemia e ao câncer, devido à conversão bacteriana no estômago para S-Nitroso (FEWTRELL,2004). Os efeitos prejudiciais à saúde vinculados à absorção do nitrato na água possuem três mecanismos principais. O mecanismo primário refere-se à formação da meta-hemoglobina, onde a redução de nitrato a nitrito fará com que este íon se associe à hemoglobina, oxidando assim o Fe+2 para Fe+3, inibindo o acoplamento do oxigênio a porção heme, inibindo assim o transporte de sangue aos tecidos. O segundo mecanismo refere-se à síntese endógena de compostos N-nitroso, potentes agentes teratogênicos e carcinogênicos.

Este composto é formado no pH ácido do estômago propiciando a reação entre amidas ou aminas de proteínas ou medicamentos com o nitrito. O último mecanismo se refere à alta concentração de nitrato que inibe a absorção de iodo, alterando assim a morfologia da tireoide e hipertrofiando-a (TAJTAKOVA, SEMANOVA, TOMKOVA, 2006; WARD,2009).

Diante deste cenário de debate sobre os íons inorgânicos, a portaria brasileira nº 2914, responsável pelos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade de água para consumo humano e padrão de qualidade, instaurou na data de 12 de dezembro de 2011 que a concentração de nitrato na água não deva exceder o valor de 10mg/L (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE,2011).

Os questionamentos levantados pelo consumo de nitrato na alimentação e conservação dos alimentos fez com que o nitrato fosse tratado como um resíduo indesejado do metabolismo alimentar e do óxido nítrico e com o potencial carcinogênico durante muito tempo (MESINGA,2003). Embora o nitrato derivado de aquíferos e de fonte animal se correlacionem positivamente com malefícios a saúde, o nitrato e nitrito derivado de vegetais e frutas estão vinculados negativamente a problemas de saúde (HERNANDEZ-RAMIREZ et al., 2009). Além das frutas e vegetais não estarem associados com o câncer, a presença de antioxidantes dietéticos em sua composição apresenta respostas protetora a inúmeros tipos de câncer. Este benefício dá-se pela presença da associação entre o antioxidante e ao nitrato, inibindo a formação substancial de compostos N-nitroso (BARTSH, OHSHIMA, PIGNATELLI,1998; MIRVISH,1998).

Comprovou-se por meio de estudos que o nitrato não é apenas um resíduo inerte que deve ser excretado pelo corpo, mas fornece uma rota extra para a produção de óxido nítrico, considerada a rota Nitrato-Nitrito- Óxido Nítrico (BRYAN et al, 2008; LUNDBERG et al., 2008). Neste contexto, na década de 90, dois grupos independentes de pesquisadores, sendo estes liderados consecutivamente por John Lundenberg e Nigel Benjamin, descreveram que havia a geração de NO intragastricamente e que neste processo não havia a atividade da enzima óxido nítrico sintase. Porém, para que esta síntese possa ocorrer, há o envolvimento da circulação de nitrato inorgânico de maneira enterosalivar (BENJAMIN, et.al.,1994 LUNDBERG,1994).

Após a ingestão de nitrato inorgânico há um aumento na concentração plasmática de nitrito e nitrato durante um período prolongado; porém o mesmo não

ocorre com a concentração de S- nitrosotióis. A presença de nitrato e nitrito plasmático correlaciona-se com a formação de óxido nítrico, possibilitando ao corpo humano uma reserva de íons que possam ser convertidos em óxido nítrico quando necessário. Indivíduos que seguiram o protocolo e se abstiveram de engolir saliva por 1h não apresentaram a concentração plasmática modificada (LUNDBERG,1994). Assim, observa-se, que para que ocorra a redução de nitrato a nitrito é crucial que haja a circulação entero-salivar. Desta maneira, pesquisas visaram listar as bactérias presentes na cavidade oral para melhor entender como esta redução ocorre. Estima-se, que na totalidade da microbiota oral faça presente, 45% firmicutes, 20% archeobacterias, 17% bacterioides, 10% actinobacterias, 7% fusobactéria e 1% TM7, e após a utilização de enxaguante bucal há a diminuição desta microbiota resultando no aumento na pressão arterial em repouso em indivíduos saudáveis (BIK, et.al, 2010; SEGATA, et.al 2012; KAPIL,et.al,2013).

O nitrato inorgânico, cuja fonte principal é encontrada em vegetais, ao ser ingerido, é primariamente absorvido pela porção superior do intestino delgado; circulante no sangue, se mistura com o nitrato formado endogenamente pela enzima óxido nítrico sintase. Então, é captado ativamente pelas glândulas salivares, e reduzido a nitrito bioativo por bactérias anaeróbicas facultativas na cavidade oral; a redução a nitrito é carregada por estas bactérias comensais, devido ao fato de os mamíferos não apresentarem enzimas nitrato redutase efetivas para a conversão (DUNCAN,1995; LUNDBERG,2004).

Após uma refeição rica em nitrato, a concentração plasmática se mantém elevada por cerca de 5 a 6 horas (LUNDBERG,2004). Grande parte da totalidade de nitrato acaba sendo excretada pela urina, porém cerca de 25% é captada pelas glândulas salivares onde a concentração de nitrato é 20% superior a concentração do plasma (SPIEGELHALDER, EISENBRAND, PREUSSMAN, 1976).

Após a geração de nitrito bioativo pelos micro-organismos comensais, há diversas rotas que possibilitarão uma redução extra a este íon para a síntese de uma nova molécula, o óxido nítrico. Esta rota secundária para a formação de óxido nítrico pode ser ativada pela hipóxia, pH ácido e reação com metaloproteínas, fornecendo ao endotélio proteção a disfunções, inflamações vasculares sob condições de estresse metabólico e inflamatório, agregação plaquetária, desta maneira irá estabilizar a pressão sanguínea (GLADWIN; SHAPIRO,2008).

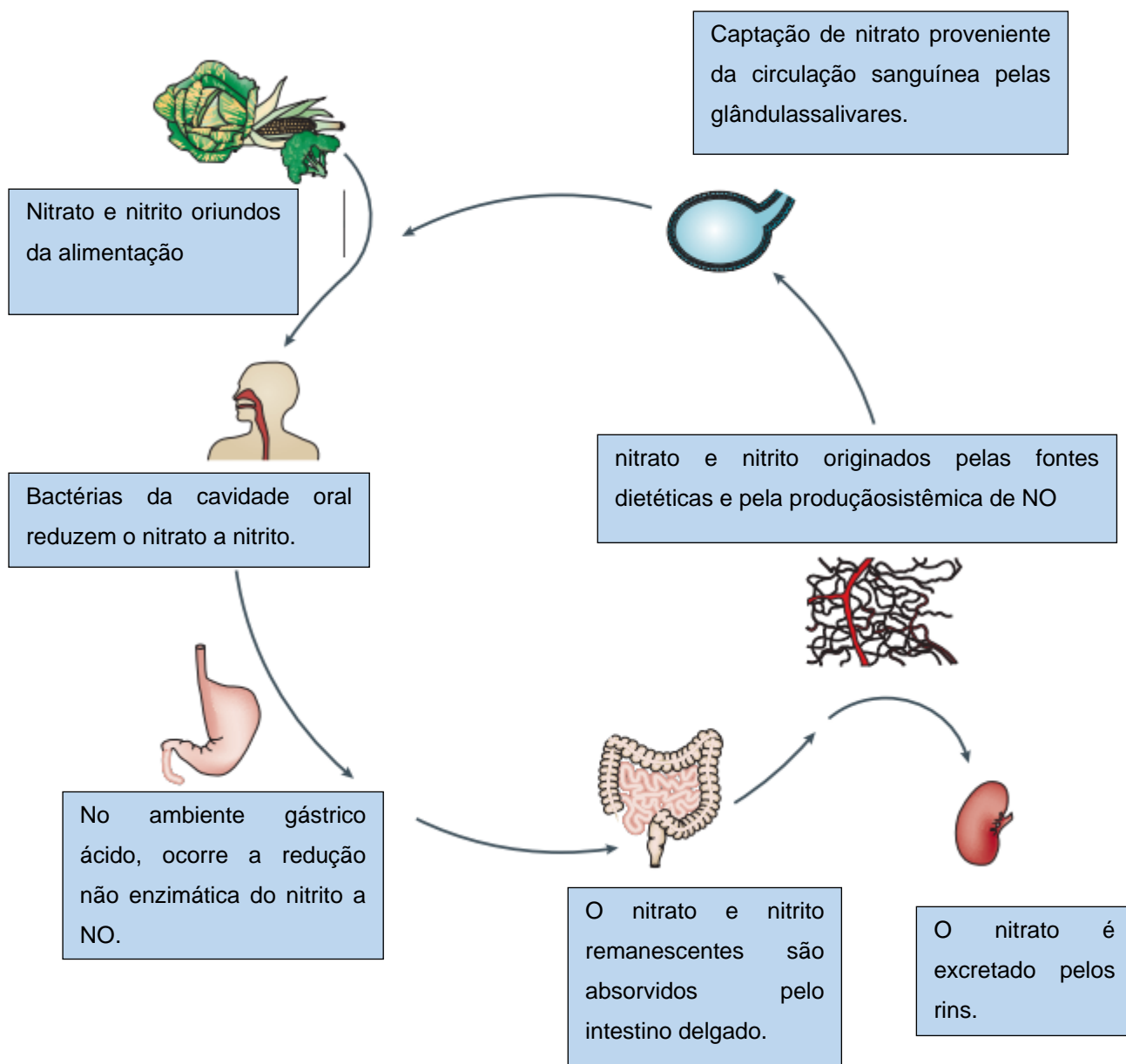


Figura 2- Circulação entero - salivar de nitrato em humanos

Fonte: LUNDBERG, et.al., 2008, p .159. Adaptado pelo autor.

A figura 2 ilustra os processos da ingestão de fonte alimentar dietética rica em nitrato e nitrito assim como sua redução nos tecidos e nos órgãos para óxido nítrico, excreção e receitação pelas glândulas salivares.

Dentro desta gama de possibilidades para a formação de óxido nítrico, apresentam-se as seguintes estruturas responsáveis pela síntese desta molécula lipofílica: proteínas, hemoglobina e mioglobina, a enzima xantina oxidoreductase e polifenóis (COSBY,2003; ZHANG, 1997; GODBER,2000).

Observa-se, que a rota nitrato - nitrito - óxido nítrico aumenta sua atividade em hipóxia. Desta maneira, as hemácias quando estão em condições fisiológicas de baixa pressão de oxigênio, há a competição entre as moléculas de nitrito e o oxigênio pelo sítio alostérico da hemácia. Devido à baixa concentração de oxigênio nos capilares, há um aumento da ligação do nitrito com a deoxihemoglobina férrica (HbFe^{2+}) gerando NO e metahemoglobina (HbFe^{3+}); o NO gerado pode-se ligar a uma segunda deoxihemoglobina e formar a hemoglobina ferro-nitrosilada ou realizar sua ação vasodilatadora (OSIPOV, BORISENKO, VLADIMIROV,2007).

A desoxigenação da hemoglobina e a necessidade de receber um próton em sua composição, faz que haja a utilização de nitrito em períodos de hipóxia. Assim sugere-se que a hemoglobina regule a ação da redução do nitrito agindo como um sensor de pH e contribuindo para o fluxo de sangue em hipóxia (COSBY,2003).

Semelhante à hemoglobina, a mioglobina também possui o papel de reduzir o nitrito a óxido nítrico. Contudo, a alta demanda metabólica da musculatura estriada esquelética e do músculo estriado cardíaco demandam uma resposta rápida para que o tecido não morra. Neste contexto, a mioglobina atua cerca de 30 vezes mais rápido na redução de nitrito à óxido nítrico do que a hemoglobina. Após a formação do NO pela mioglobina, esta molécula pode se ligar ao citocromo c oxidase da cadeia transportadora de elétrons diminuindo, assim, o fluxo iônico e o consumo de oxigênio (SHIVA, et.al 2007; LARSEN, et.al 2011). Devido à possibilidade da mioglobina em reduzir o nitrito, esta metaloproteína possui papel fundamental em modular a respiração celular, desta maneira o tecido muscular cardíaco e esquelético quando em baixa pressão parcial de oxigênio poderá recorrer ao estoque de oxigênio fornecido pela mioglobina e sua próxima associação com a organela, mitocôndria (BRUNORI,2001).

Além das metaloproteínas realizarem a redução à NO nos tecidos em hipóxia, a conversão a óxido nítrico pode ocorrer no ambiente ácido do estômago pela presença da enzima xantina oxidorreductase e dos polifenóis (MILLAR, et.al 1998).

A molécula de óxido nítrico, por possuir propriedades lipofílicas e gasosas, é facilmente difundida pela membrana celular. Desta maneira, penetra na camada endotelial e permeia para a musculatura lisa dos vasos sanguíneos. Sua interação com o grupamento heme da enzima guanilato ciclase solúvel, modifica sua estrutura tornando-a ativa. Quando ativa, esta enzima catalisará duas moléculas de fosfato da molécula de guanosina trifosfato (GTP), gerando o segundo mensageiro - guanosina

monofosfato cíclica (GMPc). O aumento súbito da concentração deste segundo mensageiro ativará no interior da célula muscular lisa a bomba de cálcio, a qual fará a captação do íon cálcio do sarcoplasma para o retículo sarcoplasmático e promoverá o relaxamento vascular de modo a aumentar o fluxo sanguíneo (DEJAM, et al, 2004; CHATTERJEE, BLACK, CATRAVAS, 2008; LUNDBERG, et al ,2008; LUNDEBERG et al, 2010).

Além da ativação da bomba de cálcio, há outros mecanismos responsáveis pela dilatação dos vasos sanguíneos resultantes da via NO/GMPc, como a inibição de IP3 (inositol trifosfato) no retículo sarcoplasmático. A inibição deste segundo mensageiro impede a difusão de cálcio para o sarcoplasma, resultando assim a formação do complexo cálcio-calmodulina, desfosforilando a cadeia leve de miosina, impedindo que haja a contração muscular (FISHER; CHIEN; NEREM,2001; DUSSE; VIEIRA, CARVALHO, 2003).

O predomínio da formação de NO resulta-se pela oxidação do aminoácido essencial, L-arginina, por três isoformas da enzima óxido nítrico sintase (NOS). Neste processo bioquímico, é crucial que haja a presença de oxigênio, na qual a oxidação será interrompida. Associada à presença de oxigênio na oxidação há a presença do dinucleótido de nicotinamida-adenina reduzido (NADPH), tetrahydrobiopterina (BH4) e outros cofactores (ZAGO; ZANESCO,2006).

A síntese de NO dá-se por estímulos físicos e químicos nas células endoteliais. Estas produzem e secretam substâncias vasoativas, a fim de que a hemodinâmica supra as demandas nutricionais e metabólicas do corpo (BOO; JO,2003). Uma variedade de estímulos químicos promovem a formação de NO, dentre elas têm-se, substâncias endógenas e exógenas. A acetilcolina, bradicina e o ATP ao se ligar a receptores específicos na célula endotelial, formam o Inositol trifosfato, este se ligará ao retículo sarcoplasmático, formando o complexo cálcio-calmodulina, ativando assim a enzima óxido nítrico sintase e por fim promovendo a vasodilatação. (ZAGO; ZANESCO,2006).

Além dos sinais químicos que provocarão a formação de NO, há a formação desta molécula devido a estímulos físicos. A pressão proveniente do sangue criará atrito com as paredes arteriais (*shear stress*), esta modificação do potencial elétrico será captada por mecanorreceptores presentes nas células endoteliais. Isso, abrirá canais iônicos, ativando a proteína G, formando segundos mensageiros e finalmente a formação de NO. (ZAGO; ZANESCO,2006; SILVER;VITTA,2006).

Vê-se, que a formação do óxido nítrico é possível por duas rotas: a) a partir da oxidação do aminoácido essencial L-arginina, na presença de oxigênio; e b) por fontes endógenas ou exógenas de nitrato, rota nitrato-nitríco-óxido nítrico, em tecidos em baixa pressão parcial de oxigênio, hipóxia, e no sangue com baixa pressão de oxigênio, hipoxemia. Estas duas rotas fornecem ao corpo humano um sistema reverberante, onde a homeostase metabólica e nutricional será mantida em níveis normais, desconsiderando-se que haja patologias no sistema cardiovascular e pulmonar (SITBON, MORRELL,2012).

4.3 Beterraba e seus Usos Terapêuticos

A partir da descrição de como o nitrato foi formado nos vegetais, sua ingestão e quais foram as etapas que levaram sua redução a óxido nítrico em hipóxia, descrever-se-ão seus benefícios quando consumido a partir da beterraba e seus efeitos no exercício físico.

A suplementação à base de nitrato inorgânico fornecida pelo suco de beterraba *in natura* é um método simples, mas crucial em elevar a concentração de óxido nítrico, melhorando a saúde dos seres-humanos (BRYAN;TANG; HORD,2009). Doenças metabólicas ou cardiovascular podem estar correlacionadas pelo deficit da ação da enzima NOS resultando na falha na produção de NO (COSTA,et al,2016). Desta maneira, a ingestão do suco de beterraba fornece a esta população a possibilidade de obter melhores resultados em práticas diárias como a caminhada ou exercício físico mais desgastantes. Além destes benefícios, a vasodilatação mediada pelo NO da fonte inorgânica de nitrato pode fornecer proteção a lesões causadas pela a esquemia em tecidos como o fígado, cérebro e rins devido à reperfusão sinalizada durante a hipóxia (WEBB,et.al 2008; LUNDEBERG, WEITZBERG; GLADWIN, 2008).

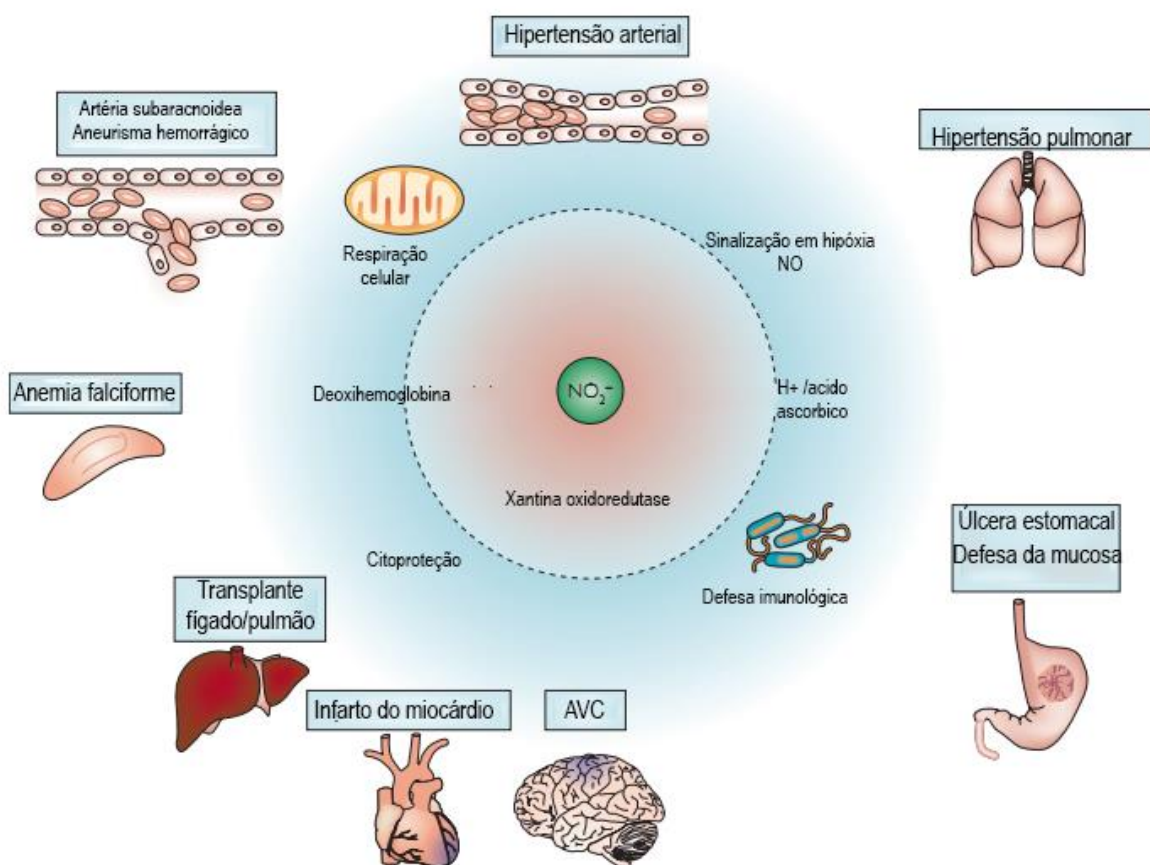


Figura 3- Nitrito Inorgânico e Suas Funções Terapêuticas

Fonte: Lundberg, 2008 p.163. Adaptado pelo autor.

O nitrito proveniente da beterraba pode ser metabolizado no sangue e nos tecidos para a formação de óxido nítrico, potente mensageiro biológico. A redução do nitrito para NO é catalizada por enzimas e rotas não enzimáticas e esta conversão é exacerbada em períodos onde há hipóxia e estresse esquêmico. Estudos em modelos animais diagnosticaram que o nitrito possui efeito protetor em lesões esquêmicas e reperfusão, e desta maneira vê-se, que o nitrito pode ser uma oportunidade para tratar derrame, infartes e auxiliar em transplantes e na anemia falciforme. O efeito vasodilatador é um forte aliado para o tratamento da hipertensão tanto pulmonar quanto sistêmica. Por fim, o nitrito é citoprotetivo e pode prevenir úlceras medicamentosas.

4.4 Metabolismo Aeróbico e a Beterraba como Recurso Ergogênico

A aptidão em consumir oxigênio é fundamental para assegurar a função metabólica das células. A atividade celular é dependente de oxigênio, pois por meio desta molécula as células obterão energia pela síntese de (ATP). A partir do metabolismo aeróbico celular, serão formado 32 ATPs. Diante da crucialidade do oxigênio para a oxigenação, nutrição e síntese de ATP, mensurar o consumo de oxigênio se torna viável para estimar a capacidade aeróbica dos indivíduos, assim como verificar se há presença de patologias no fornecimento de oxigênio aos tecidos (BEAM, ADAMS; 2011).

O consumo de oxigênio se correlaciona linearmente com a intensidade de esforço do indivíduo, taxa de trabalho, ou seja, um indivíduo em repouso, apenas necessita suprir a demanda de seu metabolismo basal, para que suas funções vitais sejam asseguradas, porém ao efetuar uma atividade diária como subir escadas ou a associação em uma atividade física, vê-se necessário, um aumento no suprimento de oxigênio para o metabolismo propiciar a geração de ATP para os tecidos em necessidade (BAILEY,2010). Embora o suprimento de oxigênio aumente com a elevação da demanda do metabolismo energético, esta elevação atinge um plato, nomeando-se consumo máximo de oxigênio.

“Apesar de haver o aumento na velocidade/esforço além deste limite, não há o aumento no consumo de oxigênio. O coração, os pulmões, a circulação e a difusão de oxigênio para as fibras musculares ativas atingiram sua máxima atividade” (HILL; LUPTON,1923,p.156).

O consumo máximo de oxigênio não depende somente da habilidade das células extraírem e de utilizarem oxigênio, mas está correlacionado com o sistema cardiovascular e pulmonar em transportar oxigênio para as células. Diante desta explanação, os fatores limitantes para o consumo de oxigênio se destacam em: ventilação pulmonar, taxa de difusão do oxigênio alveolar para o sangue, débito cardíaco, taxa do fluxo sanguíneo para os músculos e a condições de temperatura, ph e saturação de oxigênio entre os capilares do músculo para com o do tecido . Além destes fatores, o sexo, idade, genética e nível de condicionamento físico, diferenciam a capacidade aeróbica entre os indivíduos. Exemplo desta variabilidade no consumo máximo de oxigênio encontra-se destacado em pacientes com sérios

problemas cardíacos e/ou pulmonares, onde seu VO_2 pode ser menor que 20ml.kg.min , enquanto atletas de alto rendimento em exercícios, como corredores de longas distâncias e cross-country skiers podem atingir a margem de 80ml.kg. min , um maior VO_2 se relaciona em uma maior taxa de extração de oxigênio para as células permitindo que os atletas possam manter sua alta performance por mais tempo (VINCENT, et.al 2005; HAWKINGS, et.al, 2007).

A administração por um curto período de suco de Beterraba em indivíduos saudáveis e que praticavam diferentes modalidades de exercícios promoveu uma diminuição no custo do consumo de oxigênio, aumentando assim a performance física, tolerância, assim como uma maior eficiência do metabolismo aeróbico (BAILEY et al., 2009, 2010; LARSEN et al., 2007, 2011.)

A redução no custo do consumo de oxigênio causado pela administração de nitrato, ocorre sem alterações em mudanças na concentração de Lactato circulante, demonstrando uma maior eficiência no metabolismo aeróbico ou um aumento da eficiência mecânica (HINKLE, 2005).

Sabe-se que, a cadeia de fosforilação oxidativa é o passo final para a formação de ATPs no metabolismo aeróbico, por meio de carreadores de elétrons NAD e FAD, agora reduzidos à NADH e $FADH_2$, os elétrons por eles carreados serão liberados para a cadeia de citocromos, resultando por fim na passagem por um canal intermembranar chamado de ATP sintase, onde haverá a fosforilação do ADP e a formação de ATP. Os elétrons localizados na matriz mitocondrial só poderão adentrar o espaço intermembranar pelos citocromos devido à alta concentração de íons hidrogênio no espaço intermembranar. Embora grande parte dos elétrons gerem a formação de ATP, não são todos os elétrons que irão gerar ATP, alguns prótons irão se dissipar, reduzindo a relação entre Próton/oxigênio, resultando em uma menor eficácia da mitocôndria em gerar ATP.

A ingestão de uma suplementação a base de nitrato promove alteração no funcionamento da mitocôndria a níveis basais, possibilitando uma menor dissipação de elétrons e uma maior produção de ATP por oxigênio, ou seja, com um menor consumo de oxigênio será possível uma maior produção de ATP, cerca de 19% a mais quando há o consumo de nitrato (LARSEN et al, 2011).

Como descrito, a utilização de nitrato auxilia no aumento da tolerância em exercícios, devido a maior produção de ATP por oxigênio consumido; além deste fator estudos corroboram que a utilização do suco de beterraba propicia uma

redução no custo da produção de ATP promovendo uma maior eficiência contrátil e também um aumento da eficiência neuromuscular (BAILEY, et al 2010).

Após o óxido nítrico ser sintetizado a partir do nitrato, esta molécula se torna indispensável para funções hemodinâmicas e metabólicas (LARSEN et al., 2007). O relaxamento nos vasos sanguíneos, vasodilatação, promoverá um aumento da taxa de fluxo sanguíneo, aliado a esta vertente haverá um maior índice de oxigenação e captação de glicose pela musculatura, promovendo o aumento da eficiência mitocondrial, resultando em um aumento da contratilidade e relaxamento muscular (ANDRADE et al., 1998; STAMLER, MEISSNER, 2001; ERZURUM et al., 2007).

Em 2009, Bailey e colaboradores relataram que após a suplementação com suco de beterraba, 5,1mmol de nitrato, durante 6 dias consecutivos, havia um decréscimo do custo de oxigênio e que este se correlaciona com a redução do custo de ATP para a contração muscular, promovendo um aumento da geração da força muscular e a redução da degradação de fosfato creatina.

O estudo se baseou na utilização do fósforo 31-ressonância nuclear magnética, e houve uma análise não invasiva no metabolismo dos participantes da pesquisa, onde foi possível observar as mudanças na concentração de fosfato creatina, ADP e pH durante exercício de baixa e moderada atividade e se a energia gerada para o esforço físico advinha da hidrólise da fosfato -creatina, da glicólise ou da fosforilação oxidativa.

Sabe-se que, para que ocorra a contração das células musculares esqueléticas, vê-se necessário a utilização de ATP; o ATP gerado fornece energia para que haja a interação das proteínas actina e miosina (actino-miosina ATPase), para que o íon cálcio seja liberado pelo retículo sarcoplasmático, Cálcio ATPase, e por fim o ATP é necessário para que haja a despolarização do sarcoplasma. A suplementação do suco de beterraba promove a geração de NO para o organismo e este é capaz de reduzir a cinética das pontes cruzadas entre a actina e miosina, reduz a atividade da Ryodina e conseqüentemente a liberação de cálcio, inibição da atividade do cálcio ATPase (HART, DULHUNNTY, 2000; HEUNKS, et.al 2001; VINER; et al, 1996).

A beterraba por promover o aumento da biodisponibilidade de óxido nítrico influenciou diversos estudos, sendo grande parte deles voltados para o aumento da performance física associada principalmente ao metabolismo aeróbico (DOMINGUEZ et, al 2017).

A literatura fortemente indica que a suplementação a base de nitrato aumenta o tempo para a exaustão assim como a diminuição do tempo de prova durante exercícios de curta duração (<30 minutos), o que é ocasionado devido ao aumento da produção de força muscular (VANHATALO et al. 2010; LANSLEY et al.2011).

Firmando este fato estudos liderados por Lansley e colaboradores em 2011, demonstraram que a suplementação de suco de beterraba durante 6 dias (500 mL/dia, ~6.2 mmol de NO_3^-) promoveu em seres humanos a redução da pressão sistólica em repouso, do consumo de oxigênio em modalidades como a corrida e a caminhada. Além de promover uma melhora nas atividades físicas citadas, a corridas de 4 km de 16.1 km, assim como exercício no ciclo ergômetro promoveu cerca de 2.7 % de melhoria na performance física (LANSLEY et al.2011).

Vários estudos foram conduzidos baseando-se na capacidade física aeróbica, porém mesmo possuindo evidências que em fibras musculares tipo II, o óxido nítrico promove o aumento da pressão microvascular de oxigênio e a liberação de cálcio, aumentando a interação entre a actina e miosina, poucos estudos envolvendo exercícios anaeróbicos foram produzidos (FERGUSON et al., 2013)

4.5 Performance Física e Exercício Resistido

A performance física ou desempenho define-se em exercer uma atividade, com maestria, sendo crítico monitorar sua oscilação e platô em atletas ao longo de uma temporada (VIVEIROS,2011; MILOSKI, FREITAS, FILHO 2012). Desta maneira, profissionais do esporte e da saúde utilizam estes dados para formular e prescrever estratégias de treinamento físico e nutricionais para que os atletas possam maximizar sua eficácia (HOPKINS, 2000).

Caracteres físicos empregam um grande impacto em determinar o desempenho físico de um indivíduo, dentre estas características encontram-se as hereditárias, como a altura, biótipo e tipagem das fibras musculares (WEINECK,2003). Devido a diversos fatores estarem correlacionados a performance e tendo em vista que a predisposição genética é um fator intrínseco que não pode ser modulado, sugere-se como solução para o empecilho o treinamento resistido para o aumento da força muscular absoluta e relativa, melhoria da composição corporal, resistência cardiovascular, resistência muscular, flexibilidade, agilidade, equilíbrio, potência, tempo de reação e coordenação motora, suprimindo assim as

particularidades dos atletas (FLECK; FIGUEIRA JÚNIOR, 2003; BALSAMO; SIMÃO, 2007).

O exercício resistido é utilizado em múltiplas ocasiões, sendo específico para a necessidade de cada indivíduo podendo assim ser recomendado para a reabilitação, prevenção de lesões, e aumento no desempenho físico (MCCARTNEY; MCKELVIN,1996; MUJIKÁ; PADILLA,2000; LAWRENCE,2013; LITTLE; PHILLIPS,2009).

Os ingredientes para o sucesso em todas as atividades físicas, seja no esporte ou em situações mundanas requerem habilidade, força, velocidade e resistência. O objetivo do treinamento é conciliar a mistura destes ingredientes para o requerimento de um evento ou para suprir as deficiências de um atleta (JONES; RUTHERFORD; PARKER, 1988, p.233).

O treinamento resistido propicia ao músculo estriado esquelético adaptações morfológicas e funcionais, sendo que diferentes protocolos levam a diferentes resultados. Observa-se que, ao realizar exercícios com carga máxima associado com um menor tempo de recuperação entre as séries e a um menor número de repetições associa-se com o aumento da força (KANEHISA, et.al 2002; KRAEMER, et.al 2002). Enquanto isso, o aumento da resistência muscular está associado com o alto índice de repetições, menor carga e maior intervalo entre as séries (KRAEMER, et.al 2002). A adaptação recorrente do treinamento resistido varia de indivíduo para indivíduo, pois depende de fatores como, a idade, predisposição genética, tipos musculares ou de fibras, memória muscular e fatores hormonais (ROMAN et.al,1993; WEINECK,2003).

Estudos prévios que utilizaram ressonância magnética, tomografia computadorizada e ultrassom registraram que o treinamento resistido crônico correlaciona-se com o aumento seccional das fibras musculares, causadas pelo aumento da fibra muscular, hipertrofia, ou/e pelo aumento das fibras musculares, hiperplasia (FOLLAND; WILLIAMS, 2007).

Sabe-se, que as proteínas actina e miosina compõem a maior parte da composição das miofibrilas, e que estas ocupam cerca de 80% do volume das fibras musculares, desta maneira o aumento do volume ou número das fibras musculares; causados pelo exercício resistido aumentará a interação entre a actina e miosina, aumentando assim a força e massa muscular. (EISENBERG,1983).

O exercício resistido, além de gerar o aumento do volume muscular e o aumento de potência intrínseca das fibras musculares gera o aumento na taxa metabólica, densidade óssea e a redução da taxa de degradação do tecido muscular de maneira significativa, retardando o envelhecimento do tecido(MOORE et al., 2004; STIEGLER; CUNLIFFE, 2006; PHILIPS,2007; JOHNSTON; LISIO; PARISE 2008).

Vê-se que, o treinamento resistido é essencial para a manutenção do estilo de vida saudável e autônoma, pois reduz a perda muscular progressiva, deterioração dos miócitos, mais precisamente as fibras musculares estriadas esqueléticas tipo II, possibilitando usufruir da força que está presente em atividades cotidianas simples como andar, correr, subir escadas, levantar-se ou sentar-se e levantar objetos (ZHONG; CHEN; THOMPSON, 2007).

A possibilidade de adequar a sobrecarga, número de repetições, séries, periodização e biomecânica fazem do treinamento resistido fator decisivo para a implementação em todas as faixas etárias, assim como a inclusão de diferente graus de treinamento que incluem desde atletas de alto rendimento quanto praticantes esporádicos que beneficiam-se da prática apenas para a realização de exercícios cotidianos com maior facilidade (FLECK; FIGUEIRA, 2003; JOVINE et al., 2006).

Além do treinamento resistido permitir a manutenção do estilo de vida saudável este é imprescindível para a performance física em vários esportes, não somente ao fato de gerar a hipertrofia das fibras musculares, mas também está vinculada ao aumento da inervação de neurônios motores aos músculos e ao padrão sincrônico dos disparos neurais na placa neuromotora(CHESTNUT; DOCHERTY, 1999; HAKKINEN; KESKINEN, 1989; SALE, 1988; WOJTYS et al., 1996).

Utilizar-se do treinamento resistido encontra-se como a forma mais eficiente de aumentar a força e potência muscular (SUETTA; AAGAARD; ROSTED, 2004). Desta maneira é crucial entender a definição do quesito força e os tipos existentes.

4.5.1- Força Muscular

Força, quesito amplamente discutido, utilizado para fins desportivos, atividades físicas diversas e indicada como fator crucial para a promoção da saúde. Utilizar-se da força possibilita ter autonomia, individualidade, independência, pois

favorece melhorias anatômicas o que facilita desempenhar atividades corriqueiras e promove o bem-estar físico e o psicológico.

De acordo com Kisner e Colby (2005), a força muscular refere-se à possibilidade de o tecido contrátil produzir tensão, sendo o resultado de um esforço máximo e único realizado para vencer a resistência imposta. Esta tensão possibilita exercer resistência contrária a um objeto de maneira que poderá exacerbar sua aceleração assim como conter seu deslocamento e mantê-lo imóvel; estas ações são determinadas pela posição espacial em que os membros estão posicionados, pela direção vetorial no qual se aplica a força, tipo de contração muscular e pela velocidade do movimento (BADILLO; AYESTARAN, 2001). Em outras palavras, a força muscular define-se como habilidade em exercer força sobre um objeto ou resistência externa.

A força manifesta-se por três diferentes tipos de contração, sendo estas: isométrica, concêntrica e excêntrica (HAMILL; KNUTZEN, 1999). O regime de trabalho isométrico é ativado quando o músculo produz força sem que haja mudança em seu comprimento, ou seja, a articulação em que a musculatura está inserida não altera sua angulação. Já a ativação da musculatura em sua forma concêntrica, o músculo gera força a maneira em que este apresenta o encurtamento dos sarcômeros; o oposto ocorre na contração excêntrica, onde a resistência imposta ao músculo provoca o alongamento do mesmo (NEUMANN; GRIMMER; DENNADALAYAN, 2006).

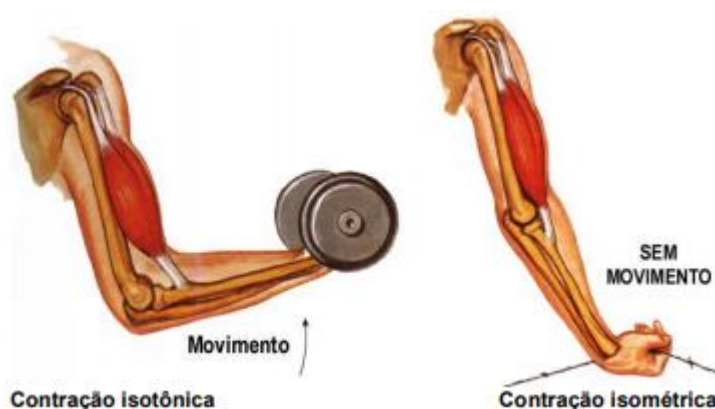


Figura 4- Contração Isotônica e Isométrica

Fonte: Disponível em:

http://www.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Fisiologia/Neuro/aula.21.contracao_muscular_esqueletica.pdf

A figura 4 demonstra os tipos de contração, sendo elas a isotônica e a isométrica. A isotônica se divide em concêntrica e excêntrica, com a mobilidade da articulação e a contração isométrica, onde não há diferença na angulação da articulação, porém a tensão é promovida.

Em esportes como, sprint, mergulho e ginástica há a necessidade de gerar uma grandiosa força contra a gravidade para que seja possível se deslocar e completar a prova frente aos outros competidores; a força também é fundamental em esportes de contato, onde há a necessidade de absorver e manipular outros indivíduos. (SUCHOMEL; NIMPFIUS; STONE, 2016).

Em atletas das modalidades, como corrida de longa distância e sprint vê-se que o treinamento de força é um requisito crítico para o desenvolvimento da potência, força muscular e velocidade (SUCHOMEL; NIMPFIUS; STONE, 2016).

Nota-se que a força muscular é fator limitante na performance física e sua implementação por meio do treinamento resistido é essencial tanto em desportos coletivos quanto individuais, pois serve como parâmetro para a prescrição e controle do treinamento dos atletas e desta maneira avaliar a evolução do desempenho em eventos desportivos (GEBRIN et al., 2005).

4.5.2 Modalidades de Força Muscular

- Força máxima

Entende-se como tensão muscular máxima que ocorre durante uma contração muscular voluntária máxima. A força máxima pode ser gerada pela ação concêntrica, excêntrica ou isométrica. Destaca-se o teste de uma repetição máxima ou 1 RM em aparelhos de musculação para avaliar a força máxima (STOPPANI, 2008).

- Força absoluta:

A força absoluta se refere à manifestação da força desconsiderando o peso do indivíduo e o tempo requerido para seu desenvolvimento (WEINECK, 1988).

De acordo com Stoppani, esta vertente da força ocorre apenas em situações extremas aonde todos os mecanismos inibitórios são removidos (STOPPANI, 2008).

- Força relativa

Refere-se a geração máxima de força, porém leva em consideração a massa corpórea do indivíduo (BOMPA, 2002). A força relativa pode ser expressa pela fórmula:

$$\text{Força Relativa} = \frac{\text{Força Absoluta,kg}}{\text{Peso do Corpo ,Kg}}$$

Tem-se que em diversas modalidades esportivas os atletas vêm se separados em categorias que levam em consideração sua massa corporal; desta maneira aqueles indivíduos que apresentarem uma maior força relativa possuem maior êxito na competição.

- Força de Resistência

Habilidade de um grupo muscular aplicar um esforço submáximo por um longo período e assim conservar indicadores de força em um bom índice. A força de resistência consta em superar a fadiga imposta pela oposição externa, exemplo: modalidades de ciclismo, artes marciais e grande número de repetições na musculação (PLATONOV,2008).

Em outras palavras a força de resistência consiste pela capacidade no sistema neuromuscular em retardar o aparecimento da fadiga (KIRKENDALL,1990).

- Força de Explosão

Define-se como, capacidade de aumentar a força contrátil de um estado de repouso ao ápice de maneira mais rápida possível. A força explosiva envolve três grandezas, sendo estas: força, distância e tempo. Podemos calcular a força explosiva pela seguinte equação, [potência = (força x distância) / tempo]. Desta maneira, a força explosiva é crucial para o desempenho de tarefas onde o tempo disponível é limitado.

A força muscular é necessária em modalidades como salto e corrida, porém possui a mesma relevância ao desempenhar o papel de estabilizar o músculo esquelético enquanto em pé, locomovendo-se ou em resposta a perturbações mecânicas que levariam a queda (FLEMING;PENDERGAST., 1991; IZQUIERDO et al., 1999; Chang et al., 2005; PIJNAPPELS et al., 2008).

Este parâmetro quantifica-se a primeiro momento a partir do início da contração muscular e durante seu desenvolvimento. A estimativa é gerada em força ou torque (TILLIN et al., 2010; HANNAH et al., 2012).

4.5.3- Nitrato e fibra muscular tipo II

A ingestão de nitrato a partir da fonte dietética beterraba resulta em um aumento da eficiência contrátil da musculatura estriada esquelética, assim como a eficácia intrínseca da organela mitocôndria em produzir ATP (BAILEY, et al., 2010; LARSEN, et al., 2011). Vê-se, que o recurso ergogênico possibilita executar exercícios de alta intensidade por um tempo maior, aumentando a tolerância nesta modalidade, devido a interação do componente nitrato ser seletivo a fibra muscular do tipo II (FERGUSON,2015).

Em pesquisa realizada por Ferguson e colaboradores, verificou-se, que a suplementação de 1mmol/kg em ratos pelo período de 5 dias, resultou no aumento do fluxo sanguíneo assim como condutância vascular em musculatura onde apresentava-se fibras do tipo II predominantemente. Concomitantemente a este estudo, Hernandez et.al 2012, demonstrou que há o aumento substancial da força de contração muscular e liberação de cálcio em fibras musculares do tipo II, não agindo nas fibras do tipo I.

Sabe-se, que durante o exercício físico vigoroso a musculatura estriada esquelética encontra-se em um ambiente onde o pH é ácido, apresenta alta concentração de lactato sanguíneo e a pressão parcial de oxigênio se encontra reduzida (COSBY,2003). A necessidade em obter ATP para a contração muscular se faz de maneira dinâmica necessitando obter energia pelo metabolismo anaeróbico. Neste ambiente dinâmico, a baixa pressão parcial de oxigênio suprime a produção de óxido nítrico pelas enzimas óxido nítrico sintase neuronal e pela enzima óxido nítrico sintase endotelial, esta inibição faz com que haja o acúmulo de

resíduos do metabolismo anaeróbico como ADP, Pi e lactato levando o indivíduo a fadiga (REID,1998; HASELER,1998; COPP et.al, 2003; VANHATALO, et., al 2010).

A administração de suco de beterraba associado ao ambiente dinâmico e de pH baixo em que as fibras musculares tipo II estão presentes resulta na facilitação da redução do componente nitrito em óxido nítrico. Esta molécula realizará a vasodilatação dos vasos sanguíneos da região aumentando o fluxo sanguíneo aos miócitos, estimulando a fosforilação oxidativa, a remoção do lactato da região e a diminuição da degradação de fosfato creatina aumentando assim a resistência a fadiga (HASELER,1998; COSBY,2003; VANHATALO, et., al 2010).

Por intermédio da pesquisa realizada por Bailey e colaboradores em 2010, notou-se que a suplementação de suco de beterraba reduz a utilização de fosfato creatina pelos músculos estriados esqueléticos e a redução do custo do consumo de oxigênio devido ao aumento da eficácia da contração muscular e sua redução na utilização de ATP. Esta melhoria ocorre devido ao fato de que a suplementação a uma dada taxa de trabalho reduz a velocidade da interação entre pontes cruzadas de actina e miosina diminuindo a necessidade de altas quantidades de ATP para que a contração muscular ocorra (BAILEY et.al, 2010).

A pesquisa conduzida por Bailey e colegas tornou-se destaque e diversos pesquisadores procuraram descrever os mecanismos pelos quais havia a redução da velocidade da interação da actina e miosina.

Heunks e colaboradores, por meio de análises, investigaram a correlação entre diferentes concentrações de Cálcio (Ca^{2+}) e a produção de força máxima e metade da força máxima. Esta pesquisa demonstra que a molécula de cálcio é crítica para que seja gerado força máxima em uma contração muscular. Porém ao associar o óxido nítrico na contração muscular havia efeitos na contratilidade e na geração de força. O óxido nítrico gerado através da rota nitrato-nitrito-óxido nítrico, é responsável pelo enfraquecimento da interação entre o cálcio e a actina. A redução da sensibilidade do cálcio diminui a interação da cinética entre as pontes (HEUNKS, et.al 2001).

4.5.4 Exercício resistido e metabolismo anaeróbico

O exercício resistido caracteriza-se por uma atividade física em elevada intensidade, realizada em um breve espaço de tempo, possuindo o intuito de sobrecarregar a musculatura acionada (ETO et.al,2006).

Tendo em vista, a atividade vigorosa imposta a musculatura estriada esquelética, há a necessidade que este tecido seja suprido momentaneamente por substratos energéticos para que a contração muscular seja eficaz e contínua ao longo do exercício físico proposto ao atleta (BEAM; ADAMS,2011).

De acordo com a perspectiva bioenergética têm-se que o exercício e a aptidão física se baseiam na via metabólica predominante em produzir o ATP. Levando em consideração as características que se enquadram o exercício resistido, o metabolismo anaeróbico apresenta-se como a principal via de produção energética para assegurar rápida produção de ATP, porém em baixa concentração.

A resistência externa imposta ao músculo e a necessidade de vencer a sobrecarga aciona o recrutamento de fibras do tipo II, conhecidas por sua contração rápida e seu caráter glicolítico (GODIN, et.al,2010).

As fibras do tipo II possuem caráter anaeróbico devido a reduzida quantidade de mitocôndrias, mioglobina e capilares em sua composição. Desta maneira, a suprimento de energia destas fibras é proveniente da glicose plasmática, do glicogênio e da glicólise (COYLE,2000).

O metabolismo anaeróbico pode ser dividido em duas fases distintas, porém complementares, alática e lática.

A fase alática, ou sistema energético do fosfagênio, proporciona a ressíntese de ATP em curto período, esta via é capaz de suprir a demanda metabólica por um período de até 15 segundo, seguido de exercício de grande potência muscular. Esta fase consta em utilizar as reservas de ATP presentes no músculo, assim como a ressíntese de ATP pela creatina-fosfato sem produzir lactato (BROOKS; FAHEY; BALDWIN,2005).

A fase lática, ou sistema glicolítico, predomina em atividades que durem entre 30 a 60 segundos. A produção de ATP ocorre no citosol da célula e gera como subproduto o lactato (MEDBO et.al,1998).

Estimar a concentração de lactato plasmático fornece parâmetro para a resposta metabólica fornecida por diferentes protocolos de treinamento de resistência (BUITRAGO, et al 2012, LACERDA, et al 2016). Estudos vem correlacionando a alta concentração de lactato sanguíneo com o aumento no recrutamento de unidades motoras de contração rápida assim como a resposta hipertrófica (GLADDEN,2004; WATANABE, et.al 2014).

Em estudos conduzidos por Hunter e colaboradores verificou que protocolo com duração de ação muscular concêntrica de 2 segundos e excêntrico de 3s, a concentração de lactato foi aproximadamente duas vezes maior em relação ao treinamento super lento, com ação concêntrica de 10s e excêntrica de 5s (HUNTER; SEELHORST; SNYDER,2003).

A concentração de lactato plasmático imediatamente após e 15 minutos posterior ao exercício concêntrico foi maior quando comparado ao exercício que utilizou ação excêntrica. Este resultado sugere que um protocolo com durações mais longas de ação concêntrica poderia resultar em maiores concentrações de lactato, já que a duração total da repetição levaria ação muscular mais longa (DURANT, et al, 2003).

O lactato apresenta-se como um biomarcador de intensidade, assim como de fadiga em exercícios de resistência, um dos fatores que asseguram a viabilidade de utilizar este subproduto como marcador deve-se ao fato de que a concentração de lactato plasmático não se altera com a idade, não apresenta variações entre gêneros e não varia de acordo com o nível de atividade dos sujeitos. Têm se que o aumento da taxa de trabalho aumenta exponencialmente a concentração de lactato, sugerindo que a concentração plasmática do subproduto é intrínseca a intensidade da atividade física executada (SIEGEL, et.al 2008).

4.5.5 O cortisol como biomarcador

O sistema endócrino tem papel fundamental na manutenção da homeostase e na realização da integração corpórea. Os hormônios produzidos pelas glândulas neste sistema associam-se ao sistema nervoso central e controlam o funcionamento da maioria das funções fisiológicas (OBMINSKI Z, STUPNICKI,1997).

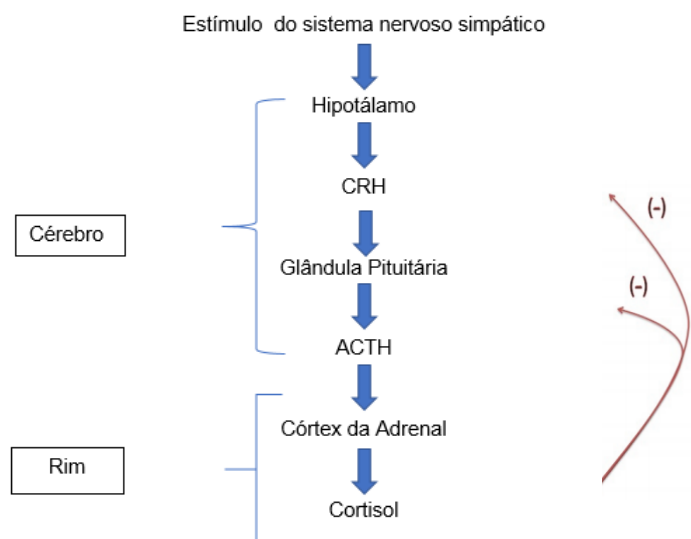
Diante do perfil de alguns hormônios correlacionados ao processo de hipertrofia muscular, inúmeros estudos foram publicados nas últimas duas décadas com o objetivo de analisar o perfil hormonal antes, durante e após os exercícios resistidos (SILVA JUNIOR, 2012).

A partir de análises hormonais, verificou-se que hormônios anabólicos, como a testosterona e catabólicos como o cortisol apresentam-se como indicadores válidos para mensurar a intensidade e a carga de trabalho associados aos exercícios de resistência (OBMINSKI Z, STUPNICKI,1997).

Embora haja protocolos específicos e individualizados para cada atleta no momento da execução de programas de exercícios de resistência com o intuito de aumentar o desempenho dos atletas, nota-se que é essencial monitorar a intensidade de treinamento, pois ao exceder o limite fisiológico, *over training*, prejudicará seu desempenho (AGHA-ALINEJAD ET AL, 2013).

Desta maneira, tem-se que o hormônio glicocorticoide, cortisol, possui caráter catabólico, é sintetizado a partir da estimulação do córtex adrenal pelo hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) em resposta a estressores psicológicos e fisiológicos, incluindo pressões sociais, temperaturas extremas e exercícios físicos. Esse hormônio apresenta-se como um marcador de intensidade e tem efeito significativo no metabolismo de proteínas e de lipídeos, estimulando a gliconeogênese hepática e a mobilização de substratos neoglicogênicos aos tecidos para a obtenção de energia. (MCMURRAY E HACKNEY, 2005).

Os glicocorticoides são cruciais para a proteção do organismo contra a hipoglicemia e aos danos excessivos do sistema imune frente aos danos musculares causados pelo exercício físico (SPRENGER, et.al 1992).



Fonte: imagem adaptada pelo autor, artigo MCMURRAY R.G, HACKNEY A.C. Interactions of metabolic hormones, adipose tissue and exercise. **Sports Med**,v.35,n.5,p. 393-412, 2005.

Figura 5- ilustra a síntese de cortisol. O hipotálamo por meio de estímulos internos e externos produz o fator de liberação de corticotropina (CRH) estimulando a glândula hipofise a produzir o hormônio adrenocorticotrófico e este percorre a corrente sanguínea em encontro a glândula adrenal aonde será sintetizado o hormônio cortisol. Nota-se que, o cortisol sintetizado fornece um *feedback* negativo ao eixo para reduzir sua síntese.

5.METODOLOGIA

5.1 Participantes

O estudo constou com a participação de 27 homens saudáveis com experiência mínima de seis meses de prática de treinamento resistido no mínimo três vezes por semana. Os sujeitos foram divididos em dois momentos na pesquisa.

A primeira etapa, 14 indivíduos ($25,0 \pm 4,6$ anos; $77,1 \pm 13,0$ kg; $1,75 \pm 0,6$ m) realizaram coletas para a mensuração de metabólitos de NO. A segunda etapa constou com a participação de 13 indivíduos ($22,2 \pm 3,2$ anos; $75,3 \pm 7,8$ kg; $1,74 \pm 0,4$ m) para analisar a força de resistência nos exercícios de supino vertical e cadeira extensora.

A divulgação do estudo ocorreu na Universidade Estadual de Londrina e em uma academia da cidade. Foram considerados como critérios de inclusão: sexo masculino, não fumantes e índice de massa corporal inferior a 30 kg.m^2 .

Como critérios de exclusão, foram considerados: usuários de cafeína pura, esteroides anabólicos, *energy drinks*, fármacos e/ou substâncias ergogênicas; diagnóstico de comprometimento cardiovascular, respiratório, metabólico, infectocontagioso, ósseo, articular, muscular, neurológico, neoplásico, psiquiátrico e psicológico/emocional/comportamental.

A amostra selecionada para participar do estudo foi instruída para chegar ao laboratório descansada, evitando exercícios extenuantes ou atividade física de lazer 24h antes ao teste; estar hidratado e consumir alimentos leves 2h antes do procedimento; evitar o uso de bebidas alcoólicas, cafeína e enxaguante bucal e goma de mascar durante o período de 48h previamente ao teste.

Os sujeitos foram instruídos sobre o protocolo e procedimento do estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido para participar da pesquisa. O estudo foi avaliado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina CAAE 61110316.8.0000.5231, parecer 1838985.

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O estudo foi conduzido em duas etapas.

Primeira Etapa: mensuração de metabólitos de NO

As beterrabas utilizadas no estudo foram selecionadas de um mesmo lote de produção e armazenadas em um refrigerador. Inicialmente, houve uma análise bioquímica no lote para a dosagem de nitrato. Foram utilizados 500 ml de suco de beterraba pura para a análise e foi constatado que nesta concentração existia 1.504 mg/16 mmol de nitrato. Nesse sentido, essa etapa foi conduzida para verificar o efeito da ingestão de 500 ml de suco de beterraba em relação aos ânions circulantes de NO₃⁻, NO₂⁻.

Quatorze sujeitos tiveram o sangue coletado antes da ingestão do suco de beterraba e 1h (oito sujeitos) e 2h (seis sujeitos) após a ingestão. As amostras de sangue foram colhidas na região antecubital e colocadas em tubos contendo EDTA como anticoagulante. Após centrifugação à 3.000 rpm por 5 minutos, o plasma foi separado e armazenado em freezer à -70°C até a realização do exame. A concentração de metabólitos de NO foram determinados a partir da quantificação NO₂⁻ e NO₃⁻ utilizando previamente grânulos de cádmio para a redução do nitrato a nitrito. Posteriormente foram determinadas as concentrações desses metabólitos de acordo com o método de *Griess*.

Segunda etapa: exercícios resistidos e dosagem hormonal

A segunda etapa da pesquisa teve como objetivo analisar a força de resistência, assim como a dosagem de lactato e do hormônio cortisol antes e após os exercícios de supino vertical e cadeira extensora. Um tamanho amostral de 10 sujeitos foi calculado considerando 0,80 como potência estatística e assumindo uma mínima diferença detectada de 2,5 repetições com desvio padrão de 1,3 entre o desempenho após a ingestão do suco de beterraba e o placebo. Os cálculos dos tamanhos dos efeitos foram feitos a partir dos η^2 para ANOVA. Contudo, essa etapa foi realizada com a participação de 13 indivíduos.

Seguindo um delineamento aleatório, *cross-over* e duplo cego, a coleta de dados foi realizada em três dias não consecutivos (intervalo mínimo de 7 dias). No primeiro dia, foram conduzidos esclarecimentos sobre a pesquisa com a assinatura do termo de consentimento e realizadas medidas antropométricas (peso e altura) e testes de 1RM nos exercícios supino e cadeira extensora. No segundo e no terceiro dia de coleta, os sujeitos foram aleatoriamente divididos para ingerir suco de beterraba ou placebo. Após 60 min da ingestão de cada substância, foi realizada uma coleta sanguínea para registro basal de cortisol e lactato. Após a coleta sanguínea, os sujeitos realizaram três séries até a falha concêntrica com 70% 1RM nos exercício supino vertical e extensão de joelhos na cadeira extensora. O intervalo entre séries de cada exercício foi de três minutos e de cinco minutos entre os exercícios. Três minutos após o final dos exercícios, houve uma nova coleta sanguínea para mensurar cortisol e lactato.

5.3 Medidas antropométricas

Foram efetuadas as medidas antropométricas relacionadas a massa corporal e a estatura dos participantes da pesquisa.

Para a avaliação da massa corporal foi utilizado a balança digital (*Omron* HBF-514C, Illinois, EUA) com a capacidade de até 150 Kg. Os indivíduos se posicionaram sobre a plataforma com os pés afastados à largura do quadril, em posição ortostática e ereta posicionando os braços lateralmente ao corpo. Todos os participantes da pesquisa utilizavam trajes leves, sendo shorts e camiseta.

Para a mensuração da estatura utilizou-se uma fita métrica como estadiômetro, aonde foi medido a distância do ponto mais alto da cabeça até a planta dos pés, com a cabeça orientada no plano de Frankfurt.

5.4 Teste de uma repetição máxima (1 RM) e execução dos exercícios

Os testes de 1RM foram iniciados após um aquecimento com carga subjetivamente leve. O aquecimento foi realizado no próprio aparelho, constando de uma única série de 15 a 20 repetições. Após o aquecimento, os sujeitos tiveram até 5 tentativas para a obtenção da maior carga que permitisse apenas a realização de uma única e correta repetição. O intervalo entre as tentativas foi de até cinco minutos.

A ordem dos exercícios foi padronizada, iniciando-se no aparelho de supino vertical e, após 5 minutos, na cadeira extensora

Para padronização dos movimentos, o exercício supino vertical foi executado em máquina *hammer* (Technogym, Roma, Itália) com sobrecarga incrementada por meio de anilhas. O exercício foi iniciado com o sujeito sentado com o tronco encostado no banco, joelhos flexionados e pés apoiados no chão. Na parte superior do corpo, cotovelos flexionados, ombros abduzidos e a pegada nos puxadores relativamente maior que o alinhamento dos ombros. A fase concêntrica foi caracterizada pela extensão total dos cotovelos e flexão horizontal dos ombros.

O exercício extensão de joelhos foi realizado em máquina específica (Technogym, Roma, Itália) com sobrecarga incrementada por placas. Os participantes sentaram com as costas apoiadas ao banco do exercício, com os quadris, joelhos e tornozelos flexionados a aproximadamente 90° e com as mãos fixas no apoio específico da máquina. O exercício foi iniciado pelo movimento concêntrico, caracterizado pela extensão total e unilateral do joelho dominante.

As Figuras 6 a e 6 b ilustram os movimentos nos exercícios supino e cadeira extensora, respectivamente.



Figura 6 a – Posição inicial do exercício



Figura 6 b – Posição final exercício



Figura 7 a – Posição inicial



Figura7 b –Posição final

5.5 Ingestão do Suco de Beterraba

Foi utilizada a dose de 16,1 mmol de nitrato (500 ml de suco) por indivíduo 1h a priori dos testes. Previamente ao preparo do suco, as beterrabas foram higienizadas com água, sabão líquido neutro e uma escova macia. Após a limpeza inicial, as beterrabas foram descascadas manualmente e centrifugadas em um processador de alimentos para a retirada do suco coado.

5.6 Ingestão do Placebo

O placebo foi constituído de maltodextrina sabor açaí para equalizar a quantidade calórica do suco de beterraba e 480 ml de água. Para aromatizar, dar consistência e coloração ao placebo, foi reduzida uma pequena porção de 20ml de suco de beterraba contendo 2 mmol de nitrato.

Nos dias dos testes, tanto o suco quanto o placebo foram entregues aos participantes em garrafas descartáveis.

5.7 Coleta de Lactato Sanguíneo

Houve a assepsia no lobo da orelha e em seguida sua perfuração com lancetas descartáveis. Retirou-se, cerca de 25 µl de sangue arterial e postos em capilares heparinizados e assim movidos para tubos do tipo *Eppendorff* com 50µl de fluoreto de sódio a 1% para uma futura análise.

Utilizou-se o kit Labtest® ref.138, Lagoa Santa - MG, sistema enzimático para a determinação quantitativa do lactato em plasma.

5.8 Coleta de Cortisol

As amostras de sangue venoso foram coletadas da região antecubital antes do exercício e imediatamente após o exercício. Essas amostras de sangue foram coletadas enquanto os sujeitos estavam sentados confortavelmente em uma cadeira e durante a coleta os participantes mantiveram o braço estendido no apoio da cadeira.

O tubo ao qual o sangue foi armazenado, contém EDTA, e logo após a coleta este foi centrifugado por 10 minutos a 3.500 rotações por minuto para obter amostras de soro e plasma, e as amostras foram armazenadas no freezer a -80 °C até a análise.

6. Análise Estatística

Utilizou-se o teste de Shapiro Wilk para observar a distribuição dos dados e a esfericidade de Mauchly para verificar a homogeneidade das variâncias.

Para a análise dos metabólitos de óxido nítrico, onde foi estudado o período basal, período após uma e duas horas da ingestão de suco de beterraba, a distribuição atendeu a curva gaussiana. Desta maneira, optou-se em utilizar o teste estatístico *ANOVA one- way*.

A ANOVA para medidas repetidas fora utilizada para comparar o número de repetições entre as séries nos exercícios, assim como as variáveis fisiológicas, lactato e cortisol.

O número total de repetições nos exercícios supino vertical e cadeira extensora assim como a soma total na sessão foram analisadas pelo teste T pareado.

Foi utilizado o software SPSS versão 25.0 para a análise dos dados e adotou-se o nível de significância de 0,05.

7. RESULTADOS

Primeira etapa

A primeira etapa da pesquisa contou com a participação de 14 indivíduos e teve por intuito analisar a concentração de metabólitos de óxido nítrico, sendo estes nitrato e nitrito, após a ingestão de suco de beterraba. Desta maneira, a figura 1 ilustra o perfil de metabólitos de NO em seu período basal e após 1h e 2h a ingestão de suco de beterraba.

Têm-se que o primeiro grupo em seu período basal apresenta a concentração de metabólitos de NO igual a $15,54 \pm 4,24$ mmol/L. Após 1h da ingestão de suco, a concentração foi de $141,06 \pm 40,49$ mmol/L ($P < 0,01$). O segundo grupo em seu período basal apresentou a concentração de NO igual a $13,34 \pm 4,94$ mmol/L e 2h após a ingestão do suco foi de $152,67 \pm 32,33$ mmol/L ($P < 0,01$). Não foi identificada diferença significativa entre as medidas de 1h e 2h após a ingestão do suco de beterraba ($p = 1,0$). Nota-se que, nas figuras 1(a) e 1(b) todos os sujeitos foram responsivos ao suco de beterraba e estes apresentaram um aumento expressivo na concentração de metabólitos de óxido nítrico.

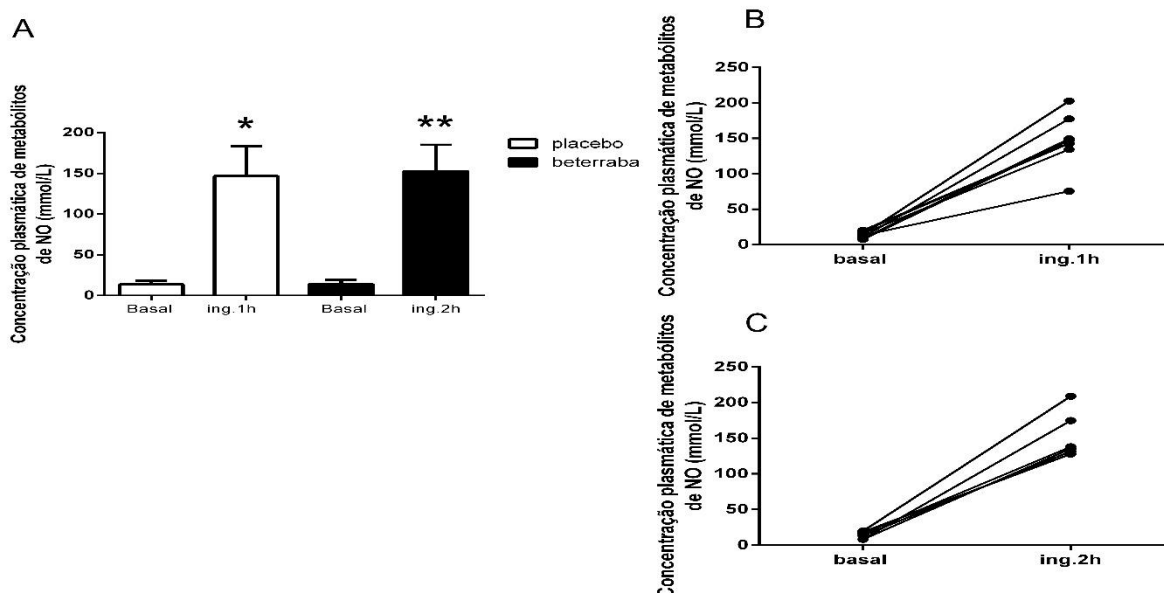


Figura 1- Concentração plasmática de metabólitos de NO ao decorrer de 1h e 2h a ingestão do suco de beterraba.

(A) Após a utilização do método de *Griess* foi possível analisar a concentração plasmática de metabólitos de óxido nítrico nos indivíduos pertencentes ao grupo 1 e ao grupo 2, no período basal e após 1 e 2 horas a ingestão do suco de beterraba, nota-se que ocorreu um aumento significativo na concentração de metabólitos de óxido nítrico após a ingestão de suco de beterraba.

(B) Ilustra o perfil individual de cada participante da pesquisa antes e após 1h a ingestão de suco de beterraba.

(C) Ilustra o perfil individual de cada participante da pesquisa antes e após 2h a ingestão de suco de beterraba.

Segunda etapa

A segunda etapa da pesquisa contou com a participação de 13 indivíduos. Desta maneira, observa-se a Tabela 1 que apresenta as características gerais da amostra.

Tabela 1. Características gerais da amostra

Por meio desta tabela caracteriza-se a amostra quanto a parâmetros antropométricos e as médias e desvio padrão em relação ao teste de 1 RM e 70% de 1 RM nos exercícios supino vertical e cadeira extensora.

	N=13
Idade (anos)	24±5
Peso (kg)	74,70 ±9,12
Estatura (m)	1,74±0,49
1RM supino	97,72 ±24,84
70% 1RM supino	68,40 ±17,38
1RM cadeira extensora	70,45±12,69
70% 1RM cadeira extensora	49,77±8,80

A Tabela 2 mostra o número de repetições realizadas nos exercícios supino vertical e cadeira extensora após 1h a ingestão do placebo ou de suco de beterraba *in natura*. A ingestão aguda de suco de beterraba apresentou efeito positivo e significativo quando relacionado ao número total de repetições executadas nos exercícios supino vertical (P= 0,03) e cadeira extensora (P<0,01). Não foram identificadas diferenças significativas em cada uma das séries após a utilização aguda do suco de beterraba nos exercícios supino vertical e cadeira extensora.

Tabela 2. Quantidade de repetições entre séries após a ingestão de suco de beterraba ou placebo.

	Supino		Cadeira extensora	
	Placebo	Suco	Placebo	Suco
1ª série	11,0± 2,1a	12,5±1,8a	10,1±2,3a	12,1±2,8a
2ª série	7,9±1,6b	8,5±1,9b	7,9±2,3b	10,0±2,5b
3ª série	5,4±1,3	6,1±1,4	5,9±1,9	7,5±2,1
Total	24,3±2,8	26±3,1*	23,9±2,7	29,6±3,1*

Legenda: a=diferença significativa intragrupo para a 2ª e 3ª série; b=diferença significativa intragrupo para a 3ª série; * diferença significativa intergrupo para o total de repetições realizadas.

A Figura 2 apresenta as concentrações plasmáticas de lactato pré e pós-exercício resistido. Nota-se que, não houve diferença significativa nas concentrações de lactato previamente ao exercício nas condições placebo e suco de beterraba ($1,41 \pm 0,30 \text{ mmol/L}$) e ($1,65 \pm 0,20 \text{ mmol/L}$), $P=0,5$. A mesma constatação foi verificada após os exercícios resistidos, não houve significância na concentração de lactato entre o placebo ($6,79 \pm 0,32 \text{ mmol/L}$) e de suco de beterraba ($6,88 \pm 2,09 \text{ mmol/L}$), $P=1,0$. Em ambas condições, após o término da sessão, houve um aumento significativo na concentração de lactato plasmático ($P < 0,01$) quando comparado ao início da sessão.

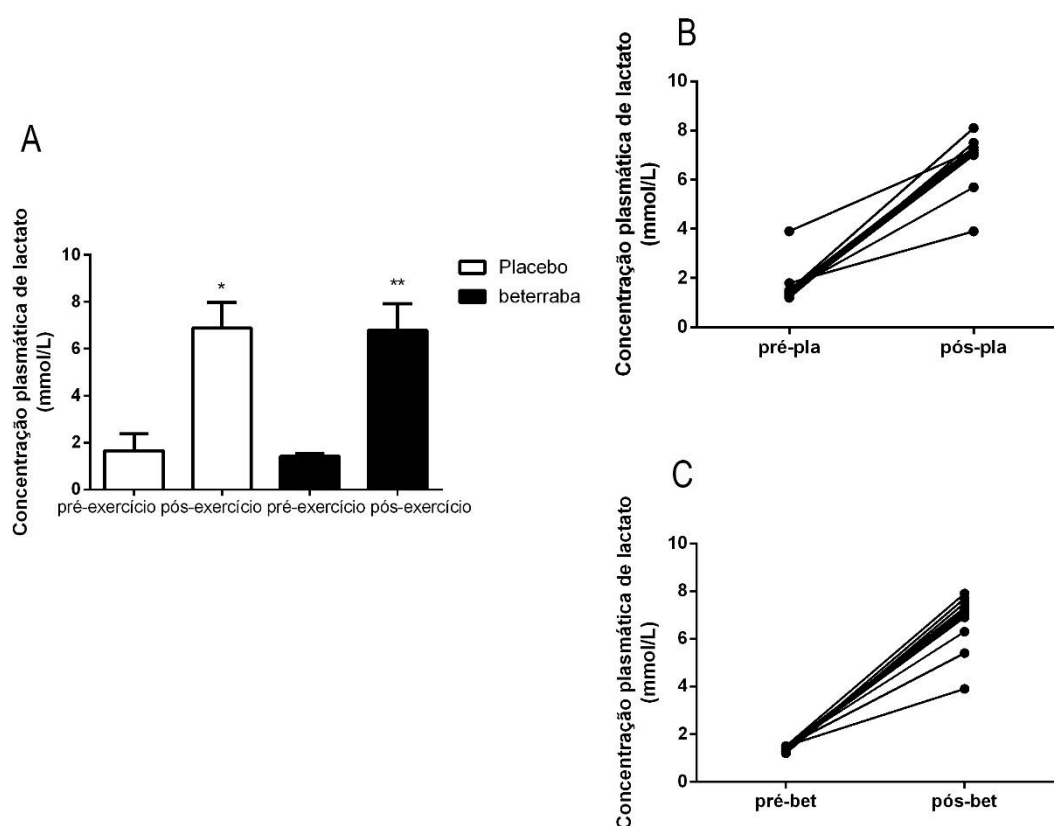


Figura 2- A ingestão aguda de suco de beterraba e a concentração de lactato plasmático pré e pós exercício.

(A) Uma hora após a ingestão de suco de beterraba houve uma coleta sanguínea por punção do lóbulo da orelha para estimar a concentração de lactato no período pré- exercício. Três minutos após o término da sessão houve uma nova punção para a análise da concentração de lactato pós-exercício. *indica a diferença significativa nas concentrações de lactato entre o momento pré e pós exercício utilizando o placebo, enquanto ** representa a diferença significativa de lactato pré e pós exercício ingerindo o suco de beterraba.

(B) Concentração de lactato plasmático individual após 1 hora a ingestão do placebo.

(C) Concentração de lactato plasmático individual após 1 hora a ingestão do de suco de beterraba

Figura 3 apresenta as concentrações plasmáticas de cortisol pré e pós-exercício resistido. Nota-se que, a concentração de cortisol pré-exercício ($5,51 \pm 1,45 \text{ mmol/L}$) e pós-exercício ($7,28 \pm 1,10 \text{ mmol/L}$) elevou-se significativamente ao término da sessão ($P < 0,02$), com a ingestão do placebo. O mesmo foi constatado após a ingestão de suco de beterraba, no período pré-exercício ($5,06 \pm 1,60 \text{ mmol/L}$) e pós-exercício ($7,27 \pm 1,60 \text{ mmol/L}$), ($P < 0,01$). Não foram observadas diferenças na concentração plasmática de cortisol ao término da sessão entre as condições placebo e suco de beterraba ($P = 1,0$).

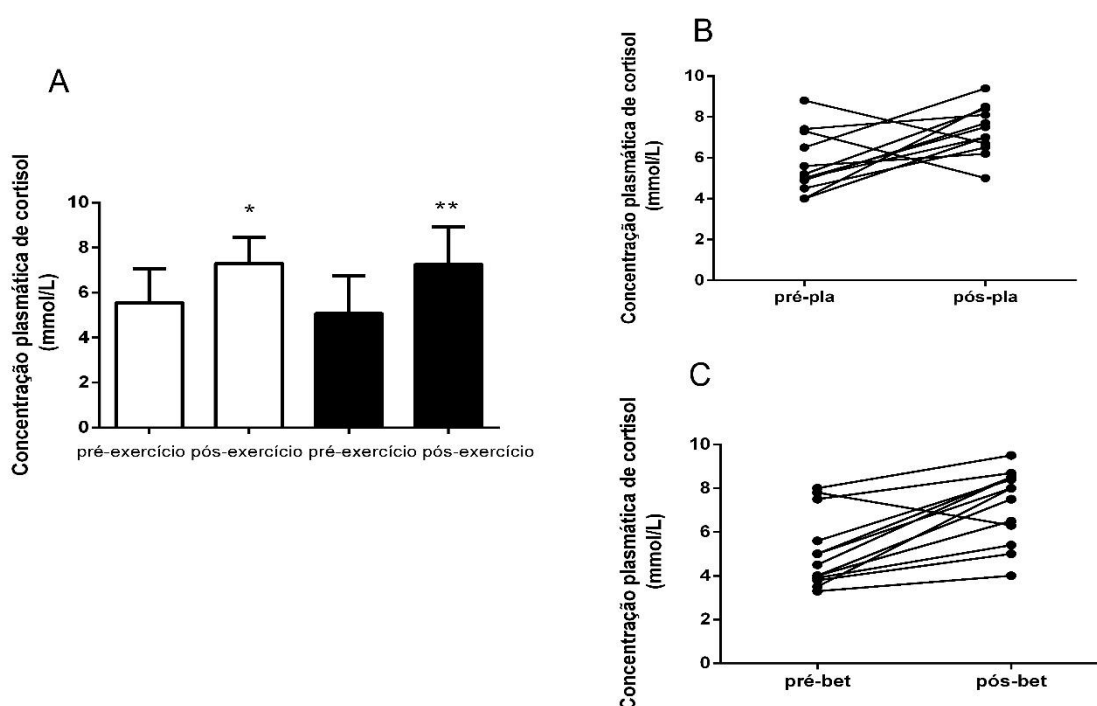


Figura 3 – Ingestão aguda de suco de beterraba e a concentração plasmática de cortisol antes e após o exercício resistido.

- (A) Uma hora após a ingestão de suco de beterraba houve a coleta sanguínea na região antecubital do braço para estimar a concentração do hormônio cortisol no período pré-exercício. Três minutos ao término da sessão de exercício a mesma coleta para estimar a concentração do hormônio no período pós-exercício. * representa a diferença significativa na concentração de cortisol pré e pós exercício ingerindo o placebo, enquanto **apresenta a diferença significativa na concentração de cortisol pré e pós exercício ingerindo o suco de beterraba.
- (B) Ilustra a dosagem plasmática do hormônio cortisol individual pré e pós sessão sobre a influência do placebo
- (C) Ilustra a dosagem plasmática do hormônio cortisol antes pré e pós sessão sobre a influência do suco de beterraba

8. DISCUSSÃO

O objetivo da presente pesquisa foi investigar a concentração de metabólitos de óxido nítrico após a ingestão de suco de beterraba *in natura* para assim verificar se o mesmo altera a dosagem plasmática dos íons, bem como analisar o efeito do recurso ergogênico sobre a tolerância nos exercícios resistidos, supino vertical e cadeira extensora assim como verificar as alterações no hormônio cortisol e no marcador de intensidade lactato.

Em relação à investigação da concentração de metabólitos de óxido nítrico parte-se do pressuposto de que a suplementação dietética com suco de beterraba, contendo aproximadamente 5 a 8mmol de nitrato inorgânico (NO_3), aumenta a concentração de nitrito no plasma [NO_2] e poderá influenciar positivamente nas respostas fisiológicas ao exercício. A utilização de suco de beterraba como fonte inorgânica de nitrato é relativamente nova, anteriormente as pesquisas faziam o uso de sais de nitrato de sódio e de potássio, trazendo consigo protocolos com parametros de dosagem e concentração do íon precisas, no entanto, os estudos mais recentes que utilizam o recurso ergogênico *in natura* trazem consigo o viés de protocolos heterogêneos, não definindo o tempo de espera pós-ingestão do suco, assim como a concentração do íon nitrato na dose.

Verifica-se que os protocolos existentes são heterogêneos quanto à fonte de nitrato, como as intervenções sobre o uso crônico e agudo do recurso, bem como o tempo de espera prévio ao exercício. Como exemplo de tal afirmação tem-se a meta-análise publicada em setembro de 2016 por McMahon e colaboradores utilizando a escala PEDro para assegurar a validade e confiabilidade da revisão sistemática onde estimou-se que, 76% dos estudos utilizaram como fonte de nitrato, o suco de beterraba, enquanto o restante das pesquisas fez o uso de nitrato de sódio, extrato de romã, nitrato de potássio, gel de nitrato e porções de beterraba em estado sólido. Quanto à dosagem de nitrato por dose esta variou de 4.1mmol a 19.5mmol por dia; utilizando de 70ml a 750ml, enquanto as intervenções abordaram desde o uso crônico do recurso ergogênico por 15 dias desde 30 minutos após a ingestão da bebida (MCMAHON,2016).

Diante desta heterogeneidade de protocolos em diferentes modalidades, o estudo de Wylie e colaboradores em 2016, foi o pioneiro em analisar a

farmacodinâmica e a dose-resposta do suco de beterraba nos exercícios de endurance. Utilizando um delineamento cross-over, 10 homens saudáveis ingeriram doses de 70, 140 e 280ml, contendo as respectivas concentrações de nitrato, 4.2, 8.4 e 16.8 mmol. A partir desta pesquisa foi possível estimar que a concentração plasmática dos íons nitrato e nitrito eram dependentes da dose ingerida e o tempo necessário para sair do estado basal.

Observou-se que a metodologia sobre a ingestão aguda do suco de beterraba aumenta de acordo com a dose ingerida e que o pico de nitrito ocorre em aproximadamente 2-3h. Embora haja a diferença na concentração dos íons nitrito relacionado à dose ingerida, não houve diferença na tolerância ao exercício entre a dose de 8.4mmol e da de 16.8mmol.

Embora a pesquisa de Wylie e colaboradores seja relevante para entender a farmacodinâmica e firmar protocolos válidos para a utilização aguda e crônica do recurso ergogênico, este estudo assim como a totalidade de estudos europeus fez o uso de suco de beterraba industrializado, *Beet it*, por apresentar doses com uma concentração padronizada de nitrato e a facilidade de não ter que extrair o suco da beterraba (WYLIE, et.al 2013).

Considerando o fato de que a beterraba é acessível aos brasileiros, possui altas taxas de antioxidantes e minerais que podem ser perdidos no processo de industrialização, optou-se por fazer o uso do suco *in natura* deste vegetal.

Tratando-se da ingestão de um suco *in natura* têm-se que a concentração de nitrato varia de acordo com o solo em que o vegetal foi cultivado, o fertilizante utilizado e sua irrigação, viu-se necessário dosar a concentração de nitrato no suco de beterraba para que houvesse a padronização, reprodutibilidade do estudo, assim como a verificação de que todos os integrantes da pesquisa estivessem ingerindo a mesma concentração de nitrato na dose de 500ml de suco de beterraba (PENNINGTON, 1998).

Entendendo a necessidade da mensuração do íon em questão, o presente estudo verificou que em 500 ml de suco de beterraba *in natura* continha a concentração de 16 mmol de nitrato e foi capaz de gerar a elevação da dosagem plasmática de metabólitos de óxido nítrico em cerca de 800%, atingindo seu pico após uma hora de ser ingerido. Tal elevação de metabólitos pode ser explicada pela redução de nitrato pela rota nitrato-nitrito-óxido nítrico. Têm-se que a ingestão de suco de beterraba apresenta em sua composição grandes quantidades de nitrato e

este íon ao entrar em contato com a cavidade bucal é reduzido a nitrito por bactérias anaeróbicas facultativas que utilizam o nitrato como aceptor final de elétrons em seu metabolismo (LUNDBERG,2008).

A escolha de pesquisar o suco de beterraba *in natura* em exercícios anaeróbicos partiu do pressuposto que as fibras musculares do tipo II são recrutadas em exercícios que demandam uma alta taxa metabólica exacerbando a concentração de ADP, fosfato e hidrogênio no miócito, desta maneira promovendo a fadiga (KRUSTRUP, et.al 2003; FERGUSON, et.al 2015).Os autores citados observaram que a ingestão de suplementos a base de nitrato são capazes de elevar a pressão parcial de oxigênio em fibras musculares do tipo II reduzindo a fadiga em exercícios anaeróbicos.

O consumo dietético de nitrato é uma das formas de aumentar a concentração sanguínea de nitrito de modo a favorecer a síntese de óxido nítrico resultando em vasodilatação e aumento do fluxo sanguíneo para a musculatura estriada esquelética em condições de baixa pressão de oxigênio durante o exercício de força intervalado de alta intensidade (FERGUSON, et.al 2015).

A suplementação de nitrato inorgânica fornecida pela ingestão de suco de beterraba *in natura* demonstrou que sua ingestão propicia o aumento da eficiência contrátil,ou seja, há o aumento da força de contração muscular e a redução da depletação de fosfocreatina, resultando em uma maior capacidade de trabalho ao indivíduo que faz uso do recurso ergogênico (BAILEY et.al,2010).

A presente pesquisa ao associar a ingestão de suco de beterraba *in natura* e seus efeitos em relação ao número total de repetições executadas em uma sessão de exercícios resistidos contendo o supino vertical e cadeira extensora, assim como a redução no número de repetições entre séries constatou que após o teste a 70% de 1RM em 3 séries até a fadiga no exercício de supino vertical e cadeira extensora apresenta um aumento significativo no número total de repetições no supino vertical e na cadeira extensora; porém não foram encontradas diferenças significativas entre o número de repetições entre as séries nos testes que envolviam os exercícios, supino vertical e da cadeira extensora.

Desta maneira, têm-se que o consumo de nitrato por meio da ingestão aguda do suco de beterraba *in natura* proporciona o aumento na tolerância ao esforço, resultando em um número maior número de repetições executadas até a falha muscular.

Outros estudos vêm demonstrando que a ingestão de suco de beterraba apresenta efeito sobre a tolerância em exercícios resistidos e fomentam a possibilidade em implementar o suco de beterraba como recurso ergogênico para tal prática.

Em uma sessão de exercícios resistidos, consistindo de exercícios de supino a uma intensidade de 60% de 1RM em três séries até a falha com intervalo de descanso de 2 minutos entre as séries foi observado que a ingestão de suco de beterraba propiciou um maior número de repetições até a falha quando comparado com o placebo (MOSHER, et.al 2016).

Bailey e colaboradores demonstraram que a ingestão de suco de beterraba promove o aumento da concentração plasmática de nitrato e este íon propicia um aumento de 25% no desempenho de exercício intermitentes em um protocolo de exercício extensor do joelho com duas pernas (BAILEY, 2009).

A resposta metabólica ao exercício resistido, em especial a produção de lactato sanguíneo é fundamental ao praticante, pois possibilita a adaptação ao treinamento, por estimular a secreção de hormônios anabólicos e o recrutamento de unidades motoras, contribuindo assim para o aumento de força e potência muscular (CREWETHER; CRONIN; KEOGH, 2006).

O lactato sanguíneo é um subproduto do sistema anaeróbico glicolítico e este está intrinsecamente correlacionado a demanda metabólica do exercício em questão, desta maneira, a intensidade e o volume do exercício influenciam diretamente na concentração de lactato ao fim da sessão (CREWETHER; CRONIN; KEOGH, 2006).

Levando em consideração a metodologia aplicada a este estudo têm-se que o metabolismo anaeróbico apresenta-se como a principal via de produção energética para assegurar rápida produção de ATP para o suprimento energético das fibras do tipo II, que possuem como característica a contração rápida e caráter glicolítico (COYLE, 2000; GODIN, et.al, 2010).

O treinamento resistido é um potente estímulo para aumentar a força e potência muscular e parte desta adaptação dá-se pela produção de lactato sanguíneo durante a sessão de exercícios, diante destas informações vê-se crucial dosar a concentração do subproduto, pois desta maneira é possível determinar a contribuição metabólica da glicólise durante o exercício (KRAEMER; RATAMESS, 2005; CREWETHER; CRONIN; KEOGH, 2006).

A fadiga periférica apresenta-se devido a falha na geração de força pelo músculo, devido ao acúmulo metabólico de subprodutos e à diminuição do acoplamento excitação-contração (BIGLAND-RITCHIE, et al. 1986). Têm-se que o lactato apresenta-se como um biomarcador de fadiga do metabolismo energético e desta maneira o estudo verificou se haveria alterações do subproduto lactato após a ingestão do suco de beterraba (GOSKER;SCHOLS, 2008).

Quanto ao lactato não foram observadas diferenças nas concentrações deste subproduto ao término dos exercícios resistidos após a utilização do suco de beterraba *in natura*. Tal constatação diverge dos estudos de Ferguson et.al (2013) onde a suplementação do suco de beterraba *in natura* eleva a síntese de óxido nítrico pela rota nitrato- nitrito-óxido nítrico aumentando a capacidade do miócito captar oxigênio do sangue elevando assim a fosforilação oxidativa e consequentemente a supressão da glicólise reduzindo a produção de lactato durante exercício de resistência (FERGUSON, et.al 2015).

As adaptações metabólicas e endócrinas observadas durante o exercício resistido devem-se a ajustes nas concentrações plasmáticas hormonais e metabólicas. Dentro de tais modificações, nota-se que o hormônio cortisol têm sua concentração plasmática elevada após uma sessão de exercícios de alta intensidade (MATSUSE et al, 2010; LEITE et al, 2011).

O hormônio cortisol é sintetizado e liberado pelas glândulas adrenais na porção cortical, em um conjunto de células denominadas de zona fasciculada (KRAEMER; RATAMESS, 2005). Embora sua secreção seja contrátil e acompanhe os ritmos circadianos estímulos como a ativação do sistema nervoso autônomo simpático e a atividade física influenciam sua secreção (KANALEY e HARTMAN, 2002).

O cortisol possui papel crucial no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas durante a realização do esforço físico. Quando este hormônio correlacionasse ao metabolismo de carboidratos este protege o corpo contra a hipoglicemia, estimulando a gliconeogênese hepática e levando ao aumento da mobilização de substratos neoglicogênicos de tecidos periféricos e a glicogenólise (AIRES,2012). Como também, estimula a ação enzimática nos adipócitos promovendo a lipólise e então o aumento da concentração de ácidos graxos livres para a o sangue e para os músculos esqueléticos ativos. Verifica-se, que o glicocorticoide em questão promove função catabólica de proteínas na musculatura

estriada esquelética, principalmente nas fibras musculares anaeróbicas e acarretando elevação na glicemia (BRAUN; HORTON, 2001).

Desta maneira, têm-se que o estresse causado pelo exercício físico demanda ao corpo a liberação do hormônio cortisol para que haja substrato suficiente para as células com alta demanda metabólica (DINNEEN, et.al 1993).

Inúmeros estudos visaram o estudo do perfil de cortisol em diferentes modelos de treinamento de força e de hipertrofia muscular, com diferentes percentuais de 1RM, duração de intervalos e exercícios resistidos executados (MCCAULLEY et.al; NUNES et al, 2011). Todavia não foi encontrado na literatura estudos que associassem o efeito do suco de beterraba agudo sob a resposta hormonal de cortisol ao fim de uma sessão de exercícios resistidos.

Sabe-se que o suco de beterraba *in natura* pode promover o aumento do fluxo sanguíneo assim como uma maior distribuição e captação de glicose pela musculatura estriada esquelética (DOMINGUEZ, et.al 2017). Com vistas a esse estudo fora hipotetizado que a ingestão de suco de beterraba elevaria o fluxo de nutrientes a musculatura devido a vasodilatação e ao alto valor calórico do suco, porém a pesquisa não confirmou a hipótese e verificou que a ingestão aguda de suco de beterraba não apresenta alterações na concentração plasmática de cortisol.

CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa indicam que a ingestão aguda de suco de beterraba *in natura* eleva a concentração de metabólitos de óxido nítrico após 1 e 2 horas, assim como aumenta o número de repetições totais nos exercícios de supino vertical e cadeira extensora, porém não foi verificadas alterações no número de repetições entre as séries e na concentração de lactato e de cortisol sanguíneo.

Logo, pode-se concluir que a ingestão aguda de suco de beterraba *in natura* em uma sessão de exercício resistidos possibilita a melhoria da performance física e desta maneira é fundamental a continuação da investigação sobre o tema para melhor entender os mecanismos que propiciaram tais benefícios.

REFERÊNCIAS

AGHA-ALINEJAD, et.al. Effects of Resistance Training on Serum Cortisol and Dehydroepiandrosterone Levels in Trained Young Women. **Iranian Journal of Pathology**, v.8, n.1, p.9-16,2013.

AIRES, DE MELLO MARGARIDA. **FISIOLOGIA**. Rio de Janeiro: .ed.Guanabara Koogan,2013

ANDRADE NETTO, J. F. Atividade das enzimas redutase do nitrato e glutamina sintetase em cafeeiro arábica. 2005. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2005.

AVELINO, R. A. Publicações nacionais da avaliação da força muscular no período de 2000 a 2010: estudo exploratório. [s.l.] UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA, 2011.

BADILLO, J. J. G., AYESTARÁN, E. G., **Fundamentos do treinamento de força: aplicação ao alto rendimento desportivo**. Porto Alegre: Artmed, 2001, 284 p.

BAILEY, S. J. et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 4, p. 1144–1155, 2009.

BAILEY, S. J. et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 109, p. 135–148, 2010.

BALSAMO, S.; SIMÃO, R. **Treinamento de força: para osteoporose, fibromialgia, diabetes tipo 2, artrite reumatóide e envelhecimento**. 2.ed. São Paulo: Phorte, 2007.

BIGLAND-RITCHIE, B; FURBUSH, F; WOODS, J J. Fatigue of intermittent submaximal voluntary contractions: central and peripheral factors. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 61, n. 2, p. 421–9, ago. 1986.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: <
http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>.
 Acesso em: 28, abril de 2018.

BRAUN, B; HORTON, T. Endocrine regulation of exercise substrate utilization in women compared to men. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 29, n. 4, p. 149–54, out. 2001.

BEAM, W. C., & ADAMS, G. M. **Exercise physiology: Laboratory manual**. New York: McGraw-Hill, 2011.

BENJAMIN, N. A. Stomach NO synthesis. **Nature**, v. 368, p. 502, 1994.

BOMPA, T. O. **Periodização: Teoria e prática do treinamento**. São Paulo: Phorte editora, 2002.

BOO, Y. C.; JO, H. Flow-dependent regulation of endothelial nitric oxide synthase: role of protein kinases. **American Journal Cell Physiology**, v. 285, n. 3, p. C499–C508, 2003.

BRENNER, J.; SHEK, P.N.; ZAMECNIK, J.; SHEPARD, R.J. Stress hormones and the immunological responses to heat and exercise. **International Journal Sports of Medicine**, Stuttgart, v.19, p.130-43,1998.

BRUNORI, M. Nitric oxide, cytochrome-c oxidase and myoglobin. **Trends in Biochemical Sciences**, v. 26, n. 1, p. 21–23, 2001.

BRYAN, N. S. et al. Dietary Nitrite Restores NO Homeostasis and is Cardioprotective in eNOS Deficient Mice. **Free Radical Biology Medicine**, v. 45, n. 4, p. 468–474, 2008.

BRYAN, N. S. et al. Ingested nitrate and nitrite and stomach cancer risk: An updated review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, n. 10, p. 3646–3665, 2012.

BUITRAGO S; WIRTZ N; YUE Z; KLEINÖDER H; MESTER J. Effects of load and training modes on physiological and metabolic responses in resistance exercise. **European Journal Applied Physiology**.V.112, n.7, p.2739-48, 2012.

CHANG, S. H. J. et al. Relationship between hip abductor rate of force development and mediolateral stability in older adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 86, n. 9, p. 1843–1850, 2005.

CHATTERJEE, M. et al. Ascorbate sustains neutrophil NOS expression, catalysis, and oxidative burst. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 45, n. 8, p. 1084–1093, 2008.

CHESTNUT, J. L.; DOCHERTY, D. The Effects of 4 and 10 Repetition Maximum Weight-Training Protocols on Neuromuscular Adaptations in Untrained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 13, n. 4, p. 353–359, 1999.

CLEMENTS, W.; LEE, S.-R.; BLOOMER, R. Nitrate Ingestion: A Review of the Health and Physical Performance **Effects**. **Nutrients**, [s.l p.5224-5264. v. 6, 2014.

COOKE, M. B. et al. Journal of the International Society Creatine supplementation enhances muscle force recovery after eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals. **Biomed Central**, v. 11, p. 1–11, 2009.

COSBY, K. et al. Nitrite reduction to nitric oxide by deoxyhemoglobin vasodilates the human circulation. **Nature medicine**, v. 9, n. 12, p. 1498–1505, 2003.

COSTA, E. D. et al. Neuronal nitric oxide synthase in vascular physiology and diseases. **Frontiers in Physiology**, v. 7, n. JUN, p. 1–8, 2016.

CREWETHER, Blair; CRONIN, John; KEOGH, Justin. Acute Metabolic Responses. **Sports Medicine**, v. 36, n. 1, p. 65–78, 2006.

DALL'AGNOL, T. M. Efeitos fisiológicos agudos da associação de taurina e cafeína contida em uma bebida energética em indivíduos fisicamente ativos. [s.l.] Universidade Católica de Brasília, 2006.

DELDICQUE, L.; FRANCAUX, M. Functional food for exercise performance: Fact or foe ? **Current Opinion in Clinical Nutrition Metabolic Care** 11:774–781, v. 11, n. March, p. 1–9, 2008.

DINNEEN, S. et al. Metabolic Effects of the Nocturnal Rise in Cortisol on Carbohydrate Metabolism in Normal Humans. **Endocrine Research Unit**, v. 92, n. November, p. 2283–2290, 1993.

DOMINGUEZ, RAUL; CUENCA, EDUARDO; MATE-MUNOZ, J. L. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. **Nutrients**, v. 9, n. 43, p. 1–18, 2017.

DUKE, A.J. **Handbook of Energy Crops**. unpublished, 1983.

DUYN, M. A. S.; PIVONKA, E. Overview of the Health Benefits of Fruit and Vegetable Consumption for the Dietetics Professional. **Journal of the American Dietetic Association**, v.100,n.12,1511-21,2000.

ERZURUM, S. C. et al. Higher blood flow and circulating NO products offset high-altitude hypoxia among Tibetans. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 45, p. 17593–17598, 2007.

FAN, X. H.; LI, Y. C. Nitrogen Release from Slow-Release Fertilizers as Affected by Soil Type and Temperature. **Soil Fertility & Plant Nutrition**, v. 74, n. 5, p. 1635–1641, 2010.

FERGUSON, S. K. et al. Impact of dietary nitrate supplementation via beetroot juice on exercising muscle vascular control in rats. **Journal of Physiology**, v. 591, n. 2, p. 547–557, 2013.

FERGUSON, S. K. et al. Nitric Oxide Microvascular oxygen pressures in muscles comprised of different fiber types : Impact of dietary nitrate supplementation. **Nitric oxide**, v. 48, p. 38–43, 2015.

FERRARI, C.K.B.; TORRES, E.A.F.S. Alimentos funcionais: melhorando a nossa saúde. **Espaço para a Saúde, UEL**. Londrina, PR, v. 3, n. 2, p. 3-4. Disponível em: Acesso em: 06 fevereiro. 2018.

FERREIRA, M. D.; TIVELLI, S. W. **Cultura da beterraba: Recomendações gerais**. 3.ed. Guaxupé: COOXUPÉ, 1990. 14p.

FEWTRELL, L. Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease: A discussion. **Environmental Health Perspectives**, v. 112, n. 14, p. 1371–1374, 2004.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FLECK SJ, FIGUEIRA, JR. A. **Treinamento de força para fitness e saúde**. São paulo: ed phorte, 2003

FLEMING, B. E.; WILSON, D. R.; PENDERGAST, D. R. A portable, easily performed muscle power test and its association with falls by elderly persons. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 72, n. 11, p. 886–889, 1991.

FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The adaptations to strength training: Morphological and neurological contributions to increased strength. **Sport and Health Science**, v. 37, n. 2, 2007.

GEBRIN, M. N. et al. Relação entre força máxima e força explosiva de membros superiores e inferiores como controle do treinamento em jogadores de basquetebol. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, p. 62, 2005.

GERBER, N.; BRUNSWICK, N. Geosmin , Earthy-Smelling Substance Isolated from **Actinomycetes**. v. 13, n. 6, p. 935–938, 1965.

GEORGIEV, V. G. et al. Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit Dark Red. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 65, n. 2, p. 105–111, 2010.

GLADDEN, L. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. **Journal of Physiology**, v.558,v.1,p.5-30,2004.

GLADWIN, M. T.; KIM-SHAPIRO, D. B. Review in translational hematology The functional nitrite reductase activity of the heme-globins. **Blood Journal**, v. 112, n. 7, p. 2636–2648, 2008.

GOSKER, H. R.; SCHOLS, A. M W J. Fatigued muscles in COPD but no finishing line in sight. **European Respiratory Journal**, v. 31, n. 4, p. 693–694, abr. 2008.

GUIDO, MARCELO; LIMA, RICARDO, BENFORD, R. Efeitos de 24 Semanas de Treinamento Resistido Sobre Índices da Aptidão Aeróbia de Mulheres Idosas. **Clinica medica do exercício e do esporte**, v. 16, p. 259–263, 2010.

HAMILL J, KNUTZEN KM. **Bases biomecânicas do movimento humano**. São Paulo: Editora Manole; 1999. p. 530.

HANNAH, R. et al. Explosive neuromuscular performance of males versus females. **Experimental Physiology**, v. 97, n. 5, p. 618–629, 2012.

HART, J.D.E; DULHUNTY, A. Membrane Biology Nitric Oxide Activates or Inhibits Skeletal Muscle Ryanodine Receptors Depending on Its. **Potentials**, v. 173, n. 3, p. 227–236, 2000.

HASELER, L. J. et al. Phosphocreatine hydrolysis during submaximal exercise: the effect of F I O 2. **Journal of applied physiology**, v. 85, n. 4, p. 1457–1463, 1998.

HAWKINS, M. N.; RAVEN, P. B.; SNELL, P. G.; STRAY-GUNDERSEN, J.; LEVINE, B. D. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. **Medicine and science in sports and exercise, Madison**, v. 39, n. 1, p. 103-107, 2007.

HERNANDEZ, A. et al. Dietary nitrate increases tetanic [Ca 2 +] i and contractile force in mouse fast-twitch muscle. **The journal of Physiology**, v. 15, p. 3575–3583, 2012.

HERNANDEZ-RAMIREZ, E. A. Dietary intake of polyphenols, nitrate and nitrite and gastric cancer risk in Mexico City. **International Journal of Cancer**, v. 95, n. 4, p. 1295–1301, 2012.

HEUNKS, L. M. A. et al. Nitric oxide impairs Ca 2+ activation and slows cross-bridge cycling kinetics in skeletal muscle . **Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 5, p. 2233–2239, 2017.

HILL, A.V, LUPTON, H. Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen. **An International Journal of Medicine**, v. 16, n.62,1923.

HINKLE, P. C. P/O ratios of mitochondrial oxidative phosphorylation. **Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics**, v. 1706, n. 1–2, p. 1–11, 2005.

HIIKKINEN, K.; KESKINEN, K. L. Muscle cross-sectional area and voluntary force production characteristics in elite strength- and endurance-trained athletes and sprinters K. **European J Appl Physiol**, v. 59, n. 3, p. 215–220, 1989.

HOPKINS, W. G. Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. **Sport and Health Science**, v. 30, n. 1, p. 1–15, 2000.

HUNTER G, SEELHORST D, SNYDER S. Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. **Journal Strength Conditioning Research**, v.17, n.1, p.76-81,2003.

IKEMOTO, Y.; TERAGUCHI, M.; KOBAYASHI, Y. Plasma levels of nitrate in congenital heart disease: Comparison with healthy children. **Pediatric Cardiology**, v. 23, n. 2, p. 132–136, 2002.

IZQUIERDO M1, AGUADO X, GONZALEZ R, LÓPEZ JL, H. K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. **European Journal Applied Physiology**, v. 52, n. 41, p. 11, 1999.

JOHNSTON, A. P. W.; LISIO, M. DE; PARISE, G. SYMPOSIUM / SYMPOSIUM Resistance training, sarcopenia, and the mitochondrial theory of aging. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**, v. 33, n. 1, p. 191–195, 2008.

JONES, D. A.; RUTHERFORD, O. M.; PARKER, D. F. Physiological Changes in Skeletal Muscle as a Result of Strength Training. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, v. 74, n. 3, p. 233–256, 1989.

JOVINE, M. S.; BUCHALLA, C. M. Efeito do treinamento resistido sobre a osteoporose após a menopausa: estudo de atualização Effect of resistance training on. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 9, n. 4, p. 493–505, 2006.

KANALEY, Jill A.; HARTMAN, Mark L. *Cortisol and growth hormone responses to exercise*. **Endocrinologist**, v.12 ,n. 5, 2002.

KANESHISA, H. Effects of equivolume isometric training programs comprising medium or high resistance on muscle size and strength. **European Journal Applied Physiology**, v. 87, n. 2, p. 112–119, 2002.

KILLDAY, K. et al. Structural characterization of nitrosylhemochromogen of cooked cured meat: Implications in the meat-curing reaction. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 36, n. 5, p. 909–914, 1988.

KIRKENDALL, D. T. Mechanisms of peripheral fatigue. **Medicine and Science in Sports and Exercise, Madison**, v.22, n.4, p.444-449, 1990.

KISNER C, COLBY LA. **Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas**. 4. ed. Barueri: Manole; 2005.

KRAEMER, E. A. resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 2, p. 364–80, 2002.

KRAEMER, William J; RATAMESS, Nicholas A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports medicine**, v. 35, n. 4, p. 339–361, 2005.

Krustrup P;Mohr M; Amstrup T; Rysgaard T, Johansen J; Steensberg A; Pedersen PK; Bangsbo J The Yo–Yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. **Medicine Science Sports Exercise**, v.35, p.697–705,2003.

LACERDA, et al. Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 1, p. 251–258, 2016.

LANSLEY, K. E. et al. Acute Dietary Nitrate Supplementation Improves Cycling Time Trial Performance. **Sport and Health Science**, n. 1125, p. 1125–1131, 2011.

LARSEN, F. J. et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. **Cell Metabolism**, v. 13, n. 2, p. 149–159, 2011.

LAWRENCE, D. Acute Resistance Exercise Program Variables and Subsequent Hormonal Response. **Journal of Sports Medicine & Doping Studies**, v. 03, n. 02, p. 1–10, 2013.

LEITE, R D *et al.* Acute effect of resistance training volume on hormonal responses in trained men. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 51, n. 2, p. 322–8, jun. 2011.

LITTLE, J. P.; PHILLIPS, S. M. Resistance exercise and nutrition to counteract muscle wasting. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 34, n. 5, p. 817–828, 2009.

LUNDBERG, J. O. et al. Intra-gastric nitric oxide production in humans: measurements in expelled air. **Gut**, v. 35, n. 11, p. 1543–1546, 1994.

LUNDBERG, J. O.; WEITZBERG, E.; GLADWIN, M. T. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. **Nature Reviews Drug Discovery**, v. 7, n. 2, p. 156–167, 2008.

LARSEN FJ, WEITZBERG E, LUNDBERG JO, EKBLOM B. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. **Acta Physiology**, v.191, n.1, p. 59-66,2007.

LARSEN, F. J. et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. **Cell Metabolism**, v. 13, n. 2, p. 149–159, 2011.

MATSUSE, Hiroo *et al.* Plasma growth hormone is elevated immediately after resistance exercise with electrical stimulation and voluntary muscle contraction. **The Tohoku journal of experimental medicine**, v. 222, n. 1, p. 69–75, set. 2010.

MCARDLE WD, KATCH FI, KATCH V L.E **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**.4a ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1998.

MCCARTNEY, N., & MCKELVIE, R. S. The Role of Resistance Training in Patients with Cardiac Disease. **Journal of Cardiovascular Risk**, v. 3, n. 2, p.160–166, 1996.

MCCAULLEY, Grant O *et al.* Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. **European journal of applied physiology**, v. 105, n. 5, p. 695–704, mar. 2009.

MCCMAHON, N.; PAVEY, T. The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Endurance Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports medicine**, n. September, p. 1–39, 2016.

MCMURRAY R.G, HACKNEY A.C. Interactions of metabolic hormones, adipose tissue and exercise. **Sports Med**, v.35, n.5, p. 393-412, 2005.

MILOSKI, B.; FREITAS, V. H. DE; FILHO, M. G. B. Monitoring of the internal training load in futsal players over a season. **Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance**, v. 14, n. 6, p. 671–679, 2012.

MIRVISH, S. S. et al. Effect of ascorbic acid dose taken with a meal on nitrosoproline excretion in subjects ingesting nitrate and proline. **Nutrition and Cancer**, v. 31, n. 2, p. 106–110, 1998.

MOORE, D. R. et al. Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. **European Journal Applied Physiology**, v. 92, n. 4–5, p. 399–406, 2004.

MOSHER, Scott L *et al.* Ingestion of a Nitric Oxide Enhancing Supplement improves Resistance Exercise Performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 12, p. 3520–3524, dez. 2016.

MUJIK, I, PADILLA, S. Detraining: Loss of Training-Induced Physiological and Performance Adaptations. Part I. **Sports Medicine**, v.30. n. 2, p.79,2000.

NEUMANN, P. B.; GRIMMER, K. A.; DEENADAYALAN, Y. BMC Women' s Health Pelvic floor muscle training and adjunctive therapies for the treatment of stress urinary incontinence in women: a systematic review. **BMC Womens Health**, v. 6, n. 11, p. 1–28, 2006.

NORTON, E. J. MUKHWANA, HURISSO, T. Soil Organic Carbon and Nitrogen Fractions and Sugar Beet Sucrose Yield in Furrow-Irrigated Agroecosystems. **Soil Science Society America Journal**. p.876-888.2015.

NUNES, C.U.M. Produtividade de beterraba (*Beta. vulgaris*. L.) Em dois sistemas de cultivo. EMBRAPA/Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Rio Branco,1986. p.1-4(EMBRAPA COMUNICADO TÉCNICO).

NUNES, João A *et al.* Salivary hormone and immune responses to three resistance exercise schemes in elite female athletes. **Journal of strength and conditioning research**, v. 25, n. 8, p. 2322–7, ago. 2011.

OBMINSKI Z, STUPNICKI R. Comparison of the testosterone-to- cortisol ratio values obtained from hormonal assays in saliva and serum. **Journal Sports Physical Fitness**, n.37, v.1, p.50-5,1997.

O'LEARY C.B, HACKNEY A.C. Acute and Chronic Effects of Resistance Exercise on the Testosterone and Cortisol Responses in Obese Males: a Systematic Review. **Physiological Research**, n. 63, v.6, p.693-704, 2014

OSIPOV, A. N.; BORISENKO, G. G.; VLADIMIROV, Y. A. Biological activity of hemoprotein nitrosyl complexes. **Biochemistry (Moscow)**, v. 72, n. 13, p. 1491–1504, 2007.

PHILLIPS, S. M. CURRENT OPINION / OPINION COURANTE Resistance exercise good for more than just Grandma and Grandpa' s muscles. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**, v. 32, n. 6, p. 1198–1205, 2007.

PLATONOV, V.N. **Tratado Geral de Treinamento Desportivo**. 1ª Edição brasileira. São Paulo: Phorte, 2008

POLITO, M.; SOUZA, D.; FRANÇA, D. A. Artigo Original A ingestão aguda de bebida energética aumenta o desempenho em exercícios resistidos The acute energy drink intake improve performance in resistance exercises. **Revista brasileira Ciência e Movimento**, v. 25, n. 3, p. 0–5, 2017.

REID, M. B. Role of nitric oxide in skeletal muscle: synthesis, distribution and functional importance. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 162, p. 401–409, 1998.

ROBERTS, T. A. et al. Nitrite. In: RUSSELL, N. J.; GOULD, G. W. (Eds.). **Food Preservatives**. Glasgow: Blackie Academic, 1991. p. 89-110.

ROMAN, W. J. Adaptations in the elbow flexors of elderly males after heavy-resistance training. **Journal of applied physiology**, v. 74, n. 2, p. 750–754, 1993.

SALE, D.G. Neural adaptation to resistance training. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 20, n. 5, p.135-145,1998.

SHIVA, S. et al. Deoxymyoglobin is a nitrite reductase that generates nitric oxide and regulates mitochondrial respiration. **Circulation Research**, v. 100, n. 5, p. 654–661, 2007.

SIEGEL AJ, JANUZZI J, SLUSS P, LEE-LEWANDROWSKI E, WOOD M, SHIREY T, LEWANDROWSKI KB. Cardiac biomarkers, electrolytes, and other analytes in collapsed marathon runners: implications for the evaluation of runners following competition. **American Journal Clinical Pathology**, v.129, n.6, p.948-51, 2008.

SILVER, A. E.; VITA, J. A. Shear stress-mediated arterial remodeling in atherosclerosis: Too much of a good thing? **Circulation**, v. 113, n. 24, p. 2787–2789, 2006.

SPIEGELHALDER, B.; EISENBIUND, G.; PREUSSMANN, R. Influence of dietary nitrate on nitrite content of human saliva: possible relevance in formation of n-nitroso compounds. **Food and Cosmetic Toxicology**, v. 14, p. 545–548, 1976.

SPRENGER H; JACOBS C; NAIN M; GRESSNER A, et.al. Enhanced release of cytokines, interleukin-2 receptors, and neopterin after long-distance running. **Clinical immunology and immunopathology**, v.2, n.63,1992.

STAMLER, J. S.; MEISSNER, G. Physiology of nitric oxide in skeletal muscle. **Physiological reviews**, v. 81, n. 1, p. 209–237, 2001.

STIEGLER, P.; CUNLIFFE, A. The Role of Diet and Exercise for the Maintenance of Fat-Free Mass and Weight Loss. **Sports medicine**, v. 36, n. 3, p. 239–262, 2006.

STOPPANI, JIM. **Enciclopédia de musculação e força**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

SUCHOMEL, T. J.; NIMPHIUS, S.; STONE, M. H. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. **Sports Medicine**, v. 46, n. 10, p. 1419–1449, 2016.

SUETTA, C. et al. Training-induced changes in muscle CSA , muscle strength , EMG and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. **Journal of applied physiology**, v. 97, n. 5, p. 1954–1961, 2004.

TAJTÁKOVÁ, M. et al. Increased thyroid volume and frequency of thyroid disorders signs in schoolchildren from nitrate polluted area. **Chemosphere**, v. 62, n. 4, p. 559–564, 2006.

TAMME, T et, al. Impact of Food Processing and Storage Conditions on Nitrate Content in Canned Vegetable – Based Infant Foods. **Journal of food Protection**, v. 72, n. 8, p. 1764–1768, 2009.

TILLIN, N. A. et al. Neuromuscular performance of explosive power athletes versus untrained individuals. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 4, p. 781–790, 2010.

TIVELLI, et.al. **Beterraba do Plantio à Comercialização**. 1ed. CAMPINAS-SP: Série tecnologia APTA, 2011.

VANHATALO, A. et al. Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. **American Journal Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v. 299, n.4, p. 1121–1131, 2010.

VINCENT, J. L. DO 2 / VO 2 relationships. In: PINSKY M.R., P. D. (Ed.). **Functional Hemodynamic Monitoring**. Update in Intensive Care and Emergency Medicine. [s.l.] Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.

VINER RI, HÜHMER AFR, BIGELOW DJ, SCHÖNEICH C. The oxidative inactivation of sarcoplasmic reticulum Ca²⁺-ATPase by peroxynitrite. **Free Radical Research**, v. 24, n. 4, p.243–259,1996.

VIVEIROS, L. et al. Training load monitoring in Judo: Comparison between the training load intensity planned by the coach and the intensity experienced by the athlete. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, n. 4, p. 266–269, 2011.

WARD, M. H. Too Much of a Good Thing? Nitrate from Nitrogen Fertilizers and Cancer. **Reviews on Environmental Health**, v. 24, n. 4, p. 357–363, 2009.

WATANABE Y, MADARAME H, OGASAWARA R, NAKAZATO K, ISHII N. Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. **Clinical Physiology Function**, v.34, n.6,2014.

WEBB, A. J. et al. Europe PMC Funders Group Acute blood pressure lowering, vasoprotective and anti-platelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. **Hypertension**, v. 51, n. 3, p. 784–790, 2010.

WEINECK J. **Treinamento Ideal**. 9ª Ed. São Paulo: Manole, 2003.

WILMORE, J.H; COSTILL, D.L. Hormonal regulation of exercise. In: _____. **Physiology of sport and exercise**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1994. p.122-143.

WOJTYS, M. E. A. Neuromuscular Adaptations in Isokinetic, Isotonic and Agility Training Programs. **American Journal of sports medicine**, v. 24, n. 2, p. 187–192, 1996.

WYLIE, L. J. et al. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. **Journal of applied physiology**, v. 115, p. 325–336, 2013.

ZHONG, Z. S.; CN, C. H. E. N.; LV, T. H. Sarcopenia of ageing: functional structural and biochemical alterations. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 2, p. 91–95, 2007.

APÊNDICE I

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da pesquisa:

“INFLUÊNCIA AGUDA DA INGESTÃO DE BEBIDA À BASE DE BETERRABA SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO”

Prezado Senhor:

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa “INFLUÊNCIA AGUDA DA INGESTÃO DE BEBIDA À BASE DE BETERRABA SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO”, realizada no **CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA**”. O objetivo da pesquisa é verificar se bebidas com beterraba influenciam o desempenho físico em exercícios onde a força de resistência é requisitada. A sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: a) em um dia, o seu peso e a sua altura serão medidos, e para isso você deve estar com roupas leves, como shorts e camiseta. b) se tudo estiver bem com a sua saúde, a equipe de pesquisa irá agendar os testes, e para isso precisaremos de você por três dias com intervalos de pelo menos 48h entre eles. Os dias dos testes serão: 1) realizar o teste de 1RM nos exercícios de supino vertical e na cadeira extensora; 2) ingerir suco de beterraba ou placebo, após 1h de ter ingerido um dos recursos será coletado uma pequena amostra de sangue de seu braço para dosar o hormônio cortisol e um pequeno furo na orelha para a dosagem de lactato. Após a coleta será realizado 1 sessão de exercícios contendo o supino vertical e cadeira extensora, onde será realizado 3 séries de cada exercício até a fadiga com a carga de 70% de 1RM. Ao término da sessão haverá a mesma coleta que foi efetuada no início do teste. 3) no último dia de testes, ocorreu conforme ao item anterior, porém foi trocado a bebida. O placebo é uma bebida com o mesmo sabor e a mesma cor da bebida com beterraba, mas com uma quantidade ínfima de beterraba. Importante: as bebidas serão oferecidas em uma garrafa tipo *squeeze* com cores diferentes, mas a equipe de pesquisa e você não saberão em qual garrafa tem a bebida com beterraba ou o placebo. Essa informação será exclusiva do coordenador da pesquisa e será divulgada apenas no fim de toda a pesquisa.

Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão

utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Os benefícios esperados são maiores conhecimentos sobre o que acontece durante os exercícios de força na presença ou ausência de beterraba. É importante alertar que há a possibilidade de: dores musculares devido aos testes físicos, as quais devem passar depois de um ou dois dias; desconforto devido à coleta do sangue. Contudo, caso haja algum desconforto durante os testes, o pesquisador se responsabilizará pelas medidas de atendimento e pelos devidos encaminhamentos.

Informamos que o senhor não pagará nem será remunerado por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contatar (**MARCOS POLITO – MARCOSPOLITO@UEL.BR; 3371-4238 ou 9909-4748; DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA/UEL**) e **JÚLIO CÉSAR NÓBILE RIBEIRO - nobileribeirojc@g.cofc.edu; (18) 9964-94961** ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455 ou por e-mail: cep268@uel.br. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida, assinada e entregue ao senhor.

Londrina, ___ de _____ de 201_.

Pesquisador Responsável

RG: 48.602.675-9

_____ (nome por extenso do sujeito de pesquisa), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____

Obs: Caso o participante da pesquisa seja menor de idade, deve ser incluído o campo para assinatura do menor e do responsável.

APÊNDICE II

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da pesquisa:

“INFLUÊNCIA AGUDA DA INGESTÃO DE BEBIDA À BASE DE BETERRABA SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO”

Prezado Senhor:

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa “INFLUÊNCIA AGUDA DA INGESTÃO DE BEBIDA À BASE DE BETERRABA SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO”, realizada no **CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA**. O objetivo da pesquisa é verificar se bebidas com beterraba aumentam a concentração de metabólitos de óxido nítrico. O óxido nítrico é responsável por aumentar do fluxo sanguíneo, promovendo maior aporte de nutrientes e oxigênio para a musculatura, sendo fundamental para o aumento do desempenho físico. A sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: a) em apenas um dia, o seu peso e a sua altura serão medidos, e para isso você deve estar com roupas leves, como shorts e camiseta. Após esta etapa, será colhido uma pequena quantidade de sangue de seu braço para dosar a concentração inicial de óxido nítrico. Procedendo a primeira coleta sanguínea, você irá tomar uma bebida contendo beterraba e deverá esperar um período de uma a duas horas para realizar uma nova coleta sanguínea para dosar se a ingestão da bebida promoveu alguma alteração de óxido nítrico.

Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Os benefícios esperados são maiores conhecimentos sobre a ingestão da bebida e sua relação com à síntese de óxido nítrico.

Informamos que o senhor não pagará nem será remunerado por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contatar (**MARCOS POLITO – MARCOSPOLITO@UEL.BR; 3371-4238 ou 9909-4748; DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA/UEL) e JÚLIO CÉSAR NÓBIL-nobileribeirojc@g.cofc.edu; (18) 9964-94961** ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455 ou por e-mail: cep268@uel.br. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida, assinada e entregue ao senhor.

Londrina, ____ de _____ de 201__.

Pesquisador Responsável

RG: 48.602.675-9

_____ (nome por extenso do sujeito de pesquisa), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____

Obs: Caso o participante da pesquisa seja menor de idade, deve ser incluído o campo para assinatura do menor e do responsável.

ANEXO I



RELATÓRIO DE ENSAIO No.: 58601

Página 1 / 1

SOLICITANTE

Solicitante.: JULIO CESAR NOBILE RIBEIRO

CNPJ/IE: 397.547.248-08

Endereço: RUA QUINZE DE NOVEMBRO, 564 CEP: 19800160 Bairro: VILA SANTO ANTONIO Cidade: ASSIS - SP

Responsável: JULIO

AMOSTRA E RECEBIMENTO

Descrição da amostra: Suco

Fabricação: 07/12/2017

Validade: NI

Lote: SUPERMERCADO MUFATO

Lacre: NI

Marca: NI

Local da Amostragem: -

Data/Hora Amostragem: 07/12/2017 00:00

Data/hora recebimento: 07/12/2017 17:00

Temperatura do Recebimento: 12,1 °C

Nome Comercial: Suco

OBSERVAÇÕES

SUCO DE BETERRABA

O Plano de Amostragem é de responsabilidade do cliente.

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	LQ	MÉTODO	INÍCIO	FIM
Nitrato	1.504,2	mg/Kg	20,0	IAL - 4ª EDIÇÃO	04/01/2018	09/01/2018

MÉTODOS

Instituto Adolfo Lutz - 4ª Edição de 2005.

ANEXO II



Av. Gov. Parigot de Souza, 391, Zona 01, 87013-300, Maringá - PR

44| 3225-8339 44| 99892-0843

labambientale.com.br

Ensaio ambiental: fisicoquimica1@ambientale.com.br
Ensaio bromatológico: gertec@labambientale.com.br
Ensaio microbiológico: microbiologia@labambientale.com.br

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 1555.2019.B- V.0

01. Dados Contratação:

Contratante:

Razão Social: JULIO CESAR NOBILE RIBEIRO
CNPJ/CPF: 397.547.248-06
Endereço: FRANCISCO LOURES SALINET ,S/N - Ibipora/PR **CEP:** 86200000
Proposta Comercial: 400.2019.V0
Contato: JULIO CESAR NOBILE RIBEIRO **E-mail:** nobileribeirojc@g.cofc.edu **Fone:** (18) 99649-4961

Solicitante:

Razão Social: JULIO CESAR NOBILE RIBEIRO
Endereço: FRANCISCO LOURES SALINET ,S/N Bairro: Cidade: Ibipora/PR **CEP:** 86200000

02. Dados da Amostra fornecida pelo Cliente:

Descrição Ponto Coleta/Amostra: PLACEBO CONTENDO MALTODEXTRINA E BETERRABA EM FORMA LÍQUIDA
Endereço Coleta: FRANCISCO LOURES SALINET ,S/N, - Ibipora/PR **CEP:** 86200000
Matriz e Origem Amostra: Alimentos em Geral - Alimentos em geral
Característica da Amostra: Simples
Data de Coleta: 30/04/2019 **Data de Recebimento:** 30/04/2019 18:50:00
Responsável pela amostragem: Ana.ambientale
Lote: FABRICAÇÃO PRÓPRIA **Data Fabricação:** 30/04/2019

Resultados

Parâmetros	Resultados Analíticos	SL	Un	L.Q./ Faixa	Início Ensaio
FQ 064 - Nitrato	169,34	N.A	mg/Kg	-	09/05/2019

ANEXO III

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: INFLUÊNCIA AGUDA DA INGESTÃO DE BEBIDA À BASE DE BETERRABA SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO

Pesquisador: Marcos Doederlein Polito

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 61110316.8.0000.5231

Instituição Proponente: CEFE - Departamento de Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.838.985

Apresentação do Projeto:

O documento "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_785807.pdf" em seu item "Resumo" diz: O objetivo do presente estudo será verificar o efeito da ingestão de suco natural de beterraba e de um suplemento industrializado à base de beterraba sobre o desempenho em testes de esforço. A pesquisa será subdividida em duas coletas de dados, cada uma composta por 25 sujeitos seguindo um delineamento aleatorizado, cross-over e duplo-cego. A coleta 1 será realizada para testar o efeito do suco da beterraba no desempenho dos testes de 2400m e repeated sprint ability (RSA). A coleta 2 será realizada para testar o efeito de um suplemento nutricional industrializado à base de beterraba no desempenho dos mesmos testes. Em ambas as coletas: 1) os testes serão realizados em dias diferentes e com intervalos de 48 h; 2) os sujeitos, inicialmente, realizarão os respectivos testes sem qualquer tipo de ingestão, a fim de controle; 3) a ingestão (suco de beterraba ou suplemento) ocorrerá 60 min antes dos testes. O suco de beterraba (500 ml) será oferecido em forma natural, sem adição de água ou açúcar; o suplemento (350 ml) será oferecido de acordo com as recomendações do fabricante. O placebo será constituído por refresco em pó sabor frutas vermelhas adicionado de maltodextrina para equalizar a quantidade de calorias do suco e do suplemento. O suco, o suplemento e o placebo serão oferecidos em garrafas squeeze opaca. Adicionalmente, serão coletadas informações sobre a percepção subjetiva de esforço (após

os testes) e lactato sanguíneo (antes e após os testes). Será utilizada a ANCOVA tendo como fatores o uso de substância e o tipo de teste e como co-variável a sessão controle (sem substância) para analisar desempenho, percepção de esforço e lactato. O nível de significância adotado será de 5%. Caso a distribuição normal não seja confirmada, os dados serão analisados pelo teste de Friedman. Espera-se contribuir com informações a respeito do efeito da ingestão de beterraba no desempenho em diferentes exercícios.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Verificar a influência da ingestão aguda de beterraba, na forma de suco natural e na forma de suplemento industrializado, sobre o desempenho em diferentes exigências físicas.

Objetivo Secundário:

a) Associar as respostas do desempenho físico com o lactato sanguíneo; b) Associar as respostas do desempenho físico com a percepção subjetiva de esforço.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Possíveis desconfortos no sistema digestório em função de ingestão das bebidas e possíveis dores musculares em função dos testes físicos.

Benefícios:

Espera-se contribuir com informações a respeito do efeito da ingestão de beterraba no desempenho em diferentes testes físicos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este CEP entende e ressalta a importância da pesquisa, a qual apresentou clareza e detalhamento do procedimentos, e não havendo pendências éticas e documentais considera o projeto apto à execução.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

1. Apresenta folha de rosto devidamente preenchida e assinada.
2. Apresenta TCLE descrevendo com linguagem clara e acessível os objetivos e atividades da pesquisa.
3. Apresenta cronograma compatível com a realização do projeto.
4. Apresenta orçamento financeiro detalhado e compatível com a execução do projeto.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências éticas e documentais, estando o projeto apto à execução.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_785807.pdf	10/11/2016 13:51:11		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Projeto_beterraba_TCLE.docx	10/11/2016 13:49:42	Marcos Doederlein Polito	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Beterraba.docx	31/10/2016 14:39:11	Marcos Doederlein Polito	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_projeto_beterraba.pdf	04/10/2016 14:39:28	Marcos Doederlein Polito	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

LONDRINA, 28 de Novembro de 2016

Assinatura por Rosana Lopes
(Coordenação)