

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO**

**CARLA NUNES DOS ANJOS**

**EFEITO DO SUCO DE BETERRABA NA MAGNITUDE E DURAÇÃO**  
**DA RESPOSTA PRESSÓRICA PÓS-EXERCÍCIO EM MULHERES**  
**HIPERTENSAS**

**João Pessoa**

**2023**

**CARLA NUNES DOS ANJOS**

**EFEITO DO SUCO DE BETERRABA NA MAGNITUDE E DURAÇÃO DA  
RESPOSTA PRESSÓRICA PÓS-EXERCÍCIO EM MULHERES HIPERTENSAS**

**João Pessoa**

**2023**

**CARLA NUNES DOS ANJOS**

**EFEITO DO SUCO DE BETERRABA NA MAGNITUDE E DURAÇÃO DA  
RESPOSTA PRESSÓRICA PÓS-EXERCÍCIO EM MULHERES HIPERTENSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento os requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Nutrição.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva

João Pessoa

2023

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

A599e Anjos, Carla Nunes dos.

Efeito do suco de beterraba na magnitude e duração da resposta pressórica pós-exercício em mulheres hipertensas / Carla Nunes dos Anjos. - João Pessoa, 2023.

79 f. : il.

Orientação: Alexandre Sérgio Silva.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCS.

1. Hipotensão pós-exercício. 2. Hipertensão. 3. Pressão arterial - Monitorização ambulatorial. 4. Óxido nítrico. I. Silva, Alexandre Sérgio. II. Título.

UFPB/BC

CDU 616.12-008.331.4:796(043)

**CARLA NUNES DOS ANJOS**

**EFEITO DO SUCO DE BETERRABA NA MAGNITUDE E DURAÇÃO DA  
RESPOSTA PRESSÓRICA PÓS-EXERCÍCIO EM MULHERES HIPERTENSAS**

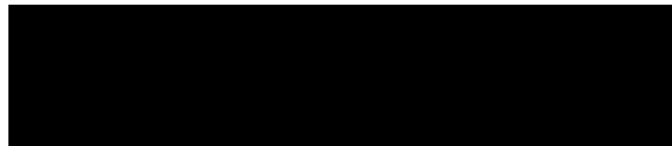
Dissertação defendida e aprovada em 24/03/2023.

**BANCA EXAMINADORA**



---

**Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva  
PAPGEF/DEF/CCS/UPE/UFPB  
Orientador - Presidente da Banca Examinadora**



---

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria da Conceição Rodrigues Gonçalves  
PPGCN/DN/CCS/UFPB  
Examinadora Interna Titular**



---

**Prof. Dr. Marcos Antônio Pereira dos Santos  
PPGAN/DN/UFPI  
Examinador Externo Titular**

---

**Prof. Dr. José Luiz de Brito Alves  
PPGCN/DN/CCS/UFPB  
Examinador Interno Suplente**

---

**Prof. Dr.<sup>a</sup> Maria do Socorro Brasileiro Santos  
PAPGEF/DEF/CCS/UPE/UFPB  
Examinadora Externa Suplente**

Dedico aos meus pais, Rita de Cássia e Carlos, que ao me darem “apenas tudo” o que estava ao alcance deles, me ensinaram a ter coragem para buscar meus sonhos, e ao meu namorado Jaerme por tanto carinho dedicado a mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que me sustentou durante todo o percurso, que foi meu refúgio e por Sua graça foi possível concluir este trabalho.

A minha mãe Rita de Cássia que me inspira a correr atrás dos meus sonhos e sempre fez o impossível durante toda minha caminhada. A meu pai Carlos por todo o apoio. A meu irmão Cássio que me deu um lugar para ficar e muitas vezes me deu força para continuar nessa jornada, obviamente do jeitinho Cássio dele de ser. A Tarciany pelo apoio durante este percurso.

Ao meu namorado Jaerme que na maior parte do tempo me equilibra com sua paciência e que me fortaleceu em tantos momentos, me deu colo e que em absolutamente todos os momentos me acalmou com uma palavra de fé e esperança. Obrigado por tanto amor.

As minhas amigas Bárbara e Rayssa, presentes da pós-graduação, que me fortaleceram e seguraram minha mão nas dificuldades enfrentadas, e foram companhias para festejar durante os momentos alegres.

A minha amiga Kallyne que sempre me estendeu a mão e aceitava todas as minhas trocas no trabalho (independente dos dias) para que eu pudesse viajar para realização das coletas. A minha amiga Cibelle por toda torcida.

A todos os meus colegas de laboratório, em especial Ana Carolina, Franciele, Ana Paula, Reabias, Éder, Milena, Lydiane que me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho, cada um contribuiu de alguma forma para a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Alexandre por toda orientação durante o desenvolvimento deste trabalho. Aos professores membros da banca Maria da Conceição e Marcos pelo suporte e importantes contribuições a este trabalho.

As voluntárias que aceitaram embarcar nesta pesquisa e proporcionaram o desenvolvimento deste estudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição e ao secretário Carlos pelo atendimento sempre cordial.

A todos que de alguma contribuíram para este trabalho, deixo os meus sinceros agradecimentos.

“Em vez de desanimar, disse para mim mesma: o bom Deus não poderia me inspirar desejos irrealizáveis...”

(Santa Teresinha do Menino Jesus)

## RESUMO

Nos últimos anos, a beterraba vem ganhando notoriedade pela sua propriedade de promover redução da pressão arterial logo nas primeiras horas pós-ingestão, um comportamento temporal similar à hipotensão pós-exercício. Neste sentido, o objetivo geral deste estudo foi avaliar o efeito da ingestão de suco de beterraba após uma sessão de exercício na magnitude e duração da resposta pressórica em mulheres hipertensas. Trata-se de um estudo clínico, randomizado, controlado, duplo-cego e cruzado, realizado com 14 mulheres hipertensas de 40 a 60 anos, que participaram de três procedimentos: 1) ingestão de suco de beterraba 2 horas após o exercício (SBE), 2) ingestão de refresco de fruta 2 horas após o exercício (RFE) e 3) controle sem exercício e bebida (CON). Uma avaliação antropométrica foi realizada na primeira visita das participantes ao laboratório. A pressão arterial clínica foi aferida antes, imediatamente após o exercício e a cada 10 minutos durante o período de recuperação pós-exercício ou repouso. A pressão ambulatorial foi aferida por meio da monitorização ambulatorial da pressão arterial. Análises de nitrito, capacidade antioxidante total e malondialdeído foram realizadas. ANOVA *two-way* para medidas repetidas foi realizada para verificar diferenças entre os protocolos. Adotou-se nível de significância de  $p < 0,05$ . As participantes apresentavam sobrepeso, além de circunferência da cintura elevada. O suco de beterraba aumentou significativamente as concentrações plasmáticas de nitrito entre o momento basal e 2 horas após a ingestão do suco ( $33,4 \pm 32,5 \mu\text{M}$  para  $47,0 \pm 36,0 \mu\text{M}$ ;  $p = 0,013$ ). Ambos os procedimentos SBE e RFE promoveram hipotensão na monitoração clínica nos 60 minutos pós-exercício, com redução na pressão sistólica a partir dos 10 minutos pós-exercício ( $p < 0,05$ ), enquanto a diastólica reduziu aos 20 minutos ( $p < 0,05$ ) em relação ao repouso (interação tempo), mas sem diferenças entre os dois protocolos com exercício ( $p > 0,05$ ). Reduções significativas na pressão sistólica ambulatorial foram observadas por 17 horas pós-exercício e 16 horas na diastólica em SBE, enquanto no RFE esta hipotensão só foi notada entre 6 e 15 horas para a sistólica e 13 e 16 horas para diastólica em comparação ao repouso ( $p < 0,05$ ). O suco de beterraba manteve a pressão arterial mais baixa em relação à condição pré-exercício por mais tempo, entretanto, na análise de interação tempo x procedimento não foram observadas diferenças significativas entre os três procedimentos ( $p > 0,05$ ). Não foram observadas diferenças significativas na capacidade antioxidante total e malondialdeído após a ingestão das bebidas nos procedimentos SBE e RFE ( $p > 0,05$ ). Dessa forma, este estudo confirma dados prévios de que uma sessão de exercício promove hipotensão pós-exercício, mas a associação com suco de beterraba não aprimorou esta resposta pressórica, porém mostrou consistente efeito por manter reduções pressóricas por mais

tempo que o procedimento com refresco de fruta. Por outro lado, a beterraba não aprimorou a magnitude da hipotensão pós-exercício.

**Palavras-chave:** Hipotensão pós-exercício; Hipertensão; Óxido Nítrico; Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial.

## ABSTRACT

In recent years, beetroot has gained notoriety for its ability to promote blood pressure reduction in the first hours after ingestion, a temporal behavior similar to post-exercise hypotension. In this context, the general objective of this study was to evaluate the effect of ingestion of beetroot juice after an exercise session on the magnitude and duration of the pressure response in hypertensive women. This is a clinical, randomized, controlled, double-blind and crossover study, carried out with 14 hypertensive women aged 40 to 60 years, who participated in three procedures: 1) ingestion of beetroot juice 2 hours after exercise (SBE), 2) ingestion of fruit drink 2 hours after exercise (RFE) and 3) control without exercise and drink (CON). An anthropometric assessment was performed on the participants first visit to the laboratory. Clinical blood pressure was measured before, immediately after exercise and every 10 minutes during the post-exercise recovery period or rest. Ambulatory blood pressure was measured using ambulatory blood pressure monitoring. Nitrite, total antioxidant capacity and malondialdehyde analyzes were performed. Two-way ANOVA for repeated measures was performed to verify differences between protocols. A significance level of  $p < 0.05$  was adopted. As participants were overweight, in addition to the influence of high waist. Beetroot juice significantly increased plasma nitrite concentrations between baseline and 2 hours after ingestion of the juice ( $33.4 \pm 32.5 \mu\text{M}$  to  $47.0 \pm 36.0 \mu\text{M}$ ;  $p = 0.013$ ). Both SBE and RFE procedures promoted hypotension in clinical monitoring at 60 minutes post-exercise, with a reduction in systolic pressure from 10 minutes post-exercise ( $p < 0.05$ ), while diastolic pressure occurred at 20 minutes ( $p < 0.05$ ) in relation to rest (interaction time), but with no difference between the two protocols with exercise ( $p > 0.05$ ). Significant reductions in ambulatory systolic pressure were observed for 17 hours post-exercise and 16 hours in diastolic pressure in SBE, while in RFE this hypotension was only noticed between 6 and 15 hours for systolic and 13 and 16 hours for diastolic compared to rest ( $p < 0.05$ ). Beetroot juice maintained lower blood pressure compared to the pre-exercise condition for a longer time, however, in the time x procedure interaction analysis, no significant differences were observed between the three procedures ( $p > 0.05$ ). No significant differences were observed in total antioxidant capacity and malondialdehyde after ingestion of beverages in the SBE and RFE procedures ( $p > 0.05$ ). Thus, this study confirms previous data that an exercise session promotes post-exercise hypotension, but the association with beetroot juice did not improve this pressure response, however, it showed a consistent effect by maintaining pressure reductions for a longer time than the procedure with fruit drink. fruit. On the other hand, beetroot did not improve the magnitude of post-exercise hypotension.

**Keywords:** Post-exercise hypotension; Hypertension; Nitric Oxid; Ambulatory Blood Pressure Monitoring.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS DA DISSERTAÇÃO

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Formas de tratamento da hipertensão arterial..... | 17 |
| Figura 2: Beterraba ( <i>Beta vulgaris</i> L.).....         | 21 |
| Figura 3: Desenho dos procedimentos.....                    | 28 |
| Figura 4: Garrafa das bebidas entregue aos voluntários..... | 31 |
| Figura 5: Bebida experimental <i>Beet it</i> .....          | 31 |

### FIGURAS DO ARTIGO

|                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Desenho dos procedimentos experimentais e controle .....                                                                                                           | 50 |
| Figura 2: Fluxograma do estudo CONSORT.....                                                                                                                                  | 53 |
| Figura 3: Concentrações de nitrito plasmático nos procedimentos suco de beterraba e refresco de fruta.....                                                                   | 55 |
| Figura 4: Pressão arterial sistólica (painel A) e diastólica (painel B) no repouso, imediatamente pós-exercício e a cada 10 min no período de recuperação pós-exercício..... | 56 |
| Figura 5: Pressão arterial ambulatorial sistólica (painel A) e diastólica (painel B) nos procedimentos com suco de beterraba, refresco de fruta e controle.....              | 57 |
| Figura 6: Malondialdeído (painel A) e Capacidade antioxidante total (painel B) nos procedimentos suco de beterraba e refresco de fruta.....                                  | 58 |

## LISTA DE TABELAS

### TABELAS DA DISSERTAÇÃO

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Classificação da Pressão Arterial para indivíduos com 18 anos ou mais segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2021.....     | 13 |
| Tabela 2: Classificação da pressão arterial em adultos segundo a Associação Americana do Coração/Colégio Americano de Cardiologia, 2017..... | 14 |
| Tabela 3: Classificação do Índice de Massa Corporal em adultos segundo a Organização Mundial da Saúde, 1995/1997.....                        | 30 |
| Tabela 4: Circunferência da cintura de acordo com o gênero, segundo o Instituto Nacional de Saúde, 2000.....                                 | 30 |
| Tabela 5: Informação nutricional do suco de beterraba ( <i>Beet It Sport</i> ).....                                                          | 32 |
| Tabela 6: Informação nutricional da bebida mista (Kapo, Del Valle).....                                                                      | 32 |

### TABELAS DO ARTIGO

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Características antropométricas e esquema medicamentoso das participantes hipertensas (n=14)..... | 53 |
| Tabela 2: Condições basais das participantes nos procedimentos.....                                         | 54 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|      |                                                              |
|------|--------------------------------------------------------------|
| CAT  | Capacidade antioxidante total                                |
| CC   | Circunferência da cintura                                    |
| CON  | Procedimento controle sem exercício e sem ingestão de bebida |
| DASH | <i>Dietary Approaches to Stop Hypertension</i>               |
| DCV  | Doenças cardiovasculares                                     |
| eNOS | Enzima óxido nítrico sintase                                 |
| FC   | Frequência cardíaca                                          |
| HA   | Hipertensão arterial                                         |
| HPE  | Hipotensão pós-exercício                                     |
| IMC  | Índice de massa corporal                                     |
| MAPA | Monitoração Ambulatorial da Pressão Arterial                 |
| MDA  | Malondialdeído                                               |
| NO   | Óxido nítrico                                                |
| PA   | Pressão arterial                                             |
| PAD  | Pressão arterial diastólica                                  |
| PAS  | Pressão arterial sistólica                                   |
| RFE  | Procedimento experimental com ingestão de refresco de fruta  |
| SBC  | Sociedade Brasileira de Cardiologia                          |
| SBE  | Procedimento experimental com ingestão de suco de beterraba  |
| SRAA | Sistema renina-angiotensina-aldosterona                      |
| TCLE | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido                   |

## SUMÁRIO

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                                                | 10 |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>                                       | 13 |
| 2.1 HIPERTENSÃO ARTERIAL                                           | 13 |
| 2.2 FISIOPATOLOGIA DA HIPERTENSÃO ARTERIAL                         | 14 |
| 2.3 TRATAMENTO DA HIPERTENSÃO                                      | 16 |
| 2.3.1 Nutrição no tratamento da hipertensão arterial               | 17 |
| 2.3.2 Potencial da beterraba no tratamento da hipertensão arterial | 20 |
| 2.4 EXERCÍCIO FÍSICO NO CONTROLE DA PRESSÃO ARTERIAL               | 24 |
| <b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>                                       | 27 |
| 3.1 TIPO DE ESTUDO E PARTICIPANTES                                 | 27 |
| 3.2 ASPECTOS ÉTICOS                                                | 27 |
| 3.3 DESENHO DO ESTUDO                                              | 27 |
| 3.4 INSTRUÇÕES PRÉ-EXPERIMENTAIS                                   | 28 |
| 3.5 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E CONSUMO ALIMENTAR                   | 29 |
| 3.6 SUPLEMENTAÇÃO AGUDA COM SUCO DE BETERRABA E REFRESCO DE FRUTA  | 30 |
| 3.7 PROTOCOLO DE EXERCÍCIO FÍSICO                                  | 33 |
| 3.8 MEDIÇÃO DA PRESSÃO ARTERIAL                                    | 33 |
| 3.9 COLETA DE SANGUE E ANÁLISES BIOQUÍMICAS                        | 33 |
| 3.9.1 Nitrito plasmático                                           | 34 |
| 3.9.2 Capacidade antioxidante total                                | 34 |
| 3.9.3 Malondialdeído                                               | 35 |
| 3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA                                           | 35 |
| <b>4 RESULTADOS</b>                                                | 36 |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                                                 | 37 |
| <b>APÊNDICES</b>                                                   | 46 |
| <b>APÊNDICE A – ARTIGO</b>                                         | 47 |

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>             | <b>64</b> |
| <b>APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE TRIAGEM.....</b>                                 | <b>67</b> |
| <b>APÊNDICE D – LISTA DE ALIMENTOS RICOS EM CAFEÍNA E RICOS EM NITRATO .....</b> | <b>68</b> |
| <b>APÊNDICE E – RECORDATÓRIO ALIMENTAR 24 HORAS.....</b>                         | <b>69</b> |
| <b>ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA.....</b>                                 | <b>70</b> |
| <b>ANEXO B – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO .....</b>                  | <b>73</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A hipertensão arterial (HA) é considerada a doença mais prevalente do mundo. De acordo com o último relatório da Organização Mundial da Saúde (2013), aproximadamente 40% dos adultos maiores de 25 anos tinham a doença. No Brasil, a HA atinge cerca de 32,3% de indivíduos adultos e acomete mais de 70% da população idosa (BARROSO *et al.*, 2021). Além da alta prevalência, a hipertensão é considerada a maior causa de mortalidade no mundo, causando cerca de 9,4 milhões de mortes por ano (ETTEHAD *et al.*, 2016).

Indivíduos hipertensos apresentam um risco de 4 a 6 vezes maior para acidente vascular cerebral, 2 a 3 vezes para infarto agudo do miocárdio (CONEN *et al.*, 2009) e 3 vezes mais para insuficiência cardíaca congestiva (LEVY *et al.*, 1996), enquanto o risco para doença renal crônica aumenta 12,4 vezes (RUILOPE *et al.*, 2001). A HA é uma doença crônica, ou seja, não tem cura e na maioria das vezes não manifesta sintomas, o que torna esta doença ainda mais preocupante (PRÉCOMA *et al.*, 2019). Por causa disso, estima-se que menos de 50% dos hipertensos sabem que tem a doença, assim não iniciam o tratamento e consequentemente estão mais expostos a morbidades e mortalidade (MILLS *et al.*, 2016).

Considerando que a hipertensão é uma doença ainda sem cura, o alvo terapêutico concentra-se em manter os valores pressóricos baixos (inferiores a 140/90mmHg), de modo a minimizar os danos aos órgãos e prevenir os desfechos cardiovasculares e renais (BARROSO *et al.*, 2021). Nas últimas duas décadas, estima-se que apenas 70% dos hipertensos tratados têm mantido sua pressão controlada, mesmo com uma grande disponibilidade de medicamentos para o tratamento da doença (POTTHOFF; VONEND, 2017).

Diante deste cenário, há uma busca crescente por estratégias alternativas e complementares tanto para o tratamento quanto para a prevenção de doenças cardiovasculares (DCV) (MATSUTOMO, 2019). Está bem estabelecido que modificações no estilo de vida reduzem efetivamente a pressão arterial (PA), sendo a prática de exercício físico e mudança nos hábitos alimentares, as abordagens não medicamentosas mais recomendadas (SAMADIAN; DALILI; JAMALIAN, 2016). Com uma abordagem multifatorial (uso de medicamentos e mudanças no estilo de vida) a taxa de hipertensos com PA controlada sobe para 90% (POTTHOFF; VONEND, 2017).

O treinamento aeróbio em indivíduos hipertensos promove uma redução média e sustentada de 11 mmHg na pressão arterial sistólica (PAS) e 5 mmHg na pressão arterial diastólica (PAD) (BÖRJESSON *et al.*, 2016). Até mesmo uma única sessão de exercício físico

é capaz de produzir uma redução pressórica transitória subaguda pós-exercício de 4 a 19 mmHg na PAS e 2 a 9 mmHg na PAD. Esse fenômeno é chamado de hipotensão pós-exercício (HPE) (MARQUES-SILVESTRE *et al.*, 2014).

Embora a HPE seja reconhecida, sua magnitude e duração sofrem influência do tipo de exercício, intensidade, duração e características intrínsecas da população avaliada (CARDOSO JR *et al.*, 2010; MARQUES-SILVESTRE *et al.*, 2014). Entre os mecanismos envolvidos na redução da PA pelo exercício estão: diminuição da atividade nervosa simpática, ajuste do controle barorreflexo, reajuste termorregulatório e aumento da vasodilatação causada por substâncias como o óxido nítrico (NO) (HALLIWILL *et al.*, 2013).

A duração total da HPE após uma única sessão de exercício ainda é algo controverso (DE BRITO *et al.*, 2019). Taylor-Tolbert *et al.*, (2000) em estudo com idosos hipertensos observaram que após exercício agudo a PA permaneceu mais baixa durante 16 horas. Já Wallace *et al.*, (1999) observaram uma redução significativa de 11 horas na PAS e redução de 4 horas na PAD após uma sessão de exercício aeróbico, em adultos hipertensos de meia idade.

Em revisão de literatura realizada por Cardoso Junior *et al.*, (2010), a duração da HPE em uma única sessão de exercício aeróbico variou entre 4 e 16 horas entre os estudos. Uma possível explicação para diferentes durações relatadas pode ser resultado da variação dos protocolos empregados, métodos e análises utilizados (DE BRITO *et al.*, 2019). No entanto, também é possível que características da população estudada, como idade, condição de saúde e condicionamento físico influenciem na duração da HPE (FORJAZ *et al.*, 2000).

Alguns alimentos e nutrientes específicos têm sido investigados devido a seus efeitos cardioprotetores (JACKSON *et al.*, 2017). Nos últimos anos, a beterraba vem ganhando notoriedade pela sua propriedade de promover redução da PA logo nas primeiras horas pós-ingestão, um comportamento temporal similar à HPE (ASHWORTH; BESCOS, 2017). A beterraba é rica em flavonoides, polifenóis e principalmente betalaínas, além de ser fonte de minerais como magnésio, fósforo, cálcio e potássio. Entretanto, o nutriente presente na beterraba associado ao efeito hipotensor é o nitrato, o qual é potencialmente vasodilatador (MIRMIRAN *et al.*, 2020).

Enquanto metanálise realizada por Bahadoran *et al.*, (2017), que investigou a suplementação com suco de beterraba, indicou redução de 3,5 e 1,3 mmHg na PAS e PAD, outra metanálise de Ashor, Lara e Siervo (2017) mostrou que nitrato, sozinho, reduz a PAS em 4,1 mmHg, enquanto a PAD é reduzida em 2 mmHg, valores similares aos obtidos pelo suco de beterraba. A hipotensão causada pela beterraba é derivada da conversão do nitrato a nitrito,

que por sua vez é convertido a NO, um potente vasodilatador endógeno (SIERVO *et al.*, 2013; WYLIE *et al.*, 2013).

O início do efeito hipotensor da beterraba foi observado por Webb *et al.*, (2008), em indivíduos saudáveis, 1 hora após a ingestão de 500 mL de suco de beterraba, onde a PA permaneceu diminuída por 24 horas. Ghosh *et al.*, (2013) ao suplementarem adultos hipertensos com uma dose de 250 mL de suco de beterraba, verificaram que a PAS permaneceu diminuída por 24 horas, enquanto a PAD permaneceu reduzida por 6 horas após a ingestão do suco.

Considerando o fenômeno dos efeitos subagudos da redução da PA após o exercício e com a ingestão de beterraba, a questão problema deste estudo é se o tratamento associando exercício e beterraba potencializa a magnitude e a duração da redução pressórica. Neste sentido, ingerir beterraba 2 horas depois do exercício pode fazer com que o efeito vasodilatador da beterraba prolongue a duração da HPE ou então promova uma nova redução pressórica, quando o efeito do exercício está desaparecendo.

A manutenção de valores pressóricos mais baixos por um período maior, promove proteção dos órgãos-alvo (coração, cérebro e rins) e reduz o risco de desfechos fatais e não-fatais. Neste sentido, o objetivo geral deste estudo foi avaliar o efeito da ingestão de suco de beterraba após uma sessão de exercício na magnitude e duração da resposta pressórica em mulheres hipertensas. Os objetivos específicos foram: avaliar o efeito da ingestão de suco de beterraba sobre a pressão arterial ambulatorial de 24h em mulheres hipertensas e analisar a influência da ingestão de suco de beterraba na concentração plasmática de nitrito, capacidade antioxidante total e malondialdeído.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 HIPERTENSÃO ARTERIAL

A Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC) em sua atual Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial, define a hipertensão arterial como elevação crônica dos níveis pressóricos definidos por valores de PAS  $\geq 140$  mmHg e/ou PAD  $\geq 90$  mmHg. É uma doença multifatorial e está associada frequentemente a alterações funcionais e/ou estruturais de órgãos-alvo e alterações metabólicas. A tabela 1 mostra a classificação adotada pela SBC de acordo os valores da PA, medida casualmente ou no consultório (BARROSO *et al.*, 2021).

**Tabela 1** - Classificação da Pressão Arterial para indivíduos com 18 anos ou mais segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2021.

| Classificação         | PAS (mmHg) |      | PAD (mmHg) |
|-----------------------|------------|------|------------|
| PA ótima              | < 120      | e    | < 80       |
| PA normal             | 120-129    | e/ou | 80-84      |
| Pré-hipertensão       | 130-139    | e/ou | 85-89      |
| Hipertensão estágio 1 | 140-159    | e/ou | 90-99      |
| Hipertensão estágio 2 | 160-179    | e/ou | 100-109    |
| Hipertensão estágio 3 | $\geq 180$ | e/ou | $\geq 110$ |

Fonte: Sociedade Brasileira de Cardiologia (2021)

Os valores adotados para classificação da hipertensão sofreram modificação ao longo do tempo. As modificações nos valores da classificação da PA ocorrem devido ao surgimento de novos estudos e evidências, tornando-se necessário atualizações para um melhor manejo e tratamento da hipertensão (MANCIA *et al.*, 2013).

Em 2017, a Associação Americana do Coração e o Colégio Americano de Cardiologia atualizaram a diretriz americana de hipertensão e sugeriram novos pontos de corte para classificação da HAS. Diante dos dados resultantes de estudos observacionais e ensaios clínicos randomizados relacionados aos valores de PA e risco de DCV, eles classificaram os valores de PA em 4 categorias: pressão normal, pressão elevada, hipertensão estágio 1 e estágio 2, como mostrado na tabela 2 (WHELTON *et al.*, 2018).

Fazendo um comparativo da atual Diretriz Brasileira de Hipertensão (2021) com a 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial (2016), ambas elaboradas pela SBC, é possível observar que os valores adotados para classificação são diferentes. Anteriormente, uma pressão

sistólica e diastólica a menor que 130 e 85 mmHg ainda eram consideradas normais, atualmente esses valores já definem um quadro de pré-hipertensão. Atualmente, são considerados níveis pressóricos ótimos valores menores que 120/80 mmHg.

**Tabela 2** - Classificação da pressão arterial em adultos segundo a Associação Americana do Coração/Colégio Americano de Cardiologia, 2017.

| Classificação         | PAS (mmHg) |    | PAD (mmHg) |
|-----------------------|------------|----|------------|
| Normal                | < 120      | e  | < 80       |
| Elevada               | 120-129    | e  | < 80       |
| Hipertensão estágio 1 | 130-139    | ou | 80-89      |
| Hipertensão estágio 2 | ≥ 140      | ou | ≥ 90       |

Fonte: Associação Americana do Coração/Colégio Americano de Cardiologia (2017)

Por se apresentar geralmente assintomática, a doença ainda não recebe a devida atenção, o que é um grande problema, visto que as evidências mostram que níveis mais elevados de PAS e PAD aumentam substancialmente o risco de DCV. Apostar em menores valores como PA normal é estratégia potencial visto o envelhecimento da população, hábitos alimentares inadequados e estilo de vida sedentário característicos da nossa sociedade. Na prática, essa mudança pode induzir novos hábitos de vida nas pessoas e uma menor necessidade de uso de medicação anti-hipertensiva (WHELTON *et al.*, 2018).

A HA é classificada em dois tipos, a primária e a secundária. A hipertensão primária, também chamada de essencial, é caracterizada por níveis elevados de PA sem uma causa secundária, ou seja, não tem uma causa específica conhecida. Atinge 90 a 95% dos hipertensos e fatores ligados ao estilo de vida estão relacionados com o seu desenvolvimento (GARFINKLE, 2017).

Por sua vez, a hipertensão secundária corresponde a níveis pressóricos elevados resultantes de causas secundárias, de modo que geralmente a cessação da causa promove também a cessação da hipertensão. Este tipo de HA afeta apenas 5 a 10% da população hipertensa em geral. Entre as suas causas mais comuns estão a apneia obstrutiva do sono, doença do parênquima renal, gravidez, hipertensão renovascular e aldosteronismo primário (O'SHEA; GRIFFIN; FITZGIBBON, 2017).

## 2.2 FISIOPATOLOGIA DA HIPERTENSÃO ARTERIAL

Enquanto a hipertensão secundária tem causa bem definida, a hipertensão essencial, é assim denominada justamente por não ter uma etiologia bem definida, sendo responsável por atingir a maioria dos hipertensos (MUÑOZ-DURANGO *et al.*, 2016). Existem vários mecanismos bem reconhecidos de controle da pressão arterial, entretanto alguns destes mecanismos encontram-se prejudicados na maioria dos hipertensos, como por exemplo o sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA), aumento do estresse oxidativo, disfunção endotelial (KUĆMIERZ *et al.*, 2021).

O controle da PA é realizado por mecanismos que atuam a curto e longo prazo. O principal mecanismo a curto prazo é desempenhado pelos reflexos dos barorreceptores, já o SRAA é responsável pela regulação a longo prazo. Os barorreceptores atuam em resposta as variações na PA, quando esta se eleva, esses receptores estimulam a atividade parassimpática e suprimem a atividade simpática, resultando na diminuição da PA. O SRAA regula os níveis pressóricos através do equilíbrio de sódio e água, através de um hormônio produzido nos rins, a renina (BRITO *et al.*, 2021).

A doença causa alterações funcionais e/ou estruturais em órgãos alvo, em especial nos rins, cérebro e coração, além de alterações metabólicas como intolerância a glicose e colesterol total aumentado. Assim, o risco de eventos adversos fatais e não fatais aumenta substancialmente em hipertensos (BORGHI *et al.*, 2020).

A fisiopatologia da HA envolve múltiplas alterações distintas, como o aumento do estresse oxidativo (desequilíbrio na produção de espécies reativas de oxigênio e a defesa antioxidante do organismo), hiperatividade simpática, disfunção endotelial, inflamação sistêmica, redução da sensibilidade barorreflexa, atividade excessiva do SRAA (SABBAHI *et al.*, 2016). Por sua vez, a PA depende também do equilíbrio entre o débito cardíaco e a resistência vascular periférica (O'SHEA; GRIFFIN; FITZGIBBON, 2017).

A disfunção endotelial, uma das principais características da doença, é representada principalmente por uma síntese diminuída de substâncias vasodilatadoras e aumento de substâncias vasoconstritoras. Todavia, a principal característica da disfunção endotelial é a diminuição da biodisponibilidade de NO, também está relacionada com a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), os chamados radicais livres. Essa produção exacerbada aumenta a PA pela ativação do sistema nervoso simpático (DINH *et al.*, 2014; YUGAR-TOLEDO *et al.*, 2015).

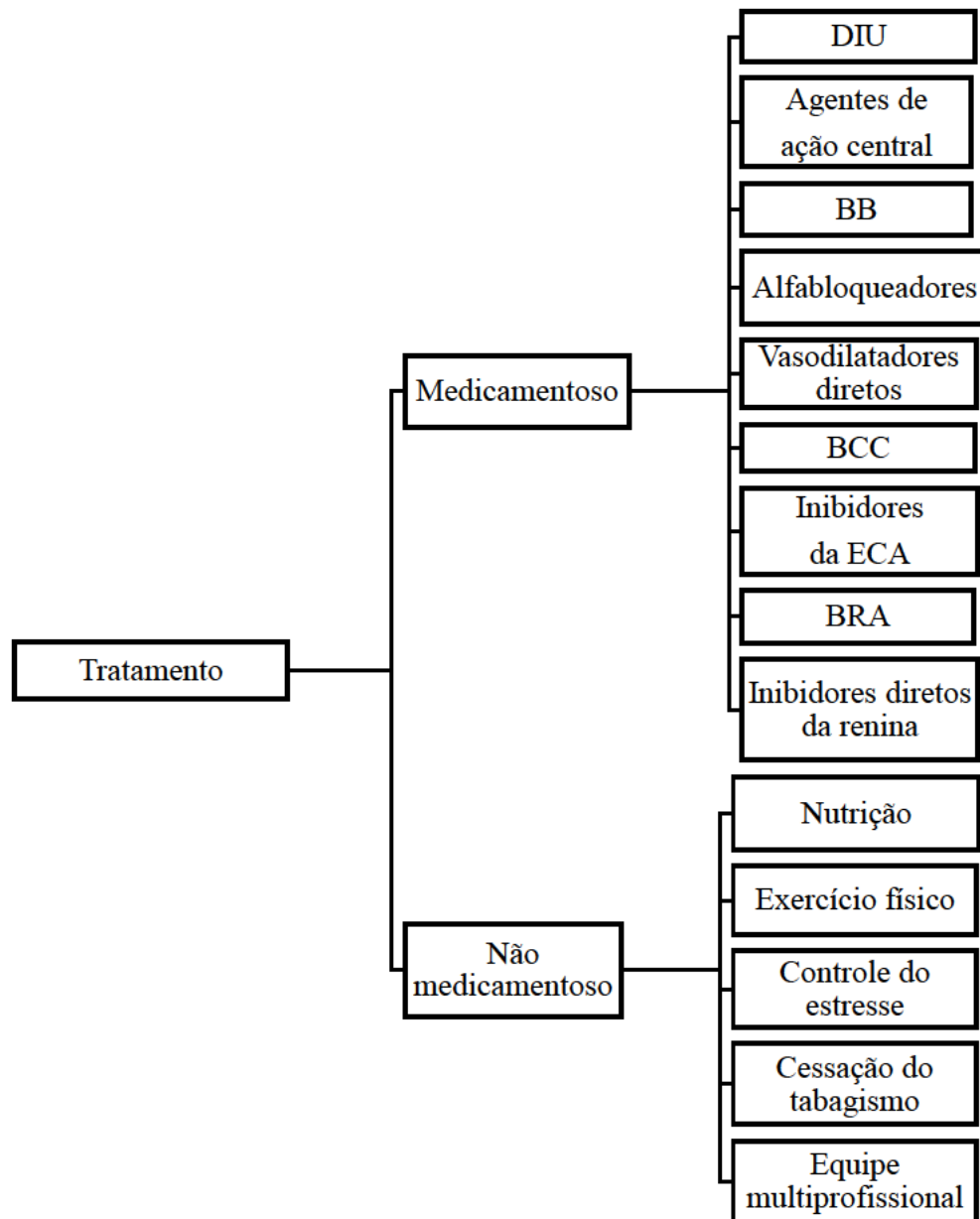
No endotélio, o NO é a principal substância responsável pela manutenção da homeostase vascular. A diminuição da biodisponibilidade de NO pode ser resultante da produção diminuída e/ou aumento da degradação do NO pelas EROs (INCALZA *et al.*, 2018).

O NO é considerado um dos mais potentes vasodilatadores produzidos pelo endotélio (HOBBS *et al.*, 2012), na via endógena ele é sintetizado através da ação da enzima óxido nítrico sintase (eNOS), através da oxidação da L-arginina. Uma outra via de produção do NO é através da dieta a partir do nitrato dietético. Ele promove relaxamento vascular e subsequente vasodilatação (SIERVO *et al.*, 2013; WYLIE *et al.*, 2013).

### 2.3 TRATAMENTO DA HIPERTENSÃO

Considerando a multifatorialidade dos mecanismos e fisiopatologia envolvidos no controle da PA, torna-se óbvio observar que o tratamento da HA tende a não ter sucesso se adotada uma postura de tratamento monoterápica. Por isso, a atual Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial (2021) recomenda que o tratamento anti-hipertensivo deve ter uma abordagem multiprofissional. Consequentemente, esta diretriz propõe uma abordagem multifatorial com equipe multiprofissional conforme esquematizado na figura 1.

Mudança de estilo de vida, incluindo alimentação saudável, prática de atividade física, redução do consumo de álcool e cessação do tabagismo, bem como redução do peso corporal são apresentadas como a base do tratamento da HA, podendo ou não ser combinada com terapia medicamentosa. Mudanças adequadas podem retardar ou prevenir a terapia medicamentosa em pacientes hipertensos em estágio 1 e contribuir para a redução da PA em hipertensos já tratados farmacologicamente (MANCIA *et al.*, 2013; SAMADIAN; DALILI; JAMALIAN, 2016).

**Figura 1** - Formas de tratamento da hipertensão arterial

Legenda: DIU – diuréticos; BB – betabloqueadores; BCC – bloqueadores dos canais de cálcio; ECA - enzima conversora de angiotensina; BRA - bloqueadores dos receptores AT<sub>1</sub> da angiotensina II

Fonte: Autora (2022)

### 2.3.1 Nutrição no tratamento da hipertensão arterial

A SBC (2021) e a American Heart Association/American College of Cardiology (2017), (WILLIAMS *et al.*, 2018) recomendam uma dieta saudável e variada para o sucesso do tratamento. Propõe como operacionalização desta dieta saudável que hipertensos adotem um protocolo alimentar conhecido como *Dietary Approaches to Stop Hypertension* (DASH), que

consiste basicamente em um aumento do consumo de frutas, verduras e legumes, laticínios com baixo teor de gordura, cereais integrais, peixes, aves e oleaginosas, além da diminuição na ingestão de carnes vermelhas, doces, bebidas açucaradas, gordura total, saturada e colesterol. É um padrão alimentar rico em potássio, cálcio, magnésio, fibras e proteínas vegetais, que são componentes envolvidos com o efeito redutor da PA (FILIPPOU *et al.*, 2020).

A dieta DASH é um método consistente e eficaz na prevenção e controle da hipertensão, e recomendada por diversas organizações de saúde. Promove redução na PAS de forma similar as intervenções farmacológicas em pacientes hipertensos (OZEMEK *et al.*, 2018). Uma revisão sistemática demonstrou diminuição de 5,2 mmHg na PAS e 2,6 mmHg na PAD, além disso, a DASH pode contribuir significativamente para a redução do risco de DCV (SIERVO *et al.*, 2015).

A SBC e ESH/ESC também propõem a dieta do mediterrâneo, que consiste na ingestão de vegetais, frutas, peixes, frutos do mar, legumes, nozes, azeite de oliva extravirgem e consumo moderado de vinho tinto. A dieta é pobre em carnes vermelhas e moderada em derivados lácteos. O consumo de fontes de minerais e vitaminas, gorduras insaturadas e baixo teor de sódio são responsáveis pela redução da PA da dieta mediterrânea (DAVIS *et al.*, 2017).

As dietas vegetarianas também são recomendadas pela SBC para o tratamento da hipertensão. Estas dietas são classificadas de acordo com o nível de ingestão de alimentos de origem animal e podem ser classificadas em: dieta vegana (ausência completa de alimentos de origem animal, estendendo a recusa para vestuário, lazer, produtos de higiene, etc), dieta vegetariana estrita (baseada apenas em alimentos de origem vegetal), dieta ovolactovegetariana (consumo de ovos e laticínios). As dietas vegetarianas promovem a redução da PA por possuírem alta capacidade antioxidante e anti-inflamatória, que vão atuar em diversos mecanismos (LEE *et al.*, 2020; SLYWITCH, 2012).

Enquanto isso, o Ministério da Saúde (2014) propõe o Guia Alimentar para a População Brasileira. Este guia apresenta diretrizes alimentares voltadas especificamente para a nossa população, com foco em uma alimentação para promoção da saúde e prevenção de doenças. Em sua atual versão, o guia aborda a alimentação e nutrição com olhar voltado para as mudanças nos hábitos alimentares e condições de saúde e doença da população. O guia traz 10 passos para uma alimentação adequada e saudável, tendo como destaque a recomendação de fazer dos alimentos in natura ou minimamente processados a base da alimentação.

Apesar de serem boas estratégias, a dieta DASH, dieta do mediterrâneo, dietas vegetarianas e o Guia Alimentar para a População Brasileira fazem recomendações genéricas do consumo de alimentos classificados como saudáveis, como frutas, verduras, legumes,

laticínios com baixo teor de gordura e cereais integrais. Apesar destas significativas recomendações, nos últimos anos tem surgido um razoável volume de estudos mostrando que alguns alimentos específicos têm potencial para reduzir a PA de forma isolada, ou seja, independentemente do padrão alimentar adotado, estudos estes mostrados adiante. Os alimentos que apresentaram importante potencial hipotensor, considerando que promoveram redução pressórica sistólica maior do que 10 mmHg e diastólica maior do que 5 mmHg, foram a chia, gergelim e melancia. É importante ressaltar que algumas destas reduções foram similares a medicamentos em alguns estudos.

Toscano *et al.*, (2014) avaliaram os efeitos na PA da suplementação de farinha de chia durante 12 semanas. Nos pacientes hipertensos tratados com medicação, houve redução de 12,1 e 8,7mmHg na PAS e PAD, respectivamente. Nos hipertensos tratados apenas com chia, a redução foi similar ao grupo tratado com medicação, onde houve redução de 9,5mmHg na PAS e 5,5mmHg na PAD.

Um outro estudo comparou o potencial hipotensor do alimento com medicamento. Uma mistura de óleo de gergelim (20%) e óleo de farelo de arroz (80%) foi utilizada por hipertensos como única fonte de óleo para cocção durante 60 dias. O grupo tratado apenas farmacologicamente reduziu a PAS em 17mmHg e PAD em 11mmHg, já o grupo tratado apenas com a mistura de óleo teve redução de 20 e 12mmHg, na PAS e PAD, respectivamente. O óleo de gergelim também foi capaz de promover efeitos aditivos à medicação anti-hipertensiva (-38 mmHg na PAS e - 24mmHg na PAD) (DEVARAJAN *et al.*, 2016).

O efeito hipotensor da melancia é atribuído a L-citrulina, substância que é convertida eficientemente a L-arginina, que por sua vez é precursora do NO. Massa *et al.*, (2016) avaliaram o efeito da suplementação do extrato da melancia durante 6 semanas na PA de indivíduos pré-hipertensos e hipertensos. Houve redução significativa nos níveis pressóricos dos indivíduos tratados com o extrato de melancia (-11,8mmHg na PAS e -6,8mmHg na PAD), já o grupo placebo não apresentou mudanças em nenhum dos componentes pressóricos.

Por sua vez, o cacau apresenta um potencial hipotensor mais discreto. No estudo de Mastroiacovo *et al.*, (2015), idosos hipertensos foram aleatoriamente designados para consumir por 8 semanas uma bebida contendo alta quantidade de flavonoides de cacau, quantidade intermediária ou quantidade baixa de flavonoides. Reduções significativas na PAS foram vistas no grupo que recebeu bebida com alto teor (-7,83mmHg) e teor intermediário de cacau (-6,8mmHg), quando comparado ao grupo que recebeu a bebida com baixo teor de flavonoides de cacau (-1,6mmHg). Entretanto, a pressão diastólica não diferiu significativamente entre os três grupos ao final do estudo.

No estudo de Ried; Frank; Stocks (2013) com indivíduos com hipertensão não controlada tratados com três doses diferentes de extrato de alho envelhecido, durante 12 semanas, foi observada redução significativa na PAS (-11,8mmHg) nos indivíduos que consumiram 2 cápsulas do extrato ao dia comparado ao grupo controle. Entretanto, não foi observada redução significativa nos grupos que receberam 1 e 4 cápsulas do extrato ao dia. Também não houve redução na PAD em nenhum dos três grupos.

Kent *et al.*, (2015) em seu estudo com adultos e idosos hipertensos verificaram redução de 5,5mmHg na pressão sistólica e diastólica, após o consumo de uma única dose de suco de cereja rico em flavonoides. Já para o consumo fracionado em um período de 3 horas da mesma quantidade de suco de cereja não foi observado redução significativa na PA. Similarmente Keane *et al.*, (2016) ao avaliarem a PA de homens hipertensos após a suplementação aguda de suco concentrado de cereja, observaram redução significativa de 7mmHg na PAS quando comparado ao grupo placebo.

Ao investigar o efeito da suplementação crônica por 28 dias de suco de uva tinto integral na PA de hipertensos, Neto *et al.*, (2017), constataram que na análise do grupo que recebeu o suco de uva, os indivíduos com valores controlados de PA em repouso, apresentaram uma diminuição de 13,7mmHg na PAS em comparação aos indivíduos que iniciaram a intervenção com valores controlados. Ainda de acordo com os autores os efeitos do suco são dependentes dos valores iniciais da PA.

Alguns dos outros alimentos que já foram estudados por apresentarem algum efeito hipotensor foram o café, chá verde, chocolate 70% cacau, linhaça, chuchu, blueberry, leite fermentado e pipoca. Estes alimentos não serão aqui apresentados para evitar que a discussão se torne extensa e prolixa.

### **2.3.2 Potencial da beterraba no tratamento da hipertensão arterial**

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) (figura 2) é um vegetal da família Amaranaceae, cultivada em diversos países do mundo e consumida amplamente na dieta ocidental (CLIFFORD *et al.*, 2015). No Brasil, três variedades têm importância econômica significativa, são elas: a beterraba açucareira (usada para extração de açúcar), a forrageira (usada na alimentação animal) e a hortícola (usada na alimentação humana). A beterraba hortícola, também chamada beterraba vermelha ou de mesa, é a variedade mais cultivada no país (CORRÊA *et al.*, 2014).

A beterraba contém quantidades significativas de ácidos fenólicos, flavonoides, ácidos orgânicos e inorgânicos, betalaínas, também é rica em minerais como potássio, sódio e fósforo, além de vitamina C, niacina e folato (MIRMIRAN *et al.*, 2020; VASCONCELLOS *et al.*, 2016). A sacarose é o principal açúcar presente na beterraba, sendo encontradas apenas pequenas quantidades de glicose e frutose (WRUSS *et al.*, 2015).

**Figura 2** - Beterraba (*Beta vulgaris* L.)



Fonte: Revista Campo e Negócios (2020)

Devido ao seu grande número de fitoquímicos, especialmente os compostos fenólicos, a beterraba é um dos cinco vegetais com maior atividade antioxidante (CLIFFORD *et al.*, 2017; SONG *et al.*, 2010). As betalaínas, representadas principalmente pelas betacianinas e betaxantinas, são os pigmentos característicos deste vegetal, apresentam grande biodisponibilidade e possuem propriedade antioxidante. Na indústria alimentícia são muito utilizadas como corantes naturais (VASCONCELLOS *et al.*, 2016; WRUSS *et al.*, 2015).

O vegetal é consumido geralmente na forma cozida ou crua, mas a indústria alimentícia tem explorado novas formas de comercialização, visando ofertar produtos nutricionalmente ricos em nitrato, mas também saborosos e de fácil consumo. O suco de beterraba, o pó derivado da liofilização do suco, chips e gel de beterraba são alternativas de produtos no mercado de suplementos alimentares, eles são vendidos principalmente como produtos com potencial efeito de melhorar o desempenho físico (BAIÃO *et al.*, 2017; WRUSS *et al.*, 2015). Em 100 mL de suco de beterraba encontra-se cerca de 95 kcal, 22,6g de carboidratos, 0,70g de proteínas e 0,91g de fibras. O teor de nitrato varia dentro de uma faixa de  $388 \pm 19,9$  a  $3968 \pm 252$  mg/L em sucos comerciais (BAIÃO *et al.*, 2017; MIRMIRAN *et al.*, 2020).

Além de diversos compostos bioativos, a beterraba é um dos vegetais com maior teor de nitrato inorgânico. Esta característica explica o grande interesse pela beterraba na prevenção e tratamento de DCV. Foi proposto que a suplementação de nitrato na dieta pode compensar a produção deficiente de NO, condição muito comum na hipertensão (BAHADORAN *et al.*, 2017). De fato, um dos fatores que pode estar relacionado a fisiopatologia da doença é a produção ineficiente de NO pelo endotélio (HOBBS *et al.*, 2012). Adicionalmente, foi demonstrado que o NO também pode ser sintetizado a partir do nitrato inorgânico da dieta pelo ciclo enterosalivar (SIERVO *et al.*, 2013; WYLIE *et al.*, 2013) assim estima-se que até 50% do nitrato plasmático é derivado de fontes alimentares (ASHWORTH; BESCOS, 2017).

O nitrato dietético é absorvido ativamente pelas glândulas salivares e é incorporado a saliva, dessa forma ele é reduzido a nitrito por diferentes espécies de bactérias anaeróbicas presentes na cavidade oral. No entanto, ao chegar no ambiente ácido do estômago apenas uma pequena parte do nitrito é reduzido a NO e é então absorvido, promovendo vasodilatação (CUTLER *et al.*, 2019). Entretanto, a outra parte que não é convertida, entra na circulação sistêmica e aproximadamente 25% desse nitrato plasmático retorna à saliva por meio das glândulas salivares e o ciclo enterosalivar reinicia. O restante é excretado na urina (BONILLA OCAMPO *et al.*, 2018).

Diversos são os estudos que mostram o efeito hipotensor da beterraba. Kapil *et al.*, (2015) ao investigarem a suplementação diária de suco de beterraba por 4 semanas, em hipertensos com o uso ou não de medicação anti-hipertensiva, observaram redução sustentada da PA medida por três métodos diferentes. A redução média foi de 7,7/2,4mmHg na PA clínica, 7,7/5,2mmHg na PA ambulatorial de 24h e 8,1/3,8mmHg na PA domiciliar. Além disso, houve melhora da função endotelial e redução da rigidez arterial.

Asgary *et al.*, (2016) ao avaliarem por 2 semanas os efeitos de suco de beterraba crua e cozida, mostraram que ambos os tratamentos reduziram significativa a PAS e PAD, além de melhorar a função endotelial e inflamação sistêmica de hipertensos. Em estudo piloto, Kerley; Dolan; Cormican (2017) observaram redução significativa de 6mmHg na PAD em hipertensos não controlados, mas não em hipertensos controlados, após suplementação com suco de beterraba durante 14 dias. O estudo indicou que efeitos fisiológicos benéficos do nitrato dietético podem ser maiores em pacientes hipertensos que apresentam PA descontrolada.

Entretanto, Bondonno *et al.*, (2015) ao conduzirem estudo com hipertensos sob regime de 1 a 3 anti-hipertensivos, não viram efeito benéfico na PA com a ingestão crônica por 7 dias com suco de beterraba. Oggioni *et al.*, (2018) também não constataram modificações na PA

com a suplementação por 7 dias com suco de beterraba, por sua vez, os indivíduos eram adultos mais velhos e saudáveis.

O efeito hipotensor da beterraba também é visto com a ingestão aguda do suco. Kapil *et al.*, (2010), ao investigarem os efeitos do nitrato dietético em indivíduos saudáveis, observaram que uma única dose de suco de beterraba reduziu 5,4mmHg na PAS após 3 horas da ingestão, enquanto a PAD não sofreu mudanças significativas. Hobbs *et al.*, (2012) ao investigarem a menor dose necessária de suco de beterraba com efeito hipotensor, constataram que a redução da PA ocorreu quase que dependente da dose de suco ingerido, havendo uma tendência de redução da PA mais acentuada com o aumento da dose de suco de beterraba e que esse efeito hipotensor se sustentou até 24 horas após a ingestão.

Até o momento, apenas dois estudos investigaram os efeitos adicionais do suco de beterraba na HPE. No estudo de Bezerra *et al.*, (2019), realizado com homens obesos com perfil elevado de risco cardiovascular, os resultados demonstraram redução de 5,3mmHg na PAS por até 6 horas após uma sessão de exercício aeróbico de intensidade moderada. Por sua vez, Amaral *et al.*, (2019) concluíram que uma única dose de suco de beterraba não foi capaz de promover mudanças significativas na HPE em mulheres hipertensas na pós-menopausa, tratadas com anti-hipertensivos, mesmo ocorrendo aumento da concentração salivar de nitrato.

A redução da PA com a suplementação de beterraba é acompanhada por um aumento do nitrito plasmático. Em um estudo com a ingestão de uma única dose de suco de beterraba, os autores observaram aumento do nitrito plasmático em 3 horas. A concentração elevada perdurou por 6 horas após a ingestão. Adicionalmente, a redução da PA acompanhou os mesmos resultados em relação ao tempo observados no aumento do nitrito plasmático (RAUBENHEIMER *et al.*, 2017).

Em revisão sistemática recente, Bonilla Ocampo *et al.*, (2018) concluíram que apesar de fatores individuais influenciarem o efeito hipotensor da beterraba, como a PA basal, estado nutricional, sexo e idade, a suplementação com o suco de beterraba é uma estratégia barata, segura e baseada em evidências. Kapil *et al.*, (2010) e Coles e Clifton (2012), relataram que houve menor redução da PAS em homens do que em mulheres. No estudo de Kapil *et al.*, (2010), os autores ressaltam que os participantes estavam em uso de medicação anti-hipertensiva e que isso pode ter influenciado nos resultados. Já no estudo de Coles e Clifton (2012), as mulheres eram mais velhas que os homens, e esse fator também pode ter afetado uma menor resposta pelas mulheres.

Em metáanálise de Siervo *et al.*, (2013), os resultados mostraram que o consumo de suco de beterraba está associado a maiores mudanças na PA sistólica que no componente diastólico.

A meta-regressão mostrou também que as diferenças médias na PAS estavam diretamente associadas à dose diária de nitrato dietético, mas não com a duração da intervenção. Com isso, observa-se que tanto a suplementação crônica quanto aguda proporciona resultados benéficos na redução da PA, com potencial tanto em normotensos quanto hipertensos. Entretanto, os dados ainda são inconsistentes quanto a dose efetiva, duração de ingestão e que população pode ser mais beneficiada.

## 2.4 EXERCÍCIO FÍSICO NO CONTROLE DA PRESSÃO ARTERIAL

Sabe-se que a inatividade física é um fator de risco independente para doenças crônicas não transmissíveis (WU *et al.*, 2019). Indivíduos sedentários apresentam 17% maior risco de morte por todas as causas em comparação aos indivíduos que realizam exercícios de baixo volume (aqueles que se exercitaram por 15 min/dia ou 92 min/semana) (WEN *et al.*, 2011). Já para as doenças cardiovasculares o risco de mortalidade aumenta para 28% em sedentários quando comparado as pessoas que realizam no mínimo 150 minutos por semana de atividade física moderada (LEAR *et al.*, 2017). Por sua vez, indivíduos hipertensos fisicamente inativos apresentam 16 a 67% maior risco de mortalidade devido a DCV, e 17 a 57% maior risco de morte por todas as causas (ROSSI *et al.*, 2012). Por esse motivo a prática de exercício físico é uma das abordagens mais recomendadas para a prevenção e tratamento de DCV (WU *et al.*, 2019).

Uma metanálise recente incluindo 37 estudos clínicos randomizados com pacientes hipertensos, mostrou que entre 4 e 37 semanas de treinamento físico aeróbico são capazes de reduzir significativamente a PAS em -8,29 mmHg e a PAD em -5,19 mmHg. Todos os tipos ou modalidade de exercícios, incluindo ciclismo, dança, caminhada/corrida e exercícios aquáticos promoveram redução significativa da pressão arterial. Entretanto, o exercício de baixa intensidade não apresentou efeito significativo em comparação a intensidade moderada e vigorosa (LEE; CHAE, 2020).

Um dos fenômenos mais interessantes na pesquisa com exercício e hipertensão é que no hipertenso não é preciso aguardar semanas para observar o efeito hipotensor do exercício. De fato, a literatura tem consistentemente demonstrado que uma única sessão de exercício é capaz de promover redução significativa da pressão arterial logo nos primeiros minutos após encerrado o exercício. Este fenômeno é denominado de HPE (CARDOSO JR *et al.*, 2010).

Esse efeito hipotensor pós-exercício ocorre tanto em indivíduos normotensos como hipertensos, porém são observados de maneiras distintas. Em hipertensos, a HPE costuma ser maior em comparação a pessoas normotensas (CARDOSO JR *et al.*, 2010). A magnitude da redução da PA é dependente também da PA pré-exercício, o que implica em reduções maiores em pessoas com PA basal mais alta em comparação aquelas com PA mais próximo da normalidade (SABBAHI *et al.*, 2016). De acordo com Cardoso Jr *et al.*, (2010) em indivíduos hipertensos a magnitude da HPE varia de -2 a -12 mmHg.

Carpio-Rivera *et al.*, (2016) em metanálise envolvendo 1408 participantes, investigaram o efeito agudo do exercício sobre a resposta da pressão arterial e quais variáveis poderiam estar envolvidas nessa resposta. Os autores constataram que independentemente das características do participante, da medição da PA e do exercício, a PA está reduzida nas horas seguintes a uma sessão de exercícios. Entretanto, os homens apresentam uma resposta hipotensora mais acentuada que as mulheres, além disso, indivíduos em uso de drogas anti-hipertensivas e indivíduos ativos fisicamente apresentam melhor resposta hipotensora. Foi encontrada uma associação inversa entre idade e HPE, e índice de massa corporal (IMC) e HPE. Em contraste aos achados de outros estudos, essa metanálise não encontrou evidências que valores iniciais mais elevados de PA ocasionam maiores reduções pressóricas.

Uma revisão sistemática com metanálise ao comparar os efeitos do exercício resistido com restrição de fluxo sanguíneo e do exercício resistido tradicional nas respostas pressóricas agudas, mostrou que o primeiro ocasionou uma HPE significativamente maior (-PAS: -5,13 mmHg e PAD -4,70 mmHg,) em comparação ao exercício resistido tradicional (PAS: -3,76 mmHg e PAD: -3,04 mmHg), no período de 30 a 60 minutos pós-exercício (DOMINGOS; POLITO, 2018).

Em recente revisão sistemática e metanálise, Perrier-Melo *et al.*, (2020) ao compararem a magnitude da HPE entre o exercício contínuo e exercício intervalado, encontraram que o exercício intervalado foi capaz de promover uma redução maior (PAS: -8 mmHg e PAD: -4 mmHg) em comparação ao contínuo (PAS: -5 mmHg e PAD: -2,6 mmHg). Essa redução foi constatada aos 45 a 60 minutos pós-exercício.

Entre os mecanismos promotores da redução da PA após uma única sessão de exercício estão a diminuição da resistência vascular, derivada de uma atividade nervosa simpática reduzida, melhora da biodisponibilidade do NO a partir da produção aumentada de metabólitos vasodilatadores, como NO e lactato (RUECKERT *et al.*, 1996), melhora da função endotelial, diminuição significativa da produção de espécies reativas de oxigênio, aumento da atividade antioxidante do organismo, redução da rigidez arterial e diminuição da atividade do SRAA

(LARSEN; MATCHKOV, 2016; SABBAHI *et al.*, 2016). A normalização dos níveis e expressão de citocinas pró-inflamatórias também estão entre os mecanismos benéficos do exercício (LARSEN; MATCHKOV, 2016).

A biodisponibilidade do NO pode ser modulada positivamente por exercícios e fatores dietéticos, e negativamente por estresse oxidativo e lipoproteínas de baixa densidade alteradas (SABBAHI *et al.*, 2016). Recentemente foi postulado que o exercício pode aumentar a redução do nitrito a NO, através de uma regulação positiva da enzima xantina oxidoreductase (CUTLER *et al.*, 2019). Entre os principais mecanismos envolvidos com a melhora da função endotelial pelo exercício estão a melhora da atividade das enzimas eNOS e superóxido dismutase, aumento do estresse de cisalhamento e melhora da capacidade antioxidante total (SABBAHI *et al.*, 2016).

Entretanto, é importante ressaltar que a resposta anti-hipertensiva ao exercício é altamente variável, sendo traduzida em diferenças entre os tipos e intensidade de exercício, fatores ambientais e fatores genéticos, os quais podem ser responsáveis por notável intra e inter variabilidade de estudos na resposta da PA ao exercício (VILELLA, 2018).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 TIPO DE ESTUDO E PARTICIPANTES

Trata-se de um estudo clínico, randomizado, controlado, duplo cego e cruzado. O presente estudo foi realizado com 14 mulheres hipertensas, em uso de medicamentos anti-hipertensivos, fisicamente ativas, com idade entre 40 e 60 anos. As participantes foram recrutadas por meio de divulgação nas redes sociais (*Instagram, Facebook e WhatsApp*) e cartazes fixados em locais públicos da cidade de João Pessoa-PB.

Como critérios de inclusão as participantes deveriam ser hipertensas e estar em uso de drogas anti-hipertensivas, não serem consumidoras assíduas de beterraba, não ser tabagista, ter histórico no último mês de prática de atividades físicas com sessões de pelo menos 150 min/semana. Foram excluídas do estudo as voluntárias que não participaram de todos os procedimentos experimentais, apresentaram algum desconforto gastrointestinal ao suco de beterraba ou bebida controle, alteraram a medicação, dieta ou padrão de treinamento físico no período do estudo.

As coletas de dados foram realizadas no Laboratório de Estudos e Treinamento Físico Aplicado ao Desempenho e a Saúde (LETFADS/UFPB), de novembro de 2021 a fevereiro de 2023. O tamanho amostral foi baseado nas Normas para Estudo da Eficácia de Produtos Fitoterápicos (BRASIL, 1996), assim o tamanho amostral mínimo preconizado foi de 14 participantes, considerando para isto que o suco de beterraba pode promover efeitos benéficos à saúde além das funções nutricionais básicas.

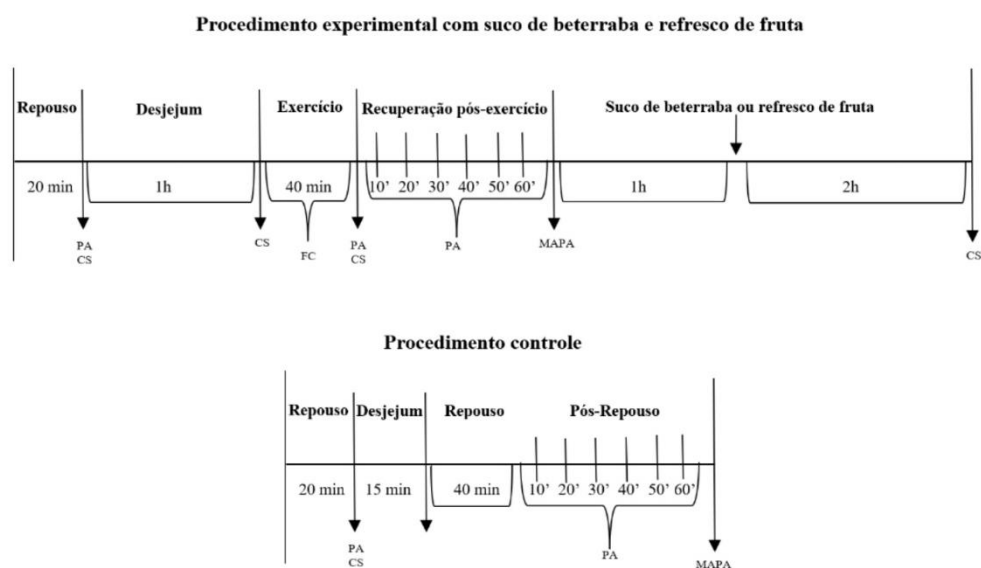
#### 3.2 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal da Paraíba, sendo aprovado sob o parecer nº 4.618.273, CAAE: 40531220.9.0000.5188 (ANEXO A). O estudo foi registrado na plataforma Registro Brasileiro de Estudos Clínicos (RBR-5vsm8t7). Todas as voluntárias da pesquisa foram solicitadas a ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), de acordo com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (APÊNDICE B).

#### 3.3 DESENHO DO ESTUDO

Após entrevista (APÊNDICE C) as participantes que atenderam aos critérios foram randomizadas quanto a ordem dos procedimentos através do site [www.randomizer.org](http://www.randomizer.org). Por se tratar de um estudo cruzado, as voluntárias participaram dos três procedimentos em três dias diferentes com intervalo mínimo de 15 dias entre as visitas. Foram realizados três procedimentos: 1) exercício com ingestão de suco de beterraba (SBE), 2) exercício com ingestão de refresco de fruta (bebida controle) (RFE) e 3) controle sem exercício e sem ingestão de bebida (CON). A PA foi medida em repouso, imediatamente após o exercício e a cada 10 minutos durante 1 hora no período de recuperação pós-exercício ou repouso de forma clínica e nas 24 horas seguintes por MAPA (Monitoração Ambulatorial da Pressão Arterial). Coletas sanguíneas foram realizadas em jejum, antes e imediatamente após as sessões de exercício, além de duas horas após a ingestão das bebidas para dosagem de nitrito, capacidade antioxidante total e malondialdeído. Uma avaliação antropométrica foi realizada na primeira visita das participantes ao laboratório. O desenho dos procedimentos é ilustrado na figura 3.

**Figura 3** - Desenho dos procedimentos



Por se tratar de um estudo cruzado, cada participante realizou os três procedimentos de forma aleatória. PA = Medida clínica de pressão arterial; CS = Coleta sanguínea, FC = Registro de frequência cardíaca, MAPA = Instrumentalização com aparelho de Monitoração Ambulatorial da Pressão Arterial.

### 3.4 INSTRUÇÕES PRÉ-EXPERIMENTAIS

Para a realização do estudo, as voluntárias foram solicitadas a evitar o consumo de alimentos ricos em cafeína (APÊNDICE D), álcool e suspender a prática de exercícios físicos 24 horas antes das sessões, visto que são fatores que interferem na pressão arterial de repouso. Elas também foram solicitadas a não ingerir suplementos alimentares e alimentos ricos em nitrato (APÊNDICE D) no dia anterior aos procedimentos, a fim de assegurar a exclusão de quaisquer efeitos associados a alimentação sobre os procedimentos. Além disso, foram orientadas a não utilizar antisséptico bucal a partir da noite anterior a cada procedimento, visto que o produto pode inibir a conversão de nitrato a nitrito pelas bactérias presentes na cavidade oral (SENKUS; CROWE-WHITE, 2019).

As participantes chegaram ao laboratório após jejum noturno de pelo menos 8 horas para a realização dos procedimentos. Elas receberam um desjejum padronizado composto de um sanduíche de queijo e suco de laranja artificial (contendo 251,1kcal, 35,5g de CHO, 9,4g de PTN e 7,5g de LIP), logo após a primeira coleta sanguínea do procedimento a ser realizado.

### 3.5 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E CONSUMO ALIMENTAR

Para caracterização da amostra foram realizadas as seguintes medidas antropométricas: peso (kg), estatura (m) e circunferência da cintura (cm). O peso e estatura foram aferidos conforme protocolo proposto por Gordon, Chumlea e Roche (1988). Para aferição do peso corporal foi utilizada balança digital calibrada (CAMRY/modelo EF741), onde a participante ficou posicionada em pé no centro da balança, descalço e com o mínimo de roupas possível. Para mensuração da estatura foi utilizado estadiômetro fixo (Slim fit) com a participante descalça, posicionada no plano de *Frankfurt*, com os calcanhares, panturrilha, nádegas, clavícula e região occipital encostados na parede; com os pés paralelos, braços relaxados ao lado do corpo e mãos viradas para o corpo e sem adornos na cabeça. As medidas de peso e estatura foram utilizadas para cálculo do IMC, em que o estado nutricional foi classificado de acordo a OMS (1995) e OMS (1997), como mostrado na tabela 3.

A circunferência da cintura (CC) foi medida de acordo com as recomendações da OMS (2000) e classificada de acordo com os valores mostrados na tabela 4. A CC foi aferida com fita métrica inelástica com 2 metros de comprimento (Cescorf, Brasil), no ponto médio entre o último arco costal e crista ilíaca, com a voluntária em posição vertical e com o mínimo de roupa possível.

Para investigação do consumo alimentar do dia anterior foi usado o recordatório alimentar de 24h (GIBSON, 1990). O recordatório (APÊNDICE E) foi aplicado antes do início de cada sessão para avaliação dos alimentos e bebidas ingeridos nas 24 horas anteriores à entrevista. Para a análise do consumo alimentar foi utilizado o software virtual Dietbox®. As informações referentes ao consumo de energia e macronutrientes (carboidratos, proteínas e gordura) foram analisadas conforme as recomendações estabelecidas pelas DRI's (PADOVANI *et al.*, 2006).

**Tabela 3** - Classificação do Índice de Massa Corporal em adultos segundo a Organização Mundial da Saúde, 1995/1997.

| Classificação      | IMC (kg/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|--------------------------|
| Magreza grau III   | < 16                     |
| Magreza grau II    | 16 a 16,9                |
| Magreza grau I     | 17 a 18,4                |
| Eutrofia           | 18,5 a 24,9              |
| Sobrepeso          | 25 a 29,9                |
| Obesidade grau I   | 30 a 34,9                |
| Obesidade grau II  | 35 a 40                  |
| Obesidade grau III | > 40                     |

Fonte: Organização Mundial da Saúde, 1995/1997

**Tabela 4** - Circunferência da cintura de acordo com o gênero, segundo o Instituto Nacional de Saúde, 2000.

| Gênero   | Risco elevado de complicações metabólicas | Risco muito elevado de complicações metabólicas |
|----------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Homens   | ≥ 94 cm                                   | ≥ 102 cm                                        |
| Mulheres | ≥ 80 cm                                   | ≥ 88 cm                                         |

Fonte: NIH (2000)

### 3.6 SUPLEMENTAÇÃO AGUDA COM SUCO DE BETERRABA E REFRESCO DE FRUTA

A bebida experimental e controle foram ingeridas 2 horas após a sessão de exercício na esteira. As bebidas foram entregues pela pesquisadora responsável pelo cegamento dos sucos

em uma garrafa escura com capacidade para 180mL (Figura 4) para impossibilitar a visualização do conteúdo da garrafa. Durante toda a intervenção as voluntárias ficaram cegas quanto as bebidas, assim como os pesquisadores envolvidos na coleta de dados.

A bebida experimental (Figura 5) consistiu em suco de beterraba industrializado rico em nitrato (*Beet It Sport, James White Drinks, Ipswich, Reino Unido*), composto de 98% de suco de beterraba concentrado e 2% de suco de limão. Foram utilizados dois frascos de 70mL de suco, resultando em um consumo total de 140mL, contendo 800mg de nitrato. A dose utilizada foi baseada no estudo de Wylie *et al.*, (2013), que observaram que 140mL de suco de beterraba promove aumento do nitrito plasmático 2 a 3 horas após a ingestão. A informação nutricional do suco é apresentada na tabela 5.

**Figura 4** – Garrafa das bebidas entregue as voluntárias



Fonte: Autora, 2022.

**Figura 5** – Bebida experimental *Beet it*



Fonte: Beet It Sport, 2022.

**Tabela 5** – Informação nutricional do suco de beterraba (*Beet It Sport*)

| Quantidade por porção (140mL) |      |
|-------------------------------|------|
| Valor energético (kcal)       | 156  |
| Carboidratos (g)              | 32   |
| Açúcares (g)                  | 32   |
| Proteínas (g)                 | 6g   |
| Gorduras totais (g)           | 0    |
| Sódio (mg)                    | 180  |
| Potássio (mg)                 | 1700 |
| Cálcio (mg)                   | 13   |
| Ferro (mg)                    | 0,6  |
| Nitrato (mg)                  | 800  |

Fonte: *Beet It Sport, James White Drinks, Ipswich, Reino Unido*

A bebida controle (pobre em nitrato) consistiu em um refresco de fruta misto de uva, maçã, cenoura e mirtilo (Kapo, Del Valle, Brasil), contendo água, açúcar, suco de uva, maçã, cenoura e mirtilo, sua informação nutricional é apresentada na tabela 6. Foi utilizado 140mL da bebida controle, contendo aproximadamente 5,4mg de nitrato na porção (BEZERRA *et al.*, 2019).

**Tabela 6** - Informação nutricional do refresco de fruta (Kapo, Del Valle).

| Quantidade por porção (200mL)                                                                                             |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Valor energético (kcal)                                                                                                   | 178  |
| Carboidratos (g)                                                                                                          | 19   |
| Sódio (mg)                                                                                                                | 8,3  |
| Vitamina A (µg)                                                                                                           | 90   |
| Vitamina B3 (mg)                                                                                                          | 2,4  |
| Vitamina B6 (mg)                                                                                                          | 0,19 |
| Vitamina B12 (µg)                                                                                                         | 0,36 |
| Vitamina C (mg)                                                                                                           | 6,7  |
| Vitamina D (µg)                                                                                                           | 0,75 |
| Vitamina E (mg)                                                                                                           | 1,5  |
| Não contém quantidades significativas de proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans e fibra alimentar |      |

Fonte: The Coca-cola Company, 2019.

### 3.7 PROTOCOLO DE EXERCÍCIO FÍSICO

O exercício foi do tipo aeróbio e consistiu em uma caminhada/corrida na esteira ergométrica (Moviment, São Paulo, Brasil) com duração de 40 minutos e intensidade entre 60% e 70% da frequência cardíaca máxima, que foi calculada a partir da fórmula:  $FC_{Max} = 204 - (1,07 \times Idade)$  (BRUCE *et al.*, 1974). A frequência cardíaca (FC) foi monitorada por um cardiofrequencímetro (POLAR/modelo H10) a cada 10 minutos. Adicionalmente, a escala de Borg (1982) (ANEXO B) foi utilizada para avaliação da percepção subjetiva de esforço, de modo que as voluntárias deveriam reportar entre 11 e 14 nesta escala. Caso houvesse discordância entre a FC e percepção de esforço, prevaleceu a percepção de esforço.

### 3.8 MEDIÇÃO DA PRESSÃO ARTERIAL

A PA clínica foi medida por monitor oscilométrico (OMRON, modelo HEM-710 INT, Illinois, USA) com a voluntária na posição sentada, seguindo as recomendações da Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial da SBC (2021). Conforme mostrado na figura 3, a aferição da PA pré-exercício foi realizada após 20 minutos de repouso. A PA também foi aferida imediatamente após o exercício e a cada 10 minutos da primeira hora após o exercício ou repouso.

Após 1 hora pós-exercício ou repouso, em que a pressão foi medida de forma clínica, as participantes foram instrumentadas com aparelho de MAPA (CARDIOS/modelo Dyna-MAPA) para medição da PA pelas 24 horas seguintes. As participantes receberam orientações prévias para realização do exame da MAPA conforme o preconizado na 6ª Diretrizes de MAPA da SBC (NOBRE *et al.*, 2018). O aparelho foi instalado nas participantes por um pesquisador treinado, o manguito foi posicionado 2 a 3cm da fossa cubital, com a voluntária na posição sentada. O equipamento foi programado para realizar medidas a cada 15 minutos durante o dia (07:00 às 22:59h) e a cada 30 minutos durante a noite (23:00 às 06:59h). As participantes foram instruídas a registrar o horário em que dormiram e acordaram, realizaram suas atividades diárias usuais e evitar a realização de exercício físico. O exame foi considerado válido quando foram obtidas pelo menos 16 medidas durante a vigília e 8 durante o sono, ou seja, 80% das medições válidas.

### 3.9 COLETA DE SANGUE E ANÁLISES BIOQUÍMICAS

Foi coletada uma amostra de 8mL de sangue em veia antecubital, por profissional capacitado nos momentos: após jejum noturno, antes e imediatamente após o exercício físico, e após 2 horas de ingestão da bebida experimental ou controle, conforme a figura 3. O sangue foi colocado em tubos e centrifugados a 3000rpm por 15 minutos e refrigerado a -20°C até o momento das análises. As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Estudos e Treinamento Físico Aplicado ao Desempenho e a Saúde (LETFADS/UFPB).

### 3.9.1 Nitrito plasmático

A análise de nitrito plasmático foi realizada para estimar a biodisponibilidade de NO. A concentração de nitrito foi determinada pela reação de *Griess*, que quantifica o nitrito na amostra através da reação de diazotização formando um cromóforo de cor rósea. O reagente foi preparado utilizando partes iguais de ácido fosfórico 5%, sulfanilamida 1% em ácido fosfórico a 5%, N-(1-Naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride (NEED) a 0,1% e água destilada. Seguiu-se a detecção do nitrito/nitrato com adição de 500 µL do reagente de *Griess* a 500 µL do plasma. Após 10 minutos, a absorbância foi medida em um espectrofotômetro (*Biospectro* SP-22, Curitiba, Brasil) a um comprimento de onda de 532nm. As concentrações de nitrito foram calculadas por extrapolação para uma curva padrão de NaNO<sub>2</sub> e os dados expressos em micromoles (GREEN *et al.*, 1981).

### 3.9.2 Capacidade antioxidante total

A análise foi baseada no método descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), no qual uma alíquota de 1,25 mg de 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) foi diluída em 100 mL de etanol (álcool etílico absoluto 99,5%), mantida sob refrigeração e protegida da luz. Foram adicionados 3,9 mL da solução de DPPH a 100 µL de plasma em tubos, que em seguida foram agitados em vórtex e deixados em repouso por 30 minutos. Foram então centrifugados a 10.000 rpm à temperatura de 20°C por 15 minutos e o sobrenadante utilizado para a realização da leitura em espectrofotômetro (*Bioespectro* SP-220, Curitiba, Brasil) a um comprimento de onda de 515 nm. Os resultados foram expressos como percentual da atividade antioxidante (AOA):

$$AOA = 100 - [DPPH \cdot R]_t / [DPPH \cdot R]_B \cdot 100)$$

onde, [DPPH•R]<sub>t</sub> e [DPPH•R]<sub>B</sub> correspondem as concentrações de DPPH• remanescente após 30 minutos, avaliadas na amostra (t) e no branco (B) preparado com água destilada.

### 3.9.3 Malondialdeído

O malondialdeído (MDA) foi usado como um marcador de peroxidação lipídica, dosado no plasma, de acordo com a metodologia descrita por Ohkawa, Ohishi e Yagi (1979). A atividade oxidante foi quantificada a partir da peroxidação lipídica do MDA, por meio da reação do ácido tiobarbitúrico (TBARS), com os produtos de decomposição dos hidroperóxidos. Em seguida, foi incubado em banho-maria a 37°C por 60 min e a mistura precipitada com ácido perclórico à 35% e centrifugada a 14000 rpm por 10 min à 4°C. O sobrenadante foi transferido para novas alíquotas e adicionado 400µl de ácido tiobarbitúrico a 0,6% e incubado a 95-100°C, por 60 min. Após o resfriamento, o material foi lido em espectrofotômetro ultravioleta (Bioespectro, modelo SP 22, Brasil) a um comprimento de onda de 532nm, em temperatura ambiente.

### 3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados são apresentados como média e desvio padrão da média. Para avaliar a normalidade dos dados foi realizado o teste de Shapiro Wilk. A homogeneidade foi testada pelo teste de Levene. Para verificar as diferenças nas medidas basais de PA, nitrito, CAT e MDA foi utilizado o teste ANOVA *one-way*. A ANOVA *two-way* para medidas repetidas com teste *post hoc* de Tukey foi usado para verificar diferenças na PA clínica, PA ambulatorial, concentração de nitrito, CAT e MDA entre os procedimentos. Quando os dados se apresentaram não normais, foi aplicado os seus correspondentes não-paramétricos. As análises foram realizadas por meio do software Jamovi, versão 2.2.5, adotando nível de significância de  $p < 0,05$ .

## 4 RESULTADOS

Os resultados desta dissertação estão relatados na forma de um artigo original apresentado no APÊNDICE A.

O artigo intitulado “EFEITO DA INGESTÃO DE SUCO DE BETERRABA APÓS O EXERCÍCIO FÍSICO NA MAGNITUDE E DURAÇÃO DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO EM MULHERES HIPERTENSAS”, submetido a *Nutrients*, Qualis A1 e Fator de impacto 6.706, teve como objetivo investigar o efeito da ingestão de suco de beterraba 2 horas após uma sessão de exercício aeróbio na magnitude e duração da resposta pressórica em mulheres hipertensas.

A população estudada foi composta de mulheres com média de idade de  $59,1 \pm 5,68$  anos, que apresentavam valores pressóricos compatíveis com hipertensão arterial controlada nos três procedimentos SBE (PAS:  $130 \pm 9,39$  mmHg, PAD:  $83,10 \pm 8,59$  mmHg), RFE (PAS:  $132 \pm 13,10$  mmHg, PAD:  $84,10 \pm 6,54$  mmHg) e CON (PAS:  $133 \pm 15,80$  mmHg, PAD:  $85,40 \pm 8,05$  mmHg).

Entre os principais achados, observou-se que o suco de beterraba aumentou significativamente as concentrações plasmáticas de nitrito (basal:  $33,4 \pm 32,5$   $\mu$ M para 2 horas pós-ingestão do suco:  $47,0 \pm 36,0$   $\mu$ M;  $p=0,013$ ), um aumento de 40,7%. Ambos os procedimentos com exercício (SBE e RFE) promoveram hipotensão pós-exercício, com redução na PAS a partir dos 10 minutos pós-exercício ( $p<0,05$ ), enquanto a PAD reduziu aos 20 minutos ( $p<0,05$ ), sem diferenças entre os dois protocolos com exercício. Reduções significativas na pressão sistólica ambulatorial foram observadas por 17 horas pós-exercício e 16 horas na diastólica em SBE, enquanto em RFE esta hipotensão só foi notada entre 6 e 15 horas para a sistólica e 13 e 16 horas para diastólica em comparação ao repouso ( $p<0,05$ ). Entretanto, interações entre os três procedimentos não foram observadas para pressão sistólica ( $p=0,372$ ), nem diastólica ( $p=0,322$ ).

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. L. *et al.* A Single Dose of Beetroot Juice Does Not Change Blood Pressure Response Mediated by Acute Aerobic Exercise in Hypertensive Postmenopausal Women. **Nutrients**, v. 11, n. 6, p. 1327, 2019. DOI: 10.3390/nu11061327.
- ASGARY, S. *et al.* Improvement of hypertension, endothelial function and systemic inflammation following short-term supplementation with red beet (*Beta vulgaris* L.) juice: a randomized crossover pilot study. **Journal of Human Hypertension**, v. 30, n. 10, p. 627–632, 2016. DOI: 10.1038/jhh.2016.34.
- ASHOR, A. W.; LARA, J.; SIERVO, M. Medium-term effects of dietary nitrate supplementation on systolic and diastolic blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Hypertension**, v. 35, n. 7, p. 1353–1359, 2017. DOI: 10.1097/HJH.0000000000001305.
- ASHWORTH, A.; BESCOS, R. Dietary nitrate and blood pressure: evolution of a new nutrient? **Nutrition Research Reviews**, v. 30, n. 2, p. 208–219, 2017. DOI: 10.1017/S0954422417000063.
- BAHADORAN, Z. *et al.* The Nitrate-Independent Blood Pressure–Lowering Effect of Beetroot Juice: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Advances in Nutrition: An International Review Journal**, v. 8, n. 6, p. 830–838, 2017. DOI: 10.3945/an.117.016717.
- BAIÃO, D. S. *et al.* Nutritional, Bioactive and Physicochemical Characteristics of Different Beetroot Formulations. In: **Food Additives**. [s.l.]: InTech, 2017. DOI: 10.5772/intechopen.69301.
- BARROSO, W. K. S. *et al.* Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial - 2020. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 116, n. 3, p. 516–658, 2021. DOI: 10.36660/abc.20201238.
- BEZERRA, A. D. de L. *et al.* Effect of Acute Dietary Nitrate Supplementation on the Post-Exercise Ambulatory Blood Pressure in Obese Males: A Randomized, Controlled, Crossover Trial. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 18, n. 1, p. 118–127, 2019.
- BONDONNO, C. P. *et al.* Absence of an effect of high nitrate intake from beetroot juice on blood pressure in treated hypertensive individuals: a randomized controlled trial. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 102, n. 2, p. 368–375, 2015. DOI: 10.3945/ajcn.114.101188.1.
- BONILLA OCAMPO, D. Dietary Nitrate from Beetroot Juice for Hypertension: A Systematic Review. **Biomolecules**, v. 8, n. 4, p. 1–12, 2018. DOI: 10.3390/biom8040134.
- BORGHI, C. *et al.* Nutraceuticals and blood pressure control: a European Society of Hypertension position document. **Journal of Hypertension**, v. 38, n. 5, p. 799–812, 2020. DOI: 10.1097/HJH.0000000000002353.

- BÖRJESSON, M. *et al.* Physical activity and exercise lower blood pressure in individuals with hypertension: narrative review of 27 RCTs. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 6, p. 356–361, 2016. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095786.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E. BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Portaria nº 116, de 8 de agosto de 1996, DOU 12/08/96 – Dispõe sobre normas para estudo da toxicidade de produtos fitoterápicos. Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde.
- BRITO, S. F. L. *et al.* Mecanismos de regulação da pressão arterial. **Brazilian Journal of Development**, n. 5, p. 43969–43986, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n5-018.
- BRUCE, R. A.; *et al.* Separation of effects of cardiovascular disease and age on ventricular function with maximal exercise. **The American journal of cardiology**, v. 34, n. 7, p. 757–763, 1974. DOI: 10.1016/0002-9149(74)90692-4.
- CARDOSO JR, C. G. *et al.* Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure. **Clinics**, v. 65, n. 3, p. 317–325, 2010. DOI: 10.1590/S1807-59322010000300013.
- CARPIO-RIVERA, E. *et al.* Acute effects of exercise on blood pressure: A meta-analytic investigation. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. V. 106, n. 5, p. 422-433, 2016. DOI: 10.5935/abc.20160064.
- CLIFFORD, T. *et al.* The plasma bioavailability of nitrate and betanin from Beta vulgaris rubra in humans. **European Journal of Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 1245–1254, 2017. DOI: 10.1007/s00394-016-1173-5.
- CLIFFORD, T. *et al.* The Potential Benefits of Red Beetroot Supplementation in Health and Disease. **Nutrients**, v. 7, n. 4, p. 2801–2822, 2015. DOI: 10.3390/nu7042801.
- COLES, L. T.; CLIFTON, P. M. Effect of beetroot juice on lowering blood pressure in free-living, disease-free adults: A randomized, placebo-controlled trial. **Nutrition Journal**, v. 11, n. 106, p. 1–6, 2012. DOI: 10.1186/1475-2891-11-106.
- CONEN, D. Influence of Systolic and Diastolic Blood Pressure on the Risk of Incident Atrial Fibrillation in Women. **Circulation**, v. 119, n. 16, p. 2146–2152, 2009. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.830042.
- CORRÊA, C. V. Produção de beterraba em função do espaçamento. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 111–114, 2014. DOI: 10.1590/S0102-05362014000100019.
- CUTLER, C. *et al.* Post-exercise hypotension and skeletal muscle oxygenation is regulated by nitrate-reducing activity of oral bacteria. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 143, p. 252–259, 2019. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2019.07.035.

DAVIS, C. R. *et al.* A Mediterranean diet lowers blood pressure and improves endothelial function: Results from the MedLeY randomized intervention trial. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 105, n. 6, p. 1305–1313, 2017. DOI: 10.3945/ajcn.116.146803.

DE BRITO, L. C. *et al.* Recommendations in Post-exercise Hypotension: Concerns, Best Practices and Interpretation. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 08, p. 487–497, 2019. DOI: 10.1055/a-0938-4415.

DEVARAJAN, S. A blend of sesame oil and rice bran oil lowers blood pressure and improves the lipid profile in mild-to-moderate hypertensive patients. **Journal of Clinical Lipidology**, v. 10, n. 2, p. 339–349, 2016. DOI: 10.1016/j.jacl.2015.12.011.

DOMINGOS, E. POLITO, M. D. Blood pressure response between resistance exercise with and without blood flow restriction: A systematic review and meta-analysis. **Life Sciences**, v. 209, p. 122–131, 2018. DOI: 10.1016/j.lfs.2018.08.006.

ETTEHAD, D. *et al.* Blood pressure lowering for prevention of cardiovascular disease and death: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet**, v. 387, n. 10022, p. 957–967, 2016. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)01225-8.

FILIPPOU, C. D. Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) Diet and Blood Pressure Reduction in Adults with and without Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Advances in Nutrition**, v. 11, n. 5, p. 1150, 2020. DOI: 10.1093/ADVANCES/NMAA041.

FORJAZ, C. L. M. Factors affecting post-exercise hypotension in normotensive and hypertensive humans. **Blood Pressure Monitoring**, v. 5, n. 5, p. 255–262, 2000. DOI: 10.1097/00126097-200010000-00002.

GARFINKLE, M. A. Salt and essential hypertension: pathophysiology and implications for treatment. **Journal of the American Society of Hypertension**, v. 11, n. 6, p. 385–391, 2017. DOI: 10.1016/j.jash.2017.04.006.

GHOSH, S. M. *et al.* Enhanced Vasodilator Activity of Nitrite in Hypertension. **Hypertension**, v. 61, n. 5, p. 1091–1102, 2013. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.00933.

GIBSON, R. S. Food consumption of individuals. *In: Principles of Nutritional Assessment*. New York: Oxford University Press, 1990.

GREEN, L. C. *et al.* Nitrate biosynthesis in man. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 78, n. 12, p. 7764–7768, 1981.

HALLIWILL, J. R. *et al.* Postexercise hypotension and sustained postexercise vasodilatation: what happens after we exercise? **Experimental Physiology**, v. 98, n. 1, p. 7–18, 2013. DOI: 10.1113/expphysiol.2011.058065.

HOBBS, D. A. *et al.* Blood pressure-lowering effects of beetroot juice and novel beetroot-enriched bread products in normotensive male subjects. **British Journal of Nutrition**, v. 108, n. 11, p. 2066–2074, 2012. DOI: 10.1017/S0007114512000190.

INCALZA, M. A. *et al.* Oxidative stress and reactive oxygen species in endothelial dysfunction associated with cardiovascular and metabolic diseases. **Vascular Pharmacology**, v. 100, p. 1–19, 2018. DOI: 10.1016/J.VPH.2017.05.005.

JACKSON, J. *et al.* The role of inorganic nitrate and nitrite in CVD. **Nutrition Research Reviews**, v. 30, n. 2, p. 247–264, 2017. DOI: 10.1017/S0954422417000105.

KAPIL, V. *et al.* Inorganic nitrate supplementation lowers blood pressure in humans: Role for nitrite-derived NO. **Hypertension**, v. 56, n. 2, p. 274–281, 2010. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.153536.

KAPIL, V. *et al.* Dietary Nitrate Provides Sustained Blood Pressure Lowering in Hypertensive Patients: a randomized, phase 2, double-blind, placebo-controlled study. **Hypertension**, v. 65, n. 2, p. 320–327, 2015. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.04675.

KEANE, K. M. *et al.* Effects of Montmorency tart cherry (*Prunus Cerasus* L.) consumption on vascular function in men with early hypertension. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 103, n. 6, p. 1531–1539, 2016. DOI: 10.3945/ajcn.115.123869.

KENT, K. *et al.* Acute reduction in blood pressure following consumption of anthocyanin-rich cherry juice may be dose-interval dependant: a pilot cross-over study. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 67, n. 1, p. 47–52, 2015. DOI: 10.3109/09637486.2015.1121472.

KERLEY, C. P.; DOLAN, E.; CORMICAN, L. Nitrate-rich beetroot juice selectively lowers ambulatory pressures and LDL cholesterol in uncontrolled but not controlled hypertension: a pilot study. **Irish Journal of Medical Science**, v. 186, n. 4, p. 895–902, 2017. DOI: 10.1007/s11845-016-1551-2.

KUĆMIERZ, J. *et al.* Molecular Interactions of Arterial Hypertension in Its Target Organs. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 18, 2021. DOI: 10.3390/IJMS22189669.

LARSEN, M.; MATCHKOV, V. V. Hypertension and physical exercise: The role of oxidative stress. **Medicina**, v. 52, n. 1, p. 19–27, 2016. DOI: 10.1016/j.medici.2016.01.005.

LEAR, S. A. *et al.* The effect of physical activity on mortality and cardiovascular disease in 130 000 people from 17 high-income, middle-income, and low-income countries: the PURE study. **The Lancet**, v. 390, n. 10113, p. 2643–2654, 2017. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)31634-3.

- LEE, K.W. *et al.* Effects of vegetarian diets on blood pressure lowering: A systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. **Nutrients**, v. 12, n. 6, p. 1–17, 2020. DOI: 10.3390/nu12061604.
- LEE, S. H.; CHAE, Y. R. Characteristics of aerobic exercise as determinants of blood pressure control in hypertensive patients: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Korean Academy of Nursing**, v. 50, n. 6, p. 740–756, 2020. DOI: 10.4040/jkan.20169.
- LEVY, D. *et al.* The Progression From Hypertension to Heart Failure. **JAMA**, v. 275, p. 1557–1562, 1996. DOI: 10.1016/S0895-7061(97)00335-X.
- MALACHIAS, M. V. B. *et al.* 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 107, n. 3, p. 1–83, 2016.
- MANCIA, G. *et al.* ESH/ESC Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). **Journal of Hypertension**, v. 31, n. 7, p. 1281–1357, 2013. DOI: 10.1097/01.hjh.0000431740.32696.cc.
- MARQUES-SILVESTRE, A. C. O. *et al.* Magnitude da hipotensão pós-exercício aeróbio agudo: Uma revisão sistemática dos estudos randomizados. **Motricidade**, v. 10, n. 3, p. 99–111, 2014. DOI: 10.6063/motricidade.10(3).3665.
- MASSA, N. M. L. *et al.* Watermelon extract reduces blood pressure but does not change sympathovagal balance in prehypertensive and hypertensive subjects. **Blood Pressure**, v. 25, n. 4, p. 244–248, 2016. DOI: 10.3109/08037051.2016.1150561.
- MASTROIACOVO, D. *et al.* Cocoa flavanol consumption improves cognitive function, blood pressure control, and metabolic profile in elderly subjects: the Cocoa, Cognition, and Aging (CoCoA) Study—a randomized controlled trial. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 101, n. 3, p. 538–548, 2015. DOI: 10.3945/ajcn.114.092189.
- MATSUTOMO, T. Potential benefits of garlic and other dietary supplements for the management of hypertension. **Experimental and Therapeutic Medicine**, v. 19, n. 2, p. 1479, 2019. DOI: 10.3892/etm.2019.8375.
- MILLS, K. T. Global Disparities of Hypertension Prevalence and Control: A Systematic Analysis of Population-based Studies from 90 Countries. **Circulation**, v. 134, n. 6, p. 441–450, 2016. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.018912.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.
- MIRMIRAN, P. *et al.* Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. **Nutrition and Metabolism**, v. 17, n. 1, p. 1–15, 2020. DOI: 10.1186/s12986-019-0421-0.

MUÑOZ-DURANGO, N. *et al.* Role of the Renin-Angiotensin-Aldosterone System beyond Blood Pressure Regulation: Molecular and Cellular Mechanisms Involved in End-Organ Damage during Arterial Hypertension. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 7, 2016. DOI: 10.3390/IJMS17070797.

NETO, M. M. *et al.* Whole Red Grape Juice Reduces Blood Pressure at Rest and Increases Post-exercise Hypotension. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 36, n. 7, p. 533-540, 2017.

NOBRE F. *et al.* 6<sup>a</sup> Diretrizes de Monitorização Ambulatorial Da Pressão Arterial E 4<sup>a</sup> Diretrizes De Monitorização Residencial da Pressão Arterial. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 110, n. 5, Supl 1, 2018.

OGGIONI, C. *et al.* Dietary nitrate does not modify blood pressure and cardiac output at rest and during exercise in older adults: a randomised cross-over study. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 69, n. 1, p. 74–83, 2018. DOI: 10.1080/09637486.2017.1328666.

OHKAWA, H.; OHISHI, N.; YAGI, K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. **Analytical Biochemistry**, v. 95, n. 2, p. 351–358, 1979. DOI: 10.1016/0003-2697(79)90738-3.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Información general sobre la hipertension en el mundo. 2013. DOI: WHO/DCO/WHO/2013.2.

O'SHEA, P. M.; GRIFFIN, T. P.; FITZGIBBON, M. Hypertension: The role of biochemistry in the diagnosis and management. **Clinica Chimica Acta**, v. 465, p. 131–143, 2017. DOI: 10.1016/j.cca.2016.12.014.

OZEMEK, C. *et al.* The role of diet for prevention and management of hypertension. **Current Opinion in Cardiology**, v. 33, n. 4, p. 388–393, 2018. DOI: 10.1097/HCO.0000000000000532.

PADOVANI, R. M. *et al.* Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, v. 19, n.6, p. 741-760, 2006.

PERRIER-MELO, R. J. *et al.* Efeito Agudo do Exercício Intervalado versus Contínuo sobre a Pressão Arterial: Revisão Sistemática e Metanálise. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 115, n. 1, p. 5–14, 2020. DOI: 10.36660/abc.20190107.

POTTHOFF, S. A.; VONEND, O. Multidisciplinary Approach in the Treatment of Resistant Hypertension. **Current Hypertension Reports**, v. 19, n. 9, p. 1–7, 2017. DOI: 10.1007/s11906-017-0698-1.

PRÉCOMA, D. B. *et al.* Updated Cardiovascular Prevention Guideline of the Brazilian Society of Cardiology - 2019. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 113, n. 4, p. 787–891, 2019. DOI: 10.5935/abc.20190204.

RAUBENHEIMER, K. *et al.* Acute effects of nitrate-rich beetroot juice on blood pressure, hemostasis and vascular inflammation markers in healthy older adults: A randomized, placebo-controlled crossover study. **Nutrients**, v. 9, n. 11, p. 1–19, 2017. DOI: 10.3390/nu9111270.

RIED, K.; FRANK, O. R.; STOCKS, N. P. Aged garlic extract reduces blood pressure in hypertensives: A dose-response trial. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 67, n. 1, p. 64–70, 2013. DOI: 10.1038/ejcn.2012.178.

ROSSI, A. *et al.* The impact of physical activity on mortality in patients with high blood pressure: A systematic review. **Journal of Hypertension**, v. 30, n. 7, p. 1277–1288, 2012. DOI: 10.1097/HJH.0b013e3283544669.

RUECKERT, P. A. *et al.* Hemodynamic patterns and duration of post-dynamic exercise hypotension in hypertensive humans. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 28, n. 1, p. 24–32, 1996.

RUILOPE, L. M. *et al.* Renal function and intensive lowering of blood pressure in hypertensive participants of the hypertension optimal treatment (HOT) study: Editor's comments. **Journal of the American Society of Nephrology**, v. 12, n. 2, p. 218–225, 2001.

SABBAHI, A. *et al.* Exercise and Hypertension: Uncovering the Mechanisms of Vascular Control. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 59, n. 3, p. 226–234, 2016. DOI: 10.1016/j.pcad.2016.09.006.

SAMADIAN, F.; DALILI, N.; JAMALIAN, A. Lifestyle modifications to prevent and control hypertension. **Iranian Journal of Kidney Diseases**, v. 10, n. 5, p. 237–263, 2016.

SENKUS, K. E.; CROWE-WHITE, K. M. Influence of mouth rinse use on the enterosalivary pathway and blood pressure regulation: A systematic review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 17, p. 2874–2886, 2019. DOI: 10.1080/10408398.2019.1665495.

SIERVO, M. Effects of the dietary approach to stop hypertension (DASH) diet on cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis. **British Journal of Nutrition**, v. 113, n. 1, p. 1–15, 2015. DOI: 10.1017/S0007114514003341.

SIERVO, M. *et al.* Inorganic Nitrate and Beetroot Juice Supplementation Reduces Blood Pressure in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **The Journal of Nutrition**, [S. l.], v. 143, n. 6, p. 818–826, 2013. DOI: 10.3945/jn.112.170233.

SLYWITCH, E. **Guia alimentar de dietas vegetarianas para adultos**. São Paulo, 2012.

SONG, W. *et al.* Cellular Antioxidant Activity of Common Vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 11, p. 6621–6629, 2010. DOI: 10.1021/jf9035832.

TAYLOR-TOLBERT, N. S. *et al.* Ambulatory blood pressure after acute exercise in older men with essential hypertension. **American Journal of Hypertension**, v. 13, n. 1, II suppl., p. 44–51, 2000. DOI: 10.1016/s0895-7061(99)00141-7.

TOSCANO, L. T. *et al.* Chia Flour Supplementation Reduces Blood Pressure in Hypertensive Subjects. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 69, n. 4, p. 392–398, 2014. DOI: 10.1007/s11130-014-0452-7.

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 of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 299, n. 4, p. R1121–R1131, 2010. DOI: 10.1152/ajpregu.00206.2010.

VASCONCELLOS, J. *et al.* Comparison of total antioxidant potential, and total phenolic, nitrate, sugar, and organic acid contents in beetroot juice, chips, powder, and cooked beetroot. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, n. 1, p. 79–84, 2016. DOI: 10.1007/s10068-016-0011-0.

WALLACE, J. P. *et al.* The magnitude and duration of ambulatory blood pressure reduction following acute exercise. **Journal of Human Hypertension**, v. 13, n. 6, p. 361–366, 1999. DOI: 10.1038/sj.jhh.1000797.

WEBB, A. J. *et al.* Acute Blood Pressure Lowering, Vasoprotective, and Antiplatelet Properties of Dietary Nitrate via Bioconversion to Nitrite. **Hypertension**, v. 51, n. 3, p. 784–790, 2008. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.107.103523.

WEN, C. P. *et al.* Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: A prospective cohort study. **The Lancet**, v. 378, n. 9798, p. 1244–1253, 2011. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)60749-6.

WHELTON, P. K. *et al.* ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Pr. **Hypertension**, v. 71, n. 6, p. E13–E115, 2018. DOI: 10.1161/HYP.0000000000000065.

WILLIAMS, B. *et al.* ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. **European Heart Journal**, v. 39, n. 33, p. 3021–3104, 2018. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy339.

WRUSS, J. *et al.* Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 42, n. 3, p. 46–55, 2015. DOI: 10.1016/j.jfca.2015.03.005.

WU, N. N. *et al.* Physical Exercise and Selective Autophagy: Benefit and Risk on Cardiovascular Health. **Cells**, v. 8, n. 11, p. 1436, 2019. DOI: 10.3390/cells8111436.

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

YUGAR-TOLEDO, J. C. *et al.* Disfunção Endotelial e Hipertensão Arterial Endothelium. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 22, n. 3, p. 84–92, 2015.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A – ARTIGO****EFEITO DA INGESTÃO DE SUCO DE BETERRABA APÓS O EXERCÍCIO FÍSICO  
NA MAGNITUDE E DURAÇÃO DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO EM  
MULHERES HIPERTENSAS**

Artigo submetido ao periódico *Nutrients*, Qualis A, FI: 6.706

# EFEITO DA INGESTÃO DE SUCO DE BETERRABA APÓS O EXERCÍCIO FÍSICO NA MAGNITUDE E DURAÇÃO DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO EM MULHERES HIPERTENSAS

**Resumo:** É consenso o efeito hipotensor do exercício, mas a duração da hipotensão pós-exercício ainda é uma incógnita. Nosso objetivo foi investigar o efeito da ingestão de suco de beterraba duas horas após uma sessão de exercício aeróbico na magnitude e duração da resposta pressórica em mulheres hipertensas. Quatorze mulheres hipertensas participaram de três procedimentos: ingestão de suco de beterraba 2 horas após o exercício (SBE), ingestão de bebida controle 2 horas após o exercício (RFE) e procedimento controle sem exercício e bebida (CON). Medidas de pressão arterial (PA) clínica e ambulatorial foram realizadas. SBE e RFE promoveram hipotensão pós-exercício na pressão sistólica e diastólica em relação ao repouso ( $p < 0,05$ ). Reduções significativas na PA ambulatorial foram observadas, em SBE essa redução perdurou por 17 horas pós-exercício na sistólica e 16 horas na diastólica, no RFE esta redução só foi notada a partir de 6 horas para a sistólica e 13 horas para diastólica em comparação ao repouso ( $p < 0,05$ ). Na interação tempo x procedimento, não houve diferenças significativas entre os três procedimentos ( $p > 0,05$ ). A associação com suco de beterraba não aprimorou esta resposta pressórica, porém mostrou consistente efeito por manter reduções pressóricas por mais tempo que o procedimento com a bebida controle.

**Palavras-chave:** Hipotensão Pós-exercício, Hipertensão, Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial.

## 1. Introdução

A hipertensão arterial está associada a um risco aumentado para doenças cardiovasculares e mortalidade para todas as causas [1]. O controle bem-sucedido diminui as chances de eventos adversos e aumenta a expectativa e qualidade de vida dos hipertensos [2], entretanto, as taxas de controle da hipertensão continuam baixas, a exemplo da população americana, em que apenas 44% dos adultos hipertensos estão com a pressão controlada [3]. Com uma abordagem multifatorial, uso de medicamentos e mudanças no estilo de vida, a taxa de hipertensos controlados sobe para 90% [4].

No contexto do tratamento multifatorial, exercícios físicos são uma das melhores alternativas para melhorar o controle dos níveis pressóricos. Uma única sessão de exercício é capaz de propiciar uma redução significativa na pressão arterial (PA), um fenômeno conhecido como hipotensão pós-exercício (HPE). Dados prévios indicam redução de 4 a 19mmHg na pressão sistólica e 2 a 9mmHg na pressão diastólica [5].

Se a magnitude da HPE é bem estabelecida, a duração ainda é uma incógnita. A duração da HPE após uma única sessão de exercício aeróbico variou entre 4 e 16 horas entre os estudos. Durações curtas diminuem a expectativa potencial do exercício como ferramenta no controle dos níveis pressóricos[6].

A abordagem multifatorial é uma alternativa para aumentar a duração da HPE, associando o exercício físico com algum outro agente capaz de promover redução pressórica também agudamente. A beterraba se enquadra nesta possibilidade, uma vez que tem surgido como um agente nutricional capaz de promover este efeito hipotensor nas primeiras horas após sua ingestão. Dados de metanálise indicam que 2 horas após o consumo de suco de beterraba, a pressão arterial reduz em 3,5mmHg e 1,3mmHg, para os componentes sistólico e diastólico, respectivamente [7].

A associação de beterraba com exercício tem sido investigada. Um estudo realizado com uma única dose de suco de beterraba não foi capaz de promover mudanças significativas na HPE, em mulheres hipertensas na pós-menopausa [8]. Por sua vez, em estudo realizado com homens obesos com

perfil elevado de risco cardiovascular, os autores constataram redução de 5,3mmHg na pressão sistólica por até 6 horas após uma sessão de exercício aeróbio [9].

Apesar desta associação ser algo promissor, os autores investigaram a ingestão do suco de beterraba no momento pré-exercício, o que talvez aumente a magnitude, mas não a duração da HPE, uma vez que os dois estímulos hipotensores estão sendo aplicados num mesmo momento. Neste estudo, nós testamos a hipótese de que ingerir o suco de beterraba 2 horas após o exercício pode gerar um novo estímulo hipotensor quando já existe a possibilidade do efeito do exercício estar acabando.

Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito da ingestão de suco de beterraba 2 horas após uma sessão de exercício aeróbio na magnitude e duração da resposta pressórica em mulheres hipertensas.

## 2. Materiais e métodos

### Tipo de estudo e população

Trata-se de um estudo clínico, randomizado, controlado, duplo-cego e cruzado. O presente estudo foi realizado com 14 mulheres hipertensas, em uso de medicamentos anti-hipertensivos, fisicamente ativas, com idade entre 40 e 60 anos. As participantes foram recrutadas por meio de divulgação nas redes sociais (Instagram, Facebook e WhatsApp) e cartazes fixados em locais públicos da cidade de João Pessoa-PB.

Como critérios de inclusão as participantes deveriam ser hipertensas e estar em uso de drogas anti-hipertensivas, não serem consumidoras assíduas de beterraba, não ser tabagista e ter histórico no último mês de prática de atividades físicas com sessões de pelo menos 150 min/semana. Foram excluídas do estudo as voluntárias que não participaram de todos os procedimentos experimentais, apresentaram algum desconforto gastrointestinal ao suco de beterraba ou bebida controle, alteraram a medicação, dieta ou padrão de treinamento físico no período do estudo.

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal da Paraíba, sendo aprovado sob o parecer nº 4.618.273, CAAE: 40531220.9.0000.5188 e registrado na plataforma Registro Brasileiro de Estudos Clínicos (RBR-5vsm8t7). Todas as voluntárias da pesquisa leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), de acordo com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

### Desenho do estudo

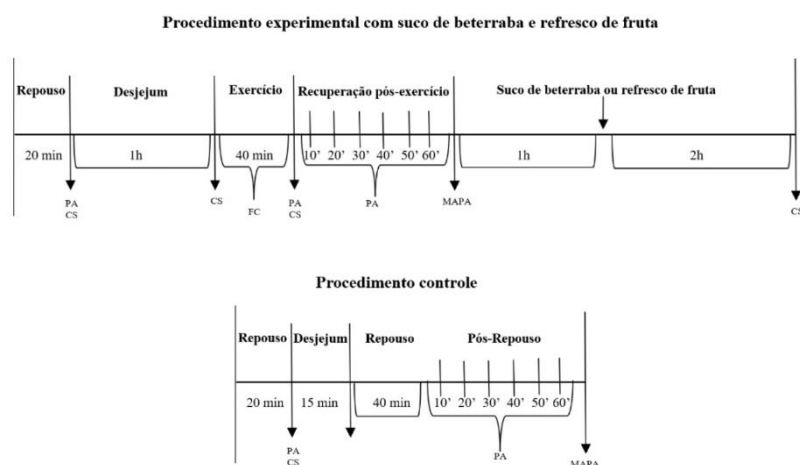
As participantes que atenderam aos critérios de inclusão realizaram três visitas ao laboratório com a ordem dos procedimentos determinada de forma aleatória através do site [www.randomizer.org](http://www.randomizer.org). Por se tratar de um estudo cruzado, as voluntárias participaram dos três procedimentos em três dias diferentes com intervalo mínimo de 15 dias entre as visitas. Foram realizados três procedimentos: 1) exercício com ingestão de suco de beterraba (SBE) e 2) exercício com ingestão de refresco de fruta (bebida controle) (RFE) e 3) controle sem exercício e sem ingestão de bebida (CON). A PA foi medida em repouso, imediatamente após o exercício e a cada 10 minutos durante 1 hora no período de recuperação pós-exercício ou repouso de forma clínica e nas 24 horas seguintes por MAPA (Monitoração Ambulatorial da Pressão Arterial). Coletas sanguíneas foram realizadas em jejum, antes e imediatamente após as sessões de exercício, além de duas horas após a ingestão das bebidas para dosagem de nitrito, capacidade antioxidante total e malondialdeído. Uma avaliação antropométrica foi realizada na primeira visita das participantes ao laboratório. O desenho dos procedimentos é ilustrado na figura 1.

### Instruções pré-experimentais

As participantes foram instruídas a evitar o consumo de alimentos ricos em cafeína, álcool e suspender a prática de exercícios físicos 24 horas antes das sessões, uma vez que são fatores que interferem na PA de repouso. Também foram solicitadas a não ingerir suplementos alimentares e alimentos ricos em nitrato no dia anterior ao procedimento, a fim de minimizar quaisquer efeitos associados a alimentação sobre os procedimentos. Além disso, foram orientadas a não utilizar antisséptico bucal a partir da noite anterior a cada procedimento, visto que o produto pode inibir a conversão de nitrato a nitrito pelas bactérias presentes na cavidade oral [10].

Para investigação do consumo alimentar do dia anterior, o recordatório alimentar de 24h [11] foi realizado antes de cada um dos procedimentos (SBE, RFE e CON). As participantes chegaram ao laboratório após jejum de pelo menos 8 horas para a realização dos procedimentos. Elas receberam um desjejum padronizado composto de um sanduíche de queijo e suco de laranja artificial, contendo 251,1kcal, 35,5g de CHO, 9,4g de PTN, 7,5g de LIP, logo após a primeira coleta sanguínea do procedimento a ser realizado.

**Figura 1** - Desenho dos procedimentos experimentais e controle



Legenda: Por se tratar de um estudo cruzado, cada participante realizou os três procedimentos de forma aleatória. PA = Medida clínica de pressão arterial; CS = Coleta sanguínea, FC = Registro da frequência cardíaca, MAPA = Instrumentalização com a Monitoração Ambulatorial da Pressão Arterial.

### Avaliação antropométrica

Para aferição do peso corporal foi utilizada balança digital calibrada (CAMRY/modelo EF741). Para mensuração da estatura foi utilizado estadiômetro fixo (Slim fit) com precisão de 1mm. A circunferência da cintura (CC) foi medida com fita inelástica (Cescorf, Brasil), de acordo com as recomendações da Organização Mundial da Saúde [12] no ponto médio entre o último arco costal e crista ilíaca. Para classificação do estado nutricional foi utilizado os pontos de corte de IMC para adultos da OMS [13].

### Intervenção nutricional

A bebida experimental (suco de beterraba) e controle (refresco de fruta) foram ingeridas 2 horas após a sessão de exercício. Durante toda a intervenção as voluntárias ficaram cegas quanto as bebidas, assim como os pesquisadores envolvidos na coleta de dados. As bebidas foram entregues as voluntárias pela pesquisadora responsável pelo cegamento das bebidas, em embalagem de cor escura para dificultar o reconhecimento da intervenção.

A bebida experimental consistiu em suco de beterraba industrializado rico em nitrato (Beet It Sport, James White Drinks, Ipswich, Reino Unido), composto de 98% de suco de beterraba concentrado e 2% de suco de limão. Foram utilizados dois frascos de 70mL de suco, resultando em um consumo total de 140mL, referente a 800mg de nitrato. A dose utilizada foi baseada no estudo de Wylie *et al.* [14], que observaram que 140mL de suco de beterraba promove aumento do nitrito plasmático 2 a 3 horas após a ingestão.

A bebida controle (pobre em nitrato) consistiu em um refresco de fruta misto de uva, maçã, cenoura e mirtilo (Kapo, Del Valle, Brasil), contendo água, açúcar, suco de uva, maçã, cenoura e mirtilo. Foi utilizado 140mL da bebida controle, contendo aproximadamente 5,4mg de nitrato na porção [9].

#### Protocolo de exercício

O exercício foi do tipo aeróbio e consistiu em uma caminhada/corrida na esteira ergométrica com duração de 40 minutos e intensidade entre 60% e 70% da frequência cardíaca máxima, que foi calculada a partir da fórmula:  $FC_{Max} = 204 - (1,07 \times Idade)$  [15]. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada e registrada por um cardiófrequencímetro (POLAR/modelo H10) a cada 10 minutos. Adicionalmente, a escala de Borg [16] foi utilizada para avaliação da percepção subjetiva de esforço, de modo que as voluntárias deveriam reportar entre 11 e 14 nesta escala, a cada 10 minutos. Caso houvesse discordância entre a FC e percepção de esforço, prevaleceu a percepção de esforço.

#### Medição da pressão arterial

A PA clínica foi medida por monitor oscilométrico (OMRON, modelo HEM-710 INT, Illinois, USA) com a participante na posição sentada, seguindo as recomendações da Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial [17]. A aferição da PA de repouso foi realizada após 20 minutos de repouso sentado. A PA também foi aferida imediatamente após o exercício e a cada 10 minutos da primeira hora após o exercício ou repouso.

Após 1 hora pós-exercício ou pós-reposo em que a pressão foi medida de forma clínica, as voluntárias foram instrumentadas com aparelho de MAPA (CARDIOS/modelo Dyna-MAPA) para medição da PA pelas 24 horas seguintes. Elas receberam orientações prévias para realização do exame da MAPA conforme o preconizado na 6ª Diretrizes de MAPA [18]. A MAPA foi instalada por uma pesquisadora treinada, o manguito foi posicionado 2 a 3cm da fossa cubital, com a voluntária na posição sentada. O equipamento foi programado para realizar medidas a cada 15 minutos durante o dia (07:00 às 22:59h) e a cada 30 minutos durante a noite (23:00 às 06:59h). As voluntárias foram instruídas a registrar o horário em que dormiram e acordaram, realizaram suas atividades diárias usuais e evitar a realização de exercício físico. O exame foi considerado válido quando foram obtidas pelo menos 16 medidas durante a vigília e 8 durante o sono, ou seja, 80% das medições válidas.

#### Coleta sanguínea

Uma amostra de 8mL de sangue foi coletada em veia antecubital nos momentos: após jejum noturno, antes e imediatamente após o exercício, e após 2 horas da ingestão da bebida experimental ou bebida controle. O sangue foi colocado em tubos e centrifugados a 3000rpm por 15 minutos e refrigerado a -20°C até o momento das análises.

#### Nitrito plasmático

A análise de nitrito plasmático foi realizada para estimar a biodisponibilidade de NO. A concentração de nitrito foi determinada pela reação de Griess, que quantifica o nitrito na amostra através da reação de diazotização formando um cromóforo de cor rósea. O reagente foi preparado utilizando partes iguais de ácido fosfórico 5%, sulfanilamida 1% em ácido fosfórico a 5%, N-(1-Naphtyl)-

ethylenediamine dihydrochloride (NEED) a 0,1% e água destilada. Seguiu-se a detecção do nitrito/nitrato com adição de 500 µL do reagente de Griess a 500 µL do plasma. Após 10 minutos, a absorbância foi medida em um espectrofotômetro (Biospectro SP-22, Curitiba, Brasil) a um comprimento de onda de 532nm. As concentrações de nitrito foram calculadas por extrapolação para uma curva padrão de NaNO<sub>2</sub> e os dados expressos em micromoles [19].

#### Capacidade antioxidante total

A análise foi baseada no método descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset [20], no qual uma alíquota de 1,25 mg de 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) foi diluída em 100 mL de etanol (álcool etílico absoluto 99,5%), mantida sob refrigeração e protegida da luz. Foram adicionados 3,9 mL da solução de DPPH a 100 µL de plasma em tubos, que em seguida foram agitados em vórtex e deixados em repouso por 30 minutos. Foram então centrifugados a 10.000 rpm à temperatura de 20°C por 15 minutos e o sobrenadante utilizado para a realização da leitura em espectrofotômetro (Bioespectro SP-220, Curitiba, Brasil) a um comprimento de onda de 515 nm. Os resultados foram expressos como percentual da atividade antioxidante (AOA):

$$AOA = 100 - [DPPH \bullet R]_t / [DPPH \bullet R]_B \times 100$$

onde, [DPPH•R]<sub>t</sub> e [DPPH•R]<sub>B</sub> correspondem as concentrações de DPPH• remanescente após 30 minutos, avaliadas na amostra (t) e no branco (B) preparado com água destilada.

#### Malondialdeído

O malondialdeído (MDA) foi usado como um marcador de peroxidação lipídica, dosado no plasma, de acordo com a metodologia descrita por Ohkawa, Ohishi e Yagi [21]. A atividade oxidante foi quantificada a partir da peroxidação lipídica do MDA, por meio da reação do ácido tiobarbitúrico (TBARS), com os produtos de decomposição dos hidroperóxidos. Em seguida, foi incubado em banho-maria a 37°C por 60 min e a mistura precipitada com ácido perclórico à 35% e centrifugada a 14000 rpm por 10 min à 4°C. O sobrenadante foi transferido para novas alíquotas e adicionado 400µL de ácido tiobarbitúrico a 0,6% e incubado a 95-100°C, por 60 min. Após o resfriamento, o material foi lido em espectrofotômetro ultravioleta (Bioespectro, modelo SP 22, Brasil) a um comprimento de onda de 532nm, em temperatura ambiente.

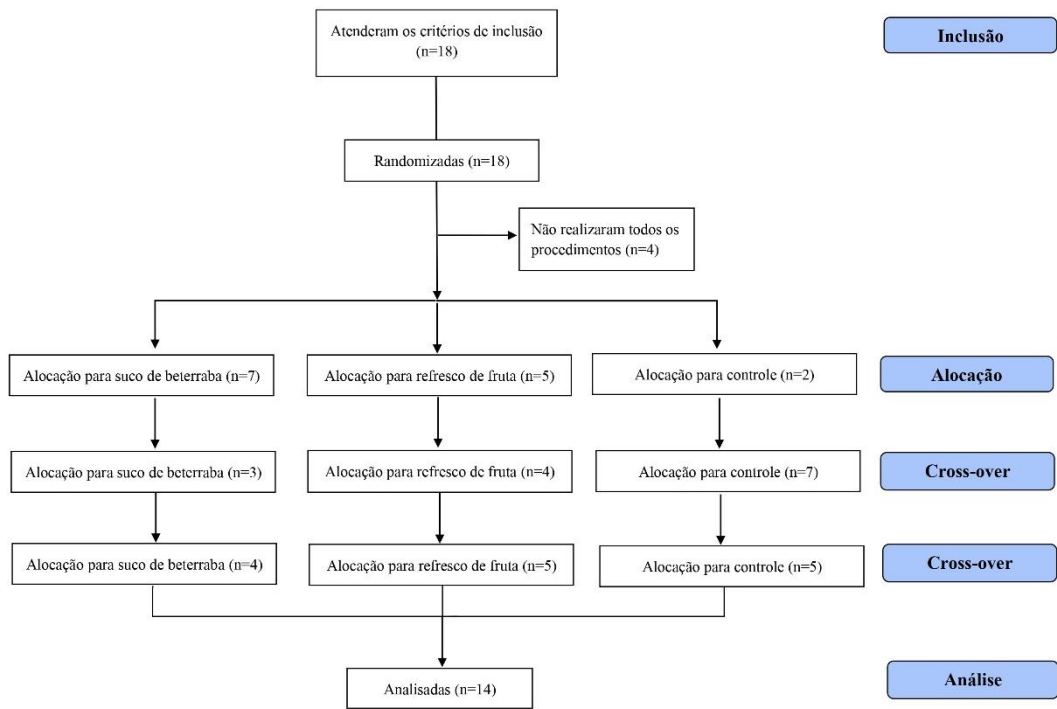
#### Análise estatística

Os dados são apresentados como média e desvio padrão da média. Para avaliar a normalidade dos dados foi realizado o teste de Shapiro Wilk. Para avaliar a homogeneidade foi utilizado o teste de Levene. Para verificar diferenças nas medidas basais de PA, FC e variáveis bioquímicas foi utilizado o teste ANOVA one-way. A ANOVA two-way para medidas repetidas com teste post-hoc de Tukey foi aplicada para verificar diferenças na PA clínica, PA ambulatorial, concentração de nitrito, CAT e MDA entre os procedimentos. Quando os dados se apresentaram não normais, foi aplicado os seus correspondentes não-paramétricos. As análises foram realizadas por meio do software Jamovi, versão 2.2.5, adotando nível de significância de p<0,05.

### 3. Resultados

Inicialmente 18 mulheres hipertensas atenderam aos critérios de inclusão e iniciaram o estudo. Destas, 14 completaram todos os procedimentos e tiveram seus dados analisados (Figura 2).

**Figura 2** – Fluxograma do estudo CONSORT



Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Na tabela 1 são apresentadas as características antropométricas e esquema medicamentoso das participantes. A idade média das participantes foi de 51,9 anos. Elas apresentavam sobrepeso, além de circunferência da cintura elevada, sendo este um fator de risco para o desenvolvimento de doenças cardiometabólicas. As participantes possuíam esquema medicamentoso isolado e combinado de drogas anti-hipertensivas. 42,9% faziam monoterapia farmacológica, enquanto 57,1% faziam uso de duas medicações (Tabela 1). Quanto ao horário de ingestão dos medicamentos, 21,4% fazia uso pela manhã, 28,6% a noite, enquanto 50% ingeriam os medicamentos pela manhã e a noite. Elas apresentavam valores pressóricos compatíveis com hipertensão arterial controlada nos três procedimentos do estudo (Tabela 2). O suco de beterraba foi bem tolerado pelas participantes, não havendo nenhum relato de desconfortos gastrointestinais.

**Tabela 1** – Características antropométricas e esquema medicamentoso das participantes hipertensas (n=14)

| Variáveis                        | Média ± DP    |    |
|----------------------------------|---------------|----|
| Idade (anos)                     | 51,90 ± 5,68  |    |
| Peso (kg)                        | 75,40 ± 12,10 |    |
| Altura (m)                       | 1,61 ± 0,06   |    |
| Índice de Massa Corporal (kg/m²) | 29,10 ± 5,20  |    |
| Circunferência da cintura (cm)   | 94,70 ± 13,40 |    |
| Drogas anti-hipertensivas        | N             | %  |
| BB                               | 2             | 14 |
| IECA+BCC                         | 2             | 14 |
| DIU+BRA                          | 2             | 14 |
| BB+BRA                           | 1             | 7  |
| BB+IECA                          | 2             | 14 |

|                                |   |    |
|--------------------------------|---|----|
| BB+DIU                         | 1 | 7  |
| DIU                            | 1 | 7  |
| BRA                            | 2 | 14 |
| SIMPATOLÍTICOS DE AÇÃO CENTRAL | 1 | 7  |

Legenda: Dados apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. DP = Desvio padrão; BB – Betabloqueadores; IECA – Inibidores da enzima conversora de angiotensina; BCC – Bloqueadores dos canais de cálcio; DIU – Diuréticos; BRA - Bloqueadores dos receptores AT<sub>1</sub> da angiotensina II;

Nas avaliações realizadas antes dos procedimentos SBE, RFE e CON, os valores basais mostraram-se similares para as variáveis PAS, PAD, FCR, nitrito, CAT e MDA ( $p>0,05$ ). Estes valores são apresentados na tabela 2.

**Tabela 2 – Condições basais das participantes nos procedimentos**

|                    | SBE               | RFE               | CON              |         |
|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------|
|                    | Média $\pm$ DP    | Média $\pm$ DP    | Média $\pm$ DP   | p-valor |
| PASR (mmHg)        | 131 $\pm$ 9,32    | 132 $\pm$ 13,10   | 133 $\pm$ 15,80  | 0,89    |
| PADR (mmHg)        | 83,1 $\pm$ 8,59   | 83,7 $\pm$ 4,71   | 85,4 $\pm$ 8,05  | 0,74    |
| FCR (bpm)          | 69,60 $\pm$ 8,10  | 70,20 $\pm$ 5,45  | 72,9 $\pm$ 11,40 | 0,68    |
| Nitrito ( $\mu$ M) | 33,40 $\pm$ 32,5  | 34,7 $\pm$ 29,5   |                  | 0,57    |
| CAT (%)            | 31,30 $\pm$ 12,40 | 35,40 $\pm$ 16,30 |                  | 0,47    |
| MDA ( $\mu$ M)     | 3,25 $\pm$ 0,62   | 3,14 $\pm$ 0,67   |                  | 0,66    |

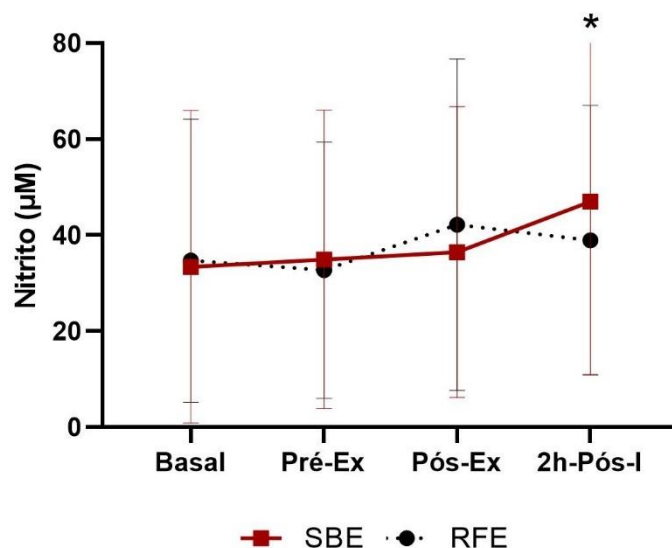
Legenda: Dados apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. SBE = Procedimento com ingestão de suco de beterraba; RFE = Procedimento com ingestão de refresco de fruta; CON = Procedimento controle sem exercício e ingestão de bebida; PASR = Pressão arterial sistólica de repouso; PADR = Pressão arterial diastólica de repouso; FCR = Frequência cardíaca de repouso; CAT = Capacidade antioxidante total; MDA = Malondialdeído; DP = Desvio padrão. Sem diferença estatística para nenhuma das variáveis (ANOVA *one way*).

## Nitrito

A figura 3 mostra as concentrações séricas de nitrito em relação aos procedimentos experimentais. Apesar do leve aumento observado nos procedimentos SBE e RFE ao comparar o momento basal com o momento imediatamente pós-exercício, esse aumento não foi estatisticamente significativo (SBE:  $p=0,383$ ; RFE:  $p=0,981$ ), indicando que o exercício não foi capaz de elevar os níveis séricos de nitrito, considerando que os voluntários ainda não haviam ingerido o suco de beterraba ou refresco de fruta.

Houve uma interação significativa no tempo ( $p<0,001$ ,  $\eta^2p=0,221$ ). Duas horas após a ingestão das bebidas, notou-se um aumento significativo na concentração sérica de nitrito no procedimento com ingestão de suco de beterraba, um aumento de 40,7% (33,4  $\pm$  32,5  $\mu$ M para 47,0  $\pm$  36,0  $\mu$ M;  $p=0,013$ ), sem que este aumento tenha ocorrido na condição refresco de fruta (34,7  $\pm$  29,5  $\mu$ M para 38,9  $\pm$  28,1  $\mu$ M;  $p=0,955$ ).

**Figura 3** – Concentrações de nitrito nos procedimentos com suco de beterraba e refresco de fruta



Legenda: Dados apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. SBE = Procedimento com ingestão de suco de beterraba; RFE = Procedimento com ingestão de refresco de fruta; Pré-Ex = Pré-exercício; Pós-Ex = Imediatamente pós-exercício; 2h-Pós-I = 2 horas pós-ingestão das bebidas \* diferença significativa em relação ao basal (Anova *two way* para medidas repetidas).

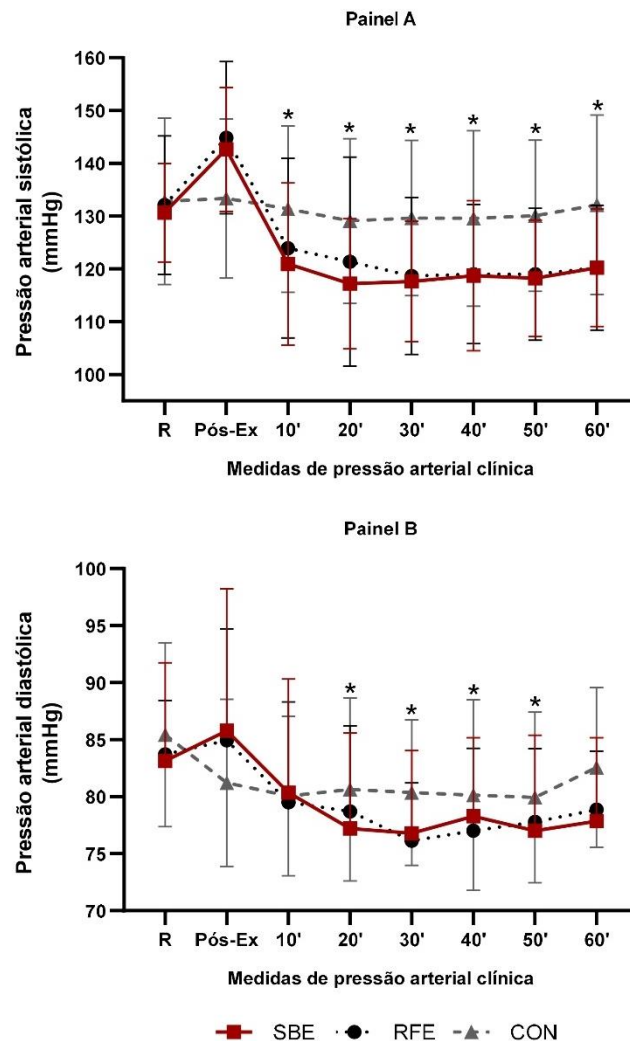
### Pressão arterial clínica

Os resultados da PA clínica são mostrados na figura 4. Uma interação tempo  $\times$  procedimento para pressão arterial sistólica ( $p < 0,001$ ,  $\eta^2 p = 0,300$ ) e diastólica ( $p < 0,001$ ,  $\eta^2 p = 0,124$ ) foi observada. Verificamos redução significativa na pressão sistólica e diastólica pós-exercício em relação ao repouso nos dois procedimentos com exercício, enquanto na condição controle a pressão arterial se manteve em valores similares ao basal em toda a monitoração de 60 minutos pós procedimento. Não foi vista diferença entre os dois procedimentos com exercício (SBE e RFE), em nenhum dos momentos em que a PA foi medida nos 60 minutos de recuperação pós-exercício.

Interações significativas foram vistas também no tempo ( $p < 0,001$ ,  $\eta^2 p = 0,567$ ). No procedimento SBE a pressão sistólica teve redução significativa a partir dos 10 min pós-exercício em relação ao repouso e se manteve até os 60 min (10':  $\downarrow 10$ mmHg,  $p = 0,010$ ; 20':  $\downarrow 14$ mmHg,  $p < 0,001$ ; 30':  $\downarrow 13$ mmHg,  $p < 0,001$ ; 40':  $\downarrow 12$ mmHg,  $p < 0,001$ ; 50':  $\downarrow 13$ mmHg,  $p < 0,001$ ; 60':  $\downarrow 11$ mmHg,  $p = 0,010$ ). No procedimento RFE a redução foi observada a partir dos 20 min pós-exercício, se mantendo também até os 60 min (20':  $\downarrow 11$ mmHg,  $p = 0,002$ ; 30':  $\downarrow 13$ mmHg,  $p < 0,001$ ; 40':  $\downarrow 13$ mmHg,  $p < 0,001$ ; 50':  $\downarrow 13$ mmHg,  $p < 0,001$ ; 60':  $\downarrow 12$ mmHg,  $p = 0,002$ ). Não houve diferença significativa entre os procedimentos SBE e RFE ( $p = 0,944$ ) (Figura 4).

Na pressão diastólica diferenças no tempo também foram observadas ( $p < 0,001$ ,  $\eta^2 p = 0,335$ ). O exercício ocasionou redução diastólica no procedimento SBE aos 20 min pós-exercício ( $\downarrow 5,9$ mmHg,  $p < 0,039$ ), 30 min ( $\downarrow 6,3$ mmHg,  $p < 0,001$ ) e 50 min ( $\downarrow 6,1$ mmHg,  $p = 0,013$ ) em relação ao repouso, enquanto no procedimento RFE, essa HPE foi vista aos 30 min ( $\downarrow 7,6$ mmHg,  $p < 0,001$ ), 40 min ( $\downarrow 6,7$ mmHg,  $p = 0,002$ ) e 50 min ( $\downarrow 5,9$ mmHg,  $p = 0,020$ ). Entre os procedimentos SBE e RFE não houve diferença significativa ( $p = 1,000$ ) (Figura 4).

**Figura 4** – Pressão arterial sistólica (Painel A) e diastólica (Painel B) no repouso, imediatamente pós-exercício e período de recuperação pós-exercício ou repouso



Legenda: Dados apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. SBE = Procedimento com ingestão de suco de beterraba; RFE = Procedimento com ingestão de refresco de fruta; CON = Procedimento controle sem exercício e ingestão de bebida; R = Repouso; Pós-Ex = imediatamente pós-exercício ou repouso; \* diferenças significativas em relação ao repouso (Anova *two way* para medidas repetidas).

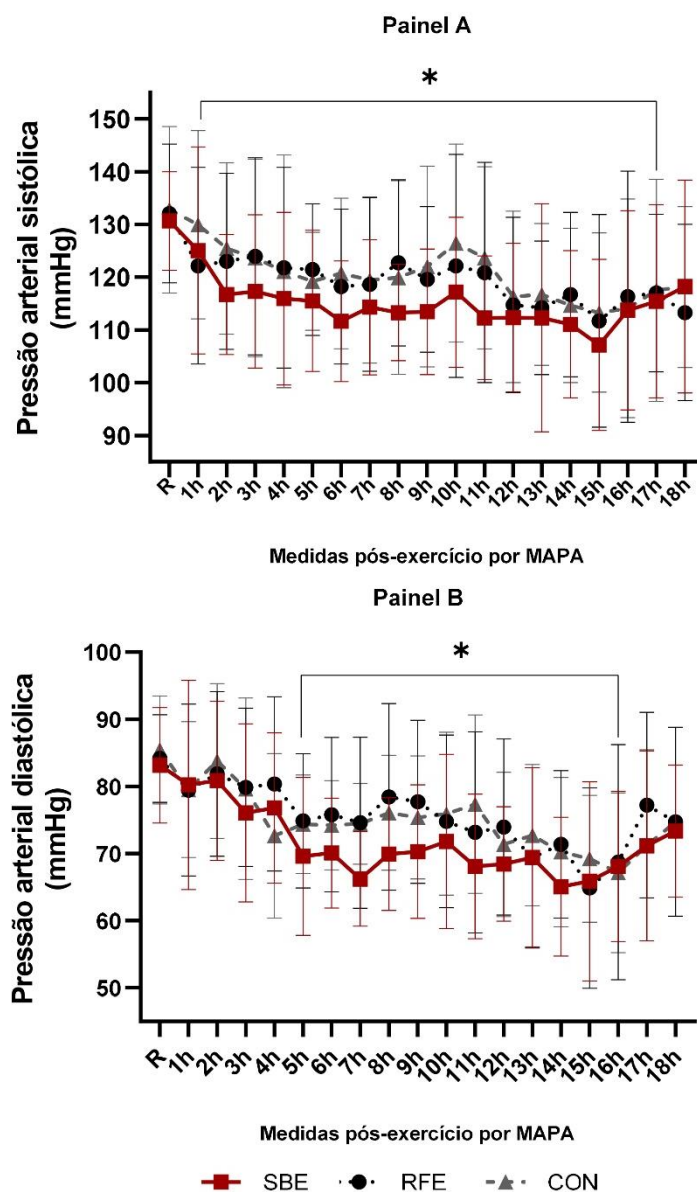
### Pressão arterial ambulatorial

A figura 5 apresenta os resultados da PA ambulatorial a cada 1 hora após o período de recuperação da sessão de exercício ou sessão controle (pós-repouso). Interação significativa no tempo foi vista para pressão sistólica ambulatorial ( $p < 0,001$ ,  $\eta^2 p = 0,228$ ). Na análise *post hoc* observamos que a ingestão de suco de beterraba promoveu reduções significativas por 17 horas (15 horas pós-ingestão do suco) após o exercício em comparação aos valores de repouso ( $p = 0,032$ ). Em contraste, no procedimento com refresco de fruta essa redução ocorreu nos momentos 6 horas ( $p = 0,002$ ), 7 horas ( $p = 0,006$ ), 12 horas ( $p = 0,020$ ), 13 horas ( $p = 0,026$ ) e 15 horas ( $p = 0,002$ ) pós-exercício. As reduções observadas no RFE foram bem similares as do procedimento controle, que por sua vez apresentou redução a partir das 6 horas em comparação ao momento de repouso ( $p = 0,024$ ), e mostrou reduções às 7 horas ( $p = 0,011$ ), 8 horas ( $p = 0,044$ ), 14 horas ( $p = 0,018$ ), 15 horas ( $p = 0,010$ ), 16 horas ( $p = 0,019$ ) e 17 horas ( $p = 0,044$ ). Não foi visto interação tempo x procedimento ( $p = 0,830$ ,  $\eta^2 p = 0,038$ ).

Também foi vista interação no tempo ( $p<0,001$ ,  $\eta^2p=0,284$ ) para pressão diastólica ambulatorial (Figura 5). A análise *post hoc* revelou redução significativa no procedimento com suco de beterraba a partir das 5 horas pós-exercício (3 horas pós-ingestão do suco) em comparação aos valores de repouso ( $p=0,001$ ) a qual permaneceu reduzida até 16 horas pós-exercício ( $p=0,036$ ). No refresco de fruta essas reduções ocorreram apenas 13 horas ( $p=0,024$ ), 14 horas ( $p=0,043$ ), 15 horas ( $p<0,009$ ) e 16 horas ( $p=0,009$ ) pós-exercício. Enquanto isso, reduções significativas foram observadas 4 horas ( $p=0,025$ ) e 16 horas ( $p=0,003$ ) após o repouso no procedimento controle. Não houve uma interação tempo x procedimento ( $p=0,082$ ,  $\eta^2p=0,065$ ).

Interações entre os procedimentos não foram observadas para pressão sistólica ( $p=0,567$ ,  $\eta^2p=0,029$ ), nem diastólica ( $p=0,584$ ,  $\eta^2p=0,027$ ).

**Figura 5** – Pressão arterial ambulatorial sistólica (painel A) e diastólica (painel B) nos procedimentos com suco de beterraba, refresco de fruta e controle



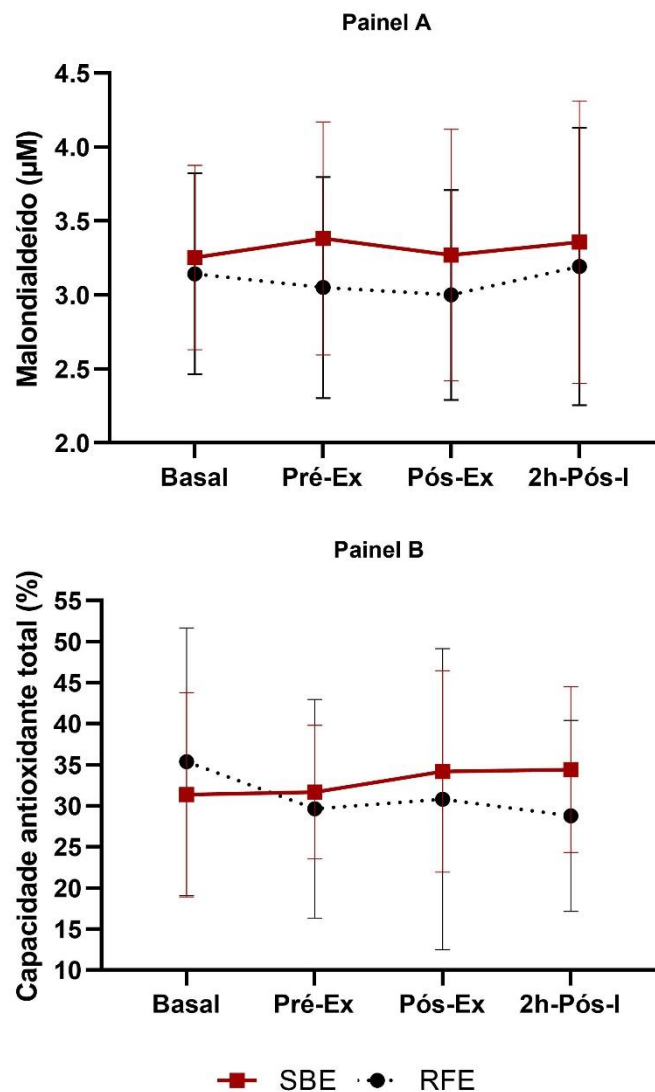
Legenda: Dados apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. SBE = Procedimento com ingestão de suco de beterraba; RFE = Procedimento com ingestão de refresco de fruta; CON = Procedimento controle sem exercício e ingestão de bebida; \* diferenças significativas em relação ao repouso (Anova *two way* para medidas repetidas).

## Estresse oxidativo

Não observamos interações significativas no tempo ( $p=0,655$ ,  $\eta^2p=0,020$ ) e tempo  $\times$  procedimento ( $p=0,745$ ,  $\eta^2p=0,016$ ) para MDA. Na figura 7, ao comparar os momentos pré-exercício com o momento pós-exercício, tanto no procedimento SBE como RFE a sessão de exercício não provocou aumento significativo no MDA. Apesar do discreto aumento do pós-exercício para 2 horas pós-ingestão das bebidas nos dois procedimentos, este aumento não teve significância (SBE:  $p=1,000$ , RFE:  $p=0,957$ ). Diferenças entre os procedimentos também não foram encontradas ( $p=0,421$ ,  $\eta^2p=0,025$ ).

Também não houve interação significativa no tempo ( $p=0,668$ ,  $\eta^2p=0,020$ ) e tempo  $\times$  procedimento ( $p=0,189$ ,  $\eta^2p=0,059$ ) para CAT. Na figura 7, ao comparar o momento pré-exercício com o momento pós-exercício, observa-se que ocorreu um discreto e não significativo aumento de CAT nas duas sessões de exercício realizadas. Duas horas após a ingestão das bebidas, este discreto aumento de CAT havia sido revertido em RFE e se manteve constante em SBE, sugerindo que a beterraba não foi capaz de promover alguma atividade antioxidante pós-exercício. Não observamos interação significativa entre os procedimentos ( $p=0,674$ ,  $\eta^2p=0,007$ ).

**Figura 6** – Malondialdeído (Painel A) e Capacidade antioxidante total (Painel B) nos procedimentos com suco de beterraba e refresco de fruta



Legenda: Dados apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. SBE = Procedimento com ingestão de suco de beterraba; RFE = Procedimento com ingestão de refresco de fruta; Pré-Ex = Pré-exercício; Pós-Ex = Imediatamente pós-exercício; 2h-Pós-I = 2 horas pós-ingestão das bebidas (Anova *two way* para medidas repetidas).

#### 4. Discussão

A sessão de exercício foi capaz de promover redução significativa logo nos primeiros 10 e 20 minutos pós-exercício na PAS e PAD, respectivamente, e foi mantida até os 60 minutos em que a pressão foi medida de forma clínica, ainda sem sinais de retorno aos valores de repouso, o que corrobora com achados consensuais da literatura quanto ao benefício hipotensor do exercício. O suco de beterraba manteve valores pressóricos mais baixos pós-exercício, apesar de não ter sido capaz de aprimorar a magnitude desta resposta pressórica.

Reduções entre 10 e 14mmHg na PAS e 5,9 a 7,6mmHg na PAD foram constatadas durante a monitoração clínica da pressão arterial após as sessões de exercício. Além disso, a manutenção desses valores permaneceu até os 60 minutos para pressão sistólica e 50 minutos para diastólica. Estes achados corroboram com dados da literatura que demonstram que uma única sessão de exercício é capaz de promover reduções significativas em comparação aos valores de repouso [5, 22].

Entretanto, apesar do fenômeno da HPE está bem documentado na literatura, há uma grande variabilidade em relação a sua duração, com estudos relatando 1 [23] a 24 horas [24]. Considerando a hipótese inicial deste estudo que o suco de beterraba poderia prolongar a hipotensão ocasionada pelo exercício, observamos que a HPE foi prolongada com suco de beterraba por 17 horas na pressão sistólica e 16 horas na diastólica.

Enquanto existem revisões que estabelecem evidências clínicas para a magnitude da HPE, dados indicando a duração total deste fenômeno são inconsistentes. Dantas *et al.* [25] relatam duração da HPE por 5 horas em homens normotensos após treino intervalado de alta intensidade. Em mulheres hipertensas medicadas, uma sessão de exercício resistido de baixa intensidade ocasionou HPE por 10 horas [26]. Por sua vez, Terblanche e Millen [27] relatam duração de 9 horas para exercícios aquáticos e 24 horas para exercícios aeróbios combinados em indivíduos pré-hipertensos e hipertensos. Neste contexto, a variabilidade de horas relatadas nos estudos e seus protocolos, incluindo a influência do tipo de exercício, devem ser consideradas.

Comparando com as durações previamente relatadas nestes estudos, observamos que a intervenção SBE prolongou a duração da HPE, demonstrando que o efeito hipotensor do suco de beterraba pode se somar a redução pressórica ocasionada pelo exercício. Ressaltamos diferenças nos protocolos dos estudos, assim como a população investigada, mas destacamos que nossos achados são importantes considerando o risco cardiovascular que o hipertensos apresentam, dessa forma a manutenção dos níveis pressóricos mais baixos por um período de tempo maior fornece proteção de forma geral para eventos adversos e assim apresenta um impacto clinicamente relevante.

Com relação à magnitude da HPE, os estudos que investigaram o efeito do suco de beterraba na hipotensão pós-exercício apresentam protocolos de monitoração da pressão arterial distintos, assim como os resultados. Amaral *et al.* [8] ao investigarem se o suco de beterraba melhorava a HPE de mulheres hipertensas pós-menopausa, concluíram que uma única dose de suco de beterraba não foi capaz de promover reduções significativas. Jurado-Castro *et al.* [28] não observaram mudanças na PA de homens treinados após suplementação de suco de beterraba 2 horas antes do exercício em comparação ao placebo. Os dois estudos monitoraram a pressão pós-exercício apenas de forma clínica, enquanto nossa investigação concentrou-se na avaliação ambulatorial.

Já Bezerra *et al.* [9] ao investigar o suco de beterraba na PA de homens normotensos obesos com risco cardiovascular aumentado, observaram redução de 5,3mmHg na pressão sistólica ambulatorial por até 6 horas após uma sessão de exercício aeróbio. Enquanto isso, observamos valores reduzidos na pressão sistólica por 17 horas em mulheres hipertensas. Zafeiridis *et al.* [27] também observaram redução significativa na PA ambulatorial de hipertensos não controlados, sem uso de drogas anti-

hipertensivas, após a ingestão aguda de suco de beterraba 2 horas e meia antes de exercício isométrico. A monitoração foi realizada apenas por 8 horas, dessa forma a duração não foi investigada.

Ressaltamos algumas diferenças importantes nos protocolos dos estudos que investigaram a PA de forma ambulatorial, como o momento da ingestão do suco de beterraba, que ocorreu antes do exercício, em nosso protocolo essa ingestão ocorreu 2 horas após o exercício. Além disso, os estudos foram realizados com populações com diferentes características. Nossos achados se referem a mulheres hipertensas controladas em uso de medicação anti-hipertensiva, enquanto no estudo de Bezerra *et al.* [9] os participantes eram normotensos, no estudo de Zafeiridis *et al.* [27] os participantes eram hipertensos, porém com níveis pressóricos não-controlados.

No procedimento controle, o qual não foi realizado nenhum tipo de intervenção, também foram observadas reduções significativas na PAS e PAD. Estas reduções podem ser explicadas pelo efeito do ciclo circadiano na variação da pressão arterial. De forma geral, na maioria das pessoas a PA sobe rapidamente ao acordar pela manhã e no início das atividades diurnas, sofre oscilações ao longo do dia e diminui ao final da tarde, atingindo valores mais baixos durante o sono noturno. Entretanto, acredita-se que apesar do papel do ciclo circadiano na variação dos valores pressóricos, questões ambientais e comportamentais podem ser mais influentes [28]. Por outro lado, todas as condições (experimentais e controle), foram realizadas no mesmo horário do dia. Esta padronização minimiza os efeitos destas variáveis intervenientes, especialmente perante a condição controle (sem exercício e bebida).

Os mecanismos envolvidos no efeito hipotensor da beterraba são investigados. Em revisão, Clifford *et al.* [29] sugerem que a beterraba é capaz de inibir a peroxidação lipídica e aumentar a atividade antioxidante, entretanto, não observamos melhora em CAT e MDA em nosso estudo, o que sugere que a melhora na resposta pressórica não envolve a resposta antioxidante.

Neste estudo, a bebida controle continha apenas traços de nitrato, o que é evidenciado pelo aumento do nitrito plasmático apenas no procedimento com ingestão de suco de beterraba. Este resultado sugere o aprimoramento da HPE devido ao aumento plasmático de nitrito, o mesmo mecanismo apontado para melhora da redução da pressão de repouso nos primeiros estudos onde descobriu-se que a beterraba tem potencial hipotensor independente de exercício, devido a produção aumentada de óxido nítrico, o qual é um potente vasodilatador [32]. Embora tenhamos utilizado uma bebida controle, nossos dados sugerem mas não comprovam a participação efetiva do nitrito na redução da pressão arterial, pois não avaliamos a ocorrência de vasodilatação. Esta investigação se torna interessante, a exemplo de Ellis *et al.* [30] que avaliaram a ocorrência da vasodilatação em investigação com o suco de melancia através da técnica de dilatação fluxo-mediada da artéria braquial (FMD), que por sua vez é um método bem estabelecido para determinar a função endotelial.

Neste estudo, utilizamos 140mL de suco de beterraba concentrado, o que corresponde a ingestão de 800mg de nitrato. A escolha desta dose foi baseada em estudo prévio, que constatou aumento plasmático do nitrito 2 a 3 horas após sua ingestão [14]. A utilização do suco de beterraba concentrado é uma opção de fácil administração, entretanto, pode não ser acessível a população, dessa forma, uma alternativa seria o preparo do suco com aproximadamente 3 a 4 beterrabas médias, o que corresponderia aos 800mg de nitrato do suco concentrado [31].

Como implicações práticas deste estudo, os resultados mostram que a associação de beterraba com exercício físico pode beneficiar indivíduos hipertensos, considerando que o tratamento multifatorial tem maior potencial de controle da pressão arterial, porém este potencial é um dado de comportamento crônico. Nosso estudo demonstra que a associação de exercício e nutrição pode ter efeito imediato na redução da pressão arterial e essa redução pode ser mantida por um período de tempo expressivo, porém novos estudos são necessários para confirmar a aplicabilidade clínica desta intervenção.

Por fim, sugerimos como perspectivas futuras o aumento do tamanho amostral para que a amostra dessa população seja representativa, considerando os tamanhos de efeito encontrados. A realização de um procedimento apenas com suco de beterraba sem exercício, além de uma investigação para confirmação do papel do nitrito na promoção da vasodilatação pela técnica de dilatação fluxo-

mediada da artéria braquial em resposta as reduções pressóricas observadas após a ingestão de suco de beterraba.

## 5. Conclusão

O presente estudo demonstrou que a ingestão de suco de beterraba 2 horas após o exercício aumentou os níveis plasmáticos de nitrito e prolongou a hipotensão pós-exercício por 17 e 16 horas na pressão sistólica e diastólica, respectivamente, em comparação aos valores pré-exercício, mas sem aprimoramento da magnitude. Nossos achados sugerem que o suco de beterraba pode melhorar a resposta hipotensora pós-exercício, entretanto, mais estudos são necessários para confirmar a participação do nitrato dietético da beterraba na redução da pressão arterial e sua associação com o exercício físico em indivíduos hipertensos.

**Conflitos de interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.

## Referências

- 1 - Al Ghorani H, Götzinger F, Böhm M, Mahfoud F. Arterial hypertension – Clinical trials update 2021. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2021.
- 2- Lopes S, Félix G, Mesquita-Bastos J, Figueiredo D, Oliveira J, Ribeiro F. Determinants of exercise adherence and maintenance among patients with hypertension: a narrative review. *Reviews in Cardiovascular Medicine*. 2021;22(4):1271.
- 3- Milani RV, Lavie CJ, Ventura HO. New aspects in the management of hypertension in the digital era. *Current Opinion in Cardiology*. 2021 16;36(4):398–404.
- 4- Potthoff SA, Vonend O. Multidisciplinary Approach in the Treatment of Resistant Hypertension. *Current Hypertension Reports*. 2017 19(1).
- 5- Marques-Silvestre ACO, Brasileiro-Santos M do S, Oliveira AS de, Silva FTM da, Santos ADC. Magnitude da hipotensão pós-exercício aeróbio agudo: Uma revisão sistemática dos estudos randomizados. *Motricidade*. 2014 Sep 1;10(3).
- 6- Cardoso Jr CG, Gomides RS, Queiroz ACC, Pinto LG, Lobo F da S, Tinucci T, et al. Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure. *Clinics*. 2010;65(3):317–25.
- 7- Bahadoran Z, Mirmiran P, Kabir A, Azizi F, Ghasemi A. The Nitrate-Independent Blood Pressure-Lowering Effect of Beetroot Juice: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition [Internet]*. 2017 Nov 7;8(6):830–8.
- 8- Amaral AL, Mariano IM, Carrijo VHV, de Souza TCF, Batista JP, Mendonça AM, et al. A Single Dose of Beetroot Juice Does Not Change Blood Pressure Response Mediated by Acute Aerobic Exercise in Hypertensive Postmenopausal Women. *Nutrients [Internet]*. 2019 Jun 13;11(6):1327.
- 9 - de Lima Bezerra ÁD, Costa EC, Pacheco DA, Souza DC, Farias-Junior LF, Ritti-Dia RM, et al. Effect of Acute Dietary Nitrate Supplementation on the Post-Exercise Ambulatory Blood Pressure in Obese Males: A Randomized, Controlled, Crossover Trial. *Journal of sports science & medicine [Internet]*. 2019;18(1):118–27.
- 10- Senkus KE, Crowe-White KM. Influence of mouth rinse use on the enterosalivary pathway and blood pressure regulation: A systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019 Sep 23;60(17):2874–86.

- 11- Gibson, R. S. Food consumption of individuals. *In: Principles of Nutritional Assessment*. New York: Oxford University Press, 1990.
- 12- WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organization Technical Report Series [Internet]. 2000;894:i–xii, 1–253.
- 13- WHO Expert Committee on Physical Status : the Use and Interpretation of Anthropometry (1993 : Geneva S, Organization WH. Physical status : the use of and interpretation of anthropometry , report of a WHO expert committee [Internet]. apps.who.int. World Health Organization; 1995.
- 14 - Wylie LJ, Kelly J, Bailey SJ, Blackwell JR, Skiba PF, Winyard PG, et al. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *Journal of Applied Physiology*. 2013 Aug 1;115(3):325–36.
- 15 - Bruce RA, Fisher LD, Cooper MN, Gey GO. Separation of effects of cardiovascular disease and age on ventricular function with maximal exercise. *The American Journal of Cardiology* [Internet]. 1974 Dec 1 [cited 2023 Mar 19];34(7):757–63.
- 16- Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1990;16:55–8.
- 17- Barroso, WKS *et al.* Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial - 2020. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 2021 116(3): 516–658.
- 18- Nobre F *et al.* 6ª Diretrizes de Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial e 4ª Diretrizes de Monitorização Residencial da Pressão Arterial. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2018 110(5)Supl 1.
- 19- Green LC, Ruiz de Luzuriaga K, Wagner DA, Rand W, Istfan N, Young VR, et al. Nitrate biosynthesis in man. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1981 Dec 1;78(12):7764–8.
- 20 - Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology* [Internet]. 1995 Jan;28(1):25–30.
- 21- Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*. 1979 Jun;95(2):351–8.
- 22 - Björjesson M, Onerup A, Lundqvist S, Dahlöf B. Physical activity and exercise lower blood pressure in individuals with hypertension: narrative review of 27 RCTs. *British Journal of Sports Medicine*. 2016 Jan 19;50(6):356–61.
- 23 - Hardy DO, Tucker LA. The effects of a single bout of strength training on ambulatory blood pressure levels in 24 mildly hypertensive men. *American journal of health promotion: AJHP* [Internet]. 1998 [cited 2023 Mar 19];13(2):69–72.
- 24 - Forjaz CLM, Tinucci T, Ortega KC, Santaella DF, Mion D, Negrão CE. Factors affecting post-exercise hypotension in normotensive and hypertensive humans. *Blood Pressure Monitoring*. 2000 Oct;5(5):255–62.
- 25 - Dantas, TCB, Farias Junior LF, Frazão DT, Silva Paulo HM, Sousa Junior AE, Costa IBB et al. A Single Session of Low-Volume High-Intensity Interval Exercise Reduces Ambulatory Blood Pressure in Normotensive Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017 31(8):2263-2269.
- 26 - Melo CM, Alencar Filho AC, Tinucci T, Mion D Jr, Forjaz CL. Post-exercise hypotension induced by low-intensity resistance exercise in hypertensive women receiving captopril. *Blood Pressure Monitoring*. 2006 11(4):183-9.
- 27 - Terblanche E, Millen AM. The magnitude and duration of post-exercise hypotension after land and water exercises. *European Journal of Applied Physiology*. 2012 112(12):4111-8.

- 28** - Jurado-Castro JM, Casanova-Rodriguez D, Campos-Perez J, Llorente-Cantarero FJ, De La Florida-Villagran CA, Diaz-Bernier VM, et al. Beetroot Juice Produces Changes in Heart Rate Variability and Reduces Internal Load during Resistance Training in Men: A Randomized Double-Blind Crossover. *Nutrients*. 2022 Dec 2;14(23):5119.
- 29** - Zafeiridis A, Triantafyllou A, Papadopoulos S, Koletsos N, Toupikioti P, Zafeiridis AS, et al. Dietary nitrate improves muscle microvascular reactivity and lowers blood pressure at rest and during isometric exercise in untreated hypertensives. *Microcirculation*. 2019 Jan 11;26(3):e12525.
- 30** - Smolensky MH, Hermida RC, Portaluppi F. Circadian mechanisms of 24-hour blood pressure regulation and patterning. *Sleep Med Rev*. 2017 Jun;33:4-16.
- 31** - Clifford T, Howatson G, West D, Stevenson E. The Potential Benefits of Red Beetroot Supplementation in Health and Disease. *Nutrients* [Internet]. 2015 Apr 14;7(4):2801–22.
- 32** - Larsen FJ, Ekblom B, Sahlin K, Lundberg JO, Weitzberg E. Effects of dietary nitrate on blood pressure in healthy volunteers. *The New England Journal of Medicine*. 2006 355:2792-2793.
- 33** - Ellis AC, Mehta T, Nagabooshanam VA, Dudenbostel T, Locher JL, Crowe-White KM. Daily 100% watermelon juice consumption and vascular function among postmenopausal women: A randomized controlled trial. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2021 Sep 22 [cited 2023 Feb 26];31(10):2959–68.
- 34** – Hord NG, Tang Y, Bryan NS. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2009 90(1):1-10.

## APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

LABORATÓRIO DE ESTUDOS DO TREINAMENTO FÍSICO APLICADO AO  
DESEMPENHO E À SAÚDE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a),

Esta pesquisa é sobre o "**EFEITO DO MOMENTO DA INGESTÃO DE SUCO DE BETERRABA NA MAGNITUDE E DURAÇÃO DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO EM HIPERTENSOS**" e está sendo desenvolvida por **Carla Nunes dos Anjos**, aluna do Curso de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, sob orientação do professor **Dr. Alexandre Sérgio Silva**, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

O objetivo desta pesquisa é avaliar o efeito do momento da ingestão de suco de beterraba na magnitude e duração da hipotensão pós-exercício em indivíduos hipertensos.

Solicitamos sua participação neste estudo, que consistirá em três procedimentos experimentais com caminhada/corrida na esteira ergométrica. Será feita suplementação com 140 mL de suco de beterraba ou bebida controle 2 horas antes do exercício e 2 e 6 horas após o exercício. Para participação no estudo será aplicado um questionário que verificará os critérios de inclusão. Será realizada então coleta dos dados pessoais e físicos (altura, peso, circunferência da cintura). No último procedimento experimental, será realizada coleta de amostras de células bucais, para extração e genotipagem do DNA. Durante o exercício, a frequência cardíaca será medida a cada 10 minutos. A pressão arterial será medida antes do exercício, imediatamente após o exercício e a cada 10 minutos da primeira hora após exercício de forma clínica e pelas 24 horas seguintes por MAPA (Monitoração Ambulatorial da Pressão Arterial). As coletas sanguíneas serão realizadas antes e 2 horas após a suplementação, assim como antes e imediatamente após o exercício. Todos os procedimentos serão realizados no LETFADS, na UFPB.

Os possíveis riscos envolvidos na pesquisa são desconforto e dor durante a coleta sanguínea, que será minimizado através da disponibilização de gelo para ser aplicado no local. Durante o exercício, poderá ocorrer desconforto físico, no entanto você poderá avisar quando não conseguir mais realizar o exercício. Além disso, há a possibilidade de desconforto

gastrointestinal devido à ingestão do suco de beterraba, porém a continuação do procedimento só ocorrerá com seu consentimento.

Os benefícios desta pesquisa envolvem uma alternativa adjuvante, de baixo custo e risco, no tratamento da hipertensão arterial, baseada na realização de exercício físico e na ingestão de suco de beterraba. Adicionalmente, a pesquisa pode trazer benefícios individuais aos hipertensos, promovendo mudanças no estilo de vida (realização de atividade física) e possível redução no esquema de medicamentos utilizados. A identificação de polimorfismos genéticos na variabilidade da responsividade ao exercício físico, juntamente com uma intervenção nutricional possuem grande relevância técnico-científica e social.

Solicitamos sua colaboração para participação dos procedimentos para a pesquisa como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos científicos e publicar em revista científica. Garantimos o sigilo absoluto e confidencialidade dos seus dados pessoais e proteção à sua imagem durante todas as fases da pesquisa, conforme os princípios éticos regidos nas pesquisas com seres humanos.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, caso decida não participar do estudo, ou resolva a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia deste documento.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Assinatura do (a) participante

---

Assinatura do pesquisador responsável



Espaço para impressão  
dactiloscópica

**Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor entrar em contato com a pesquisadora.**

**Pesquisadora responsável: Carla Nunes dos Anjos**

Endereço: Rua Osmar de Aquino, N° 188, AP 09, Centro, Guarabira-PB, CEP: 58200-000

Celular/Whatsapp: (83) 98893-1156

E-mail: [carlan.anjos@gmail.com](mailto:carlan.anjos@gmail.com)

OU

Comitê de ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde:

Endereço: Campus I - Cidade Universitária, João Pessoa-PB, CEP:58.051-900

Telefone: (83)3216-7791

E-mail: [comitedeetica@ccs.ufpb.br](mailto:comitedeetica@ccs.ufpb.br)

**APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE TRIAGEM**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**LABORATÓRIO DE ESTUDOS DO TREINAMENTO**  
**FÍSICO APLICADO AO DESEMPENHO E SAÚDE**

**I. DADOS PESSOAIS:**

N ° do Questionário: \_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Contato: ( ) \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

1. SEXO: ( ) Masculino ( ) Feminino

2. Data de nascimento: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ 3. IDADE: \_\_\_\_ anos

4. Profissão: \_\_\_\_\_

**II. HÁBITOS DE VIDA****1. USO DE DROGAS ANTI-HIPERTENSIVA**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**2. TABAGISMO:**

( ) Não. Já consumiu anteriormente? ( ) Não ( ) Sim

( ) Sim.

**3. ATIVIDADE FÍSICA:**

( ) Não.

( ) Sim. Qual a frequência? \_\_\_\_\_ Qual a duração? \_\_\_\_\_

Qual o tipo? \_\_\_\_\_

**4. CONSUMO DE BETERRABA:**

( ) Não.

( ) Sim. Qual a frequência? \_\_\_\_\_

5. PA DE REPOUSO: \_\_\_\_\_

**APÊNDICE D – LISTA DE ALIMENTOS RICOS EM CAFEÍNA E RICOS EM NITRATO**

| <b>Alimentos ricos em cafeína</b>                                                                                                                                                               | <b>Alimentos ricos em nitrato</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Café</li> <li>• Chá Preto</li> <li>• Chá Verde</li> <li>• Chá Mate</li> <li>• Coca Cola</li> <li>• Bebidas Energéticas</li> <li>• Chocolate</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetais folhosos verde (Espinafre, alface, couve, rúcula)</li> <li>• Beterraba</li> <li>• Repolho</li> <li>• Alcachofra</li> <li>• Aspargo</li> <li>• Aipo</li> <li>• Agrião</li> <li>• Embutidos (linguiça, salame, salsicha, presunto, mortadela, apresuntado)</li> <li>• Enlatados (carne em conserva, molho de tomate, azeitonas)</li> </ul> |

## APÊNDICE E – RECORDATÓRIO ALIMENTAR 24 HORAS

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

( ) 1º ( ) 2º ( ) 3º

### Recordatório Alimentar de 24h

| Refeição/Horário | Preparações/Alimentos | Medida caseira | Quantidade |
|------------------|-----------------------|----------------|------------|
| Desjejum         |                       |                |            |
| Colação          |                       |                |            |
| Almoço           |                       |                |            |
| Lanche           |                       |                |            |
| Jantar           |                       |                |            |
| Ceia             |                       |                |            |

## ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

|                                                                                              |                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CENTRO DE CIÊNCIAS DA<br/>SAÚDE DA UNIVERSIDADE<br/>FEDERAL DA PARAÍBA -<br/>CCS/UFPB</b> |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** EFEITO DO MOMENTO DA INGESTÃO DE SUCO DE BETERRABA NA MAGNITUDE E DURAÇÃO DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO EM HIPERTENSOS

**Pesquisador:** Alexandre Sérgio Silva

**Área Temática:** Genética Humana:

(Trata-se de pesquisa envolvendo Genética Humana que não necessita de análise ética por parte da CONEP.);

**Versão:** 2

**CAAE:** 40531220.9.0000.5188

**Instituição Proponente:** Centro de Ciência da Saúde

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.618.273

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de analisar uma emenda agregada ao projeto de pesquisa intitulado " Efeito do momento da ingestão de suco de Beterraba na magnitude e duração da hipotensão pós-exercício em hipertensos" do pesquisador Professor Dr. Alexandre Sérgio Silva.

#### Objetivo da Pesquisa:

objetivo da emenda: Adicionar ao projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa de uma abordagem genética para verificar a influência do polimorfismo dos genes PPAR e ECA nas respostas hipotensoras a sessões de exercício com e sem ingestão prévia de uma dose de suco de beterraba.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os mesmos citados no projeto de origem na plataforma Brasil

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Para que este novo objetivo seja possível os participantes precisarão, uma única vez, disponibilizarem a coleta de células da mucosa bucal, através do bochecho de um líquido para posteriormente a equipe de pesquisa realizar a genotipagem e analisar os polimorfismo dos genes PPAR e ECA.

|                                    |                               |                                          |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Endereço:</b> UNIVERSITÁRIO S/N |                               | <b>CEP:</b> 58.051-900                   |
| <b>Bairro:</b> CASTELO BRANCO      |                               |                                          |
| <b>UF:</b> PB                      | <b>Município:</b> JOÃO PESSOA |                                          |
| <b>Telefone:</b> (83)3216-7791     | <b>Fax:</b> (83)3216-7791     | <b>E-mail:</b> comitedeetica@ccs.ufpb.br |

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA -  
CCS/UFPB**



Continuação do Parecer: 4.6/18.273

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O projeto de pesquisa se encontra bem instruído de acordo com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde que regem as pesquisas envolvendo seres humanos.

**Recomendações:**

Recomenda-se manter a metodologia proposta.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Sem pendências.

**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_170714_4_E1.pdf | 07/03/2021<br>17:52:07 |                        | Aceito   |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE.pdf                               | 07/03/2021<br>17:17:35 | Alexandre Sérgio Silva | Aceito   |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador                 | Projeto.pdf                            | 07/03/2021<br>17:17:24 | Alexandre Sérgio Silva | Aceito   |
| Outros                                                    | certidao.pdf                           | 27/11/2020<br>15:52:39 | Alexandre Sérgio Silva | Aceito   |
| Orçamento                                                 | Orçamento.pdf                          | 27/11/2020<br>15:51:17 | Alexandre Sérgio Silva | Aceito   |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura                | carta_de_anuencia.pdf                  | 27/11/2020<br>15:50:46 | Alexandre Sérgio Silva | Aceito   |
| Cronograma                                                | cronograma.pdf                         | 27/11/2020<br>15:43:22 | Alexandre Sérgio Silva | Aceito   |
| Folha de Rosto                                            | FOLHA_DE_ROSTO_ASSINADA.pdf            | 27/11/2020<br>15:41:48 | Alexandre Sérgio Silva | Aceito   |

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: UNIVERSITÁRIO S/N  
Bairro: CASTELO BRANCO CEP: 58.051-900  
UF: PB Município: JOÃO PESSOA  
Telefone: (83)3216-7791 Fax: (83)3216-7791 E-mail: comitedetica@ccs.ufpb.br

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA -  
CCS/UFPB**



Continuação do Processo: 4.6/16.273

JOÃO PESSOA, 29 de Março de 2021

---

**Assinado por:**  
**Eliane Marques Duarte de Sousa**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** UNIVERSITÁRIO S/N  
**Bairro:** CASTELO BRANCO **CEP:** 58.051-900  
**UF:** PB **Município:** JOÃO PESSOA  
**Telefone:** (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedetica@ccs.ufpb.br

**ANEXO B – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO**

| <b><u>ESCALA DE PERCEPÇÃO DE ESFORÇO</u></b> |   |                                |
|----------------------------------------------|---|--------------------------------|
| 6                                            | 7 | <b>MUITO FÁCIL</b>             |
| 8                                            |   |                                |
| 9                                            |   | <b>FÁCIL</b>                   |
| 10                                           |   |                                |
| 11                                           |   | <b>RELATIVAMENTE FÁCIL</b>     |
| 12                                           |   |                                |
| 13                                           |   | <b>RELATIVAMENTE CANSATIVO</b> |
| 14                                           |   |                                |
| 15                                           |   | <b>CANSATIVO</b>               |
| 16                                           |   |                                |
| 17                                           |   | <b>MUITO CANSATIVO</b>         |
| 18                                           |   |                                |
| 19                                           |   | <b>EXAUSTIVO</b>               |
| 20                                           |   |                                |