FUNDAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E DESENVOLVIMENTO NA REGIÃO CENTRO-OESTE

RENATA LONDON RODRIGUES NASCIMENTO

RESPOSTA PRESSÓRICA SISTÓLICA EM PLATÔ NO CICLOERGÔMETRO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS: ESTUDO DE REPRODUTIBILIDADE

CAMPO GRANDE

2025

RENATA LONDON RODRIGUES NASCIMENTO

RESPOSTA PRESSÓRICA SISTÓLICA EM PLATÔ NO CICLOERGÔMETRO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS: ESTUDO DE REPRODUTIBILIDADE

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Linha de Pesquisa: Respostas ao Exercício e Saúde Humana.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Guerrero Müller

CAMPO GRANDE

2025

Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Coordenadoria de Pós-Graduação (CPG/PROPP)
Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste

Ata de Defesa de Dissertação
Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste
Mestrado

Aos dezenove dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e cinco, às oito horas, na videoconferência, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos membros: Paulo de Tarso Guerrero Muller (UFMS), Daniel Alexandre Boullosa Alvarez (UFMS) e Paula Felippe Martinez (UFMS), sob a presidência do primeiro, para julgar o trabalho da aluna: RENATA LONDON RODRIGUES NASCIMENTO, CPF ***.975.451-**, Área de concentração em Saúde e Sociedade, do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, Curso de Mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, apresentado sob o título "RESPOSTA PRESSÓRICA SISTÓLICA EM PLATÔ NO CICLOERGÔMETRO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS: ESTUDO DE REPRODUTIBILIDADE" e orientação de Paulo de Tarso Guerrero Muller. O presidente da Banca Examinadora declarou abertos os trabalhos e agradeceu a presença de todos os Membros. A seguir, concedeu a palavra à aluna que expôs sua Dissertação. Terminada a exposição, os senhores membros da Banca Examinadora iniciaram as arguições. Terminadas as arguições, o presidente da Banca Examinadora fez suas considerações. A seguir, a Banca Examinadora reuniu-se para avaliação, e após, emitiu parecer expresso conforme segue:

EXAMINADOR(A)	ASSINATURA	AVALIAÇÃO
Dr. Paulo de Tarso Guerrero Muller (Interno) **Presidente da Banca Examinadora**	gov.br Documento assinado digitalmente PAULO DE TARSO GUERRERO MULLER Data: 19/03/2025 16:03:19-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br	[x] Aprovação [ ] Aprovação c/ revisão [ ] Reprovação
Dr. Daniel Alexandre Boullosa Alvarez (Externo)	Firmado por BOULLOSA ALVAREZ DANIEL ALEXANDRE - ***6457** el día 20/03/2025	[x] Aprovação [ ] Aprovação c/ revisão [ ] Reprovação
Dra. Glaucia Helena Goncalves (Externo) (Suplente)		[ ] Aprovação [ ] Aprovação c/ revisão [ ] Reprovação
Dra. Paula Felippe Martinez (Interno)	gov.br Documento assinado digitalmente PAULA FELIPPE MARTINEZ Data: 20/03/2025 21:03:38-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br	[x] Aprovação [ ] Aprovação c/ revisão [ ] Reprovação

RESULTADO FINAL: [x] APROVAÇÃO [ ] APROVAÇÃO COM REVISÃO [ ] REPROVAÇÃO

OBSERVAÇÕES: A aluna deverá fazer as alterações de forma sugerida pelos membros da banca.

gov.br Documento assinado digitalmente
RENATA LONDON RODRIGUES NASCIMENTO
Data: 21/03/2025 11:59:53-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinatura do(a) Aluno(a)

Nada mais havendo a ser tratado, o(a) Presidente declarou a sessão encerrada e agradeceu a todos pela presença.

A Deus, criador do Universo; aos meus queridos e exemplares pais Vera e Reinaldo; aos admiráveis avós José e Aldicéa (in memoriam); ao Edevaldo, esposo incrível; aos meus fabulosos filhos, Gustavo e Augusto, inspirações diárias. Dedico a vocês a concretização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus o dom da vida e a possibilidade de ampliar os conhecimentos a cada dia.

À enfermeira Paula de Oliveira Serafim pelo auxílio com a submissão do projeto ao comitê de ética em pesquisa.

À equipe do setor da Pesquisa Clínica de Cardiologia, representandos pelo Filipe Nunes Gonçalves Stadler e Guilherme Fermiano Bertolli pela agilidade e prontidão na coleta das amostras de sangue.

Ao fisioterapeuta Tobias Nathan Zuffo pela extraordinária e competente assistência na realização dos testes de exercício.

À colega ecocardiografista, Ana Christina Wanderley Xavier Giacomini pela presteza e competência nos exames realizados.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento da Região Centro-Oeste pelo vasto aprendizado propagado ao longo do curso.

Ao orientador Prof. Dr. Paulo de Tarso Guerrero Müller minha admiração pelo ensinamento constante no decorrer desta fantástica jornada.

Aos Profs. Dr. Daniel Alexandre Boullosa Alvarez e Dr. Leandro Steinhorst Goelzer pelas pertinentes e produtivas considerações na Banca de Qualificação.

Enfim, um agradecimento especial aos (as) voluntários (as), pois sem eles não seria possível a concretização desta obra.

RESUMO

A hipertensão arterial (HA) é um dos principais fatores predisponentes para as doenças cardiovasculares (DVC), que são a principal causa de morte, hospitalização e atendimento ambulatorial em todo o mundo. A prevalência dessa condição no Brasil, a partir dos 18 anos de idade, é de 26,3%. A mensuração da pressão arterial (PA) durante o exercício é um tema de constante discussão, devido à baixa reprodutibilidade observada em diversos estudos. O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade e a reprodutibilidade do platô pressórico arterial em teste de esforço submáximo realizado em cicloergômetro, em jovens saudáveis de ambos os sexos. Trata-se de um estudo experimental conduzido no Laboratório de Fisiologia Respiratória (LAFIR) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Foram incluídos 30 indivíduos, igualmente distribuídos entre os sexos, com idades entre 18 e 30 anos. A avaliação foi realizada em cicloergômetro de frenagem eletromagnética (modelo VSprint 200), utilizando um protocolo submáximo (70% da frequência cardíaca máxima prevista), seguido por uma fase de variação da carga (+/- 25 Watts). Foram realizados dois testes nas mesmas condições, com intervalo de até uma semana. A análise de variância (ANOVA) unidirecional repetida foi utilizada para comparações estatísticas entre os valores sequenciais de PA dos grupos, enquanto a reprodutibilidade foi avaliada pelos coeficientes de repetibilidade (CR), erro padrão médio (EP) e coeficiente de correlação interclasse (ICC). O platô da PA sistólica (1-2-3 min) foi estabelecido, e os valores de CR, EP e ICC foram 32,1; 3 e 0,91 para os homens, e 27,2; 2,6 e 0,75 para as mulheres, respectivamente. Em comparação, os valores obtidos para a avaliação da PAS submáxima foram 18; 1,67 e 0,96 nos homens e 31,3; 2,9 e 0,67 nas mulheres. Este estudo propôs um novo protocolo que gera um estado estacionário da PAS durante o exercício físico, o qual, embora tenha demonstrado excelente reprodutibilidade, apresentou valores ligeiramente inferiores à PAS submáxima. Contudo, ao realizar a análise por subgrupos, observou-se que o platô teve desempenho superior à PAS submáxima nas mulheres. Assim, é necessário ampliar a faixa etária e a diversidade clínica dos indivíduos estudados para verificar o potencial clínico deste protocolo na avaliação pressórica, especialmente para as mulheres, que representam um grupo mais desafiador na avaliação pressórica durante o exercício.

Descritores: hipertensão arterial; teste de esforço; exercício físico.

ABSTRACT

High blood pressure (AH) is one of the predisposing factors for cardiovascular diseases (CVD), which are the main cause of death, hospitalization and outpatient care worldwide. The prevalence of this condition in Brazil, from 18 years of age, is 26,3%. The measurement of blood pressure (BP), during exercise is a topic of constant discussion, due to the low reproducibility observed in sevral studies. The objective of this study was to evaluate the viability and reproducibility of blood pressure plateau in a submaximal exercise test performed on a cycle ergometer in healthy young individuals of both sexes. This is an experiemnatl study conducted at the Laboratory of Respiratoty Physiology (LAFIR) of the Federal University of South Mato Grosso (UFMS). Thirty individuals, equally distributed between sexes, aged 18 to 30 years, were included. The evaluation was performed on an eletromagnetic brake cycle ergometer (model VSprint 200) using a submaximal protocol (70% of the predicted HR), followed by a load variation phase (+/- 25 Watt). Two tests were performed under the same conditions, with an interval of up to one week. One-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used for statistical comparisons between the sequencial BP values of the groups, while reproducibility was assessed by repeatability coefficient (CR); mean standard error (EP) and interclass correlation coefficient (ICC). The systolic blood pressure plateau (1-2-3 min) was established, and the CR,EP and ICC values were respectively 32,1; 3 and 0,91 for man and 27,2; 2,6 and 0,75 for women, respectively. In comparison, the values obtained for evaluation of submaximal SBP were 18; 1,67 and 0,96 in men and 31,3; 2,9 and 0,67 in women.This study proposed a new protocol that generates a steady state of SBP during physical exercise, which, althoug it demostrated excellent reproducibility, presented values slightly lower than submaximal SBP. However, when performing the subgroup analysis, it was observed that the plateau performed better than submaximal SBP in women. Therefore, it is necessary to expand the age range and clinical diversity of individuals studied to verify the clinical potencial of this protocol in blood pressure assessment, especially for women, who represent a more challenging group in blood pressure assessment during exercise.

Descriptors: high blood pressure; stress test; physical exercise.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AMPc: Adenosina monofosfato cíclico
ATP: Adenosina trifosfato
AVE: Acidente vascular encefálico
CM: Centímetros
CO: Monóxido de carbono
DAC: Doença arterial coronária
DC: Débito cardíaco
DCV: Doenças cardiovasculares
DM: Diabetes mellitus
2-3 min: médias da PAS em 2 e 3 minutos
DRC: Doença renal crônica
ECO TT: Ecocardiograma doppler transtorácico
eNOS: Sintetase endotelial
FC: Frequência cardíaca
GBD: *Global Burden of Disease*
HA: Hipertensão arterial
HUMAP: Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian
IMC: Índice de massa corporal
IPAQ: Questionário Internacional de Atividade Física
INRD: Inibidores da recaptação da noradrenalina e dopamina
IRSN: Inibidores da recaptação de serotonina-norepinefrina
ISRS: Inibidores da recaptação da serotonina
Kg: Quilogramas
LAFIR: Laboratório de Fisiologia Respiratória
LDL c: Lipoproteína de baixa densidade
MET: Múltiplos equivalentes metabólicos
mmHg: Milímetros de mercúrio
NO: Óxido nítrico
NOO: Radical peroxinitrito
PA: Pressão arterial
PAS: Pressão arterial sistólica
PAD: Pressão arterial diastólica

PCR: Proteína C reativa

RPM: Rotações por minuto

RVP: Resistência vascular periférica

SUBMÁXIMA: PAS submáxima

SUBMÁXIMA-2 min: média da PAS submáxima e da PAS em 2 minutos

SUBMÁXIMA-1-2 min: média da PAS submáxima e das PAS em 1 e 2 minutos

SUBMÁXIMA-1-2-3 min: média da PAS submáxima e das PAS em 1, 2 e 3 minutos

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TE: Teste de exercício

UFMS: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

1-2 min: média da PAS em 1 e 2 minutos

1-2-3 min: média da PAS em 1, 2 e 3 minutos

VO_2: Volume de oxigênio

VS: Volume sistólico

W: Watt

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características demográficas, clínicas, laboratoriais e questionário de atividade física----------37

Tabela 2 – Principais variáveis do ecocardiograma doppler transtorácico nos grupos (n=30) ----------38

Tabela 3 – Avaliação da diferença das médias pressóricas entre os dois testes de esforço nos grupos masculino e feminino----------39

Tabela 4 – Avaliação da diferença pressórica entre os dois testes de esforço nos grupos masculino e feminino através do coeficiente de repetibilidade, erro padrão e coeficiente de correlação interclasse----------40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Prevalência da hipertensão arterial no Brasil por unidade federativa e de acordo com os quartis de porcentagem, em 2021, com base do estudo Vigitel 2021 ----------15

Figura 2 – Mecanismos envolvidos na mediação autonômica no exercício------18

Figura 3 – Comportamento da pressão arterial sistólica e diastólica em adultos de ambos os sexos durante o teste ergométrico----------22

Figura 4 – Fluxograma da amostra ----------30

Figura 5 – Escala de esforço percerbido de Borg modificada ----------32

Figura 6 – Diferença entre os protocolos de carga constante e variável----------35

Figura 7 – Diferença pressórica na PAS submáximo e platô (1-2-3 min) entre os dois testes de esforço nos grupos masculino e feminino avaliado através do coeficiente de repetibilidade----------41

Figura 8 – Diferença pressórica na PAS submáximo e platô (1-2-3 min) entre os dois testes de esforço nos grupos masculino e feminino avaliado através do erro padrão médio ----------42

Figura 9 – Diferença pressórica na PAS submáximo e platô (1-2-3 min) entre os dois testes de esforço nos grupos masculino e feminino avaliado através coeficiente de correlação interclasse ----------42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO ----------12
2 REVISÃO DE LITERATURA ----------14
2.1 Definição de hipertensão arterial----------14
2.2 Prevalência da hipertensão arterial----------14
2.3 Medida da PA no repouso ----------16
2.4 Estratificação do risco e tratamento ----------16
2.5 Determinantes fisiológicos da PA no exercício ----------16
2.6 Resposta hipertensiva ou exagerada da PA----------19
2.7 Medidas da PA no exercício----------22
2.7.1 Medida da PA de pico----------24
2.7.2 Slope ----------24
2.8 Reprodutibilidade da PA no exercício ----------25
3 OBJETIVOS ----------27
3.1 Objetivo geral ----------27
3.2 Objetivos específicos----------27
4 MATERIAIS E MÉTODOS----------28
4.1 Critérios de inclusão----------28
4.2 Critérios de não inclusão ----------28
4.3 Delineamento da pesquisa ----------28
4.4 Procedimentos metodológicos ----------30
4.4.1 Exames laboratoriais ----------30
4.4.2 Ecocardiograma doppler transtorácico (ECO TT) ----------30
4.4.3 Teste ergométrico em cicloergômetro ----------31
4.4.4 Questionário Internacional de Atividade Física – IPAQ----------32
4.5 Análise estatística ----------33
4.6 Aspectos éticos ----------34
5 RESULTADOS ----------35
6 DISCUSSÃO ----------43
7 LIMITAÇÕES E PERPECTIVAS FUTURAS----------48
8 CONCLUSÃO ----------49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ----------50
ANEXOS ----------54

1 INTRODUÇÃO

A pressão arterial (PA) é a força exercida pelo sangue contra qualquer unidade de área da parede vascular (GUYTON *et al.,* 2006). Define-se hipertensão arterial (HA) como PA usual maior ou igual a 140/90 mmHg (BRAUNWALD *et al*., 2010). A prevalência de HA avaliada a partir dos 18 anos de idade no Brasil é de 26,3%, sendo que apenas 35% desta população apresentam o controle adequado dos níveis pressóricos (OLIVEIRA *et al*., 2024).

Sabe-se que a HA é um dos fatores predisponentes para as doenças cardiovasculares (DCV) que são a principal causa de morte, hospitalização e atendimento ambulatorial em todo o mundo. De acordo com o estudo *Global Burden of Disease* (GBD), ocorreram 397.993 mortes por DCV no Brasil , sendo a doença arterial coronária (DAC) a primeira causa, seguida pelo acidente vascular encefálico (AVE) (OLIVEIRA *et al*., 2022). Diante disso, destaca-se a importância de prevenir o desenvolvimento e progressão da HA, com foco especial nos indivíduos mais jovens para que se identifiquem através da avaliação da PA no exercício aqueles com risco aumentado desta doença no futuro (CURRIE *et al.*, 2023).

Observa-se, durante um teste de exercício (TE) incremental, o aumento da demanda metabólica para fornecer fluxo sanguíneo aos músculos. Essa necessidade é atendida pelo aumento do débito cardíaco (DC), associado à ativação neuromuscular e atividade simpática,resultando no aumento da pressão arterial sistólica (PAS) (SCHULTZ *et al.*, 2022). A taxa normal de aumento da PAS varia de acordo com alguns fatores como idade, sexo e carga de trabalho realizada (CURRIE *et al*., 2018).

Entretanto, a mensuração da PA durante o exercício é tema de constante discussão, pois seus coeficientes de reprodutibilidade apresentam resultados inconsistentes em diversos estudos. Além disso, poucos trabalhos avaliaram o grupo feminino de maneira isolada. Esses resultados subótimos são decorrentes da movimentação do indivíduo durante o teste, da aferição uma única vez em cada estágio de carga, de diferentes protocolos e da dependência do operador. Observa-se, portanto, que existem muitas incertezas na avaliação desta variável tão importante. Nos últimos anos, tem-se buscado aprimorar a acurácia da aferição pressórica durante o esforço.

Desta forma, neste estudo, foi desenvolvido um protocolo inovador para avaliar a PA durante o exercício físico. O protocolo foi realizado no cicloergômetro, e, ao atingir 70% da frequência cardíaca (FC) máxima prevista, aplicou-se uma variação da carga por 3 minutos, o que possibilitou a estabilização da pressão (platô). Isso permitou a aferição de várias medições, em vez de uma única medida isolada da PA no esforço submáximo. Assim, foi possível incrementar a confiabilidade da avaliação desta variável tão relevante.

Dessa maneira, com o aprimoramento dos testes diagnósticos almeja-se identificar de forma mais precoce os indivíduos susceptíveis ao desenvolvimento de HA, antes mesmo da instalação da doença, para que eles sejam encorajados à mudança agressiva no estilo de vida, especialmente através do incentivo a prática de exercícios físicos que são a intervenção chave para mitigar o ônus da doença e suas comorbidades.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Definição de hipertensão arterial

A PA é a força exercida pelo sangue contra qualquer unidade de área da parede vascular. Ela é o produto da quantidade de sangue bombeada pelo coração a cada minuto (DC) e o grau de dilatação ou constrição das arteríolas (resistência vascular sistêmica) (GUYTON *et al.,* 2006).

Define-se hipertensão arterial (HA) como PA usual maior ou igual a 140/90 mmHg (BRAUNWALD *et al*., 2010; FEITOSA *et al.*, 2023). Entretanto, em 2024, foi proposta uma nova categoria denominada “PA elevada”, caracterizada por PAS entre 120-139 mmHg e PA diastólica (PAD) entre 70-89 mmHg (McEVOY *et al.*; 2024).

A HA é uma patologia multifatorial, geralmente assintomática por longos períodos. No entanto, pode causar lesões estruturais e funcionais em vários órgãos, como o coração, rins, cérebro e nos vasos sanguíneos. Por isso, é o principal fator de risco para as doenças cardiovasculares (DCV) e doença renal crônica (DRC), sendo uma condição potencialmente modificável (BARROSO *et al*., 2021).

Além dos fatores genéticos, que podem ser responsáveis por 30 a 50% dos casos de HA, observa-se a influência da idade, que contribui para essa condição devido ao enrijecimento e à diminuição da complacência das grandes artérias. Além destes fatores, também há a contribuição da sobrecarga devido à ingestão excessiva de sal e álcool, bem como do excesso de peso e do sedentarismo (BARROSO *et al*., 2021).

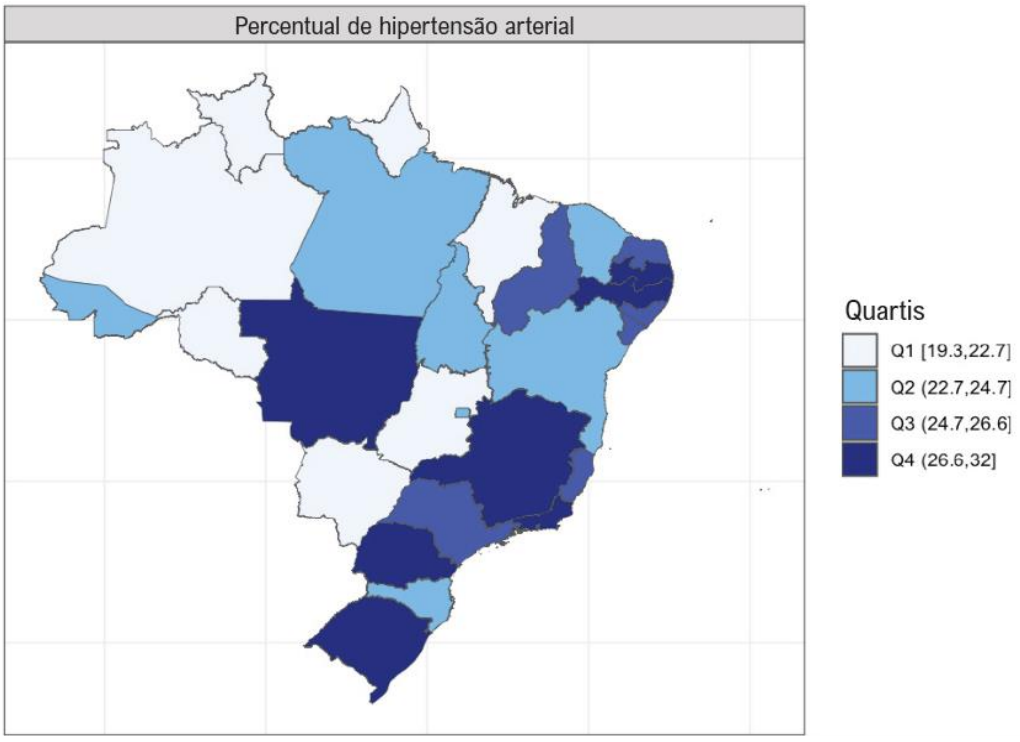
2.2 Prevalência da hipertensão arterial

A prevalência de HA no Brasil, avaliada a partir dos 18 anos de idade em 2021, foi de 26,3%, podendo chegar a 61% na população com mais de 65 anos. Sabe-se que, durante a pandemia da COVID-19, houve mudança na prevalência da HA, que passou de um estado de estabilidade para discreta elevação. A prevalência média no período pré-pandemia era de 23,2%, e aumentou para 26,1% no período pós-pandêmico. A região sul apresentou um incremento de

13% entre os períodos de pré e pós-pandemia, sendo a área com o aumento mais significativo (GRILLO *et al.*, 2024; OLIVEIRA *et al*., 2024).

Na faixa etária de 18 a 74 anos, a HA compromete predominantemente os homens, enqunato no grupo das mulheres, a prevalência é maior após os 75 anos. Entre as regiões brasileiras, a maior prevalência encontra-se no Sul, com 30%, e a mais baixa na região Norte (Figura 1). Destaca-se, o fato de que apenas 35% dos hipertensos apresentam controle adequado dos níveis pressóricos. Entre 2008 e 2017, a hipertensão arterial foi responsável por 667.184 mil mortes no Brasil (BARROSO *et al*., 2021; OLIVEIRA *et al*., 2024).

Figura 1 - Prevalência da hipertensão arterial no Brasil por unidade federativa e de acordo com os quartis de porcentagem, em 2021, com base no estudo Vigitel



Fonte: Oliveira *et al*., 2024.

2.3 Medida da PA no repouso

A aferição da PA pode ser feita pelo método auscultatório ou oscilométrico. A primeira técnica é a mais utilizada, sendo realizada com um esfigmomânometro aneróide e estetoscópio. Ao inflar o manguito sobre a artéria braquial, interrompe-se o fluxo sanguíneo, que é restabelecido com a deflação do manguito, produzindo os sons característicos denominados sons de Korotkoff. Desta forma, determina-se a PA sistólica na fase I e a PA diastólica na fase V. O método oscilométrico, por sua vez, é realizado por meio de aparelhos automáticos ou semiautomáticos (FEITOSA *et al.*; 2023).

Sabe-se que os métodos convencionais de aferição da PA em repouso falham em identificar casos de HA, uma vez que 8 a 20% dos indivíduos com PA normal no consultório podem ter pressão alta. Portanto, são necessárias outras formas para identificá-los (OLIVEIRA *et al*., 2022; SCHUTZ *et al*., 2022).

2.4 Estratificação do risco e tratamento

É bem estabelecida a relação entre o aumento da PA e o risco das DCV. Por isso, é importante quantificar o risco dos indivíduos hipertensos por meio do uso de escores para a estratificação do risco cardiovascular global em 10 anos. Entre os escores disponíveis, destacam-se o SCORE2 para indivíduos com idade entre 40 e 69 anos e o SCORE2-OP para aqueles com idade maior a 70 anos (BARROSO *et al.*, 2020; McEVOY *et al.*; 2024).

Dessa forma, os indivíduos com PA elevada e risco de DCV em 10 anos superior ou igual a 10%, conforme os escores SCORE2 ou SCORE2-OP, são considerados elegíveis não só para a mudança do estilo de vida, mas também para iniciar o uso de anti-hipertensivos com o objetivo de alcançar controle pressórico adequado (McEVOY *et al.*; 2024).

2.5 Determinantes fisiológicos da PA no exercício

O objetivo do sistema cardiovascular durante o exercício físico é de ampliar o fornecimento de oxigênio e outros nutrientes aos músculos, por meio do incremento do fluxo sanguíneo. Ao mesmo tempo, é necessário manter a

perfusão para os tecidos críticos, como o coração e cérebro (GUYTON *et al.,* 2006; LE *et al*.; 2008).

Desta forma, o fluxo sanguíneo é determinado diretamente pelo gradiente de pressão nos vasos e inversamente pela resistência ao fluxo. Sabe-se que esse fluxo pode aumentar até 25 vezes durante a realização de um exercício físico extenuante. Esse processo ocorre devido aos efeitos da vasodilatação intramuscular e ao aumento moderado da PA. Este aumento não só impulsiona mais sangue através dos vasos, mas também contribui para a distensão da parede das arteríolas, resultando na redução da resistência vascular periférica (RVP). Um incremento de 30% da PA é capaz de duplicar o fluxo sanguíneo (GUYTON *et al.,* 2006).

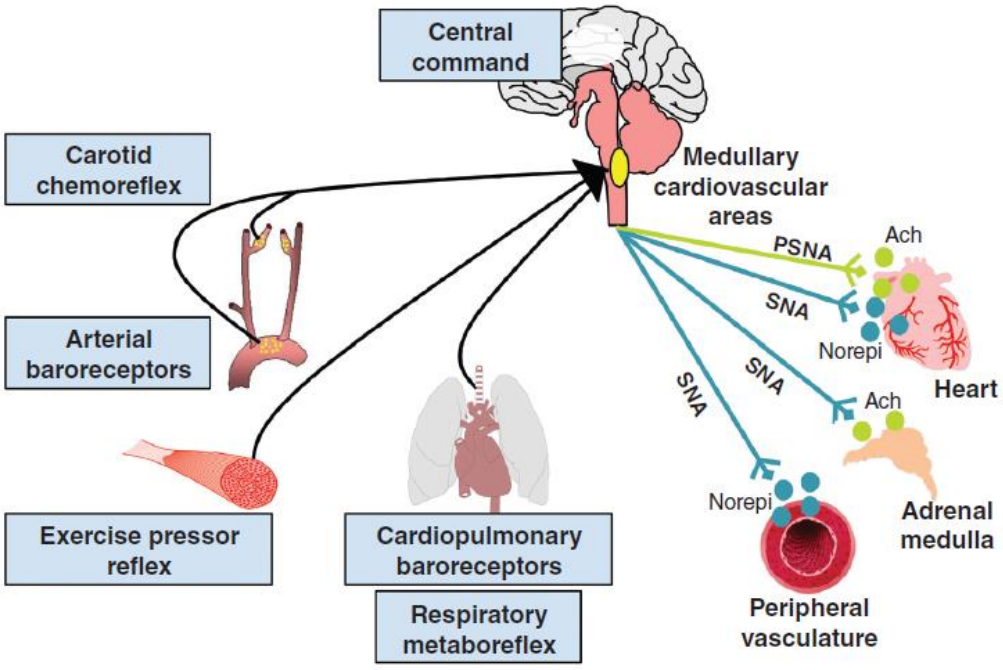
Logo, a resposta pressórica no exercício é dependente do DC e RVP. O DC é o volume de sangue ejetado pelo ventrículo a cada minuto e, para que ocorra seu incremento progressivo durante o exercício, é necessário o aumento do volume sistólico (VS), bem como da FC. Dessa forma, o sistema nervoso autonômo (SNA) desempenha um papel crítico no ajuste cardiovascular para atender às demandas metabólicas do exercício, já que o aumento da FC é mediado basicamente por dois mecanismos: redução do tônus vagal (parassimpático) e ativação do componente simpático sobre o coração (FISHER *et al*., 2015; NEGRÃO *et al*., 2010).

Durante o exercício, as alterações do SNA são mediadas pela liberação de catecolaminas. Essas mudaças são geradas por áreas de controle cerebral, que são ativadas por sinais neurais enviados pelos centros cerebrais superiores, receptores carotídeos e da aorta, bem como receptores do músculo esqueléticos e respiratório (Figura 2). Na fase inicial (até 60% do consumo máximo de oxigênio), o principal mecanismo responsável pelo aumento da FC é a diminuição do tônus parassimpático. Com o aumento da intensidade da atividade física, o principal mecanismo passa a ser a ativação simpática, através da liberação de noradrenalina e adrenalina, que agem nos receptores beta-adrenérgicos presentes no nó sinusal e atrioventricular, septo interatrial, feixe His-Purkinje e musculatura atrial e ventricular. Dessa forma, ativa-se a enzima adenilciclase levando à conversão da adenosina trifosfato (ATP) em adenosina monofosfoto cíclica (AMPc), o que gera aumento da permeabilidade da membrana celular ao potássio, intensificando a despolarização da membrana e,

consequentemente, o aumento da FC (FISHER *et al*., 2015; GROTLE *et al.*, 2020; NEGRÃO *et al*., 2010).

Já o VS na fase inicial do exercício aumenta devido ao incremento do retorno venoso. No exercício mais intenso, seu aumento depende da maior contratilidade miocárdica, otimizada pela resposta simpática, que se dá pelo aumento da permeabilidade da membrana ao sódio (NEGRÃO *et al.*; 2010).

Figura 2 - Mecanismos envolvidos na mediação autonômica no exercício



Fonte: Fisher *et al.*, 2015.

Portanto, durante um TE incremental, em condições fisiológicas, há um aumento da demanda metabólica para fornecer fluxo sanguíneo aos músculos. Essa necessidade é atendida pelo aumento do DC, associada à ativação neuromuscular e à atividade simpática. Com a redistribuição do fluxo sanguíneo para os leitos vasculares musculares, a RVP diminuirá, mas geralmente não o suficiente para compensar o aumento do monóxido de carbono (CO), o que leva ao aumento da PAS (CARVALHO *et al.*, 2024; SCHULTZ *et al.*, 2022).

Espera-se que a PA média aumente 40% com o exercíco, e o incremento da PAS é proporcional à carga durante o exercício dinâmico, o que corresponde à resposta inotrópica. Esse aumento, em média, é de 10 mmHg/ MET (Milímetros de mercúrio/Múltiplos equivalentes metabólicos). Se a carga for mantida no esforço submáximo, abaixo do limiar anaeróbio, alcança-se uma condição de equilíbrio, geralmente em torno de 2 a 3 minutos. Ao término do exercício, a pressão reduz gradativamente devido à resposta vagal e à diminuição do DC, retornando ao padrão do repouso em torno de 6 minutos (BRAUNWALD *et al*., 2010; CARVALHO *et al*., 2024; LE *et al.,* 2008).

2.6 Resposta hipertensiva ou exagerada da PA

Entende-se como resposta exagerada da PA o aumento de forma abrupta da PAS e/ou diastólica (PAD) durante o TE, de modo que esta alteração não seja compatível com a resposta fisiológica esperada frente à carga de trabalho realizada. Em indivíduos normotensos, a resposta pressórica exagerada é definida como um valor de pico sistólico maior ou igual a 210 mmHg em homens,190 mmHg em mulheres e 220 mmHg em atletas (CARVALHO *et al*., 2024). Outros autores a definem como uma PAS entre 160 e 200 mmHg em exercícios com uma carga de 100W (GHIDONI *et al.*, 2024). A maioria dos estudos mostram uma prevalência dessa condição de 3% a 4% (BRAUNWALD *et al*., 2010; LE *et al.*, 2008).

Em indivíduos normotensos, essa resposta exagerada da PAS no exercício pode indicar o desenvolvimento futuro de HA (CARVALHO *et al*., 2024; LE *et al.*, 2008; ITO *et al*., 2016). Além disso, pessoas com este comportamento, quando submetidas a exercícios moderados (submáximo), apresentam uma taxa 36% maior de eventos cardiovasculares e mortalidade em comparação com aqueles cuja resposta pressórica é normal. Já em indivíduos hipertensos, está relacionado com risco de insuficiência cardíaca, hipertrofia ventricular esquerda, disfunção diastólica e endotelial (CARVALHO *et al*., 2024; LEITE *et al.*, 2019; SCHULTZ *et al.*, 2013).

Observa-se que a PA avaliada no exercício submáximo (70% FC máxima) reflete a verdadeira influência do aumento da PA, já que representa a maior parte das atividades diárias, como subir escadas. Desta forma, é possível

identificar aqueles com quadro de hipertensão mascarada que pode estar presente em até 20% da população geral e 30% dos indivíduos com diabetes mellitus (DM) (SCHULTZ *et al.*, 2022).

Os possíveis fatores que podem influenciar essa resposta exagerada são: alterações nas funções do endotélio, redução da distensibilidade da aorta, rigidez arterial, hipertrofia ventricular esquerda, resposta neuro-hormonal e níveis de angiotensina II durante pico de esforço (LE *et al.*, 2008; LEITE *et al.*, 2019). Sabe-se que nos idosos e nas mulheres a resposta pressórica exagerada está especialmente associada ao aumento da rigidez vascular. Nas mulheres tal fato ocorre devido à regulação negativa dos receptores de estrogênio associada à idade, gravidez e menopausa, pois o estrogênio atua como vasodilatador periférico e coronariano (GHIDONI *et al.*, 2024).

Além disso, níveis elevados de colesterol e resistência à insulina têm se correlacionado positivamente com mudanças na PA com o exercício, mas não em repouso (CÔTÉ *et al.*, 2019; SCHULTZ *et al.*, 2013). Aliás, estudos prévios correlacionaram esse padrão a um risco aumentado de desenvolvimento de HA em indivíduos normotensos e/ou com PA limítrofe (LEITE *et al.*, 2019; MIYAI *et al.*, 2002).

Entretanto, outro estudo que avaliou a reprodutibilidade da resposta hipertensiva/exagerada ao esforço e não encontrou resultados semelhantes, quando dois testes foram comparados, questionando-se o valor deste parâmetro como preditor de desenvolvimento de hipertensão futura (SHARABI *et al.,* 2001).

Por outro lado, outros estudos mostraram que a resposta exagerada da PA durante o exercício é um marcador precoce de disfunção endotelial (ELBEHAIRY *et al.,* 2017; PAPATHANASIOU *et al*., 2007). Ela decorre do desequilíbrio entre a produção de óxido nítrico (NO) pela sintetase endotelial (eNOS) ou a transformação do NO no radical livre peroxinitrito (NOO). A vasodilatação mediada por vários peptídeos, incluindo a bradicinina e angiotensina é prejudicada, o que leva ao aumento da RVP e à alteração da permeabilidade endotetial. A instalação de um estado inflamatório crônico nos hipertensos deve-se ao aumento na produção de citocinas pró-inflamatórias (endotelina-1, angiotensina II, moléculas de adesão leucocítária), reduzindo a expressão da eNOS, enquanto o aumento do estresse oxidativo acelera a degradação do NO. A baixa disponibilidade local de NO aumenta o tônus do

músculo liso vascular, induz proliferação de células musculares lisas da camada média e aumenta a permeabilidade do endotélio. Este processo facilita a passagem das lipoproteínas de baixa densidade (LDL-c) para o espaço subendotelial, que parece ser o evento inicial no desenvolvimento da aterosclerose (BARROSO *et al*., 2021; GHIDONI *et al.*, 2024).

Portanto, a identificação do grau de disfunção endotelial seria importante para a avaliação do curso clínico da HA. Nota-se que a proteína C reativa (PCR) ultrassensível parece ser o marcador mais adequado e disponível clinicamente para avaliar a disfunção endotelial (BARROSO *et al*., 2021).

Sabe-se que o exercício físico estimula o tecido endotelial contribuindo com a produção de enzimas antioxidantes e agentes vasodilatadores, além de reduzir a ação dos radicais livres, as citocinas pró-inflamatórias, as moléculas de adesão e os agentes vasoconstritores. Desta forma, restaura o equilíbrio do funcionamento endotelial. Portanto, tanto o treinamento aeróbico, quanto o resistido, são capazes de atenuar a disfunção endotelial em pessoas pré-hipertensas ou hipertensas (CARVALHO *et al.,* 2020; VALENZUELA *et al.*, 2023).

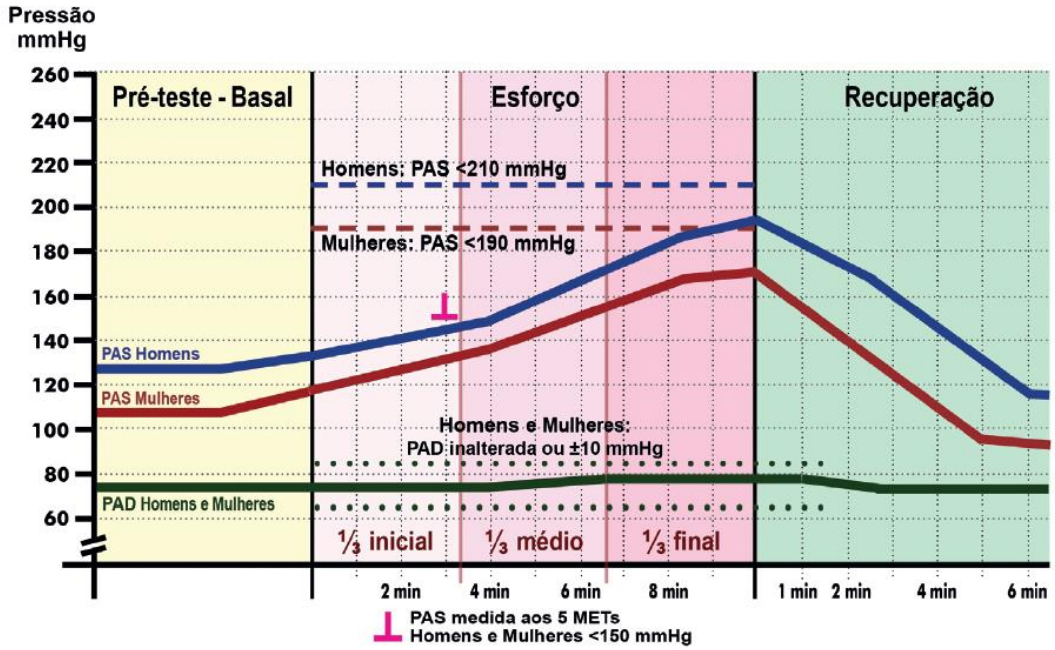
Desta forma, observa-se que resposta pressórica submáxima pode ser considerada um fator de risco independente da idade, sexo e PA no repouso. E sua avaliação constitui uma ferramenta de triagem simples na identificação daqueles individuos com risco aumentado e que se beneficiariam de uma intervenção preventiva agressiva focada na mudança do estilo de vida (CÔTÉ *et al*., 2019)

Dessa maneira, poder-se-á atuar de forma mais precoce no grupo de indivíduos pré-hipertensos, antes da instalação da doença, focando não apenas no tratamento farmacológico, mas encorajando também a prática de exercícios físicos que é uma intervenção chave para mitigar o ônus da doença e suas comorbidades, além de ajuste da dieta e perda de peso (CARVALHO *et al.,* 2020; CÔTÉ *et al.*, 2019; GHIDONI *et al.*, 2024). A importância exercício já está bem estabelecida com estudos que evidenciaram que cada hora de inatividade por dia está associado a um incremento de 2% no risco de desenvolvimento de HA, e outros que mostram que a cada aumento de 1 MET na aptidão aeróbica ocorre uma redução de 8% no risco da HA (SCHULTZ *et al.,* 2022).

2.7 Medidas da PA no exercício

A medida da PA durante o exercício constitui um instrumento de avaliação da probabilidade de desenvolvimento futuro de lesões em órgão alvo. Espera-se um aumento progressivo da PA à medida que se aumente a carga de trabalho durante o exercício, até que se alcance um pico de 160 a 200 mmHg, sendo esta variação maior em idosos e negros. Entretanto, a PAD permanece praticamente inalterada ou com ligeira queda durante um exercício incremental, levando ao aumento da pressão de pulso (Figura 3). A pressão de pulso é definida como diferença entre PAS e a PAD, e é usada indiretamente como marcador de rigidez arterial, sendo um preditor de risco para infarto miocárdico, insuficiência cardíaca e mortalidade cardiovascular (BRAUNWALD *et al*., 2010; CARVALHO *et al.*, 2024; SABBAHI *et al*., 2018; SHARABI *et al.*, 2001).

Figura 3 - Comportamento da pressão arterial sistólica e diastólica em adultos de ambos os sexos durante o teste ergométrico



Fonte: Carvalho *et al*., 2024.

Apesar disso, a aferição da PA durante o esforço é motivo de constante discussão, pois sua determinação precisa com altas cargas de trabalho é dificil de ser obtida pelo método auscutatório. Isto se deve à movimentação do indivíduo durante o teste, aferição uma única vez em cada estágio de carga,

diferentes protocolos e ser operador dependente. A despeito das limitações, as principais Diretrizes de Ergometria ainda recomendam a medida da PA manual durante o esforço (BRAUNWALD *et al*., 2010; CARVALHO *et al.,* 2024, CURRIE *et al*., 2018; LE *et al.*, 2008; SCHULTZ *et al.*, 2013).

Logo, para a aferição manual da PA durante o exercício orienta-se: considerar a PAS na fase I dos sons de Korotkoff e a PAD na fase V; registrar valores de PA a cada 2 mmHg; não aplicar pressão excessiva no estetoscópio; observar se o ombro do indivíduo está relaxado e o braço apoiado pelo operador a fim de deixá-lo na altura do coração e, por fim, verificar se o paciente não está fazendo força excessiva ao segurar o guidão da bicicleta (BABS, 2015; SCHUTZ *et al.,* 2022).

Sabe-se que em exercícios de moderada intensidade no cicloergômetro, ou seja, em condições mais estáveis de esforço, as limitações podem ser atenuadas, permitindo maior precisão nas aferições e substancial confiabilidade no teste-reteste. Entretanto, espera-se maior pressão de pico devido ao trabalho isométrico tanto da força em segurar o guidão, como da ativação do quadríceps (BRAUNWALD *et al*., 2010; CURRIE *et al*., 2018; SCHUTZ et al., 2013).

No cicloergômetro, o protocolo mais utilizado é o Balke que apresenta incrementos de 25 W a cada dois minutos. Recomenda-se que em indivíduos jovens se inicie com uma carga de 50 W. O aumento da carga pode ser feito por frenagem mecânica ou eletromagnética, sendo ideal manter uma velocidade média de 60 rpm. Para o cálculo do VO_2, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$VO_{2\,máx} = (12 \times \text{carga em watts}) + 300/\text{peso em Kg}$$

Sua principal limitação é a fadiga muscular do quadríceps, principalmente em indivíduos que não estão habituados a pedalar. Tal fato, pode subestimar o VO_2 em 10 a 15% (CARVALHO *et al.*, 2024; NEGRÃO *et al*, 2010).

Já o teste realizado na esteira possibilita alcançar FC e VO_2 maiores do que no cicloergômetro, sendo o aumento da carga realizado tanto por meio da inclinação quanto do aumento da velocidade. As principais limitações deste tipo de ergômetro são: dificuldade de medir a PA em maiores velocidades; dificuldade de adaptação para pessoas com fobia de escadas/esteiras, além de poder desencadear vertigem e quedas (CARVALHO *et al.*, 2024).

Sabe-se que a tolerância ao esforço é o excelente marcador da expectativa de vida, podendo ser avaliado durante o exercício através do MET, duração do exercício, bem como pela carga alcançada durante a atividade física em W. Além disso, pode ser avaliado também de forma subjetiva pela escala de Borg ou Borg modificada (CARVALHO *et al.*, 2024).

2.7.1 Medida da PA de pico

A PAS de pico aumenta com a idade até aos 60 anos, mantendo-se em platô após essa idade. Já o comportamento da PAD varia conforme o sexo (SABBAHI *et al*.; 2018). Sabe-se que uma pressão de pico abaixo do esperado está associada a um aumento de 1,5 vezes da incidência de DCV, além de um incremento de até duas vezes na mortalidade por todas as causas (HEDMAN *et al.*, 2022).

2.7.2 Slope

A pressão indexada ao aumento da carga (mmHg/ MET - slope) corresponde à inclinação da reta de regressão representativa entre a PA e a carga atingida. Trata-se de uma medida clinicamente relevante para a avaliação pressórica durante o exercício físico; entretanto, a falta de dados normativos limita sua aplicabilidade (CURRIE *et al.,* 2018; HEDMAN *et al.*, 2020; HEDMAN *et al*.; 2021).

Desta forma, as evidências mostram que a avaliação da pressão indexada à carga apresenta um melhor valor prognóstico em comparação a PA de repouso, em 100 W e a PA de pico isolada (GHIDONI *et al.*, 2024). Alguns estudos evidenciaram que o slope elevado está associado ao aumento da mortalidade por todas as causas, o que não é demostrado com a PAS de pico (HEDMAN *et al*., 2020).

Sabe-se, ainda, que as mulheres apresentam um slope maior, podendo chegar a uma inclinação 27% maior, apesar de contarem com uma pressão de pico menor que os homens. Tal fato pode ser explicado pela maior resposta vasodilatadora dos homens influenciado por alterações hormonais que atuam na

composição corporal, termorregulação, força muscular e rigidez tecidual (GHIDONI *et al.*, 2024; HEDMAN *et al*., 2020; HEDMAN *et al*.; 2021).

2.8 Reprodutibilidade da PA

Poucos estudos avaliaram a reprodutibilidade da PA no esforço e seus resultados nem sempre são satisfatórios, pois algumas vezes não é possível obter a medida em todas as fases do teste. Sabe-se, ainda, que a repetibilidade da PAS é melhor do que a diastólica (INSTEBO *et al.*, 2012)

Dentre esses estudos, destaca-se Holand *et al*. (2008) que comparou a aferição pressórica por meio da tonometria radial com a PA braquial através do esfigmonanômetro de mercúrio no exercício com intensidades de 50%, 60% e 70%. Foi encontrada diferenças estatísticas nas primeiras duas intensidades. Já a reprodutibilidade foi realizada pelo método de Bland-Altman para comparação da onda de pulso central obtendo excelente reprodutibilidade, exceto no exercício com intensidade de 70% da FC máxima, onde a correlação foi de 0,53.

Enquanto, Lim *et al. (2016)* em seu estudo verificou que a PAS avaliada em 15 indivíduos saudáveis durante testes no cicloergômetro com cargas de 50W, 100W e 150 W apresentaram um coeficiente de correlação interclasse de 0,77, 0,72 e 0,70 respectivamente.

Já Reeves *et al*. (1992) avaliou a reprodutibilidade da PA em quatro situações distintas: PA de repouso; durante o exercício físico; no ambulatório e de forma indireta através da medida da massa ventricular esquerda. A avalição no esforço foi realizada em cicloergômetro com uma carga média de 90W para atingir 60% da FC máxima, e a medida da PA realizada com esfigmomanômetro de mercúrio obtendo uma reprodutibilidade de 0,72.

Woodward *et al.* (1995) verificou que o índice de correlação interclasse foi melhor nos indivíduos que tiveram a PA avaliada pelo método manual do que a realizada de forma automatizada, mas mesmo no grupo da aferição manual a correlação ficou próxima ou superior a 0,4 quando avaliadas todas as etapas do exercício.

Outro estudo avaliou a reprodutibilidade da resposta pressórica hiper-reativa em indivíduos saudáveis. Durante um intervalo de 1 a 5 anos, cada indivíduo realizou de dois a sete testes máximos de exercício em esteira através

do protocolo de Bruce. A análise dos resultados encontrou uma concordância da presença da elevação exagerada da PA em apenas 15,4% dos 118 indivíduos estudados (SHARABI *et al.*, 2001).

Currie *et al*. (2023) realizou um trabalho que avaliou a repetibilidade da PA em 27 indivíduos e evidenciou confiabilidade substancial apenas no grupo masculino quando avaliado a PAS e PAD submáxima, bem como a PAS máxima. Entretanto, todas as demais avaliações demostraram um coeficiente de correlação interclasse < 0,61.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Demonstrar a viabilidade e reprodutibilidade do platô de pressão arterial no exercício em cicloergômetro em homens e mulheres saudáveis.

3.2 Ojetivos específicos

a) Estudar um novo protocolo de carga variável por três minutos na sequência do exercício submáximo alcançado a 70% da frequência cardíaca máxima prevista.
b) Estudar os índices de reprodutibilidade, erro padrão médio, coeficiente de repetibilidade e coeficiente de correlação interclasse em homens e mulheres jovens saudáveis para pressão sistólica submáxima e pressão platô submáxima.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo experimental quantitativo com amostra não probabilística por julgamento. Foram selecionados na fase do projeto piloto oito indivíduos normotensos. Após esta etapa inicial, avaliou-se trinta indivíduos saudáveis, sendo 15 homens e 15 mulheres. Os exames foram realizados no Laboratório de Fisiologia Respiratória (LAFIR) do Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian (HUMAP) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

4.1 Critérios de inclusão

a) Indivíduos de ambos os sexos;

b) Pressão arterial sistólica (PAS) < 140 mmHg e pressão arterial diastólica (PAD) < 90 mmHg;

c) Idade entre 18 e 30 anos;

d) Eletrocardiograma em ritmo sinusal.

4.2 Critérios de não inclusão

a) Portador de hipertensão arterial, insuficiência cardíaca, asma, doença pulmonar obstrutiva crônica, doença vascular, diabetes mellitus e infarto agudo do miocárdio;

b) Anemia com hemoglobina < 11g% para mulheres e < 12g% em homens;

c) Índice de massa corporal (IMC) < 18 ou > 35 kg/m²;

d) Incapacidade de pedalar por limitação neuromuscular, ortopédica ou psicológica;

e) Alcançar a carga mínima de 50 W durante os dois testes de esforço.

4.3 Delineamento da pesquisa

Aqueles indivíduos que após o convite inicial demonstraram interesse em participar da pesquisa foram agendados para a primeira visita com o pesquisador no ambulatório de pneumologia para esclarecimento do protocolo do estudo, avaliação do preenchimento dos critéros de inclusão e não inclusão, bem como aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice

A). Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê da Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) com o CAEE 77291623.2.0000.0021, sob o número de parecer 6.841.088 de 22 de maio de 2024 e estão em conformidade com a Declaração de Helsinque de 1975.

O piloto inicial examinou oito indivíduos para melhor estruturação do projeto, onde foi comparado o protocolo com a variação da carga ao se atingir 70% da FC máxima com outro onde a carga era mantida constante durante os três minutos. Os participantes eram randomizados para determinar qual seria o primeiro protocolo a ser realizado. Após a estruturação do protocolo, incluiu-se um total de 30 indivíduos, distribuídos igualmente em dois grupos de 15 pessoas de acordo com sexo.

A pesquisa foi composta por três visitas.

a) Primeira visita

- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) lido e assinado;
- Entrevista (anamnese, exame físico, questionário ipaq short form (Apêndice B))
- Coleta de sangue para exames laboratoriais (hemograma, sódio, potássio, uréia, creatinina, glicemia de jejum, triglicerídeos e colesterol total e frações);
- Ecocardiograma doppler transtorácico;
- Eletrocardiograma de repouso.

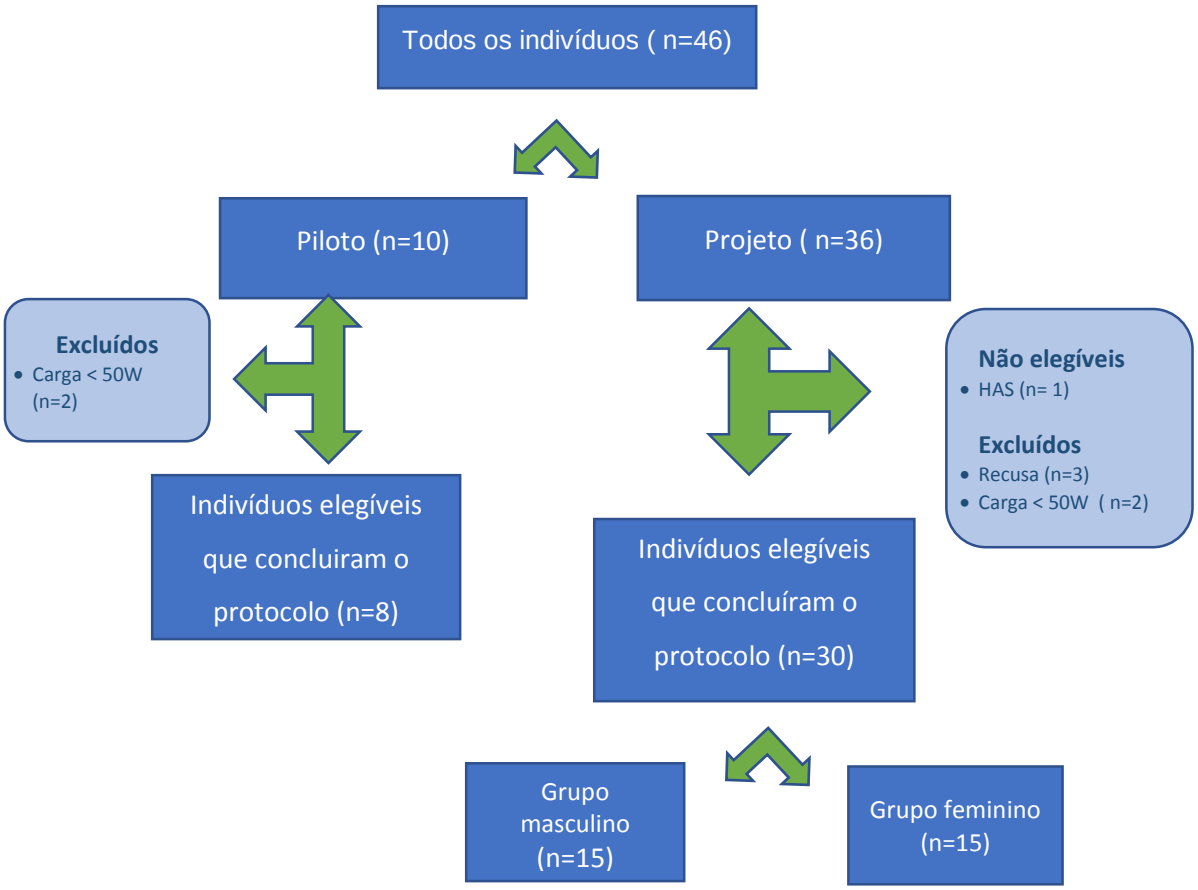
b) Segunda visita

- Primeiro teste de esforço em cicloergômetro.

c) Terceira visita

- Segundo teste de esforço em cicloergômetro realizado em até uma semana após o exame de esforço inicial.

Figura 4 – Fluxograma da amostra



4.4 Procedimentos metodológicos

4.4.1 Exames laboratoriais

A coleta dos exames laboratoriais foi realizada no Centro de Pesquisas Clínicas de Cardiologia do HUMAP, sendo as amostras encaminhadas imediatamente para procesamento no laboratório do mesmo serviço. Os participantes foram orientados a realizar jejum de 8 a 10 horas antes da coleta do material.

4.4.2 Ecocardiograma doppler transtorácico (ECO-TT)

O ECO-TT foi realizado na posição de decúbito lateral esquerdo com o paciente em repouso, através de um aparelho EPIC 7C (Philips Health Care),

com transdutor de 1,8 a 3,6 Mhz (3v 2C), sob monitorização eletrocardiografica. As medidas ecocardiográficas foram de acordo com as recomendações da American Society of Echocardiography (GARDIN *et. al*, 2002). Todos os exames foram executados pelo mesmo médico ecocardiografista para reduzir viés inter-observador.

4.4.3 Teste ergométrico em cicloergômetro

O TE foi realizado em cicloergômetro de frenagem eletromagnética modelo VSprint 200 (Viasys, Yorba Linda, EUA, 2013). Os participantes vieram com roupas leves, no período da manhã, em jejum e receberam uma alimentação padrão no laboratório (suco de laranja Prats e barra de cereal Trio de banana), seguido por 30 minutos de repouso. Além disso, foram orientados a realizar abstinência de álcool, cafeína e nicotina por 12 horas. O segundo teste somente era iniciado quando a PA e a FC fossem semelhantes a do primeiro teste.

Os participantes após permanecerem em repouso por 30 minutos em um ambiente calmo eram posicionados sentados com os pés apoiados no chão e os braços na altura do coração para aferição da PA de repouso, sendo determinado a PAS na ausculta do primeiro som (fase I de Korotkoff) e a PAD no desapareciemnto dos sons (fase V de Korotkoff). Esta medida foi repetida por três vezes consecutivas com um intervalo de um minuto entre elas para determinação da PA de repouso. A circunferência do braço foi determinada com uma fita métrica para selecionar o tamanho apropriado do manguito.

Seguiu-se a colocação dos eletrodos, ajuste da altura do banco do bicicleta e início do protocolo incremental submáximo visando 70% da FC máxima prevista (220 - idade). A carga inicial foi de 25 Watts (W), seguido por incrementos de 25 W a cada de estágio de 2 min. O indivíduos foram instruídos a manter uma velocidade de 50 a 60 rpm. A PA sistólica foi aferida durante os 30 segundos finais de cada estágio. Após atingir a FC submáxima, iniciou-se a fase de variação da carga (- 25W/+ 25 W) com aferições da PA a cada 1 minuto (platô). O teste foi repetido, nas mesmas condições, em no máximo 1 semana, mantendo as mesmas recomendações, horário e alimentação padrão.

Na fase do projeto piloto, os participantes foram randomizados através do sistema random.org, sendo os ímpares selecionados para realização no primeiro dia do protocolo de carga variável, enquanto os pares iniciaram com o de carga constante. A diferença entres os protocolos era que no constante ao se atingir 70% da FC máxima a carga mantinha-se inalterada por 3 minutos. As aferições da PA eram realizadas a cada minuto.

Durante a realização do teste foram monitorados a carga (Watts), a PA por esfigmomanômetro manual, a FC com o traçado eletrocardiográfico (Cardiosoft, EUA, 2011). A precepção do esforço respiratório, bem como do cansaço dos membros inferiores, foi realizada pela escala de Borg modificada aplicada em repouso e a cada 2 minutos durante o teste (Figura 5) (BORG, 1982).

Figura 5 – Escala de esforço percerbido de Borg modificada

Escala de Borg Modificada	
0	Nenhum esforço
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderado
4	Pouco cansativo
5	Cansativo
6	
7	Muito cansativo
8	
9	Muito, muito cansativo
10	Máximo

Fonte: Borg, 1982.

As informações foram registradas no instrumento de coleta de dados elaborado para o estudo (Apêndice C).

4.4.4 Questionário Internacional de Atividade Física – IPAQ

Este é um instrumento validado para verificar o grau de atividade física da população. Foi proposto em 1998 pela Organização Mundial (MATSUDO *et al.*, 2012). Neste estudo, foi utilizado a versão curta, devido melhor aceitação, já

que as perguntas são menos repetitivas. Após a aplicação do questionário, os participantes foram classificados como muito ativos, ativos, irregularmente ativos e sedentários, de acordo com o resultado expresso em MET.minuto/semana. Para este cálculo multiplica-se o gasto da energia da atividade realizada (caminhada= 3,3 MET; moderada = 4 MET e vigorosa = 8 MET) pela frequência em dias por semana e tempo em minutos (REIS *et al.*, 2009)

4.5 Análise estatística

Para o estudo piloto, o tamanho da amostra foi calculado com base em uma ANOVA de medida repetida unidirecional durante o estado estacionário da PA em platô, após atingir 70% da FC máxima. Com base em um tamanho de efeito predefinido de 0,25, com erro tipo I estimado de 0,05 e poder de 0,8, foram necessários 7 indivíduos para comparar três medidas repetidas de PA no estado estacionário, considerando um coeficiente de correlação de 0,9 entre as três medidas sequenciais de PA (Gpower, Düsseldorf, Alemanha 2023), critério este que é frequentemente atingido em nosso laboratório. Teste t-student pareados foram utilizados para comparar PA submáxima alvo e FC alvo entre o protocolo de carga constante e variável, após atingida a PA submáxima, e testes não pareados para comparação antropométrica e clinica entre homens e mulheres. ANOVA repetida unidirecional foi calculada para estabelecer comparações estatísticas entre os valores sequencias da PA dos grupos. Para os cálculos estatísticos foi utilizado o programa estatístico GraphPad 9.0 (GraphPad Prism 9. GraphPad Software, LLC. San Diego, CA, USA).

A avaliação dos índices de reprodutibilidade dos testes foi feita pelo erro padrão médio, coeficiente de repetibilidade e coeficiente de correlação interclasse em homens e mulheres jovens saudáveis para PAS submáxima e PAS de platô. O erro padrão médio (EPM) foi calculado utilizando a fórmula EPM = desvio padrão / raiz quadrada do tamanho da amostra. O coeficiente de repetibilidade foi calculado para avaliar a consistência das medições obtidas em em cada participante, e foi calculado como $1{,}96*\sqrt[2]{2}*$Desvio padrão da diferença. A confiabilidade das medições foi avaliada utilizando o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), que pode ser interpretado: < 0,5: indica

confiabilidade ruim; 0,5 a 0,75: indica confiabilidade moderada; 0,75 a 0,9: indica boa confiabilidade e ≥ 0,9: indica excelente confiabilidade.

Para avaliar o platô, foram consideradas várias combinações de momentos do mesmo; por exemplo, PA submáxima-1-2-3 refere-se a média da PAS submáxima e das três aferições realizadas no estágio estacionário a 1min, 2min e três min, e assim por diante.

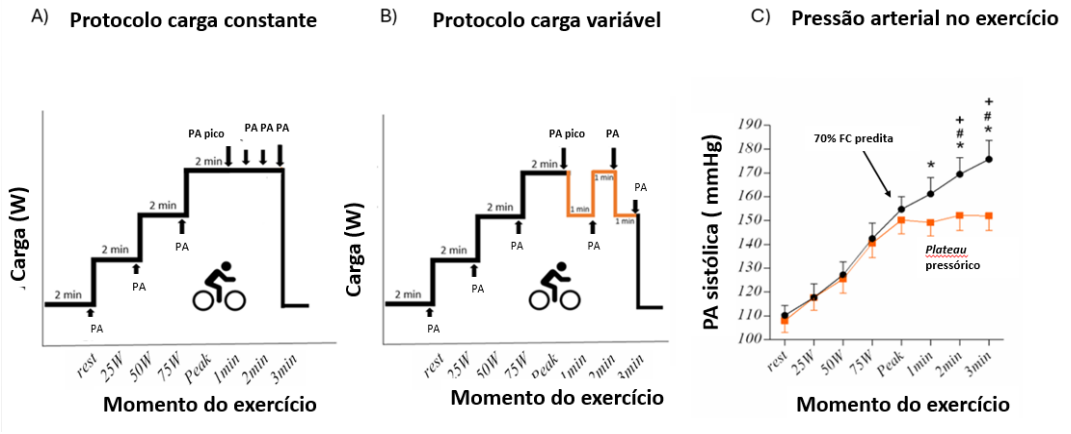
4.6 Aspectos éticos

A identidade dos participantes do estudo será mantida em sigilo. Somente o pesquisador, a equipe do projeto e o Comitê de Ética terão acesso às informações para verificar os registros do estudo. Ao final da pesquisa os resultados serão publicados, apesar dos resultados serem ou não favoráveis, e os indivíduos da pesquisa serão informados de resultados relevantes que possam melhorar sua condição de saúde.

5 RESULTADOS

Inicialmente foram recrutados 10 indívíduos para a fase do projeto piloto com o intuito de estabelecer a presença do platô da PAS através do novo protocolo utilizado neste estudo em comparação com um protocolo de carga constante. Dois indivíduos foram excluídos devido à baixa carga atingida durante o exercício físico (Figura 6). A figura 6C apresenta o aumento médio da PAS com o correspondente erro padrão (EP) para os oito participantes de cada etapa. A PA aumentou significativamente por três minutos consecutivos seguindo a meta submáxima para o protocolo de taxa de trabalho constante (Figura 61C, p<0,001), mas permaneceu inalterada para o protocolo de taxa de trabalho variável (p>0,05), estabelecendo o platô da PA.

Figura 6 – Diferença entre os protocolos de carga constante e variável (n=8)



A)Protocolo incremental seguido pela carga constante por três minutos. Após alcançar 70% da FC máxima no protocolo incremental (25Watts/2min), a carga é mantida constante por mais 3 minutos. B) Protocolo novo : após o mesmo alvo de FC no exercício incremental (25Watts/2min), a carga é alterada para ± 25 Watts/min por 3 minutos. C) Média da PAS ± DP para os 8 indivíduos versus o momento do exercício no cicloergômetro. A linha preta indica a PAS submáxima no exercício com FC 70% da máxima.
*= p<0.05 comparação da PAS no mesmo momento entre os dois procotocolos. # p<0.05 comparação da PAS submáxima. +=p<0.05 comparação após 1 minuto da FC submáxima.

Após a verificação da existência do platô pressórico foram recrutados 36 voluntários. Um não preencheu os critérios de inclusão, três indivíduos desistiram e dois foram excluídos por atingir menos de 50 W durante o exercício

físico. Portanto, foram selecionados 30 indivíduos que preencheram os todos os critérios e com aderência integral ao fluxograma prosposto.

Os participantes foram alocados em dois grupos igualmente distribuídos conforme o sexo. Os grupos foram semelhantes para sexo, idade e índice de massa corporal (IMC), apesar de apresentarem diferença significativa no peso e altura. A média de idade do grupo masculino foi de 24 ± 3,5 anos e no grupo feminino de 25 ± 2,4 anos (Tabela 1).

No grupo masculino haviam 4 indivíduos tabagistas que foram orientados a realizar abstinência tabágica de 12 horas para a realização dos testes deste estudo. No grupo feminino quatro pessoas estavam clinicamente compensadas em tratamento para depressão em uso das seguintes classes de medicamentos: inibidores da recaptação da serotonina (ISRS); inibidores da recaptação de serotonina-norepinefrina (IRSN) ou inibidores da recaptação da noradrenalina e dopamina (INRD).

Em relação à avaliação laboratorial houve diferença significativa nos valores de hemoglobina, creatinina e HDL colesterol. Os níveis médios de hemoglobina (Hb) nos grupos masculino e feminino foram, respectivamente, de 15,4 ± 1 g/dL e 13,4 ± 1 g/dL (Tabela 1). Entretanto, os demais exames avaliados não demonstraram diferença entre os grupos.

A avaliação do nível de atividade física praticada pelos participantes através do questionário IPAQ versão curta não demostrou diferença entre os grupos, sendo a média dos homens de 2172,6 ± 1994,3 MET.min/sem e das mulheres de 2816 ± 3057,9 MET.min/sem, classificando-os como muito ativos (Tabela 1).

Tabela 1 - Características demográficas, clínicas, laboratoriais e questionário de atividade física

Variáveis	Masculino (n=15)	Feminino (n=15)	p
Demográficas			
Idade (anos)	24 ± 3,5	25 ± 2,4	0,674
Peso (Kg)	81 ± 9,4	68 ± 13,1	**0,006**
Altura (cm)	176 ± 6,1	162 ± 5,8	**<0,001**
IMC (Kg.m^2)	26 ± 2,4	26 ± 4	0,860
Clínicas			
Tabagista			0,100
Sim	4	0	
Não	11	15	
Comorbidades			
Depressão	0	4	0,100
Medicamentos			
ISRS/ IRSN	0	4	>0,900
INRD	0	1	
Exames Laboratoriais			
Hemoglobina (g/dl)	15,4 ± 1	13,4 ± 1	**<0,001**
Sódio (mEq/l)	139,5 ± 1,6	139 ± 2	0,505
Potássio (mEq/l)	4,2 ± 0,2	4,2 ± 0,3	0,490
Uréia (mg/dL)	30,6 ± 7,7	26,4 ± 6,7	0,120
Creatinina (mg/dL)	1,0 ± 0,2	0,7 ± 0,1	**<0,001**
Glicemia de jejum (mg/dL)	78,7 ± 16,2	81,9 ± 5,3	0,474
Colesterol total (mg/dL)	159,3 ± 30	164,8 ± 30	0,617
LDL colesterol (mg/dL)	102,5 ± 24,4	98,9 ± 27,1	0,700
HDL colesterol (mg/dL)	41,4 ± 11,2	51,4 ± 15,2	**0,049**
Triglicerídeos (mg/dL)	77,1 ± 39	71,5 ± 26	0,950
Questionário IPAC			
MET.min/sem	2172,6 ± 1994,3	2816 ± 3057,9	0,992

IMC: índice de massa corporal; ISRS: inibidor da recaptação de serotonina; IRSN: inibidor da recaptação da serotonina e norepinefrina; INRD: inibidor da recaptação da noradrenalina e dopamina; LDL: lipoproteína de baixa densidade; HDL: lipoproteína de alta densidade; MET.min/sem: múltiplos equivalentes metabólicos por minuto por semana. Os dados são apresentados como média ± desvio padrão da média.

A tabela 2 contempla as características do ECO TT demonstrando uma fração de ejeção (FEVE) média de 67,5 ± 4,9% nos grupos dos homens e 68,6 ± 5% das mulheres.

Tabela 2 – Principais variáveis do ecocardiograma doppler transtorácico nos grupos (n=30)

Variáveis	Masculino (n=15)	Feminino (n=15)	p
FEVE (%)	67,5 ± 4,9	68,6 ± 5	0,538
SIV (mm)	8,2 ± 0,4	7,7 ± 0,7	0,100
PPVE(mm)	8,1 ± 1,1	7,3 ± 0,7	**0,021**
Massa (g)	138,6 ± 21,4	109 ± 21,5	**0,001**
DDFVE(mm)	50,1 ± 3,1	45,9 ± 3,6	**0,002**
DSFVE(mm)	31,3 ± 3,5	28,3 ± 3,3	**0,022**
AE(mm)	32,9 ± 2,8	31,9 ± 3,4	0,388
PSAP (mmHg)	26,2 ± 2,8	25,3 ± 3,6	0,492
Raiz aorta (mm)	32,7 ± 3,3	28 ± 2,5	**0,001**

FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; AE: átrio esquerdo; DDFVE: diâmetro diastólico final do VE; DSFVE: diâmetro sistólico final do VE; PPVE: parede posterior do VE; SIV: septo interventricular; PSAP: pressão sistólica na artéria pulmonar.
Os dados são apresentados como média ± desvio padrão da média.

As médias da PAS submáxima nos grupos masculino e femininino foram, respectivamente, de 160,3 ± 4,8 mmHg e 133,2 ± 2,9 mmHg no primeiro teste, e de 159,6 ± 4,1 mmHg e 130,5 ± 2,9 mmHg no segundo teste. Todos os participantes antigiram pelo menos 50 W. A diferença entre as médias da PAS em todos os tempos avaliados, bem como a avaliação do slope, não demostrou diferença significativa entre os dois testes realizados (Tabela 3).

O coeficiente de repetibilidade foi menor no platô do que na avaliação da PAS submáxima no grupo feminino sendo seus valores de 28 mmHg e 31,8 mmHg respectivamente. Entretanto, no grupo masculino sua menor medida foi na avaliação da PAS submáxima atingindo um valor de 18 mmHg (Tabela 4). Já quando avaliado pelo erro padrão, verifica-se que o menor erro está presente na PA submáxima-1-2 minutos no grupo das mulheres, enquanto no grupo dos homens na PAS submáxima, sendo os valores respectivamente de 2,58 e 1,67 (Tabela 4).

O coeficiente de correlação interclasse no grupo masculino foi de 0,96 no PAS submáxima e de 0,87 quando avaliado o platô. Já no grupo das mulheres o coeficiente de correlação interclasse foi maior no platô quando comparado a PAS submáxima, sendo seu valores respectivamente de 0,75 no platô e de 0,67 na submáxima. Na avaliação do slope total verificou-se uma média de 0,49± 0,02 no primeiro teste e de 0,5 ± 0,02 no segundo teste, sendo o ICC no grupo masculino de 0,93 e no feminino de 0,77 (Tabela 4).

Tabela 3 – Avaliação da diferença das médias pressóricas entre os dois testes de esforço nos grupos masculino e feminino

Variáveis	PAS (mmHg) média±DP			
	Teste 1	Teste 2	Diferença Média ± DP	Valor de p
Submáxima (mmHg)				
Total	146,7±3,7	145,1±3,7	1,7±8,9	0,48
Feminino	133,2±2,9	130,5±2,9	2,7±10,9	0,37
Masculino	160,3±4,8	159,6±4,1	0,6±6,7	0,69
Submáxima-1-2-3 min (mmHg)				
Total	148±3,5	145,2±3,7	2,6±9,7	0,18
Feminino	135±2,9	130,7±2,7	4,1±9,7	0,11
Masculino	160,9±4,3	159,6±4,4	1,17±9,5	0,65
1-2-3 min (mmHg)				
Total	147,9±3,5	145±3,7	2,95±10,7	0,15
Feminino	135,3±3	130,6±2,8	4,6±9,9	0,09
Masculino	160,5±4,2	159,4±4,5	1,3±11,1	0,71
1-2 min (mmHg)				
Total	147,9±3,5	144,6±3,7	3,4±10,5	0,09
Feminino	135,1±3	130,2±2,6	4,9±9,9	0,08
Masculino	160,7±4,2	158,9±4,5	1,8±10,9	0,54
2-3 min (mmHg)				
Total	148,6±3,5	145,8±3,8	2,8±11,2	0,18
Feminino	136±3	131,3±3	4,7±10	0,09
Masculino	161,2±4,3	160,3±4,6	0,9±12	0,77
Submáxima-2 min (mmHg)				
Total	148±3,5	145,4±3,7	2,6±9,3	0,14
Feminino	134,9±2,9	130,8±2,8	4,1±9,8	0,13
Masculino	161,1±4,4	160,1±4,3	1,1±8,6	0,65
Submáxima-1-2 min (mmHg)				
Total	147,5±3,5	144,7±3,6	2,8±9,4	0,11
Feminino	134,5±2,9	130,3±2,7	4,2±9,7	0,13
Masculino	160,6±4,3	159,1±4,3	1,4±8,9	0,52
1-3 min (mmHg)				
Total	147,2±3,5	144,5±3,7	2,7±10,4	0,20
Feminino	134,5±3	130,4±2,8	4±10	0,15
Masculino	159,9±4,3	158,7±4,6	1,3±10,6	0,66
Slope (mmHg/W)				
Total	0,49±0,02	0,5±0,02	-0,01±0,1	0,56
Feminino	0,49±0,04	0,51±0,04	-0,02±0,1	0,33
Masculino	0,49±0,03	0,49±0,03	0,00±0,00	>0,9

Submáxima: PAS submáxima; Submáxima-1-2-3 min: média da PAS submáxima e das PAS em 1, 2 e 3 minutos; 1-2-3 min: média da PAS em 1, 2 e 3 minutos; 1-2 min: média da PAS em 1-2 min; 2-3 min: média da PAS em 2 e 3 minutos; Submáxima-2 min: média da PAS submáxima e da PAS em 2 minutos; Submáxima-1-2 min: média da PAS submáxima e das PAS em 1 e 2 minutos; 1-3 min:média da PAS em 1-3 minutos. Os dados são apresentados como média ± desvio padrão da média.

Tabela 4 – Avaliação da diferença pressórica entre os dois testes de esforço nos grupos masculino e feminino através do coeficiente de repetibilidade, erro padrão médio e coeficiente de correlação interclasse

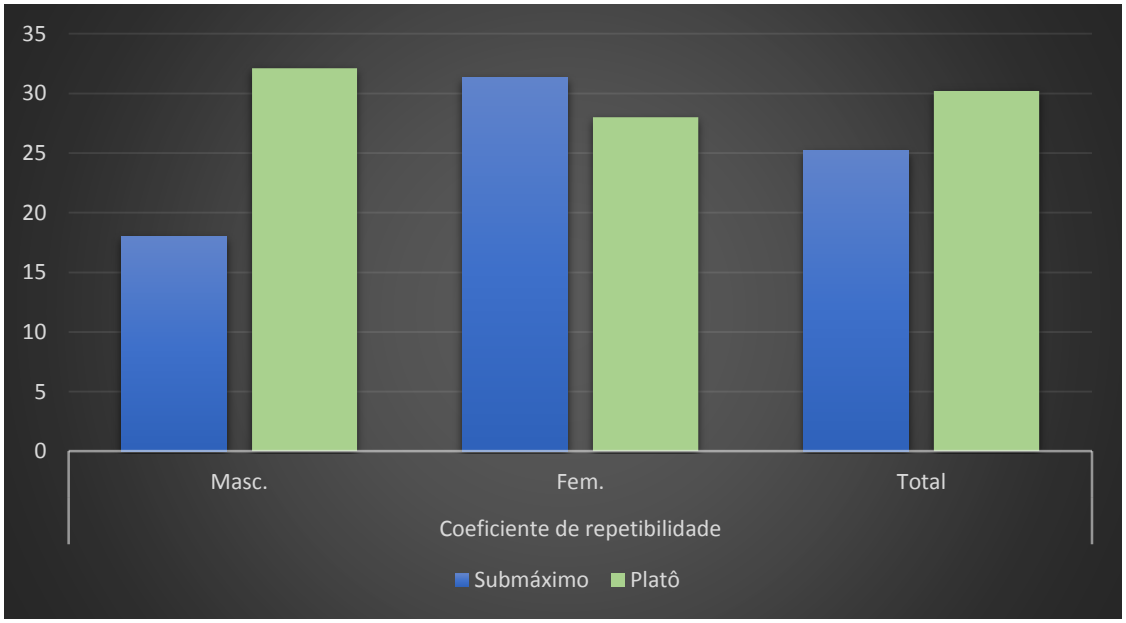
Variáveis	PAS(mmHg) média±DP				
	Teste 1	Teste 2	CR	EP	ICC
Submáxima (mmHg)					
Total	146,7±3,7	145,1±3,7	25,2	1,66(-5,1 – 1,72)	0,95(0,89 – 0,94)
Feminino	133,2±2,9	130,5±2,9	31,3	2,90(-8,9 – 3,56)	0,67(0,01 – 0,89)
Masculino	160,3±4,8	159,6±4,1	18,0	1,67(-4,3 – 2,9)	0,96(0,90 – 0,99)
Submáxima-1-2-3 min (mmHg)					
Total	148±3,5	145,2±3,7	27,4	1,81(-6,5 – 0,94)	0,93(0,86 – 0,97)
Feminino	135±2,9	130,7±2,7	27,7	2,60(-9,9 – 1,22)	0,74(0,22 – 0,91)
Masculino	160,9±4,3	159,6±4,4	27,4	2,56 (-6,7 – 4,3)	0,91(0,72 – 0,96)
1-2-3 min (mmHg)					
Total	147,9±3,5	145±3,7	30,2	1,98(-6,9 – 1,1)	0,92(0,83 – 0,96)
Feminino	135,3±3	130,6±2,8	28,0	2,61(-10,3 – 0,92)	0,75(0,25 – 0,91)
Masculino	160,5±4,2	159,4±4,5	32,1	3,00(-7,6 – 5,3)	0,87(0,68 – 0,95)
1-2 min (mmHg)					
Total	147,9±3,5	144,6±3,7	29,6	1,95 (-7,3 – 0,63)	0,92(0,83 – 0,96)
Feminino	135,1±3	130,2±2,6	28,3	2,64(-10,6 – 0,72)	0,72(0,17 – 0,91)
Masculino	160,7±4,2	158,9±4,5	31,3	2,92(-8,1 – 4,5)	0,87(0,61 – 0,95)
2-3 min (mmHg)					
Total	148,6±3,5	145,8±3,8	31,6	2,10(-7 – 1,4)	0,91(0,81 – 0,96)
Feminino	136±3	131,3±3	28,8	2,67(-10,5 – 1)	0,75(0,27 – 0,92)
Masculino	161,2±4,3	160,3±4,6	34,3	3,20(-7,8 – 5,92)	0,85(0,56 – 0,95)
Submáxima-2 min (mmHg)					
Total	148±3,5	145,4±3,7	26,3	1,73(-6,1 – 0,95)	0,94(0,87 – 0,97)
Feminino	134,9±2,9	130,8±2,8	27,9	2,60(-9,7 – 1,46)	0,73(0,20 – 0,91)
Masculino	161,1±4,4	160,1±4,3	24,7	2,30(-6 – 39,4)	0,92(0,78 – 0,97)
Submáxima-1-2 min (mmHg)					
Total	147,5±3,5	144,7±3,6	26,3	1,73(-6,4 – 0,72)	0,94(0,87 – 0,98)
Feminino	134,5±2,9	130,3±2,7	27,7	2,58(-9,6 – 1,4)	0,72(0,18 – 0,90)
Masculino	160,6±4,3	159,1±4,3	25,5	2,36(-6,6 – 3,5)	0,92(0,76 – 0,97)
1-3 min (mmHg)					
Total	147,2±3,5	144,5±3,7	29,3	1,94(-6,6 –1,3)	0,92(0,84 – 0,96)
Feminino	134,5±3	130,4±2,8	28,8	2,70(-9,8 – 1,7)	0,73(0,20 – 0,91)
Masculino	159,9±4,3	158,7±4,6	30,5	2,84(-7,4 – 4,8)	0,89(0,65 – 0,96)
Slope (mmHg/W)					
Total	0,49±0,02	0,50±0,02	0,26	0,02 (-0,02 –0,05)	0,85(0,64 – 0,93)
Feminino	0,49±0,04	0,51±0,04	0,34	0,03(-0,05 – 0,89)	0,77(0,32 – 0,92)
Masculino	0,49±0,03	0,49±0,03	0,17	0,02(-0,03 – 0,03)	0,93(0,80 – 0,98)

CR: coeficiente de repetibilidade medido em mmHg; EP: erro padrão médio; ICC: coeficiente de correlação interclasse; Submáxima: PAS submáxima; Submáxima-1-2-3 min: média da PAS submáxima e das PAS em 1, 2 e 3 minutos; 1-2-3 min: média da PAS em 1, 2 e 3 minutos; 1-2 min: média da PAS em 1-2 min; 2-3 min: média da PAS em 2 e 3 minutos; Submáxima-2 min: média da PAS submáxima e da PAS em 2 minutos; Submáxima-1-2 min: média da PAS submáxima e das PAS em 1 e 2 minutos; 1-3 min média da PAS em 1-3 minutos. Os dados são apresentados como média ± desvio padrão da média.

Observa-se que o coeficente de repetibilidade no grupo dos homens foi menor na avaliação da PAS submáxima, enquanto nas mulheres o valor mais baixo foi no platô. A resposta foi semelhante quando avaliado o erro padrão. Na análise do coeficiente de correlação interclasse nota-se que foi maior no platô no grupo das mulheres, enquanto nos homens foi mais expressivo no PAS submáxima (Figura 4).

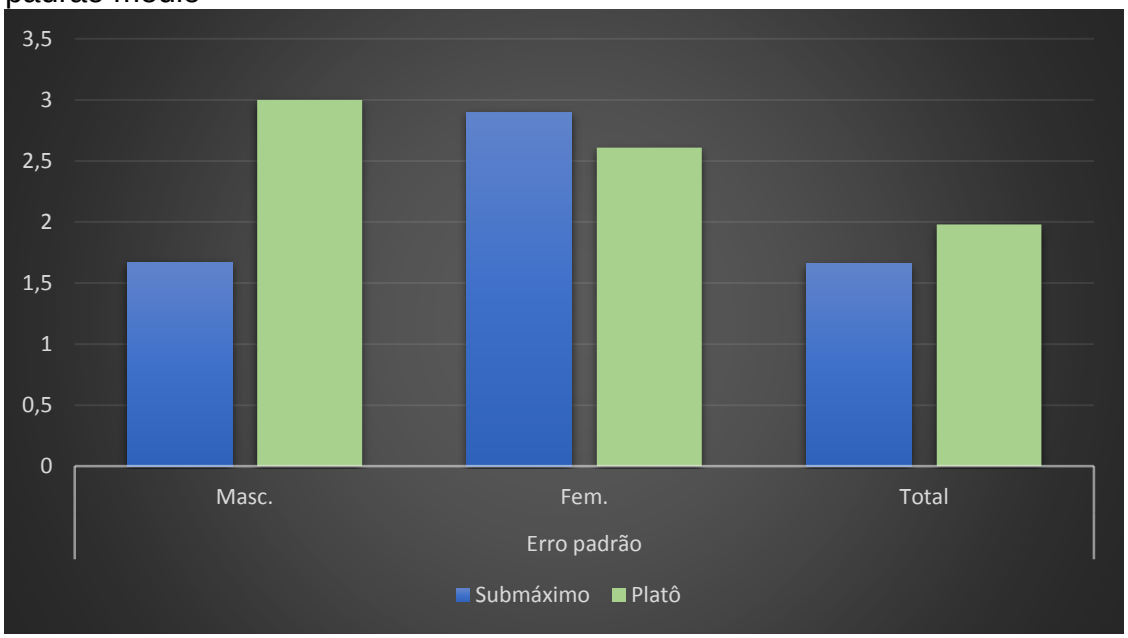
O Borg médio da percepção da dispnéia aos esforços foi de 4,3±2,4 para os homens e 2,3±1,8 para as mulheres ($p<0,05$). Já na avaliação da fadiga dos membros inferiores foi de 4,6±2,5 para os homens e de 2,6±2,2 para as mulheres ($p<0,05$).

Figura 7 – Diferença pressórica na PAS submáxima e platô (1-2-3 min) entre os dois testes de esforço nos grupos masculino e feminino avaliado através do coeficiente de repetibilidade



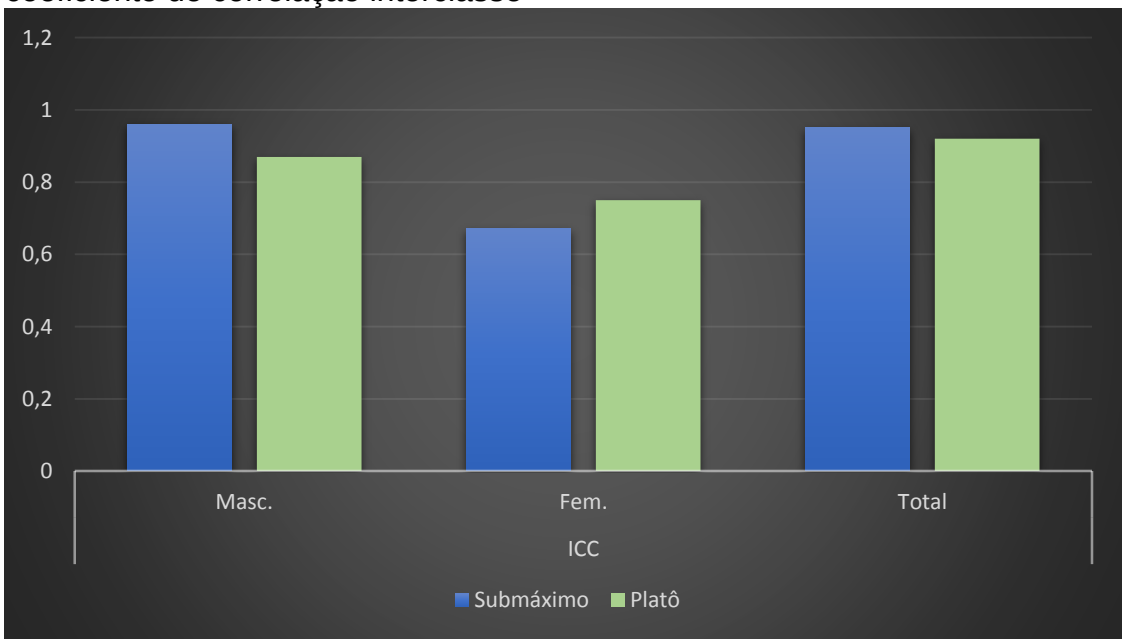
Masc.: masculino; Fem.: feminino

Figura 8 – Diferença pressórica na PAS submáxima e platô (1-2-3 min) entre os dois testes de esforço nos grupos masculino e feminino avaliado através do erro padrão médio



Masc.: masculino; Fem.: feminino

Figura 9 – Diferença pressórica na PAS submáxima e platô (1-2-3 min) entre os dois testes de esforço nos grupos masculino e feminino avaliado através coeficiente de correlação interclasse



ICC: coeficiente de correlação interclasse; Masc.: masculino; Fem.: feminino

6 DISCUSSÃO

Devido à relevância da HA, bem como sua forte associação com as DCV entende-se o quanto é importante aprimorar os testes clínicos para o seu diagnóstico. É considerável observar que o desenvolvimento de lesões em órgãos alvo tem pouca correlação com a aferição isolada da PA no consultório. Entretanto a verificação da PA durante o exercício é uma valorosa ferramenta, especialmente nos indivíduos mais jovens, já que pode identicar àqueles sob risco aumentado de desenvolvimento de HAS, sendo o passo inicial rumo ao tratamento desta deonça tão prevalente (SHARABI *et al.*, 2001).

O presente trabalho descreve pela primeira vez um novo protocolo com o objetivo de atingir uma PAS em estado estacionário durante um teste incremental submáximo com alvo de 70% da FC máxima prevista. Decidiu-se pela realização de um teste submáximo, uma vez que vários estudos mostram que a PA submáxima esta relacionada ao risco futuro de HA, além de apresentar resultados mais confiáveis devido menor ruído ambiente e movimentação do indivíduo (CURRIE *et al.*, 2023; LEITE *et. al.*, 2019; SCHULTZ *et al*., 2013).

Poucos estudos avaliaram a reprodutibilidade da PA no esforço apresentando resultados nem sempre satisfatórios. Na análise da reprodutibilidade é importante que os testes sejam realizados sob condições semelhantes. Em vista disso, neste estudo os exames foram executados dentro de um período de 1 semana, sempre no mesmo horário do dia além de oferecer uma alimentação padrão para todos os participantes, anulando desta forma a interferência da cafeína e do álcool.

Optou-se, ainda, por realizar as aferições pressóricas através do esfigmomanômetro manual. Visando reduzir a variabilidade intraexaminador, todas as medidas foram executadas pelo mesmo profissional. Woodward *et al*. (1995) realizou um trabalho que, apesar do objetivo principal ser a análise do fluxo sanguíneo aórtico através do ECO, foi feito também aferições da PA em cada estágio do exercício em esteira utilizando-se um aparelho manual ou automático. O ICC para PA dos indivíduos submetidos à medida manual foi substancialmente maior do que àqueles cuja avaliação foi feita de forma automática. Apenas valores sistólicos obtidos manualmente apresentaram medições com ICCs considerados bons.

Na avaliação clínica e dos hábitos de vida de vida dos grupos estudados pode-se observar que apesar do tabagismo estar presente no grupo masculino e o tratamento de depressão nas mulheres não houve diferença estatística entre eles. Além disso, é importante destacar que em relação à constituição corporal, apesar de haver diferença na avaliação isolada da altura e peso entre eles, quando analisado o IMC verifica-se que esta diferença não se sustenta.

Já em relação a análise dos resultados dos exames laboratoriais é importante observar que àqueles onde houve diferença estatística (hemoglobina, creatinina e HDL colesterol) são dosagens que já apresentam referências diferentes de acordo com o sexo. Da mesma forma, na análise dos parâmetros ecocardiográficos também se nota que a diferença encontrada entre os grupos deve-se ao fato de que os valores de normalidade da massa ventricular, espessura das paredes e diâmetros das cavidades serem maiores nos homens.

Vale ressaltar a relevância do condicionamento físico como fator responsável por alterar a resposta pressórica frente ao exercício devido sua influência no sistema nervoso autônomo. Por isso, foi importante identificar através da aplicação do questionário IPAq que ambos os grupos se encontravam no mesmo patamar de atividade física evitando, desta forma, viés na seleção dos participantes (HOLLAND *et al*.; 2008; QUI *et al*., 2017).

Alguns estudos avaliaram a reprodutibilidade na população em geral. Entre esses, destaca-se Reeves *et al.* (1992) que estudou a reprodutibilidade da PA no esforço em cicloergômetro com uma carga média de 90W para atingir 60% da FC máxima. As aferições foram realizadas através de esfigmomanômetro de mercúrio, obtendo uma reprodutibilidade avaliada através da correlação de Pearson de 0,72. Por esta análise se considera resultados excelentes quando o valor é superior a 0,75. Outros buscaram avaliar a reprodutibilidade da presença da resposta pressórica hiper-reativa que é resultado de um processo de desregulação autonômica que desencadeia aumento da RVP associado a redução da vasodilatação nas fases inicias do esforço e verificaram que a tais medidas não são reproduzíveis (SHARABI *et al.*, 2001).

Na busca por melhores resultados, outros trabalhos avaliaram a PA no exercício através da aferição central e do aumento da PAS central ocasionadas pelas ondas de reflexão conhecida como “augmentation index” ou índice de

incremento (Alx). O primeiro destes foi realizado por Holland *et al. (2008)* que avaliou 38 indivíduos de ambos os sexos através da tonometria de aplanação radial e PAS aferida por esfigmomanômetro manual. Os indivíduos foram submetidos a duas visitas onde realizavam um teste submáximo em cicloergômetro e um teste máximo na esteira através do protocolo de Bruce. Quando avaliado a reprodutibilidade da PAS submáxima pelo método auscultatório foi obtido um ICC de 0,92, enquanto na PAS central o ICC foi de 0,88.

Desta forma, na comparação desses trabalhos ao presente estudo nota-se que o resultado obtido foi ligeiramente superior em relação ao ICC quando examinada a PAS submáxima pelo método auscultatório, provavelmente pelo controle do grau de condicionamento físico, bem como, pela padronização da alimentação dos participantes.

Já na investigação da reprodutibilidade no grupo masculino destaca-se o estudo realizado por Lim *et al*. (2016) que avaliou 15 indivíduos do sexo masculino por um dispositivo oscilométrico através de um exercício submáximo em cicloergômetro com cargas progressivas de 50 W, 100 W e 150 W. Esta análise foi feita através do ICC, EP e CR que alcançaram respectivamente os seguintes resultados: 0,72; 6,9 e 16,8 na carga de 150 W e de 0,8; 4 e 11,08 na carga de 100W. Ao comparamos os resultados obtidos por Lim *et al.* (2016) à este estudo, observa-se que na avaliação do subgrupo masculino alcançamos valores superiores quando analisado a reprodutibilidade pelo ICC, bem como o EP foi menor tanto na medida da PAS submáxima, como também no platô (1-2-3 min). Este fato pode ser decorrente dos exames terem sido realizados pelo mesmo profissional associado ao controle rigoroso da alimentação.

Outra avaliação possível durante o exercício físico, é a mensuração da PAS em relação à carga da trabalho realizada (slope) que constitui um melhor preditor prognóstico de mortalidade do que a PAS isoladamente. Entretanto, neste trabalho, apesar de identificar um valor do slope semelhante no grupo masculino, não se observou diferença entre os grupos como evidenciado por Headman *et al*. (2021). Este demostrou em sua pesquisa que apesar das mulheres apresentarem uma PAS de pico menor, ao se analisar o slope notou-se uma inclinação 27% maior. Outro autor que também encontrou uma curva de

maior inclinação no grupo das mulheres foi Currie *et al.* (2023), contudo o ICC para esta variável foi de 0,41.

Desta forma, faz necessário observar que a diferença encontrada neste estudo em relação a avaliação pressórica através do slope nos estudos prévios provavelmente é decorrente do fato que eles utilizaram apenas duas medidas pressóricas (inicial e final), enquanto neste trabalho foram incluídos pelo menos quatro pontos para a confecção da reta no cálculo desta variável. Além disso, destaca-que que o ICC foi de 0,85 na análise do grupo geral, e quando estudado o grupo masculino e feminino foi de 0,93 e 0,77 respectivamente.

Entretanto, o maior desafio é a avaliação da PA no exercício nas mulheres, pois vários mecanismos podem influenciar a resposta pressórica devido ao maior nível de estrogênio circulante. Desta forma, ocorre incremento do fluxo sanguíneo associado ao aumento da vasodilatação mediada pelo óxido nítrico, além de supressão da expressão dos receptores α1-adrenérgicos e maior oxidação lipídica (SMITH *et al.*, 2019).

A resposta pressórica no exercício no grupo feminino foi pouco estudada e quando avaliada seus resultados são insuficientemente reprodutíveis. Currie *et al.* (2023) encontrou em seu estudo um ICC de 0,36 quando avaliado a PAS submáxima neste grupo e atribuiu a esta baixa confiabilidade no processo do teste-resteste a falta de controle do ciclo menstrual natural bem como da contracepção hormonal durante o estudo. Apesar do estrogênio modular a função vascular, os dados atualmente disponíveis sugerem que as flutuações hormonais ao longo do ciclo menstrual parecem atuar de forma limitada na modulação pressórica no exercício nas mulheres na fase da pré-menopausa (SMITH *et al.*, 2019).

Desta forma, Hilton *et al.* (2024) visando corrigir o viés do ciclo mestrual realizou um trabalho onde houve controle desta variável, melhorando o ICC para 0,73. Entretanto, através deste novo protocolo apresentado foi possível alcançar melhor confiabilidade, pois foi obtido um ICC de 0,75 quando avaliado o grupo feminino através do platô (1-2-3 min), apesar de não haver o controle da fase do ciclo menstrual. No geral, os valores do ICC a partir de 0,75 são considerados como excelente confiabilidade; de 0,4 a 0,74 adequada e abaixo de 0,4 como ruim (LIM *et al*., 2016). É importante salientar que para este grupo, ao contrário

dos homens, o resultado do platô foi superior à avaliação da PAS submáxima isoladamente.

7 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O estudo teve como limitação a restrita faixa etária dos participantes, bem como avaliou apenas indivíduos que não apresentavam comorbidades cardiovasculares. Além disso, outro fator que deve ser destacado foi a falta de controle da fase do ciclo mestrual para avaliação da população do sexo feminino.

Diante do exposto é possível constatar que este estudo, apesar de suas limitações, mostrou que a avaliação pressórica no exercício através do platô talvez possa ser uma alternativa mais fidedigna para a população feminina. Desta forma, estudos futuros abrangendo uma faixa etária maior com comorbidades, bem como o controle hormonal para a mulheres é almejado para ampliar a avaliação deste novo protocolo.

8 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou pela primeira vez a viabilidade de um inovador protocolo com o objetivo de produzir um estado estacionário da PAS submáxima durante um exercício físico moderado realizado no cicloergômetro por indivíduos saudáveis. Constatou-se que a presença do platô (1-2-3 min) pressórico apresenta boa reprodutibililidade quando avaliado pelo erro padrão médio, coeficiente de repetibilidade e coeficiente de correlação interclasse. Apesar de na avaliação geral, o platô apresentar valores ligeiramente inferiores em comparação à PAS submáxima; na análise de subgrupos, o platô demonstrou melhor desempenho nas mulheres.

Desta forma, é necessário ampliar a faixa etária analisada, bem como a situação clínica dos indivíduos estudados, para realmente verificar se este protocolo terá melhor aplicação clínica na avaliação da PA, especialmente para no subgrupo feminino, que constituem o maior desafio na avaliação pressórica no exercício.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BABS, C. F. The origin of Korotkoff sounds and the accuracy of auscultatory blood pressure measurements. **Jounal of the American Society of Hypertension**, v. 9, n. 12, p. 935-950, Dec 2015.

BARROSO W. K. S.; RODRIGUES C. I. S.; BORTOLOTTO L. A.; MOTA-GOMES M. A.; BRANDÃO A. A. Diretriz Brasileira de hipertensão arterial. **Arq. Bras. Cardiol,** v. 116 (3), p. 516-658, 2021.

BORG G. A. V. Phychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in sports and exercise**, v. 14(5), p. 377-381, 1982.

CARVALHO T.; FREITAS, O.G.A.; CHALELA, W.A.; HOSSRI, C.A.C.; MILANI, M.; BUGLIA, S.; PRECOMA, D.B.; FALCÃO, A.M.G.M.; MASTROCOLA, L.E.; CASTRO, I.; ALBUQUERQUE, P.F.; COUTINHO, R. Q.; BRITO, F.S.; ALVES, J.C. et al. Diretriz brasileira de ergometria em população adulta – 2024. **Arquivos brasileiros de cardiologia,** v. 131, n. 3, e.20240110.

CARVALHO T.; MILANI M.; FERRAZ A. S.; SILVEIRA A. D.; HERDY A. H.; HOSSRI C. A. C. Diretriz Brasileira de Reabilitação Cardiovascular. **Arq. Bras. Cardiol**, v. 114(5), p. 943 -987, 2020.

CÔTÉ, C. E.; RHÉAUME, C.; POIRIER, P.; DESPRES, J.; ALMERAS, N. Deteriorated cardiometabolic risk profile in individual with excessive blood pressure response to submaximal exercise. **American Journal of Hypertensio**n, v. 32, n. 10, p. 945-952, Oct. 2019.

CURRIE K. D.; FLORAS J. S.; LA GERCHE A.; GOODMAN J. M. Exercise blood pressure guidelines: time to re-evaluate what is normal and exaggerated? **Sports Med.**, v. 48, p. 1763-1971, 2018.

CURRIE K. D.; SOAVE K. M.; SLADE J. M. Reliability of blood pressure responses used to define an exaggerated blood pressure response to exercise in young healthy adults. **Journal of human hypertension**, v. 37, p. 56-61, 2023.

ELBEHAIRY A. F.; PARRAGA G.; WEBB K. A.; NEDER J. A.; O'DONNELL D .E. Mild chronic obstructive pulmonary disease why spirometry is not sufficient! **Expert Rev Respir Med,** v. 11 (7), p. 2228-2238, July 2017.

FEITOSA, A. D. M.; BARROSO, W. K. S.; JÚNIOR MION, D.; NOBRE, F.; MOOTA-GOMES, M. A.; JARDIM, P. C. V.; AMODEO, C.; OLIVEIRA, A. C.; ALESSI, A.; SOUSA, A. L. L.; BRANDÃO, A. A.; PIO-ABREU, A.; SPOZITO, A. C.; PIERIN, A. M. G.; PAIVA, A. M. G.; SPINELLI, A. C. S.; *et al.* Diretrizes Brasileiras de Medidas da Pressão Arterial Dentro e Fora do Consultório – 2023. **Arq Bras Cardiol.** v.121, n. 4, p. 1-48, 2024.

FISHER, J. P.; YOUNG, C. N.; FADEL, P. J. Autonomic adjustments to exercise in humans. **Comprehensive Physiology***,* v. 5, p. 475-512, April 2015*.*

GARDIN J. M.; ADAMS D. B.; DOUGLAS P. S.; FEIGENBAUM H.; FORST D. H. Recommendations for a standardized report for adult transthoracic echocardiography: a report from American Society of Echocardiography's Nomenclature and Standards Committee and Task Force for a Standardized Echocardiography Report**. J. Am. Soc. Echocardiog**, v. 15(3), p. 275-290, Mar 2002.

GHIDONI C.; KRUZIK M.; ROSSI V. A.; CASELLI S.; SCHMIED C. M.; NIEDERSEER D. Definitions for hypertensive response to exercise. **Cardiology in review**, v. 32 (3), p.273-278, May-Jun 2024.

GRILLO L. P.; DERETTI R. M.; SAUER R. M.; TAIRA K. M.; RODRIGUES A. C.; D'AGOSTINO L.; SANTOS A. S.; LANGA A. S.; SANTOS E. T. B. A.; SANTOS E. A.; BARBOSA G.; FRANCALACCI M. Tendência da prevalência de hipertensão arterial sistêmica segundo as regiões do Brasil antes, durante e após a pandemia de COVID-19**. Contribuciones a las ciencias sociales**, v. 17, n. 4, p. 1-17, 2024.

GROTLE, A. K.; MACEFIELD, V. G.; FARGUHAR, W. B.; O'LEARY, D. S.; STONE, A. J. Recent advances in exercise pressor reflex function in health and disease. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical***, v. 28, 2020.*

GUYTON A.C.; HALL J.E. Tratado de Fisiologia Médica. **Elsevier**, p. 166, 2006.

HAHAD O.; ARNOLD N.; PROCHASKA J. H.; NOEVA M. P.; SCHULZ A. Cigarette smoking is related to endothelial dysfunction of resistance, but not conduit arteries in the General population – results from the Gutenberg health study. **Frontiers in cardiovascular medicine**, v. 8(9), May 2021.

HEDMAN K.; CAUWENBERGHS N.; CHRISTLE J.W.; KUZNETSOVA T.; HADDAD F.; MYERS J. Workload-indexed blood pressure response is superior to peak systolic blood pressure in predicting all-cause mortality. **European Journal of preventive cardiology**, v.27, p. 978-987, Aug 2020.

HEDMAN K; LINDOW T.; CAUWENBERGHS N.; CARLE'N A.; ELMBERG V. Peak exercise SBP and future risk of cardiovascular disease and mortality. **Journal oh hypertension**, v. 40 (2), p. 300-309, Feb 2022

HEDMAN K.; LINDOW T.; ELMBERG V.; BRUDINS L.; EKSTRÖN M. Age- and gender-specific upper limits and reference equations for workload-indexed systolic blood pressure response during bicycle ergometry. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 28, p. 1360-1369, 2021.

HILTON S. E.; RYCROFT A. D.; MATHARU T. S.; KHANGURA P. K.; BOMMARITO J. C.; ROCHA L. C.; STAPLETON R. K.; NARDONE M.; MILLAR P. J. Test-retest reliability of exercise blood pressure and the workload-indexed systolic blood pressure slope in healthy males and females. **Journal of Applied Physiology**, v. 137, p. 1425-1433, Sep. 2024

HOLLAND, D. J.; SACRE, J. W.; McFARLANE, S. J.; COOMBES, J. S.; SHARMAN, J. E. Pulse wave analysis is a reproducible technique for measuring central blood pressure during hemodynamic perturbations induced by exercise. **American Journal of Hypertension**, v. 10, p. 1100-1106, Oct. 2008.

INSTEBO A.; HELGHEIM V.; GREVE G. Repeatability of blood pressure measurements during treadmill exercise. **Blood pressure monitoring**, v. 17(2), p. 69-72, Jan 2012.

INTERNATIONAL PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE – SHORT FORM. **Research and Evaluation Exchange**, 2002.

ITO, K.; IWANE, M.; MIYAI, N.; UCHIKAWA, Y.; MUGITANI, K.; MOHARA, O. Exaggerated exercise blood pressure response in middle-aged men as a predictor of future blood pressure: a 10-year follow-up. Clinical and Experimental hypertension, v. 38(8), p. 696-700, Dec. 2016.

LE V.; MITIKU T.; SUNGAR G.; MYERS J.; FROELICHER V. The blood pressure response to dynamic exercise testing: a systematic review. **Progress in cardiovascular diseases,** v. 51(2), p. 135-160, Sep/Out 2008.

LEITE J. S.; PINTO W. P.; MICHEL R. C. G.; TEIXEIRA A. O. Resposta hiper-reativa da pressão arterial durante teste de esforço em pacientes cardiometabólicos. **Con Scientiae Saúde**, v. 18 (2), p. 175-182, Abr/Jun 2019.

LIM W.; FAULKNER J.; LAMBRICK D.; STONER L. Reliability of oscillometric central blood pressure responses to submaximal exercise. **Journal of hypertension**, v. 34(6), p. 1084-1090, June 2016.

MALTA D. C.; BERNAL R. T. I.; PRATES E. J. S.; VASCONCELOS N. M.; GOMES C. S.; STOPA S. R.. Self-reported arterial hypertension, use of health services and guidelines for care in Brazilian population, National Health Survey, 2019. **Epidemiologia e Serviços em Saúde,** v.31, 2022.

MATSUDO, S.; ARAÚJO, T.; MATSUDO, V.; ANDRADE, D.; ANDRADE, E.; OLIVEIRA, L.C.; BRAGGION, G. Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): Estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Revista brasileira ativividade física e saúde,** São Caetano do Sul, v. 6, n. 2, p. 5-18, out. 2012.

McEVOY, J. W.; MCCARTHY, C. P.; BRUNO, R. M.; BROUWERS, S.; CANAVAN, M. D.; CECONI, C.; CHRISTIDIRESCU, R. M.; DASKALOPOULOU, S. S.; et al. 2024 ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension. **European Heart Journal**, v. 45, p. 912–4018, 2024.

MIYAI N.; ARITA M.; MIYASHITA K.; MORIOKA I.; SHIRAISHI T.; NIHIO I. Blood pressure response to heart rate during exercise test and risk of future hypertension. **Hypertension,** v. 39(3), p. 761-766, Mar 2002.

NEGRÃO C. E.; BARRETO A. C. P. Cardiologia do exercício: do atleta ao cardiopata. 3ª edição – Barueri, SP: **Manole**, 2010.

NOBRE F.; MION J. D.; GOMES M. A. M.; BARBOSA E. C. D.; RODRIGUES C. I. S. 6ª Diretrizes de monitorização ambulatorial da pressão arterial e 4ª Diretrizes de monitorização residencial da pressão arterial. **Arq. Bras. Cardiol.,** v 110 (5), p.1-29, Maio 2018.

OLIVEIRA G. M. M.; BRANT L. C. C.; POLANCZK C. A.; MALTA D. C. M.; BIOLO A.; NASCIMENTO B. R. et al. Estastística Cardiovascular – Brasil 2021. **Arq Bras Cardiol**, v 118(1), p. 115-373, 2022.

OLIVEIRA G. M. M.; BRANT L. C. C.; POLANCZK C. A.; MALTA D. C. M.; BIOLO A.; NASCIMENTO B. R. et al. Estastística Cardiovascular – Brasil 2023. **Arq Bras Cardiol**, v 121(2), p. 1-131, 2024.

PAPATHANASIOU G.; GEORGAKOPOULOS D.; GEORGOUDIS G.; SPYROPOULOS P.; PERREA D.; EVANGELOU A. Effects of chronic smoking on exercise tolerance and on heart rate-systolic blood pressure product in Young healthy adults. **European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation**, v. 14, p. 646-652, Feb 2007.

PEREIRA C. A. C; NEDER J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **J Pneumo,** v. 28, supl. 3, 2002.

QIU S.; CAI X.; SUN Z.; LI L.; ZUEGEL M.; STEINACKER J. M.; SCHUMANN U. Heart Rate Recovery and Risk of Cardiovascular Events and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. **J Am Heart Assoc**., v. 6, n. 5, may 2017.

REEVES R. A.; LEENEN F. H. H.; JOYNER C. D. Reproducibility of nurse-measured, exercise anda ambulatory blood pressure and echocardiographic left ventricular mass in borderline hypertension. **Journal of hypertension**, v. 10, p.1249-1256, 1992.

REIS, H. F. C. DOS; A. M. T.; PASSOS, E. C.; SANTOS, F. G. DE O.; WASCONCELLOS, L. T.; CORREIA, L. C. L.; MENEZES, M. S.; SANTOS, R. D. G.; BOMFIM, V. G.; ROCHA, M. S. Prevalência e variáveis associadas à inatividade física em indivíduos de alto e baixo nível socioeconômico. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia,** v. 92, n. 3, p. 203-208, Mar. 2009.

SABBAHI A.; ARENA R.; KAMINSKY L.A.; MYERS J.; PHILLIPS S.A. Peak blood pressure responses during maximum cardiopulmonary exercise testing. **Hypertension,** v. 71(2), p. 229-236, Feb. 2018.

SCHULTZ M. G.; CURRIE K. D.; HEDMAN K.; CLIMIE R. E.; MAIORANA A.; COOMBES J. S.; SHARMAN J. E. The identification and management of high blood pressure using exercise blood pressure: current evidence and practical guidance. **Internacional Journal of environmental research and public health**, v.19, 2022.

SCHULTZ M. G.; GERCHE A. L. E.; SHARMAN J. E. Cardiorespiratory fitness, workload, and the blood pressure response to exercise testing. **Exercise and sports sciences reviews**, v. 50, p. 25-30, Jan. 2022.

SCHULTZ M. G.; OTAHAL P.; CLELAND V. J.; BLIZZARD L.; MARWICK T. H.; SHARMAN J. E. Exercise-Induced Hypertension, Cardiovascular Events, and Mortality in Patients Undergoing Exercise Stress Testing: A Systematic Review and Meta-Analysis. **American Journal of hypertension**, v. 26, p. 357-366, Mar 2013.

SHARABI Y.; ALMER Z.; HANIN A.; MESSERLI F. H.; BEN-CNAAN R.; GROSSMAN E. Reproducibility of exaggerated blood pressure response to exercise in healthy patients. **American heart journal**, v. 141, n. 6, p.1014-1017, June 2001.

SINGH J. P.; LARSON M. G.; MANOLIO T. A.; O'DONNELL C. J.; LAUER M.; EVANS J. C.; LEVY D. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. **Circulation**, p.1831- 1836, 1999.

SMITH J. P.; KOEPP K. E.; BERG J. D.; AKINSANYA J. G.; OLSON T. P. Influence of sex, menstrual cycle and a menopause status on the exercise pressor reflex. **Med Sci Sports exercise**, v.51, p. 874-881, May 2019.

WOODWARD D. K.; CLIFTON G. D.; McCOY R. A.; SMITH M. D.; HARRISON M. R. Reliability of blood pressure, heart rate, and Doppler-derived hemodynamic measurements during exercise. **Journal of the American Society of Echocardiography**, p. 21-28, Jan-Feb 1995.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o(a) Sr(a)para participar de uma pesquisa intitulada ***PLATEAU* PRESSÓRICO ARTERIAL NO CICLOERGÔMETRO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS: ESTUDO DE REPRODUTIBILIDADE.** Leia com atenção as informações a seguir e pergunte aos responsáveis pelo estudo qualquer dúvida que o(a) Sr(a) apresentar. Este estudo será conduzido pelos pesquisadores Renata London Rodrigues Nascimento (cardiologista) e Paulo de Tarso Guerrero Müller (pneumologista). O objetivo do trabalho é avaliar um novo protocolo de medida da pressão arterial durante o exercício físico realizado na bicicleta.

Neste estudo convidamos a participar indivíduos saudáveis com idades de 18 a 30 anos. O requisito para entrar nesta pesquisa é apresentar pressão arterial de repouso dentro da normalidade (< 140/90 mmHg). Além disso, não poderão participar aquelas pessoas com problemas do coração, pulmão e também aqueles com alterações das articulações que as impossibilitem de pedalar.

Este estudo será composto por três visitas com duração máxima de 12 meses. O primeiro dia será composto de uma entrevista para coletar algumas informações simples, exame médico geral para avaliação de sua condição de saúde, coleta de sangue periférico para exames rotineiros e ecocardiograma para avaliação da função do coração. Na segunda visita serão realizados o eletrocardiograma, seguido do primeiro teste de exercício na bicicleta ergométrica. Neste teste, o médico aumentará a carga do aparelho progressivamente até o limite tolerado. O exercício poderá ser interrompido a qualquer momento, mas idealmente o(a) Sr(a) deverá ir até o máximo que puder. Na terceira visita, será repetido o teste de exercício na bicileta. Em cada uma das visitas o(a) Sr(a) será devidamente orientado(a) pelo pesquisador responsável, podendo esclarecer eventuais dúvidas que surgirem. É importante salientar, que esta pesquisa não terá nenhum ônus ao participante, pois o pesquisador lhe assegura o ressarcimento das despesas decorrentes da mesma.

_____ Data: ___/ ____/ _____
Assinatura do(a) participante
Impressão do dedo polegar caso não saiba assinar
Telefone: _____Endereço: _____

_____Data: ___/ ____/ _____
Assinatura do Pesquisador Responsável

Os exames envolvem certos riscos e eventos que são próprios dos mesmos. A coleta de sangue será realizada no laboratório do Hospital Universitário (HUMAP) e será uma coleta simples de sangue venoso periférico, como para qualquer outro exame de rotina. O risco associado a este tipo de coleta é coloração arroxeada da pele no local, que geralmente não tem consequências maiores, além de dor no sítio da punção. Após a coleta, receberá orientações para evitar estas complicações. Já para a realização do ecocardiograma será necessário passar um gel na região anterior do tórax para avaliação da função do coração podendo causar certo desconforto devido a exposição do tórax. Entretanto, seu corpo será coberto com tecidos apropriados durante a realização do mesmo.

Durante os testes de exercícios poderão ocorrer pressão arterial muito alta ou muito baixa, alterações do ritmo cardíaco, desconforto ou dor torácica, falta de ar, desmaio e infarto. Estas alterações podem ser de menor ou maior gravidade. Qualquer alteração que o médico julgue de risco levará à interrupção imediata dos testes. Em casos extremos, pode ocorrer parada cardíaca, sendo este evento muito difícil de acontecer. O laboratório de fisiologia respiratória (LAFIR) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para realizar este exame, dispõe de estrutura e suporte necessário para o atendimento de emergência caso alguma complicação grave incomum aconteça. Além disso, o objetivo da avaliação médica inicial é garantir-lhe a segurança necessária para a realização do exercício físico. Em caso de danos não previstos decorrentes exclusivamente do protocolo desta pesquisa, está assegurado indenização, bem como a garantia de atendimento e acompanhamento conforme os direitos previstos na resolução CNS número 466/2012.

Os benefícios de participar deste estudo incluem a oportunidade de fazer um teste para verificar sua capacidade para o exercício físico, bem como a resposta da sua pressão ao esforço. Após 24 horas da realização do esforço, o pesquisador entrará em contato via telefônica para avaliação e resolução das dúvidas existentes. Além disso, em qualquer momento o participante poderá entrar em contato com os pesquisadores para sanar quaisquer dúvidas em relação à pesquisa. Após a análise dos exames realizados, caso seja identificado alguma alteração que necessite de tratamento, o Sr (a) será convocado e encaminhado para acompanhamento médico ambulatorial regulado conforme central regional. Após a conclusão do estudo, o participante será notificado (a) dos aspectos mais importantes da pesquisa, especialmente aqueles que possam atuar em sua saúde.

_____ Data: ___/ ____/ _____
Assinatura do(a) participante
Impressão do dedo polegar caso não saiba assinar
Telefone: _____Endereço: _____

_____Data: ___/ ____/ _____
Assinatura do Pesquisador Responsável

Haverá sigilo nos dados coletados do estudo e somente os pesquisadores poderão acessar seus resultados, sendo que seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. Os dados serão guardados por cinco anos e, após, descartados. A menos que requerido por lei, somente o pesquisador, a equipe do estudo, Comitê de Ética independente, inspetores de agências regulamentadoras do governo (quando necessário) terão acesso às suas informações para verificar os registros do estudo. Se o(a) Sr(a) concordar em participar do estudo, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. O(A) Sr(a) será comunicado(a) do surgimento de informações significativas sobre o assunto da pesquisa. O(A) Sr(a) será informado(a) periodicamente de qualquer nova informação que possa modificar a sua vontade em continuar participando do estudo.

Para perguntas ou problemas referentes ao estudo ligue para Renata London Rodrigues Nascimento/Paulo de Tarso Guerrero Müller, telefones celulares (067) 98185-9955 e/ou fixo (67) 3345-3149 e/ou acesse o e-mail: london.msi@terra.com.br. Endereço profissional: Av. Sen. Filinto Müller, 355 - Vila Ipiranga, Campo Grande - MS, CEP: 79080-190. Para perguntas sobre seus direitos como participante no estudo chame o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos UFMS no telefone (067)3345-7187 e/ou acesse o e-mail cepconep.propp@ufms.br. Endereço: Cidade Universitária – Campo Grande, Caixa Postal 549, Campo Grande - MS, CEP: 79.070-110.

Sua participação no estudo é voluntária. O(A) Sr(a) terá garantia de plena liberdade, podendo recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma. O (A) Sr(a) não perderá qualquer benefício ao qual tem direito, mesmo se for excluído por não alcançar alguma meta do estudo. O(A) Sr(a) não será proibido(a) de participar de novos estudos. O(A) Sr(a) poderá ser solicitado(a) a sair do estudo se não cumprir os procedimentos previstos ou atender as exigências estipuladas.

Este documento será emitido em duas vias que serão assinadas pelo participante e pesquisador, de tal forma que seja garantido ao participante receber a sua via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Consentimento Pós–Informação

Eu,_____,

fui informado sobre o que os pesquisadores querem fazer e porque precisam da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que essa pesquisa não terá nenhum custo ou remuneração/gratificação pela minha participação e que poderei sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

_____ Data: ___/ ____/ _____

Assinatura do(a) participante

Impressão do dedo polegar caso não saiba assinar

Telefone: _____Endereço: _____

_____Data: ___/ ____/ _____

Assinatura do Pesquisador Responsável

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO IPAQ SHORT-FORM

Estamos interessados em descobrir os tipos de atividades físicas que as pessoas praticam como parte de suas vidas cotidianas. As perguntas abordarão sobre o tempo que você passou sendo fisicamente ativo nos últimos 7 dias.

Por favor, pense em todas as atividades vigorosas que você realizou nos últimos 7 dias. Atividades vigorosas referem-se a atividades que exigem muito esforço físico e fazem você respirar com muito mais dificuldade que o normal. Pense apenas nas atividades físicas que você praticou por pelo menos 10 minutos de cada vez.

1- Durante os últimos 7 dias, em quantos dias você praticou exercícios físicos vigorosos? Atividades como levantamento de peso, escavação, aeróbico ou ciclismo rápido?
   _____ dias por semana
   Caso não tenha praticado nenhuma atividade física vigorosa, pular para a pergunta 3

2- Quanto tempo você normalmente gasta fazendo atividades físicas vigorosas em um daqueles dias?
   _____ horas por dia
   _____minutos por dia
   ( ) Não sei / Não tenho certeza

Pense em todas as atividades moderadas que você realizou nos últimos 7 dias. Atividades moderadas referem-se àquelas que exigem esforço físico moderado e fazem você respirar um pouco mais difícil que o normal. Pense apenas nas atividades físicas que você praticou por pelo menos 10 minutos de cada vez.

3- Durante os últimos 7 dias, em quantos dias você praticou exercícios físicos moderados? Atividades como carregar cargas leves, andar de bicicleta em ritmo regular ou jogar tênis em duplas? Não inclua a caminhada.
   _____ dias por semana

Caso não tenha praticado nenhuma atividade física vigorosa, pular para a pergunta 5

4- Quanto tempo você normalmente gasta fazendo atividades físicas moderadas em um daqueles dias?
_____ horas por dia
_____minutos por dia
( ) Não sei / Não tenho certeza

Pense no tempo que você passou andando nos últimos 7 dias. Isto inclui no trabalho e em casa, caminhando para viajar de um lugar para o outro e qualquer outra caminhada que você tenha feito para recreação, esporte, exercício ou lazer.

5- Durante os últimos 7 dias, em quantos dias você caminhou por pelo menos 10 minutos de uma vez?
_____ dias por semana
Não é permitido pular para a questão 7.

6- Quanto tempo você costuma passar caminhando em um desses dias?
_____ horas por dia
_____minutos por dia
( ) Não sei / Não tenho certeza

A última pergunta é sobre o tempo que você passou sentando durante os últimos 7 dias. Incluir o tempo gasto no trabalho, em casa e lazer. Portanto, contabilize o tempo gasto sentado em uma mesa, visitando amigos, lendo, sentado ou deitado para assistir televisão.

7- Durante os últimos 7 dias, quanto tempo você passou sentado?
_____ horas por dia
_____minutos por dia
( ) Não sei / Não tenho certeza
Este é o final do questionário. Obrigado por participar.

APÊNDICE C – FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS

Protocolo de pesquisa – 2024 ***Plateau* pressórico arterial no cicloergômetro em indivíduos saudáveis: estudo de reprodutibilidade**	**Nome:** _____ **DN:** __/__/__ **Idade:** _____ **Telefone:** ( )_____ **Sexo:** ( ) M ( )F **Peso:** _____ **Altura:** _____ **IMC:** _____

Anamnese:	**Exames:**
Diabetes Mellitus ( ) S ( ) N Doença Pulmonar ( ) S ( ) N Hipertensão arterial ( ) S ( ) N Doença Cardiovascular ( ) S ( ) N Tabagista ( ) S ( )N Outros: _____ **Exame físico:** _____	**ECG (Data: ___/___/___)** FC: _____ Ritmo: _____ _____ **ECO (Data: ___/___/___)** FE: _____ DDFVE: _____ DSFVE: _____ S/P: _____ Massa: _____ _____ **Laboratório (Data: ___/___/___)** Hb: _____ Ht: _____ Leuco: _____ Plaq: _____ Na: _____ K: _____ CT: _____ LDL: _____ HDL: _____ TG: _____ Glicose: _____

2ª Visita Temperatura: ____°C Data: ___/___/___ FC prevista: ____ FC (70%):_____	**3ª Visita** Temperatura: ____°C Data: ___/___/___ FC prevista: ____ FC (70%):_____	**Anexos**
Repouso Borg: _____ PA: _____ FC: _____ **Exercício** 2 min (25 W) Borg: _____ PA: _____ FC:_____ 4 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 6 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 8 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 10 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 12 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 14 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ **Recuperação** 1 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 2 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 3 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____	**Repouso** Borg: _____ PA: _____ FC: _____ **Exercício** 2 min (25 W) Borg: _____ PA: _____ FC:_____ 4 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 6 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 8 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 10 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 12 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 14 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ **Recuperação** 1 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 2 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____ 3 min (____W) Borg: _____ PA: _____ FC: _____	( ) TCLE Data: ( ) IPAq short-form Data:

Blood Pressure Monitoring

Submaximal blood pressure plateau: A new method targeting exercise blood pressure measurement

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	BPMJ-24-154
Full Title:	Submaximal blood pressure plateau: A new method targeting exercise blood pressure measurement
Article Type:	Brief Report
Keywords:	Blood pressure; Exercise; Steady-state; Submaximal
Corresponding Author:	Renata London Rodrigues Nascimento, MSc Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Campo Grande, Mato Grosso do Sul BRAZIL
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Renata London Rodrigues Nascimento, MSc
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Renata London Rodrigues Nascimento, MSc
	Tobias Nathan Zuffo
	Paulo Tarso Müller
Order of Authors Secondary Information:	
Manuscript Region of Origin:	BRAZIL
Abstract:	Objective To test the feasibility of an exercise work rate protocol that elicits a blood pressure (BP) plateau following the target of 70% of the maximal predicted heart rate (HR) in healthy subjects. Material and methods Healthy subjects performed two incremental exercise tests on different days, targeting 70% of predicted HR, followed by a constant work rate for an additional three minutes, or a variable work rate, increasing/decreasing by 25 Watts for three minutes, in random order. Systolic BP was measured and compared between protocols. Results In the new incremental variable work rate protocol, seven men and one woman, aged 22±3 years, showed a true plateau, with three consecutive BP measurements, without significant differences after the target 70% of predicted HR ($p>0.05$). This is different from the constant work rate protocol, where the BP increased significantly during the subsequent three minutes of measurements ($P=0.001$). Conclusions Establishing a BP plateau allows an average BP measurement at the target submaximal incremental exercise test, opening an avenue for increasing the reliability of exercise BP assessments.

Technical Report

Submaximal blood pressure *plateau:* A new method targeting exercise blood pressure measurement

Renata London Rodrigues Nascimento[1] , Tobias Nathan Zuffo[1], Paulo de Tarso Müller[1]

[1]Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS)/Maria Aparecida Pedrossian Hospital (HUMAP), Laboratory of Respiratory Pathophysiology (LAFIR), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, MS, Brazil

*** Correspondence:**

Paulo de Tarso Muller

paulo.muller@ufms.br

Present address:

Laboratory of Respiratory Pathophysiology (LAFIR); Respiratory Division of University Hospital, Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS), Avenida Filinto Müller S/N, Vila Ipiranga, CEP: 79080-090, Campo Grande, Brazil

Keywords: Blood pressure, Exercise, Steady-state, Submaximal,

Abstract

Objective To test the feasibility of an exercise work rate protocol that elicits a blood pressure (BP) *plateau* following the target of 70% of the maximal predicted heart rate (HR) in healthy subjects.

Material and methods Healthy subjects performed two incremental exercise tests on different days, targeting 70% of predicted HR, followed by a constant work rate for an additional three minutes, or a variable work rate, increasing/decreasing by 25 Watts for three minutes, in random order. Systolic BP was measured and compared between protocols.

Results In the new incremental variable work rate protocol, seven men and one woman, aged 22±3 years, showed a true *plateau,* with three consecutive BP measurements, without significant differences after the target 70% of predicted HR ($p>0.05$). This is different from the constant work rate protocol, where the BP increased significantly during the subsequent three minutes of measurements ($P=0.001$).

Conclusions Establishing a BP *plateau* allows an average BP measurement at the target submaximal incremental exercise test, opening an avenue for increasing the reliability of exercise BP assessments.

1 Introduction

Arterial blood pressure (BP) during exercise has long been an important target in healthcare, providing complementary information for care providers. BP during exercise has been associated with morbidity and mortality[2], especially exaggerated submaximal exercise blood pressure (EBP)[3-5]. However, BP adjustments during physical effort depend on physiological, behavioral, and environmental conditions[6,7]. In addition, BP measurements impose new variables related to these adjustments, such as the type of ergometer, automatic *vs* manual devices, motion, and exercise protocol[1,6,8]. All these conditions conflate a complex and highly unreliable measurement[9-11]. The time-dependent single-point measure for peak exercise BP is a special challenge for such measurements, for example, a single point measurement could severely impact results, e.g., a single "outlier" for BP during a graded exercise test (GXT) could profoundly alter the slope for the BP/work rate index[10].

To increase confidence in BP measurements during exercise, it is advisable to capture a minimum of three measures under a nearly "steady state" condition, similar to resting BP assessment recommendations[12]. In theory, a "steady state" for BP could undoubtedly be picked up during constant work tests. However, submaximal incremental tests could expose exaggerated BP, and predict morbidity/mortality[3,5]. Submaximal incremental tests also provide several other indices beyond BP during cardiopulmonary exercise tests, such as work efficiency, oxygen uptake efficiency, and ventilatory efficiency slopes[13], as well as being used in severely ill subjects, for morbidity/mortality prediction. Moreover, BP during constant work lacks reliability at moderate/heavy intensity exercise[14] and the absence of a clear "steady state" has been shown in some conditionss[15,16], reaching, eventually, a final BP indistinguishable from maximal tests[17].

In the current work, considering circumstances where exercise BP is an important endpoint, we introduce a new option, based on three 1-min "square-wave" incremental-decremental stages, during the final stages of exercise at the target of 70% of the maximal predicted heart rate. This pilot study aims to describe the feasibility of the new protocol, pointing out the strengths and limitations of the method.

2 Materials and Methods

2.1 Participants and Study Design

Young university students, not involved with regular exercises, were invited to participate in this study. They were evaluated during two early morning visits to the laboratory, within one week, where weight and height measurements were taken with a Welmy-type stadiometer (Welmy®, Brazil, 2023). All participants read, agreed, and signed a consent form. Our institutional ethical committee board approved the study.

2.2 Exercise tests and new protocol

Exercise tests were performed at 7:30 AM, one hour after consuming water and a light meal without stimulants such as coffee or tea. The subjects wore light clothing. We opted not to perform familiarizations on the cycle ergometer, as all the subjects had previous contact with bikes. A five-channel electrocardiogram (ECG) (DIXTAL multi-parametric monitor, Manaus, Brazil, 2015) was used to collect basal HR, with correct signal verifications of the ECG trace. Basal blood pressure (NAVA sphygmomanometer, São Paulo, Brazil) was collected after a 10-minute stabilization time based on the Korotkoff method by an experienced cardiologist, and the BP corresponding to the first Korotkoff sound was registered as the basal systolic BP. Subsequently, the test began at 60 cycles *per* minute on an electromagnetically braked cycle ergometer (Imbrasport, CG-04, Imbramed, Brazil, 2015), targeting 70% of the predicted maximal HR (220-age) ± 5 beats/min.

The new protocol started with a 2-min warm-up at 25 Watts, followed by 25-Watt increments for each 2-min step stage, toward the target HR. The systolic BP was measured during the final 30 seconds of each work rate stage and during the target 70% stipulated peak. Immediately after the target BP measurement, the work rate was adjusted by ±25 Watts/min three times (-25/+25/-25 Watts), followed by BP measurements at a 1-min interval (Figure 1A). The new method was compared with a constant work rate test, maintained for three minutes following the work rate corresponding to the target 70% predicted stipulated HR, in a random order (Figure 1A and 1B). A subsequent active recovery was implemented for both protocols.

2.3 Sample Size and Statistical Analysis

The sample size was calculated based on a one-way repeated measure ANOVA during the steady state for BP, after the predefined 70% HR peak. Based on a predefined effect size of 0.25, with an estimated error type I of 0.05, and a power of 0.80, 7 subjects were necessary to compare three repeated measurements, considering a 0.90 correlation coefficient between the three sequential BP measurements (Gpower*, Düsseldorf, Germany, 2023). Paired *t-Student* tests were used to compare the protocols for target submaximal BP and HR. One-way repeated ANOVA was calculated to establish statistical comparisons between the sequential BP values of the groups.

3 Results

The sample included seven men and one woman, aged 22±3 years, with an average BMI of 24±4 $kg*m^2$ (Table 1). Mean submaximal target systolic BP and HR were, respectively 150.2±16.4 mm Hg and 142.3±3.3 beat/min for the new protocol, compared to 154.8±15.8 mm Hg and 143.3±6.4 beat/min for the constant work rate protocol ($p>0.05$ for all). All participants reached 75 Watts, five reached 100 Watts, and only two reached 125 Watts

as a submaximal target work rate. Figure 1C presents the average increase in systolic BP with the corresponding standard error (SE) for the eight participants in each stage. Blood pressure increased significantly for three consecutive minutes following the submaximal target for the constant work rate protocol (Figure 1C, $p<0.001$), but remained unchanged for the variable work rate protocol ($p>0.05$), establishing the BP *plateau*.

4 Discussion

The current work describes for the first time a new protocol aiming to reach a steady state BP during a submaximal incremental test toward 70% of predicted maximal HR. Despite the absence of statistical differences between the three BP measurements in the variable work rate protocol compared with the submaximal target BP, the authors suggest taking the average BP of the two final measurement as the definitive target submaximal BP. This would represent a more stable measure of the autonomic nervous system compared to the pressor reflex from peripheral ergoreceptors. Future studies are warranted to verify the reproducibility of the method. In addition, due to physiological impairments, maintaining three minutes at 70% of predicted HR would be challenging for patients, so a lower target HR could be implemented in future studies.

5 Conclusions

This pilot study reported for the first time a new protocol in healthy subjects, aiming to produce a submaximal BP steady state during the moderate-to-intense domain of exercise. This could be important to improve reliability for BP during exercise, as the current assessment method is highly unreliable.

6 Conflict of Interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

7 Author Contributions

The authors confirm their contributions to the paper as follows: Study conception and design: PTM; Conceptualization: PTM; Data curation: PTM; Formal analysis: PTM; Investigation: RL, TNZ, PTM; Methodology: PTM; Project administration: PTM; Resources: PTM; Supervision: PTM; Writing original draft: RL, PTM; Writing review and editing: RL, TNZ, PTM. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

8 Funding

This study was supported by the Federal University of Mato Grosso do Sul and a grant from the Dean of Research and Graduate Studies (grant number HUMB.280322). Paulo de Tarso Muller was supported by a productivity research grant PQ2 (302812/2022-9) by CNPq (Brazil).

9 Acknowledgments

The authors would like to thank the technical support team for their help and assistance.

10 Data Availability Statement

Data generated or analyzed during this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

11 References

1. Nayor M, Gajjar P, Murthy VL, Miller PE, Velegati RS, Larson MG , *et al*. Blood pressure responses during exercise: physiological correlates and clinical implications. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2023; **43**:163-173.

2. Hedman K, Lindow T, Cauwenberghs N, Carlén A, Elmberg V, Brudin L, Ekström M. Peak exercise SBP and future risk of cardiovascular disease and mortality. *J Hypertens* 2022; **40**:300-309.

3. Côté CE, Rhéaume C, Poirier P, Després JP, Alméras N. Deteriorated cardiometabolic risk profile in individuals with excessive blood pressure response to submaximal exercise. *Am J Hypertens* 2019; **32**:945-952.

4. Ghidoni C, Kruzik M, Rossi VA, Caselli S, Schmied CM, Niederseer D. Definitions for hypertensive response to exercise. *Cardiol Rev* 2024; **32**:273-278.

5. Hedman K, Cauwenberghs N, Christle JW, Kuznetsova T, Haddad F, Myers J. Workload-indexed blood pressure response is superior to peak systolic blood pressure in predicting all-cause mortality. *Eur J Prev Cardiol* 2020; **27**:978-987.

6. Schultz MG, Currie KD, Hedman K, Climie RE, Maiorana A, Coombes JS, Sharman JE. The identification and management of high blood pressure using exercise blood pressure: current evidence and practical guidance. *Int J Environ Res Public Health* 2022; **19:** 2819

7. Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves JW, Hill MN, *et al*. Recommendations for blood pressure measurement in humans: an AHA scientific statement from the Council on high blood pressure research professional and public education subcommittee. *J Clin Hypertens* 2005; **7**:102-109.

8. Currie KD, Floras JS, La Gerche A, Goodman JM. Exercise blood pressure guidelines: Time to re-evaluate What is normal and exaggerated? *Sports Med* 2018; **48**:1763-1771.

9. Sharabi Y, Almer Z, Hanin A, Messerli FH, Ben-Cnaan R, Grossman E. Reproducibility of exaggerated blood pressure response to exercise in healthy patients. *Am Heart J* 2001; **141**:1014-1017.

10. Currie KD, Soave KM, Slade JM. Reliability of blood pressure responses used to define an exaggerated blood pressure response to exercise in young healthy adults. *J Hum Hypertens* 2023; **37**:56-61.

11. Grossman A, Cohen N, Shemesh J, Koren-Morag N, Leibowitz A, Grossman E. Exaggerated blood pressure response to exercise is not associated with masked hypertension in patients with high normal blood pressure levels. *J Clin Hypertens* 2014; **16**:277-282.

12. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE Jr, Collins KJ, Dennison Himmelfarb C, *et al.* 2017 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: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on clinical practice guidelines. *Hypertens* 2018; **71**:1269-1324.

13. Ramos RP, Alencar MCN, Treptow E, Arbex F, Ferreira EMV, Neder JA. Clinical usefulness of response profiles to rapidly incremental cardiopulmonary exercise testing. *Pulm Med* 2013; **2013**:359021.

14. Lim W, Faulkner J, Lambrick D, Stoner L. Reliability of oscillometric central blood pressure responses to submaximal exercise. *J Hypertens* 2016; **34**:1084-1090.

15. Eggebeen J, Kim-Shapiro DB, Haykowsky M, Morgan TM, Basu S, Brubaker, *et al.* One week of daily dosing with beetroot juice improves submaximal endurance and blood pressure in older patients with heart failure and preserved ejection fraction. *JACC Heart Fail* 2016; **4**:428-437.

16. Travers J, Laveneziana P, Webb KA, Kesten S, O'Donnell DE. Effect of tiotropium bromide on the cardiovascular response to exercise in COPD. *Respir Med* 2007; **101**:2017-2024.

17. Sawyer A, Cavalheri V, Jenkins S, Wood J, Singh B, Hill K. Endurance cycle ergometry tests performed at a sub-maximal work rate elicit peak physiological and symptom responses in adults with cystic fibrosis. *Intern Med J* 2021; **51**:1168-1172.

TABLE AND **FIGURE LEGENDS**

Table 1 Sample characteristics (n=8)

Figure 1 A) Incremental work rate test followed by a constant three-minute work rate protocol. After attaining the target heart rate (HR) in the incremental exercise (25 Watts/2min), or 70% of the predicted HR, the power is maintained constant for an additional three minutes. **B)** New Protocol. After the same target HR in the incremental Exercise (25 Watts/2min), the power is changed by ±25 watts/min for three minutes. **C)** Average Systolic Blood Pressure (SBP) ± SE for n=8 subjects *vs* moment of the exercise on Cycle Ergometer. The black arrow indicates the submaximal target SBP in the exercise at 70% of the predicted maximal HR. *= $p<0.05$ comparing BP at the same exercise moment between protocols. # $p<0.05$ comparing with "peak" 70% predicted HR. +=$p<0.05$ comparing with 1min after the "peak" 70% predicted HR.