

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO  
MOVIMENTO HUMANO

Análise das variáveis cardiorrespiratórias e neuromusculares de  
indivíduos hipertensos submetidos a treinamento físico de longo prazo.  
Estudo observacional transversal.

Roberto José Ruiz

2018

TESE DE DOUTORADO

ROBERTO JOSÉ RUIZ

**Análise das variáveis cardiorrespiratórias e neuromusculares de indivíduos hipertensos submetidos a treinamento físico de longo prazo. Estudo observacional transversal.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Metodista de Piracicaba, para obtenção do título de Doutor em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Prof. Dra. Delaine Rodrigues Bigaton

PIRACICABA  
2018

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP  
Bibliotecária: Marjory Harumi Barbosa Hito - CRB-8/9128.

L551a	<p>Ruiz, Roberto José</p> <p>Análise das variáveis cardiorrespiratórias e neuromusculares de indivíduos hipertensos submetidos a treinamento físico de longo prazo : estudo observacional transversal / Roberto José Ruiz. – 2018.</p> <p>63 f. : il. ; 30 cm</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Delaine Rodrigues Bigaton. Coorientadora: Profa. Dra. Marlene Aparecida Moreno. Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Ciências do Movimento Humano, Piracicaba, 2018.</p> <p>1. Exercício Físico. 2. Treinamento Físico. 3. Doenças Cardiovasculares. I. Bigaton, Delaine Rodrigues. II. Moreno, Marlene Aparecida Moreno. III. Título.</p> <p>CDU – 796</p>
-------	---

## **AGRADECIMENTOS**

A minha orientadora Delaine Rodrigues Bigaton, por sua dedicação, paciência, ensinamentos e conselhos oferecidos em momentos importantíssimos nesses anos de Doutorado, sempre me mostrando o caminho a ser seguido para a carreira de professor e pesquisador. Agradeço pela confiança que teve em mim, possibilitando a realização de mais um sonho.

A minha co-orientadora Marlene Aparecida Moreno, por sua dedicação, ensinamentos e paciência em tudo no Doutorado. As minhas amigas e amigos de laboratório, Ester Moreira de Castro, Elisa Bizetti Pelai, Fabiana Almeida Foltran e Paulo Fernandes Pires, pela parceria, seriedade e dedicação que sempre tiveram com essa pesquisa, tornando possível a sua concretização.

Minha empresa, que me proporcionou fazer meu Doutorado e abriu as portas para a realização do estudo, juntamente com os voluntários que participaram da pesquisa.

A minha esposa Renata Carvalho Ruiz, por ter me dado força constante durante esses 4 anos de Doutorado, sem seu apoio eu não teria chegado até aqui e meu filho Lorenzo Carvalho Ruiz que é o motivo do meu esforço do dia a dia.

A minha família que sempre me apoia em tudo que faço, meu pai "Simão" e todos os meus irmãos e irmãs, em especial a minha irmã Roseli Catarina Ruiz Portes e meu cunhado José Fernando Stocco Portes, sempre me guiando no caminho certo e pela grande ajuda que me dão.

A minha mãe Inez Luisa Biela Ruiz, que nos deixou no meio do meu Doutorado e está orando por nós do céu, dedico esse Doutorado a ela pela mulher que sempre foi e pela educação que me deu.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano da UNIMEP, pelos ensinamentos e dedicação, em especial aos professores Charles Ricardo Lopes e Eli Maria Pazzianotto Forti.

E a Capes, por me proporcionar a bolsa de Doutorado, que foi crucial para o início, desenvolvimento e finalização da presente pesquisa.

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** O treinamento físico combinado (TC) é recomendado para redução da pressão arterial (PA) em indivíduos hipertensos, o TC vem sendo praticado em clínicas de saúde para indivíduos com doenças crônicas. Assim, são necessários estudos que investiguem o efeito prolongado do TC sobre as capacidades físicas de hipertensos. Além disso, são poucas as informações observadas a longo prazo analisando a modulação autonômica da frequência cardíaca (FC) e a atividade mioelétrica no TC. **OBJETIVO:** observar o efeito do TC de longo prazo em uma clínica de saúde, sobre a composição corporal, níveis pressóricos, modulação autonômica da FC, aptidão cardiorrespiratória, força muscular de membros inferiores e atividade eletromiográfica dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e vasto medial (VM) em indivíduos hipertensos ativos. **MÉTODOS:** Trata-se de um estudo observacional transversal, composto por 30 homens alocados no grupo fisicamente ativo hipertenso ( $n=15$ ; idade= $56,23 \pm 7,38$  anos) e grupo fisicamente não ativo hipertenso ( $n=15$ ; idade= $56,30 \pm 7,01$  anos). A caracterização do TC foi de 30 min de cada tipo de exercício (aeróbio seguido pelo resistido), o treinamento aeróbio foi realizado em esteira com intensidade leve-moderado (50 a 75% da frequência cardíaca de reserva), o treinamento resistido foi realizado em aparelhos de musculação e com pesos livres, divididos em treino A e B, o treino consistiu em 8 a 12 exercícios divididos em multiarticulares e monoarticulares, a intensidade do treino de leve-moderado, com 10 a 15 repetições em 3 séries. Nessa pesquisa foram avaliados: a PA, por meio do esfigmomanômetro automático, a modulação autonômica da FC por meio da variabilidade da FC (VFC), a avaliação antropométrica e composição corporal pela bioimpedância, a aptidão cardiorrespiratória pelo teste de esforço máximo e a força muscular no membro inferior pelo dinamômetro e, atividade eletromiográfica por meio do parâmetro RMS (*root mean square*) dos músculos RF, VL e VM em um protocolo de extensão isométrica máxima do joelho. Para análise estatística foram utilizados o teste de *Shapiro-Wilk* para normalidade, *t-Student* independente e *ANOVA two-way* medidas repetidas com correção de *Bonferroni* para comparação dos dados. **RESULTADOS:** Foram observados maiores valores no consumo pico de oxigênio ( $VO_{2pico}$ ) ( $p=0,001$ ), na força muscular de membro inferior ( $p=0,02$ ), na massa muscular ( $p=0,02$ ), nos intervalos RR (VFC) ( $p=0,01$ ) e menores valores no índice de massa corporal (IMC) ( $p=0,02$ ), na massa gorda ( $p=0,02$ ) e médias da FC ( $p=0,001$ ) na análise de VFC no grupo fisicamente ativo, comparados com o grupo fisicamente não ativo, enquanto os parâmetros de RMS dos músculos RF, VL e VM, a PA e os outros parâmetros da VFC (SDNN, RMSSD, AF, BF, SD1 e SD2) ( $p>0,05$ ) não foram diferentes entre os grupos. **CONCLUSÃO:** Sugere-se que o protocolo de TC de longo prazo para hipertensos observado em uma clínica de saúde, modifica as capacidades físicas de resistência aeróbia ( $VO_{2pico}$ ) e força muscular, porém melhores resultados poderiam ter sido alcançados, se na prática profissionais da área de atividade física em seus programas de treinamento físico seguissem as recomendações e diretrizes de treinamento para indivíduos hipertensos ativos.

**PALAVRAS-CHAVE:** hipertensão arterial, exercício físico, doenças cardiovasculares.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Combined training (CT) is recommended for the reduction of blood pressure (BP) in hypertensive individuals, CT is being used in healthcare clinics for chronically ill individuals. Thus, studies investigating the prolonged effect of CT on the physical capacities of hypertensive patients are necessary. Furthermore, there is little information from long-term observations analyzing the autonomic modulation of heart rate (HR) and the myoelectric activity in CT.

**OBJECTIVE:** observe the effect of long-term combined physical training in a healthcare clinic, regarding body composition, blood pressure, heart rate autonomic modulation (HR), cardiorespiratory fitness, lower limb strength and electromyography activity of the rectus femoris (RF), vastus lateralis (VL) and vastus medialis (VM) muscles in active hypertensive individuals.

**METHODS:** a cross-sectional observational study composed of 30 men distributed in the physically active hypertensive group (n=15; age =  $56.23 \pm 7.38$  years) and the physically inactive hypertensive group (n=15; age =  $56.30 \pm 7.01$  years). The combined physical training was characterized by 30 min of each type of exercise (the order was the aerobic before the resistance training), the aerobic training was performed in a treadmill with light to moderate intensity (50-75% of reserve heart rate), the resistance training was performed in resistance training apparel and free weights, divided in A and B sections, the training consisted of 8 to 12 exercises divided between multiarticular and monoarticular, the intensity of the training was light to moderate, with 10 to 15 repetitions in 3 sets. This research evaluated the following: blood pressure, utilizing an automatic, the autonomic modulation of the heart rate by means of the heart rate variability (HRV), the anthropometric evaluation and body composition by bioimpedance, the cardiorespiratory fitness by the maximum stress test on the treadmill and the muscular strength in the lower limb by the dynamometer and the electromyography activity by means of the RMS (root mean square) parameter of the RF, VL and VM muscles in a maximum isometric extension protocol of the knee. For statistical analysis the Shapiro-Wilk test was used for normality, and independent t-Student and ANOVA two-way repeated measures with Bonferroni correction for comparison of the data.

**RESULTS:** Changes were observed in peak oxygen consumption ( $VO_{2peak}$ ) ( $p=0,01$ ), in the body mass index (BMI) ( $p=0,02$ ), in the muscle mass ( $p=0,02$ ) and fat mass ( $p=0,02$ ), in lower limb muscular strength ( $p=0,02$ ) and in the RR intervals ( $p=0,01$ ) and HR averages in the HRV analysis ( $p=0,02$ ) in the hypertensive physically active group, compared with the hypertensive physically inactive group, while the parameters of EMG (RMS) of the RF, VL, and VM muscles, resting ABP and other parameters of the resting HRV (SDNN, RMSSD, AF, BF, SD1 and SD2) were not different between groups ( $p>0,05$ ).

**CONCLUSION:** With the findings of the present study, suggest that the long-term combined training protocol for hypertensive individuals observed in a healthcare clinic, modifies the physical capacities of aerobic resistance ( $VO_{2peak}$ ) and muscular strength, however, the results could have been better if, when in practice, professionals in the physical activity area followed the recommendations and guidelines for training hypertensive active individuals in their physical training programs.

**KEYWORDS:** hypertension, physical exercise, cardiovascular diseases.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	6
2 OBJETIVO .....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1 Desenho do estudo .....	16
3.2 Amostra .....	16
3.3 Casuística .....	16
3.4 Local de coleta e recrutamento.....	18
3.5 Determinação da amostra .....	18
3.6 Caracterização do treinamento físico.....	19
3.7 Procedimentos experimental.....	20
3.8 Avaliações antropométrica e composição corporal .....	23
3.9 Avaliação da aptidão cardiorrespiratória.....	24
3.10 Avaliação da pressão arterial.....	25
3.11 Análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC).....	26
3.12 Avaliação da força muscular de membros inferiores.....	30
3.13 Avaliação eletromiográfica .....	31
3.14 Tratamento estatístico .....	35
4 RESULTADOS .....	37
5 DISCUSSÃO .....	46
6 CONCLUSÃO .....	53
REFERÊNCIAS .....	54
APÊNDICES .....	59
ANEXO .....	62



## 1 INTRODUÇÃO

A elevação dos valores da pressão arterial (PA) em repouso representa um fator de risco isolado e contínuo para morbidade e mortalidade precoce, causadas por doenças cardiovasculares (DCV), segundo as VII Diretrizes Brasileira de Hipertensão (Malachias et al., 2016). Nesse sentido, um aumento na ordem de 20 mmHg na pressão arterial sistólica (PAS) ou de 10 mmHg na pressão arterial diastólica (PAD), em indivíduos entre 40 e 70 anos de idade, duplica o risco de ocorrência da DCV (Benjamin et al., 2017).

No Brasil, atualmente a estimativa de prevalência de hipertensão arterial sistêmica (HAS) varia de 23% a 44%, de acordo com a região do país (Ministério da Saúde, 2014), sendo um dos três diagnósticos mais frequentes em pacientes ambulatoriais e uma das principais causas de internações hospitalares, o que representa custos elevados para os cofres públicos (Siqueira et al., 2015).

Assim, a adoção de um estilo de vida saudável, que incluiu alimentação adequada e a prática de exercícios físicos regulares, torna-se indispensável para prevenção e controle da HAS (Malachias et al., 2016).

Uma das principais estratégias não farmacológicas para o controle da PA de repouso é a prática regular de exercícios físicos. Em uma revisão sistemática da literatura, Cornelissen e Smart (2013) verificaram redução de 8,3 mmHg para a PAS e 5,2 mmHg para a PAD de repouso, concluindo que o treinamento aeróbio (TA) reduz os valores da PA em repouso e que, clinicamente, atua favoravelmente em sujeitos hipertensos. Nessa revisão, os autores analisaram o treinamento aeróbio em 105 estudos (26 estudos com hipertensos), que treinaram em média 12 a 24 semanas (caminhada, trote, corrida ou ciclismo), com frequência de três a quatro sessões semanais,

intensidade de 65 a 85% da frequência cardíaca (FC) de reserva e duração de 35 a 40 min/sessão.

Os benefícios obtidos por hipertensos com a prática regular de atividade física se devem às adaptações crônicas do organismo a um trabalho acima dos níveis de repouso. Segundo Ribeiro e Laterza, 2014 o treinamento aeróbio provoca adaptações autonômicas e hemodinâmicas que melhoram, de forma expressiva, o funcionamento do sistema cardiovascular em hipertensos, provocadas pela redução da atividade nervosa simpática, melhora da sensibilidade barorreflexa arterial, bradicardia de repouso e elevação da concentração de óxido nítrico. O mecanismo que explica esse efeito do treinamento é a melhora da sensibilidade dos pressorreceptores que está prejudicada na hipertensão, o melhor controle barorreflexo da atividade nervosa simpática muscular e da frequência cardíaca que esta diminuída no hipertenso.

Dessa forma, a diminuição na ativação do sistema nervoso simpático em indivíduos hipertensos parece determinar menores níveis de pressão arterial nesses pacientes após um programa de treinamento físico aeróbio.

Outro tipo de exercício físico que foi incorporado no tratamento da PA de repouso foi o treinamento resistido (TR) (Sousa et al., 2017). Esse fato se justifica pelo aumento exponencial do número de publicações científicas nessa área ao longo das duas últimas décadas e, principalmente, devido aos benefícios relacionados à saúde que vêm sendo relatados, como à melhora da composição corporal (aumento da massa muscular, manutenção ou redução da gordura corporal, aumento da massa óssea) (Kim e Kim, 2014) e do sistema neuromuscular (aumento de força, resistência e potência muscular) (Gerage et al., 2013).

No ano de 2000, Kelley e Kelley realizaram uma revisão sistemática com metanálise e concluíram que o treinamento resistido reduziu a PAS/PAD em -2%/-4% respectivamente, e o estudo citado foi o pioneiro em mostrar a importância desse treinamento na melhora da PA de repouso.

Com base nessas informações, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (Pescatello et al., 2004) inseriu em suas recomendações a possibilidade da prática do TR, como parte de um programa de exercícios físicos na prevenção e controle da HAS. Uma nova metanálise, conduzida por Cornelissen et al. (2013), que incluiu 33 estudos (28 normotensos e 5 hipertensos) encontrou redução nos valores de PAS de 3,9 mmHg e PAD de 3,6 mmHg após um tempo de treinamento que variou de 6 a 52 semanas, duas a três vezes por semana, e intensidade de 30% a 65% de uma repetição máxima (1RM), em três tipos de programas de treinamento identificados nos estudos (estático, circuito e convencional). Os autores concluíram que o TR com intensidade moderada pode ser parte de uma estratégia de intervenção não farmacológica para prevenção e controle da HAS.

As adaptações desse tipo de treinamento para o hipertenso parece estar relacionado com alterações estruturais e funcionais, que são benéficas para a redução e/ou controle da PA. Especula-se que as adaptações do TR estão relacionadas a uma possível vasodilatação, provocada pelo acúmulo de metabólitos (o que é característico do treinamento resistido), provocando diminuição da resistência vascular periférica e/ou uma possível redução do volume plasmático em razão do extravasamento deste para o líquido intersticial em decorrência da execução do TR, induzindo diminuição do volume sistólico e do débito cardíaco (Ribeiro e Laterza, 2014).

Assim, apesar dos mecanismos responsáveis pela redução da PA em indivíduos ativos (normotensos ou hipertensos) e das respostas fisiológicas ainda não estarem totalmente esclarecidas, estas parecem depender da intensidade, duração, volume, tempo de descanso, cadência na execução dos exercícios, ordem dos exercícios (membros inferiores ou superiores), tipo da execução dos exercícios (multiarticulares ou monoarticulares) frequência de treino, condicionamento físico, tempo de treino, gênero, idade, massa muscular envolvida, tipo de exercício etc. Existem fortes indicativos que estes fatores influenciam a resposta da resistência total periférica e do débito cardíaco (Ribeiro e Laterza, 2014).

Um dos mecanismos responsáveis pelo controle da PA e frequência cardíaca (FC) é o sistema nervoso autônomo (SNA), constituído pelas vias simpáticas e parassimpáticas. Estudos mostraram que variações da FC, batimento a batimento (intervalos R-R), refletem a interação do sistema nervoso simpático e parassimpático, analisados pelo estudo da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Task Force, 1996; Lopes et al., 2013; Michael et al., 2017).

Dentre os métodos disponíveis para avaliar a VFC, a Sociedade Europeia e Americana de Cardiologia, orienta a utilização no domínio do tempo (DT) e/ou domínio da frequência (DF), sendo a análise no DT a forma mais simples, na qual a FC em qualquer ponto no tempo ou intervalos (R-R) correspondentes são determinados, e baseia-se em cálculos estatísticos. Já o DF, por meio da análise espectral, decompõe a VFC em componentes oscilatórios fundamentais (Task Force, 1996).

Como ferramenta de pesquisa, a VFC tem permitido entender o SNA em diferentes patologias do sistema cardiovascular, entre elas a HAS, pois, há um desequilíbrio entre o balanço simpato-vagal a favor do primeiro, e há evidências de que a sensibilidade do controle barorreceptor, prejudicada em indivíduos hipertensos, envolve principalmente mecanismos parassimpáticos (Carter e Ray, 2015). Estudos mostram que o treinamento físico melhora o equilíbrio simpato-vagal e aumenta a VFC em indivíduos normotensos (Farinatti et al., 2016a; Bahti et al., 2017) e hipertensos (Ribeiro e Laterza, 2014; Andrade et al., 2017).

Assim sendo, pode-se referir que, o treinamento físico previne e melhora o comportamento da PA de repouso (Farinatti et al., 2016) e diminui a FC de repouso de indivíduos normotensos (Bhati et al., 2017) e hipertensos (Andrade et al., 2017), além de promover adaptações crônicas ao sistema cardiorrespiratório e neuromuscular (Lima et al., 2017; Wilhelm et al., 2014).

Adaptações cardíacas fisiológicas em função do treinamento físico regular, podem aumentar a capacidade cardiorrespiratória de hipertensos. Como visto no estudo de Guedes et al. (2016) que observaram melhora da função cardiorrespiratória com aumento no  $VO_2$ máx, após 8 semanas de treinamento concorrente (aeróbio + resistido) em hipertensas.

Considerando as variáveis neuromusculares, Polito, em 2009, realizou uma revisão sistemática sobre a relação entre a força muscular e PA e observou que o aumento de força muscular está relacionado a queda na PA. Nessa revisão e em outra mais recente (Cornelissen e Smart, 2013), os autores observaram que a maioria dos estudos envolvendo o TR em indivíduos hipertensos, avaliaram e estudaram adaptações neuromusculares com testes de pressão

manual e 1RM, entretanto, são necessários estudos que observa de forma mais específicas as adaptações neuromusculares, tais como a eletromiografia de superfície e força muscular.

Segundo De Luca, 1997, a eletromiografia de superfície consiste no estudo da atividade das unidades motoras, por meio do monitoramento da atividade elétrica de membranas excitáveis, sendo uma avaliação quantitativa da função dos músculos superficiais.

Por meio da eletromiografia de superfície é possível avaliar o efeito de diferentes treinamentos. Pinto et al. (2016), concluíram que o treinamento combinado aumentou a ativação mioelétrica após 12 semanas de intervenção para os músculos reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) em idosas. Já o estudo de Sousa et al. (2017) investigando homens, observaram aumento no RMS (*root mean square*) dos músculos RF, VL e vasto medial (VM), após 21 semanas de treinamento resistido de baixa e alta intensidade.

Por outro lado, o estudo Gault et al. (2014), comparando o efeito do treinamento aeróbio de caminhada ao longo de 12 semanas, com 30 minutos de duração realizado 3 vezes por semana, observaram aumento de 36% da ativação do músculo do quadríceps, quando analisada a amplitude do sinal EMG, pelo RMS.

A análise da força muscular por meio de métodos objetivos, como a dinamometria, é uma variável importante para a avaliação do efeito de diferentes treinamentos. Ferreira et al. (2011), avaliaram a força do músculo quadríceps pelo dinamômetro, após 4 semanas de treinamento resistido no membro inferior de sujeitos hipertensos, os resultados mostraram aumento significativo da força isométrica máxima. Corroborando esse estudo, Silva et al. (2010) observaram

aumento da força de membros inferiores em idosas normotensas, após 12 semanas de treinamento concorrente avaliado pela dinamometria no membro dominante.

Outro tipo de exercício físico que vem sendo incorporado em academias e clínicas voltadas para tratamento de doenças crônicas, são os programas de treinamento físico combinado (TC), o TC é o tipo de treinamento em que são realizados exercícios aeróbios e resistidos ou de força numa mesma sessão. O desenvolvimento simultâneo da capacidade aeróbia e da força muscular é apontado como um importante parâmetro relacionado à saúde (Haskel et al., 2007).

O benefício de realizar o exercício combinado em detrimento aos isolados é a possibilidade de melhorar a força/resistência e simultaneamente a aptidão cardiorrespiratória, e como anteriormente mencionada desenvolver dois importantes componentes da aptidão física relacionada à saúde. Entretanto, o efeito do estímulo fisiológico dirigido para o músculo como resultado do treinamento de força e de resistência aeróbica é divergente em natureza e tem sido sugerido que são estímulos antagônicos para o ganho de força, essa influência negativa nos ganhos de força é conhecido como - efeito de interferência (Eddens et al., 2018).

Considerando que a recomendação de exercícios para indivíduos hipertensos sugere a realização do TC, para redução da PA (Pescatello et al., 2015), são necessários estudos que investiguem o tempo de treinamento a longo prazo em indivíduos hipertensos após o TC, uma revisão de Lambert et al., (2016) sobre o comportamento da PA em hipertensos após o TC, observou que o tempo de intervenção do treinamento nos estudos eram de curta prazo, assim,

faltam estudos na literatura observando o impacto do tempo de treinamento físico prolongado nessa população.

Desse modo, é importante investigar o tempo do TC de longo prazo não apenas acompanhando o comportamento da PA, e sim o efeito do tempo TC a longo prazo nas respostas sobre as capacidades físicas (capacidade aeróbica e força muscular) de hipertensos. Além disso, são poucos as informações observadas sobre as respostas do TC em hipertensos analisando a modulação autonômica da FC e a atividade elétrica muscular, o que poderia contribuir no entendimento das respostas sobre as capacidades físicas envolvendo hipertensos ativos.

Portanto, com base na literatura citada, esta pesquisa é justificada pela escassez de informações sobre a efetividade na prática de programas de treinamento físico combinado de longo prazo de intervenção em academias e clínicas de saúde para indivíduos com HAS e, se na prática profissionais da área de atividade física em seus programas de treinamento físico estão seguindo recomendações e diretrizes das variáveis de treino para essa população, objetivando alcançar melhores adaptações nos protocolos de treinamento realizados.

Considerando o exposto, tem-se como hipóteses que os hipertensos fisicamente ativos (que praticam treinamento físico combinado de longo prazo) em uma clínica de saúde apresentam condições musculoesqueléticas diferentes que hipertensos fisicamente não ativos, como maior produção de força muscular e maior atividade eletromiográfica (EMG) em uma mesma tarefa. Uma outra hipótese, é que o treinamento físico de longo prazo promova alterações nas



variáveis cardiorrespiratórias, sendo observado maiores valores no consumo máximo de oxigênio e na modulação parassimpática da VFC.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo da pesquisa foi observar o efeito do treinamento físico combinado de longo prazo, praticado em uma clínica de saúde, sobre a composição corporal, níveis pressóricos (PA), modulação autonômica da FC, aptidão cardiorrespiratória, força muscular de membros inferiores e atividade eletromiográfica dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e vasto medial (VM) em indivíduos hipertensos fisicamente ativos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Desenho do estudo**

Trata-se de um estudo observacional e transversal. Os procedimentos desta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba sob protocolo nº 62098916.7.0000.5507 (ANEXO). Os voluntários que aceitaram participar desta pesquisa assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE 1).

#### **3.2 Amostra**

A amostra foi composta por integrantes do gênero masculino de um programa de exercícios físicos para pacientes com doenças crônicas de uma operadora de saúde da cidade de Piracicaba-SP.

#### **3.3 Casuística**

Após uma análise dos prontuários médicos dos voluntários elegíveis para o estudo, foi feita uma busca de dados no sistema computadorizado “*Senior*” da operadora de saúde de 2007 a 2016 para verificar o tempo de treinamento físico, em sequência os voluntários foram divididos em dois grupos:

##### **Grupo hipertenso fisicamente ativo (HA)**

##### **Critério de inclusão:**

- Ter diagnóstico de HAS conforme a VII Diretrizes Brasileiras de Hipertensão (2016) e fazendo uso contínuo da medicação anti-hipertensiva.

- Estar há um ano no programa de exercícios físicos da operadora de saúde.
- Não apresentar disfunções ósteo-mioarticulares que comprometessem a realização dos exames físicos.
- Idade acima de 40 anos.

### **Grupo hipertenso fisicamente não ativo (HNA)**

#### **Critério de inclusão:**

- Ter diagnóstico de HAS conforme a VII Diretrizes Brasileiras de Hipertensão (2016) e fazendo uso contínuo da medicação anti-hipertensiva.
- Ser classificado como destreinado: ter experiência com o treinamento aeróbio e/ou treinamento resistido e que estavam a mais de 6 meses afastados dos treinamentos.
- Não apresentar disfunções ósteo-mioarticulares que comprometessem a realização dos exames físicos.
- Idades acima de 40 anos.

#### **Critérios de Exclusão**

Os **critérios de exclusão** para ambos grupos foram:

- Ser tabagistas.
- Ter cardiopatias associadas, doenças pulmonares crônicas e diabéticos do tipo

### 3.4 Local de Coleta e Recrutamento

O recrutamento dos voluntários da pesquisa foi realizado na operadora de saúde. O grupo HA foi recrutado por meio de anúncio verbal e convite na academia do programa. Para o grupo HNA, o recrutamento foi feito por anúncio verbal e ligações telefônicas, convidando os pacientes com doenças crônicas que realizavam consultas médicas na operadora de saúde a participarem da pesquisa. A coleta de dados foi realizada na operadora de saúde, em uma sala apropriada para avaliação eletromiográfica e outra sala específica para avaliação cardiovascular.

### 3.5 Determinação do tamanho da amostra

O cálculo para determinação do tamanho da amostra foi realizado com base em um estudo piloto de comparação entre grupos, composto por seis voluntários em cada grupo, a variável de desfecho utilizada foi da VFC, por ser a principal variável do estudo. Para o cálculo dessa variável utilizou-se a RMSSD ms (raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R) na posição ortostática, sendo essa escolhida por apresentar maior valor de desvio-padrão.

Os valores de média e desvio-padrão do RMSSD na posição supina do HA e HNA foram  $16,50 \pm 6,44$  e  $28,11 \pm 13,32$ , respectivamente. Fixando-se um power de 90% e um alpha de 5%, foi determinado o número de 15 voluntários por grupo. Utilizou-se para o cálculo o *software* BioEstat, versão 5.3 (Brasil).

### 3.6 Caracterização do Treinamento físico

De forma rotineira antes de começar a sessão de treinamento físico na academia da clínica de saúde, a verificação da PA e a glicemia sanguínea foram feitas por um enfermeiro. Após a liberação, a sessão consistiu em um treinamento combinado, divididos em 30 minutos de cada tipo de treino, com volume semanal de duas vezes. Importante esclarecer que, como norma da clínica de saúde na qual o estudo foi realizado, os indivíduos do programa de treinamento físico eram obrigados a ter uma frequência mensal de 87,5% de presenças, sendo que, o não cumprimento da regra implica no desligamento do indivíduo do programa de exercícios físico dessa clínica.

Como já pré-estabelecido pelo setor de atendimento o treinamento combinado seguiu sempre a mesma ordem, sendo o treinamento aeróbio em seguida o treinamento resistido.

O treinamento aeróbio foi realizado em esteira rolante com intensidade leve-moderado (50 a 75% da frequência cardíaca de reserva), antes de começar no programa de exercícios físicos na clínica de saúde, os indivíduos eram obrigados a fazer “uma vez por ano” o teste de esforço máximo de Ellestad com o cardiologista, desse modo, antes de começar as sessões de exercício aeróbio foi calculado a intensidade do treino pela equação de Karvonen:

$$\text{FC reserva} = \text{FC máxima (atingida no teste de esforço)} - \text{FC repouso}$$

$$\text{FC Treino} = \text{FC repouso} + (\% \text{ da FC reserva}).$$

O treinamento resistido foi feito em aparelhos de musculação e com pesos livres, divididos em treino A e B dependendo do volume semanal de treino. Esse treino consistiu em 8 a 12 exercícios divididos em multiarticulares (ex: supino máquina, remada máquina, crucifixo máquina, puxada, *legpress*, agachamento

etc.) e monoarticulares (ex: rosca bíceps, tríceps polia, panturrilha sentado, abdução de perna, cadeia extensora, mesa flexora etc.), a intensidade do treino de leve-moderado, com 10 a 15 repetições em 3 séries, com intervalo entre as séries e exercícios de um minuto.

Nesse clínica a execução dos exercícios não seguia uma ordem e não era controlada a cadência de execução dos exercícios, os voluntários poderiam começar o treinamento resistido pelos membros inferiores ou membros superiores e não era determinado fazer uma sequência de treino.

### **3.7 Procedimento experimental**

O procedimento experimental utilizado para avaliação de ambos os grupos foi realizado em duas etapas:

- Primeira - os voluntários responderam ao questionário de prontidão para atividade física (PAR-Q), em seguida realizaram uma avaliação cardiorrespiratória em teste de esforço máximo, em esteira ergométrica para determinar o  $VO_{2\text{pico}}$  e também foi realizado a avaliação antropométrica e da composição corporal.
- Segunda - os voluntários realizaram a avaliação cardiovascular (PA e VFC) e em seguida as avaliações de força muscular e atividade elétrica (EMG).

No mesmo dia da coleta na etapa 1, os voluntários responderam o questionário (PAR-Q) e preencheram uma ficha de avaliação elaborada pelo pesquisador, contendo informações sobre as comorbidades (hipertensão, diabetes, dislipidemia e obesidade), uso de medicamentos (tipo, dose, horário e

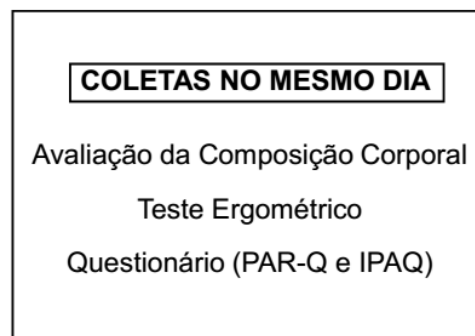
frequência) e outras variáveis relacionadas a prática de exercícios físicos. No seguimento, os voluntários passaram por uma avaliação antropométrica e de composição corporal de bioimpedância com a nutricionista da clínica de saúde e com o pesquisador, para as coletas de estatura, massa corporal, IMC, % de gordura, massa magra e massa gorda. Por fim, os voluntários foram encaminhados ao cardiologista para o procedimento da avaliação cardiorrespiratória, após assinarem um termo para realização do teste ergométrico (APÊNDICE 2).

Para o procedimento na etapa 2, os voluntários chegaram e foram encaminhados para a sala de análise cardiovascular, nessa sala os voluntários sentaram em uma cadeira confortável e depois de 10 minutos fizeram as coletas da PA. Em seguida, colocaram a cinta elástica do cardiofrequencímetro e deitaram em uma maca, durante o período de repouso de 10 minutos. Após esse período, foi coletada a VFC na posição supina. Por fim, os voluntários foram encaminhados para a sala da avaliação neuromuscular para as coletas de força muscular e EMG.

A representação gráfica do procedimento experimental pode ser observada na figura 1.



## ETAPA 1



## ETAPA 2

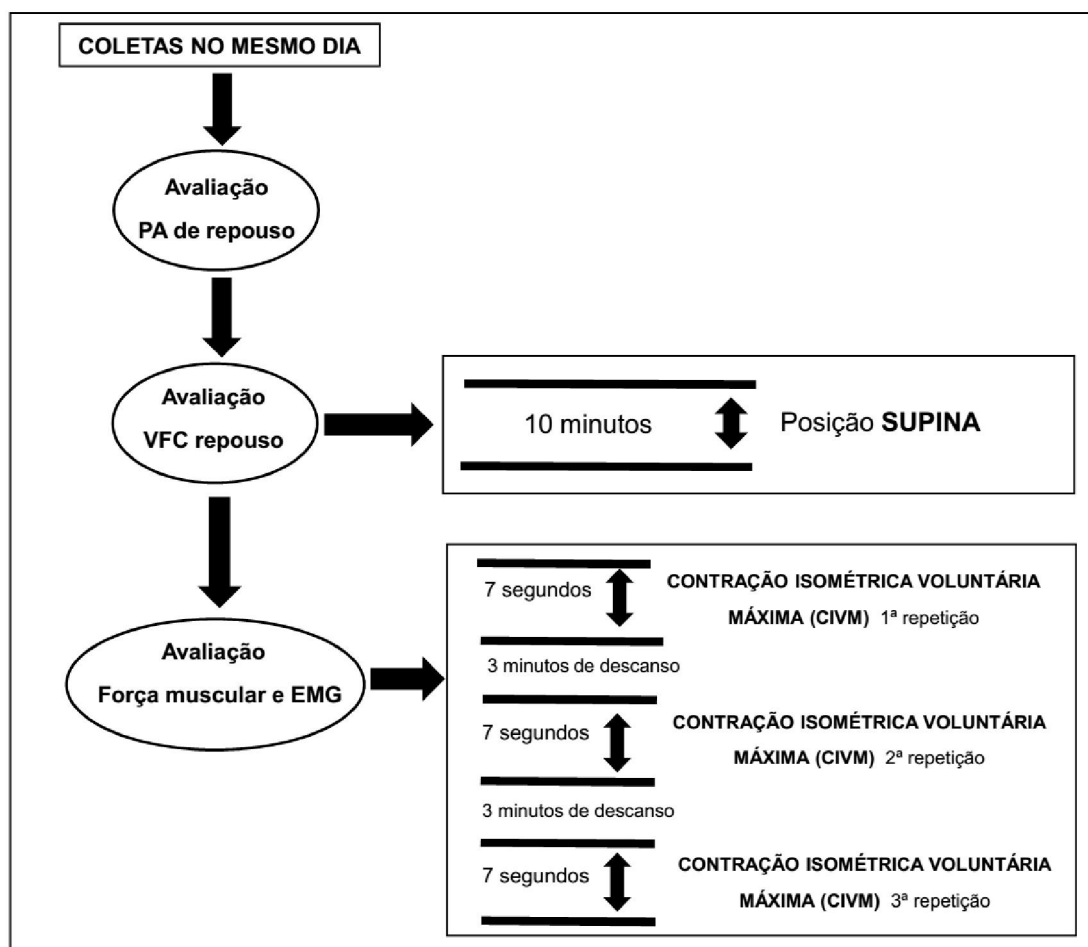


Figura 1 – Procedimento experimental

Para todos os procedimentos de coletas os voluntários seguiram algumas orientações:

- Avaliação da composição corporal: fazer jejum de alimentos e bebidas nas 4 horas que antecedem o horário do teste, não praticar exercícios físicos 24 horas antes do teste, não consumir bebidas alcólicas um dia antes do teste, não estar febril no dia do teste, urinar pelo menos 30 minutos antes da realização do teste, tomar dois copos de água (500ml) duas horas antes do teste, evitar o consumo excessivo de alimentos ricos em cafeína (chocolates, chás escuros e café) nos dois dias que antecedem o teste e os objetos metálicos devem ser removidos (anéis, cordões, pulseiras, relógios metálicos, etc).
- Medida da PA e VFC: foram instruídos a evitar a ingestão de cafeína, chá, refrigerantes, bebidas alcólicas ou quaisquer outros estimulantes na noite anterior e no dia da coleta de dados, não realizar esforços físicos extenuantes no dia anterior e no dia da aplicação dos protocolos, ter feito uma alimentação leve e tomado o remédio anti-hipertensivo no mínimo 2 horas antes dos experimentos e evitar continência urinária.

### **3.8 Avaliações antropométrica e composição corporal**

Para análise antropométrica e de composição corporal foi realizado um teste de impedância bioelétrica (BIA), utilizando-se uma balança (*InBody 230*, *Bioscape-Korea*) com sistema tetrapolar de oito eletrodos e duas frequências 20 kHz e 100 kHz de impedância na medida (Figura 3) e com um estadiômetro de metal, com precisão de 0,1 cm para coleta da estatura (cm).

A partir desse teste, foram avaliadas e registradas a massa corporal (kg), porcentagem de Gordura (%), massa muscular (kg), massa gorda (kg) e posterior cálculo do índice de massa corporal (IMC), por meio da relação entre a massa corporal (kg) e estatura ao quadrado (m).



Figura 3 – Balança *InBody 230*

### **3.9 Avaliação da aptidão cardiorrespiratória**

O  $VO_{2\text{pico}}$  e a FC máxima foram determinados por um teste em esteira ergométrica (MICROMED, Centurion 100) (Figura 4) com o voluntário monitorado por meio do eletrocardiógrafo (ECG MICROMED Digital). O protocolo de teste progressivo de Ellestad et al.(1969) foi utilizado. Anteriormente ao início do teste, a  $FC_{\text{Max}}$  foi estimada pela equação proposta no estudo de

Shargal et al. (2015). O teste foi composto por estágios de 3 minutos, sendo iniciado com velocidade de 2,7 km/h e inclinação de 10%. A cada estágio, acrescentou 1,3 km/h na velocidade e 2% na inclinação, até que ocorreu a exaustão ou o aparecimento de sinais e sintomas limitantes para o teste. A  $FC_{Max}$  foi considerada a maior FC obtida durante o teste ou quando atingiu a FC estimada. O  $VO_{2pico}$  foi estimado pela fórmula de Ellestad:

$$VO_{2\text{ pico}} = 4,46 + (3,933 \times \text{tempo alcançado no teste ergométrico})$$

Todos os testes foram acompanhados por um cardiologista, o qual identificou sinais ou sintomas que limitassem o esforço.



Figura 4 – Esteira ergométrica

### 3.10 Avaliação da pressão arterial

Para a medida da PA foi utilizado um esfigmomanômetro automático (OMRON HEM-7113, Japão) (Figura 5), de acordo com as recomendações da VII Diretrizes Brasileiras de Hipertensão (2016). Inicialmente, os voluntários permaneceram confortavelmente sentados por 10 minutos em ambiente calmo,

a avaliação foi individualizada, ou seja, permaneceram na sala de avaliação somente o voluntário e o avaliador. Após esse período, a PAS e PAD foi medida três vezes com um intervalo de 3 minutos entre elas, considerando como PA de repouso a média das três aferições.



Figura 5 – Aparelho de pressão arterial automático

### **3.11 Análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC)**

Este teste teve como objetivo avaliar a variabilidade da resposta da FC, para verificar a modulação do controle autonômico cardíaco na condição de repouso.

Todos os voluntários foram avaliados no período matutino para evitar as diferentes respostas fisiológicas, com temperatura média de  $23,01 \pm 0,76$  grau Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa (%) de  $55,62 \pm 3,99$  registradas por um termohigrômetro digital externo (Thermo-Hydro).

Para a realização dos testes fez-se assepsia da pele com algodão e álcool, na região de colocação da cinta com transmissor codificado e, quando necessário, foi realizada tricotomia. Durante a coleta, os voluntários foram orientados a não falar, não realizar movimentos bruscos e de grande amplitude,

e não dormir.

Para a captação da FC e dos iR-R, foi utilizado um cardiofrequencímetro Polar® modelo RS800CX (Polar Electro Co.Ltda. Kempele, Oulu, Finland) (Figura 6a). Este sistema tem incorporado um microprocessador para detectar instantaneamente a despolarização ventricular, correspondendo a onda R do ECG, com uma frequência de amostragem de 500 Hz e resolução temporal de dois milissegundos (ms), assim, calculando a FC instantaneamente e armazenando os iR-R.

Este dispositivo captou os iR-R por meio de eletrodos ligados a uma cinta elástica colocada ao redor do tórax, na altura do 5° espaço intercostal e os sinais eletrônicos foram constantemente transmitidos e armazenados em um receptor através de um campo eletromagnético para posterior análise e cálculo dos valores da VFC (Figura 6b). Os dados obtidos pelo cardiofrequencímetro foram transferidos para um notebook (Dell, Brasil) usando software Polar Precision Performance por meio de uma interface com um dispositivo de infravermelho, que foi posicionado a uma distância de 10 cm e angulação de 15° para a emissão do sinal (Figura 6). Em seguida, esse banco de dados foi exportado como texto e os sinais da FC processados para calcular a VFC usando o software específico Kubios HRV Analysis software (MATLAB, version 2 beta, Kuopio, Finl Finland), o qual calculou os valores da VFC com base em iR-R. A coleta dos dados seguiu as seguintes etapas:

- **1ª etapa:** inicialmente os voluntários mantiveram-se por aproximadamente 10 minutos em repouso na posição supina, para que as variáveis cardiovasculares, pressão arterial e frequência cardíaca, ficassem em condições basais.

- **2ª etapa:** posteriormente ao repouso iniciou-se a coleta na posição supina durante 10 minutos.

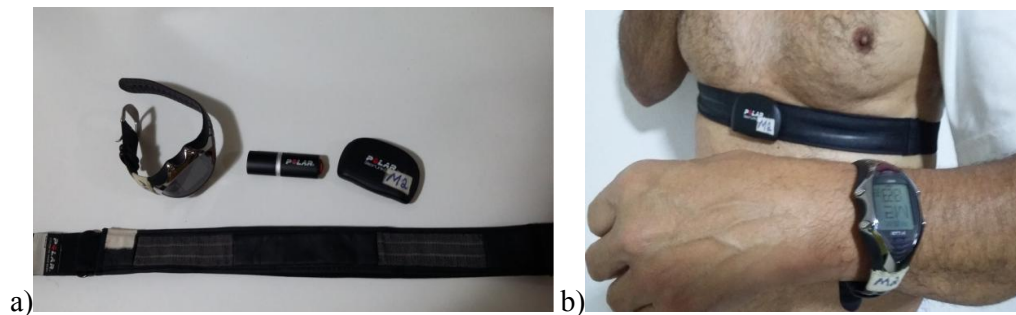


Figura 6 – a) Polar® RS800CX b) Localização da cinta em um voluntario

Para a análise dos dados foi realizada utilizando-se modelos lineares e não lineares. Para a análise no domínio do tempo (DT), inicialmente foi realizada uma inspeção visual da distribuição dos iR-R (ms) obtidos no tempo da coleta na postura supina, para seleção dos trechos com maior estabilidade no traçado dos iR-R. Em seguida, os mesmos foram analisados desde que compreendessem, no mínimo 5 minutos de registro ou 256 batimentos consecutivos (Task Force, 1996).

No período selecionado, foram calculados os índices dos iR-R (ms) no domínio do tempo: RMSSD – raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R no registro, divididos pelo número de iR-R da série de dados selecionados menos um; SDNN - desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais, expresso em milissegundos (Task Force, 1996).

A análise no domínio da frequência (DF) foi realizada nas mesmas condições e trechos selecionados para análise no DT. Utilizou-se a análise espectral pelo modelo auto regressivo. O valor do componente de potência espectral total foi obtido a partir das bandas de muito baixa frequência (MBF:

0,003-0,04 Hz), de baixa frequência (BF: 0,04 a 0,15 Hz), e de alta frequência (AF: 0,15 a 0,4 Hz), em unidades absolutas ( $\text{ms}^2$ ). Os dados das bandas de BF e AF foram também transformados em unidades normalizadas (un) pela divisão do valor absoluto de um componente de BF ou de AF ( $\text{ms}^2$ ) pelo componente de potência espectral (CPE) total, subtraído do valor absoluto da MBF e então multiplicado por 100 ( $\text{AF} / (\text{CPE} - \text{MBF}) \times 100$ ) ou ( $\text{BF} / (\text{CPE} - \text{MBF}) \times 100$ ). A banda de BF tem sido atribuída à modulação do sistema nervoso simpático e parassimpático com predominância simpática, a banda de AF está correlacionada à atividade vagal e a razão BF/AF representa o balanço simpato/vagal (Task Force, 1996).

Já a análise do plot de Poincaré é baseada na dinâmica não linear, sendo um método geométrico para análise da dinâmica das variações dos iR-R. Constitui-se de um mapa de pontos em coordenadas cartesianas, construído a partir dos valores dos iR-R obtidos, onde cada ponto foi representado no eixo x (horizontal/abscissa) pelo intervalo R-R normal precedente e, no eixo y (vertical/ordenada), pelo intervalo R-R seguinte (Carvalho et al., 2011).

Para análise quantitativa do plot, pelo ajuste da elipse da figura formada pelo atrator, foram calculados os seguintes índices: SD1 (desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento), e SD2 (desvio-padrão em longo prazo dos intervalos R-R contínuos). O SD1 relaciona-se ao registro instantâneo da variabilidade batimento-a-batimento, representando a atividade parassimpática, enquanto o índice SD2 representa a VFC, em registros de longa duração, e reflete a variabilidade global.



### 3.12 Avaliação da força muscular de membros inferiores

Para mensuração da força muscular no membro inferior dominante, determinado pelo lado que o voluntário chuta a bola, foi utilizada uma célula de carga, modelo MM-100 (KRATOS® Brasil) (Figura 7a) o aparelho possuía escala em Kgf com capacidade de leitura de 0 a 100 Kgf e foi conectado diretamente em um dos canais do módulo de aquisição de sinais, modelo EMG 830C (EMG System do Brasil, São José dos Campos, Brasil), sendo utilizado uma frequência de amostragem de 2000 Hz.

O posicionamento do voluntário foi sentado em uma cadeira, sem apoiar os pés no chão, com os joelhos na posição de 90 graus e com o tronco ereto apoiado em um encosto. O posicionamento da célula de carga foi paralelo ao chão, fixada na parede acoplada em parafusos de alturas diferentes e no tornozelo do voluntário (Figura 7b). A célula de carga foi utilizada para a avaliação da força durante a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) na extensão do joelho dominante. Todos os voluntários foram previamente treinados no dia da coleta para a utilização do instrumento, sendo solicitado que não levantassem o quadril (para isso foi colocado um cinto sobre a coxa do voluntário) e que segurassem no canto da cadeira durante o movimento e fizesse a maior força possível com a perna no movimento de extensão do joelho. Foi realizado o incentivo verbal por parte do avaliador durante a CIVM.

O dado da força muscular foi processado *off line* por meio do software Matlab® 8.5.0.1976.13 (R2015a, MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, USA). Os parâmetros da força muscular foram processados, por meio do cálculo do valor pico (máximo de força-Kgf) e do cálculo do valor médio de força (kgf) sobre

os sete segundos de CIVM. Foi utilizado o valor médio dentre as três repetições da CIVM de extensão do joelho para os cálculos estatísticos subsequentes.

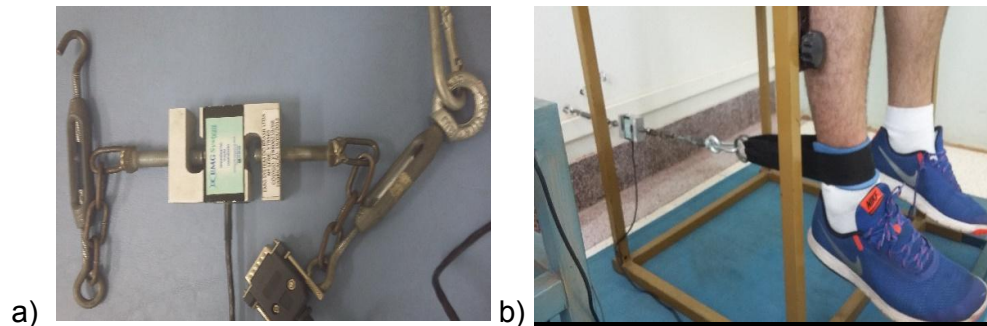


Figura 7 – a) Modelo da célula de carga b) Posicionamento no voluntário

### 3.13 Avaliação eletromiográfica

Para coleta dos sinais de eletromiografia de superfície (EMG) foi utilizado um módulo de aquisição de sinais de 8 canais modelo EMG 830C (EMG System do Brasil, São José dos Campos, Brasil) com software da EMG System do Brasil (São José dos Campos, Brasil), conversor analógico/digital com resolução de 16 bits e frequência de amostragem de 2000 Hz por canal (Figura 8), seguindo as recomendações da *International Society of Electrophysiology and Kinesiology* (ISEK). O sistema de aquisição de sinais foi conectado a um notebook (Dell) via USB e a uma bateria com capacidade de  $\pm 12$  volts e 1.8 ampère-hora.

Foram utilizados três eletrodos de superfície (LYNX®) ativos simples diferencial, com duas barras de prata de 10 mm de comprimento por 1 mm de largura cada, posicionadas em paralelo e separadas entre si em 10 mm. O encapsulamento do eletrodo apresenta a forma retangular, constituído de PVC (35 mm x 20 mm x 10 mm). Estes eletrodos apresentam um circuito pré-amplificador com ganho de 20 vezes, totalizando uma amplificação de 1000

vezes, IRMC >100 dB, impedância de entrada >10 MΩ e razão ruído/sinal ≤3 μV e foram conectados através de cabo coaxial de 1,40 metros de comprimento (Figura 9a). O eletrodo de referência (Figura 9b), de 1 cm de diâmetro e composto de Ag /AgCl (conectado a um sítio de captação descartável, auto-adesivo untado com gel da marca Meditrace®), foi colocado na patela do lado dominante.

Quanto à colocação dos eletrodos foi realizada tricotomia da região e limpeza da pele com álcool 70%, a fim de reduzir a impedância da pele e eliminar interferências produzidas por pelos ou secreções. A colocação dos eletrodos seguiu as recomendações de Cram, Kasman e Haltz (1998): **músculo reto femoral (RF)**, 1/2 da distância entre o joelho e a espinha ilíaca; **vasto lateral (VL)**, 3 a 5 cm seguindo um ângulo oblíquo acima da borda lateral da patela e **vasto medial (VM)**, 2 cm da borda superior da patela seguindo um ângulo oblíquo no sentido medial, no membro inferior dominante dos voluntários (Figura 10a).

Para o correto posicionamento dos eletrodos foi realizada prova de função dos músculos avaliados, de acordo com Kendall et al. (2007). Os sinais eletromiográficos coletados foram armazenados para posterior visualização e processamento. Para a coleta do sinal eletromiográfico dos músculos supracitados o voluntário foi sentado em uma cadeira, sem apoiar os pés no chão, com os joelhos na posição de 90 graus e com o tronco ereto apoiado em um encosto. A aquisição do sinal mioelétrico foi realizada durante a extensão do joelho no membro dominante (Figura 10b), sendo solicitado ao voluntário que não levantasse o quadril (para isso foi colocado um cinto sobre a coxa do voluntário) e que segurasse no canto da cadeira durante o movimento e fizesse

a maior força possível com a perna no movimento de extensão do joelho. Foi realizado o incentivo verbal por parte do avaliador durante a CIVM.

O sinal eletromiográfico foi coletado três vezes durante a contração isométrica voluntária máxima (CIVM), por 7 segundos, com intervalo de 3 minutos entre eles.



Figura 8 – Módulo de aquisição de sinais EMG 830C (EMG System do Brasil)

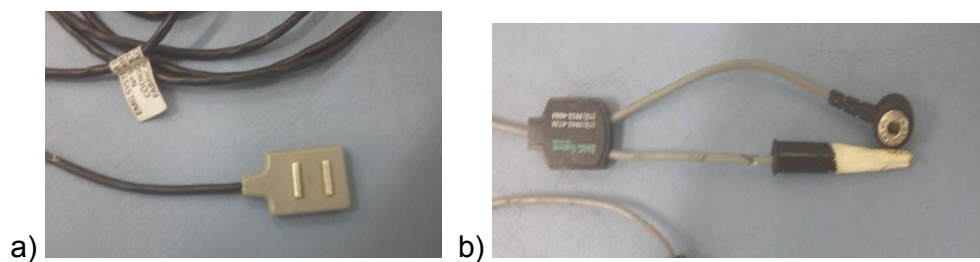


Figura 9- a) Eletrodo ativos simples diferencial b) Eletrodo de referência



Figura 10 – a) Colocação dos eletrodos b) Coleta do sinal eletromiográfico

O processamento do sinal da EMG foi processado *off line* por meio do software Matlab® 8.5.0.1976.13 (R2015a, MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, USA)

Para o processamento do sinal EMG foi aplicado um filtro digital do tipo Butterworth de 4ª ordem, com atraso de fase zero, com passa alta de 10 Hz e passa baixa de 400 Hz. Foi eliminado sempre o primeiro e o último segundo de cada sinal EMG a fim de evitar quaisquer interferências que tivessem ocorrido no início e fim de cada coleta.

O parâmetro da EMG foi processado no domínio do tempo, para determinação dos valores de *root mean square* (RMS) obtido por meio do cálculo

da raiz quadrada da média dos quadrados do sinal EMG, com intuito de avaliar a magnitude da atividade elétrica dos músculos supracitados durante o protocolo de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de extensão do joelho. Nessa pesquisa, foi utilizado o valor médio de RMS dentre as três repetições da CIVM para os cálculos estatísticos subsequentes.

É importante ressaltar, que considerando a eliminação do primeiro e último segundo de sinal coletado para todas as tarefas analisadas nesta pesquisa, utilizou-se 5 segundos de sinal na tarefa de CIVM para processamento do parâmetro RMS, visto originalmente apresentarem sete segundos.

### **3.14 Tratamento estatístico**

Todos os dados da pesquisa foram submetidos ao teste de normalidade, teste de *Shapiro-wilk* e ao teste de homogeneidade das variâncias, teste de *Levene*. Todos os dados foram descritos em média e desvio-padrão e apresentaram normalidade e homogeneidade das variâncias.

Para comparações intergrupo das variáveis de força máxima, VFC, PA repouso, avaliações antropométricas e teste de esforço máximo foi utilizado o teste *t* de *Student* independente e para comparação dos dados EMG (RMS), durante a extensão isométrica máxima do joelho, foi utilizado o teste ANOVA two-way medidas repetidas com correção de Bonferroni, considerando como *between-subjects* (GRUPO: treinado e sedentário) e *within-subjects* (MÚSCULO: reto femoral, vasto medial e vasto lateral). No teste ANOVA observou-se primeiramente a interação GRUPO x MÚSCULO, e secundariamente, o efeito principal de GRUPO e de MÚSCULO.

A análise estatística da confiabilidade dos dados para força máxima e parâmetros EMG de cada músculo, considerando as três repetições coletadas nesta pesquisa, foi averiguada pelo resultado do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), modelo: *two-way mixed*; tipo: *absolute agreement*; confiabilidade calculada: *single measurement*. Para o Coeficiente de Correlação Intraclasse os valores foram interpretados segundo Weir (2005):  $ICC < 0,40$  (baixa confiabilidade),  $ICC \geq 0,40$  a  $\leq 0,75$  (boa confiabilidade) e  $ICC > 0,75$  (excelente confiabilidade). Também foi analisado o erro padrão da mensuração por meio da fórmula:  $EPM = \text{Desvio} - \text{Padrão} * \sqrt{1 - ICC}$ .

Para verificar a homogeneidade dos medicamentos utilizados e das doenças entre os grupos, foi utilizado o Teste exato de Fischer em uma tabela de contingência 2x2.

Para todos os testes utilizados foi adotado um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). O processamento dos dados foi realizado por meio do software SPSS®, versão 20.0 (Chicago, IL, USA).

## 4 RESULTADOS

### Amostra do estudo

A amostra final desta pesquisa foi composta por 30 voluntários, alocados em dois grupos: 15 homens no grupo hipertensos fisicamente ativos (HA) e 15 homens no grupo hipertensos fisicamente não ativos (HNA), de acordo com o fluxograma apresentado na figura 2.

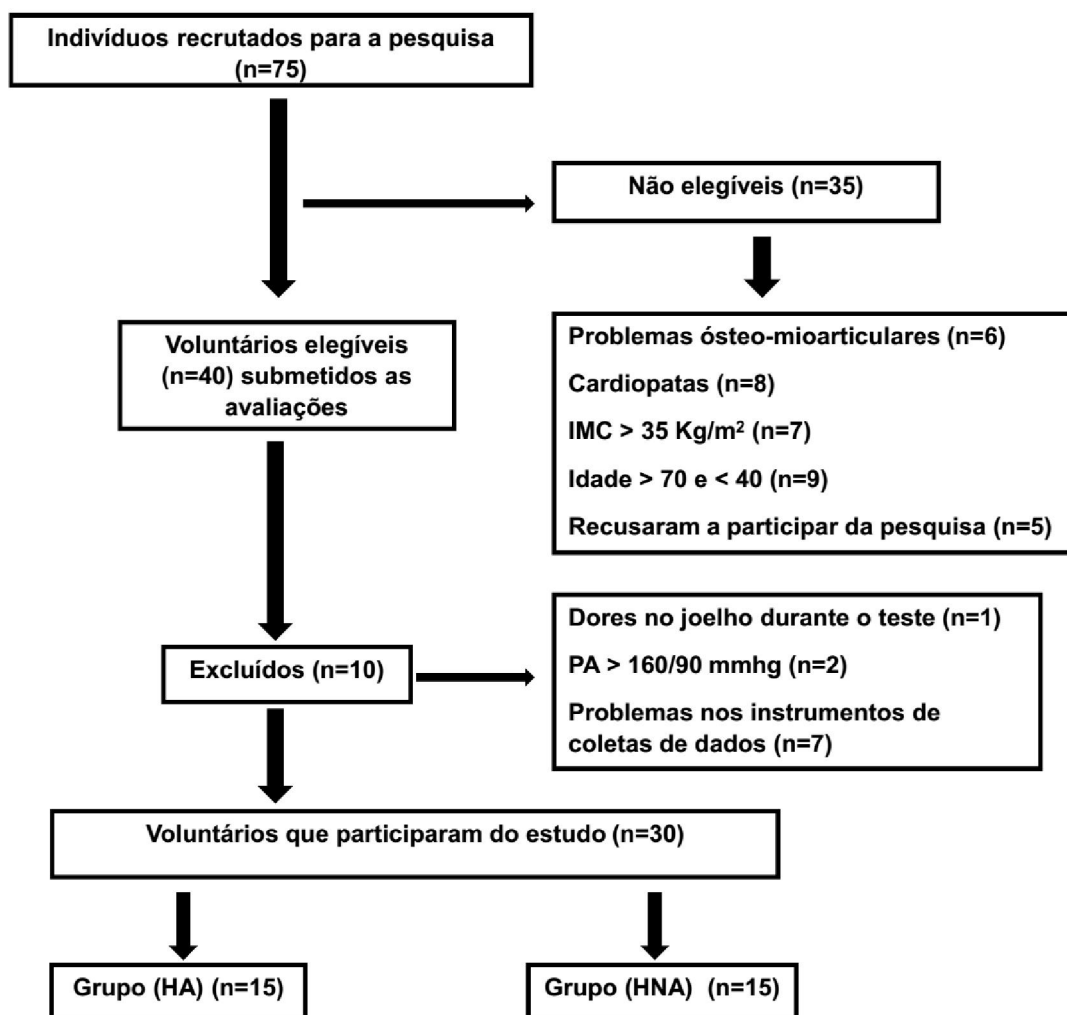


Figura 2 – Fluxograma de recrutamento dos voluntários



### Caracterização da amostra

A Tabela 1 retrata a caracterização da amostra, no qual não foi observado diferenças significativas nas variáveis de massa corporal, estatura e idade entre os grupos. Com relação as doenças e utilização dos medicamentos, os grupos são homogêneos.

Tabela 1 – Caracterização da amostra (média  $\pm$  desvio-padrão).

Variáveis	Grupo ativo Hipertenso HA (n=15)	Grupo não ativo Hipertenso HNA (n=15)	Valor de p
Idade (anos) <sup>a</sup>	56,23 $\pm$ 7,38	56,30 $\pm$ 7,01	0,97
Massa Corporal (Kg) <sup>a</sup>	89,19 $\pm$ 11,07	95,96 $\pm$ 10,4	0,12
Estatura (m) <sup>a</sup>	1,71 $\pm$ 0,04	1,702 $\pm$ 0,06	0,94
Tempo de treino (anos)	5,35 $\pm$ 3,43		
<b>Doenças <sup>b</sup></b>			
	<b>n / t</b>	<b>n / t</b>	
HAS	15 / 7,23	15 / 7,66	
DLP	11 / 6,21	7 / 6,20	
DM 2	5 / 7,20	5 / 7,80	
	<b>n</b>	<b>n</b>	
Obesidade (IMC > 30)	9	12	
<b>Medicamentos <sup>b</sup></b>			
	<b>n</b>	<b>n</b>	
Diovan	2	3	
Losartana	8	7	
Atenolol	2	3	
Enalapril	3	2	
Sinvastatina	5	4	
Rosuvastatina	5	3	
Ciprofibrato	1	0	
Metformina	4	5	
Outros	11	8	

<sup>a</sup> teste *t* de *Student*; <sup>b</sup> teste exato de *Fischer*. IMC -índice de massa corporal; HAS – hipertensão arterial; DLP – dislipidemias; DM 2 – diabetes mellitus tipo 2; n – número de voluntários da amostra; t – tempo médio em anos da doença.

### Variáveis antropométricas e de composição corporal

A tabela 2 expressa valores da avaliação antropométrica e de composição corporal intergrupos. Houve diferença significativa na massa muscular, massa gorda e no índice de massa corporal entre os grupos. A massa muscular foi maior, a massa gorda e o IMC foram menores no grupo fisicamente ativo hipertenso em relação ao fisicamente não ativo hipertenso, com relação a porcentagem de gordura não houve diferença entre os grupos.

Tabela 2 – Análise intergrupos da avaliação antropométrica e composição corporal.

	Média ± Desvio-padrão	Valor de p
<b>MM – massa muscular (Kg)</b>		
Grupo hipertenso ativo	35,87 ± 2,42 *	0,02
Grupo hipertenso não ativo	33,14 ± 3,04	
<b>MG – massa gorda (Kg)</b>		
Grupo hipertenso ativo	29,03 ± 5,29 *	0,01
Grupo hipertenso não ativo	33,98 ± 4,30	
<b>%G – porcentagem de gordura corporal</b>		
Grupo hipertenso ativo	30,73 ± 4,99	0,08
Grupo hipertenso não ativo	33,72 ± 3,40	
<b>IMC – índice de massa corporal (Kg/m<sup>2</sup>)</b>		
Grupo hipertenso ativo	29,99 ± 3,61 *	0,02
Grupo hipertenso não ativo	32,85 ± 2,07	

\* diferença significativa (P<0.05); teste *t de Student*.

## Variáveis cardiorrespiratórias

### Aptidão cardiorrespiratória e pressão arterial

A tabela 3 mostra a comparação intergrupos da PA e das variáveis do teste de esforço máximo. Não foi observado diferença significativa entre os grupos para PA, entretanto, houve diferenças nas variáveis do teste de esforço máximo para o  $VO_{2\text{pico}}$ ,  $FC_{\text{máx}}$  e o tempo alcançado no teste, sendo os maiores valores observados no grupo fisicamente ativo treinado.

Tabela 3 – Análise intergrupos da pressão arterial (PA) e das variáveis após teste de esforço máximo.

	Média ± Desvio-padrão	Valor de p
<b>Pressão arterial sistólica (mmHg)</b>		
Grupo hipertenso ativo	126,20 ± 5,28	0,83
Grupo hipertenso não ativo	125,73 ± 7,10	
<b>Pressão arterial diastólica (mmHg)</b>		
Grupo hipertenso ativo	76,20 ± 5,53	0,056
Grupo hipertenso não ativo	78,93 ± 5,96	
<b>FC<sub>máx</sub> – frequência cardíaca máxima no teste (bpm)</b>		
Grupo hipertenso ativo	161,40 ± 10,52 *	0,01
Grupo hipertenso não ativo	152,06 ± 8,40	
<b>Tempo alcançado no teste (min)</b>		
Grupo hipertenso ativo	9,19 ± 0,79 *	0,001
Grupo hipertenso não ativo	7,66 ± 0,66	
<b>VO<sub>2pico</sub> - consumo de oxigênio pico no esforço máximo (ml.Kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>)</b>		
Grupo hipertenso ativo	40,57 ± 2,98 *	0,001
Grupo hipertenso não ativo	34,58 ± 2,60	

\* diferença significativa (P<0.05); teste *t de Student*.

### **Modulação autonômica da FC**

Na tabela 4 estão apresentados os valores intergrupos da VFC na posição supina, no qual foi observado diferença significativa para as variáveis Média dos iRR e Média da FC. No grupo fisicamente ativo hipertenso a média dos intervalos RR foi maior do que no grupo fisicamente não ativo hipertenso, em contrapartida, a média da frequência cardíaca foi menor para o grupo fisicamente ativo hipertenso. Com relação as outras variáveis da VFC não houve diferenças entre os grupos.

Tabela 4 – Análise intergrupos da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) na posição supina.

	Média ± Desvio-padrão	Valor de p
<b>Média iRR – média de todos os intervalos RR normais (ms)</b>		
Grupo hipertenso ativo	937,58 ± 95,44 *	0,01
Grupo hipertenso não ativo	852,33 ± 92,80	
<b>Média FC – média de frequência cardíaca (bpm)</b>		
Grupo hipertenso ativo	64,37 ± 5,80 *	0,001
Grupo hipertenso não ativo	71,96 ± 6,16	
<b>SDNN - desvio-padrão da média dos iRR normais (ms)</b>		
Grupo hipertenso ativo	21,83 ± 8,38	0,57
Grupo hipertenso não ativo	23,44 ± 7,22	
<b>RMSSD - raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre iRR adjacentes (ms)</b>		
Grupo hipertenso ativo	21,42 ± 10,51	0,53
Grupo hipertenso não ativo	23,53 ± 8,53	
<b>BF – baixa frequência (n.u.)</b>		
Grupo hipertenso ativo	61,11 ± 19,83	0,42
Grupo hipertenso não ativo	55,38 ± 19,21	
<b>AF – alta frequência (n.u.)</b>		
Grupo hipertenso ativo	38,86 ± 19,72	0,31
Grupo hipertenso não ativo	45,95 ± 17,88	
<b>Razão (BF/AF)</b>		
Grupo hipertenso ativo	2,34 ± 1,80	0,37
Grupo hipertenso não ativo	1,83 ± 1,51	
<b>SD1 - desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento (ms)</b>		
Grupo hipertenso ativo	15,34 ± 7,46	0,54
Grupo hipertenso não ativo	16,85 ± 6,06	
<b>SD2 - desvio-padrão em longo prazo dos iRR contínuos (ms)</b>		
Grupo hipertenso ativo	46,76 ± 21,39	0,51
Grupo hipertenso não ativo	42,06 ± 17,20	

\*diferença significativa ( $P < 0.05$ ); teste *t* de Student. ms – milissegundos; n.u. – unidades normalizadas.

### Variáveis neuromusculares

Quanto ao nível de confiabilidade geral dos dados neuromusculares (força muscular e atividade elétrica) entre as 3 repetições durante a contração isométrica máxima de extensão do joelho, considerando o coeficiente de correlação intraclassa (ICC) e erro padrão da mensuração (EPM), a força máxima de extensão do joelho apresentou excelente confiabilidade (ICC=0,88; EPM=10,46 Kgf). Além disso, nos parâmetros EMG, foram constatados excelente nível de confiabilidade geral para o RMS dos músculos reto femoral (ICC=0,84; EPM: 48,04  $\mu$ V), vasto lateral (ICC=0,96; EPM: 57,46  $\mu$ V) e vasto medial (ICC=0,97; EPM: 78,61  $\mu$ V).

### Força muscular

A tabela 5 expressa os valores referentes a força muscular, no qual foi constatado diferença significativa intergrupos na força máxima durante a contração isométrica de extensão do joelho, com valores maiores para o grupo fisicamente ativo hipertenso.

Tabela 5 – Análise intergrupos da força máxima durante a contração isométrica de extensão do joelho.

	Média $\pm$ Desvio-padrão	Valor de p
<b>Força máxima - contração isométrica de extensão do joelho (kgf)</b>		
Grupo hipertenso ativo	60,47 $\pm$ 8,96 *	0,02
Grupo hipertenso não ativo	52,16 $\pm$ 8,99	

\* diferença significativa (P<0.05); teste *t de Student*.

### **Atividade eletromiográfica**

A tabela 6 mostra a estatística descritiva dos parâmetros de RMS durante a contração isométrica máxima de extensão do joelho, na qual foi observada ausência de interação significativa GRUPO x MÚSCULO para os músculos avaliados por meio do parâmetro RMS ( $F=0,63$ ;  $p=0,53$ ). Entretanto, observou-se efeito principal “MÚSCULO” significativo no parâmetro RMS ( $F=59,74$ ;  $p\leq 0,001$  - sem considerar GRUPO), estando a atividade elétrica significativamente maior para os músculos vasto medial, vasto lateral e reto femoral, respectivamente. Além disso, não houve efeito principal “GRUPO” significativo para o parâmetro RMS ( $F=4,42$ ;  $p=0,054$  - sem considerar MÚSCULO).

Na tabela 6 não foi observada diferença significativa entre os grupos no parâmetro RMS para nenhum músculo, entretanto, a atividade elétrica do músculo vasto medial foi maior em relação ao vasto lateral ( $p<0,05$ ) e reto femoral ( $p<0,01$ ), bem como, o músculo vasto lateral foi maior do que o reto femoral ( $p<0,05$ ) dentro do grupo fisicamente ativo hipertenso.

No grupo fisicamente não ativo hipertenso o comportamento da atividade elétrica dos músculos foi igual ao grupo fisicamente ativo, ou seja a atividade do músculo vasto medial foi maior do que o vasto lateral ( $p<0,05$ ) e o reto femoral ( $p<0,01$ ), bem como, o músculo vasto lateral foi maior do que o reto femoral ( $p<0,01$ ).

Tabela 6 – Análise intergrupo do parâmetro RMS durante a contração isométrica máxima de extensão do joelho.

	<b>Média ± Desvio-padrão</b>	<b>Média da diferença (IC 95%)</b>
<b>RMS - Músculo reto femoral (µV)</b>		
Grupo hipertenso ativo	101,88 ± 46,04	+27,01 (-3,50 \ 57,53)
Grupo hipertenso não ativo	74,87 ± 32,81	
<b>RMS - Músculo vasto lateral (µV)</b>		
Grupo hipertenso ativo	200,71 ± 87,11	+41,37 (-13,97 \ 96,66)
Grupo hipertenso não ativo	158,73 ± 53,00	
<b>RMS - Músculo vasto medial (µV)</b>		
Grupo hipertenso ativo	325,99 ± 135,35	+65,34 (-22,01 \ 152,70)
Grupo hipertenso não ativo	261,55 ± 110,78	

Não houve diferença significativa na interação grupo x músculo (teste ANOVA *two-way medidas repetidas*); IC 95% - intervalo de confiança a 95%; µV - microvolts; RMS - *root mean square*.



## 5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo mostraram os indivíduos hipertensos que realizavam treinamento físico combinado de longo prazo em uma clínica de saúde, apresentaram diferenças significativas em relação a força muscular de membros inferiores, composição corporal e consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{ pico}}$ ), quando comparados a indivíduos hipertensos fisicamente não ativos.

Os valores observados de  $VO_{2\text{ pico}}$  nos participantes dessa clínica de saúde indica o potencial deste programa de exercícios no aumento da aptidão cardiorrespiratória para indivíduos hipertensos, o valor médio do  $VO_2$  para os hipertensos fisicamente ativos no estudo, estão acima dos recomendados pela *American Heart Association* (AHA, 1972), que deve ser maior que  $25\text{ ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . No entanto, com aumento na progressão da intensidade do treinamento aeróbio ao longo dos anos, os hipertensos treinados poderiam ter alcançados melhor classificação de aptidão cardiorrespiratória.

Esses valores de  $VO_{2\text{ pico}}$  observados no grupo fisicamente ativos, estão relacionados com adaptações fisiológicas esperadas e observadas pelo TC, sabe-se que o treinamento de resistência aeróbica isolada em indivíduos hipertensos melhora o consumo máximo de oxigênio, por meio de adaptações periféricas, como o aumento no estoque de glicogênio intramuscular, na atividade das enzimas aeróbicas, na densidade mitocondrial, além de fatores centrais, como aumento no débito cardíaco máximo entre outros fatores e essas adaptações sofrem influências da intensidade do exercício (Cardore et al., 2015).

Outra variável cardiorrespiratória observada no presente estudo foi a modulação autonômica da FC, o programa de treinamento físico de longo prazo para hipertensos, não foi suficiente para promover mudanças na atividade vagal (RMSSD, AF e SD1) para o coração. Segundo Ribeiro e Laterza, 2014, o treinamento físico regular melhora a sensibilidade barorreflexa arterial e a diminuição dos níveis de atividade nervosa simpática muscular, ocasionando queda na pressão arterial de repouso. Assim sendo, Mancina e Grassi (2014) relatam que há uma relação inversa da hipertensão arterial e diminuição da atividade vagal no coração e há evidências de que a sensibilidade do controle barorreceptor, prejudicada em indivíduos hipertensos, envolve principalmente mecanismos parassimpáticos.

Uma possível explicação para esses achados, é que o programa de treinamento físico realizado pelos hipertensos na clínica de saúde, não foi suficiente para promover adaptações fisiológicas na modulação da FC nos componentes parassimpáticos, por variáveis do treinamento, por exemplo, nesse programa de treinamento não houve aumento da intensidade do exercício e progressões de cargas, o que pode acarretar no aumento da modulação vagal para o coração.

Apenas nos intervalos RR e na média dos valores da FC da modulação autonômica dos hipertensos treinados foram observadas mudanças ao longo dos anos de treinamento nessa clínica. O que se justifica pelo fato do exercício físico regular diminuir a FC de repouso em indivíduos normotensos (Farinatti et al., 2016a; Bahti et al., 2017) e hipertensos (Ribeiro e Laterza, 2014; Andrade et al., 2017).

Com relação a PA, alguns estudos de revisão sistemática (Sousa et al. 2017; Lamberti et al. 2016) são discordantes dos achados da presente pesquisa, entretanto, essas revisões analisaram ensaios clínicos com tempo de treinamento de curta duração. Nesse contexto, o TC de longo prazo realizado pelos hipertensos na clínica, não foi suficiente para promover ajustes cardiovasculares da PA. Tal discordância, pode ser explicada principalmente pela não progressão e ajuste de cargas do protocolo de TC utilizado na clínica, haja vista que a intensidade, o volume e a frequência semanal do treinamento, não estão de acordo com recomendações e diretrizes de prescrições do treinamento para hipertensos (Lamberti et al. 2016; Sousa et al., 2017; Malachias et al., 2016) com o objetivo de reduzir a PA.

Na última diretriz brasileira de hipertensão (Malachias et al., 2016), a recomendação que indivíduos hipertensos pratiquem exercícios no mínimo 3 vezes na semana, com volume de 40 a 50 minutos de treino para o exercício aeróbio ou resistido, diferente do observado no presente estudo, no qual os hipertensos treinados faziam 30 minutos de cada exercício apenas 2 vezes na semana. Lamberti et al. (2016) constataram que os estudos com hipertensos utilizaram o TC em uma média de 3 vezes na semana, com volume médio de 58 minutos e intensidade de moderado, diferente do observado no presente estudo, que a intensidade nos hipertensos treinados era de leve-moderada e treinavam 2 vezes por semana.

As mudanças no perfil antropométrico e na composição corporal também foram analisadas. Na presente pesquisa, os valores médios do IMC para os dois grupos do estudo, estão acima dos recomendados pela Organização Mundial da saúde (OMS), que deve ser inferior a 25 kg / m<sup>2</sup>. Acima deste corte de 25 kg / m<sup>2</sup>

para pessoas com excesso de peso, pode haver aumento do risco de doença. No entanto, para o grupo de hipertensos treinados a média do IMC foi menor do que a dos hipertensos que não realizaram o treinamento. Segundo a classificação da Associação Diretrizes Brasileiras de Obesidade (2016) o grupo hipertenso fisicamente ativo foi classificado como pré-obeso, por outro lado, os voluntários do grupo fisicamente não ativos foram classificados como obesos de grau 1. Desse modo, sugere-se a eficácia desse programa de TC de longo prazo em hipertensos observado nessa clínica de saúde, indicado pelo menor valor do IMC no grupo treinado.

Com relação a massa muscular magra (MM) e massa gorda (MG) observou-se que o programa de treinamento utilizado na clínica pelo grupo hipertensos ativos apresentaram valores positivos na composição corporal em comparação ao grupo hipertensos não ativos. Esses achados eram esperados, pois adaptações morfofisiológicas de aumento da MM (Cardore et al., 2014) e diminuição da MG (Lima et al., 2017) são observadas pelo TC em hipertensos. Em contrapartida, não foram observadas mudanças na porcentagem de gordura corporal (%G) entre os grupos, como não houve controle da dieta dos voluntários, não podemos verificar a efetividade desse programa de longo prazo nessa variável no presente estudo.

Segundo Stefani e Galanti (2017) a diminuição do IMC e MG causada pelo exercício físico regular, pode ajudar a melhorar a composição corporal, síndrome metabólica e doenças cardiovasculares em indivíduos hipertensos.

Em relação as variáveis neuromusculares observou-se que o programa de treinamento físico de longo prazo para hipertensos, foi suficiente para provocar mudanças na força máxima durante a contração isométrica de

extensão do joelho quando comparados aos hipertensos que não faziam o treinamento na clínica. Sabe-se que as adaptações morfofisiológicas esperadas e observadas do treinamento físico resistido isolado resultam em adaptações hipertróficas responsáveis por mudanças na força muscular (Suchomel et al., 2018).

As mudanças da força muscular são explicadas a partir de adaptações neurais e morfológicas. As principais adaptações neurais consistem no aumento da capacidade de recrutamento de unidades motoras, bem como no aumento na frequência de disparo dessas unidades. Já as adaptações morfológicas incluem o aumento da área de secção transversa fisiológica (AST) da fibra muscular, o que resulta no aumento na AST do músculo, bem como no aumento na espessura muscular (Eklund et al., 2015; Murach e Bagley, 2016).

No presente estudo o maior valor da força muscular observado em hipertensos treinados, pode estar relacionado com adaptações morfológicas, uma vez que não foi observado maior recrutamento de unidades motoras dos músculos avaliados pela EMG.

É provável que as mudanças iniciais nas características de força muscular, especialmente em indivíduos de meia-idade e idosos, sejam em grande parte devido as adaptações neurais (Cardore et al., 2014), como no presente estudo os indivíduos avaliados já treinavam há bastante tempo, esse achado relacionados a força foi provavelmente ocasionada por adaptações morfológicas ao treinamento físico, visto que, a massa muscular (MM) dos hipertensos treinados foi diferente dos hipertensos fisicamente não ativos. Como não foram avaliadas as adaptações morfológicas dos músculos por técnicas de

histoquímica (biópsia muscular) ou por técnicas de imagem como ressonância magnética, não podemos afirmar esses achados.

Entretanto, não foram observadas mudanças na atividade eletromiográfica dos músculos RF, VL e VM em hipertensos treinados, tal discordância, é explicada pela progressão de cargas para o treinamento resistido no protocolo de treinamento utilizado na clínica, o que pode prejudicar adaptações neurais para os músculos supracitados, com menor capacidade de recrutamento de unidades motoras na CIVM para o grupo que faz o treinamento físico.

Ressalta-se ainda, que para a mesma tarefa de contração máxima de extensão do joelho em um ângulo de 90 graus, a atividade elétrica dos músculos avaliados na presente pesquisa seguiu o mesmo padrão para os dois grupos, o recrutamento de unidades motoras do músculo VM foi maior do que os músculos VL e RF, como também o músculo VL recrutou mais unidades motoras do que o músculo RF. Outros estudos utilizando a mesma tarefa e diferentes ângulos do joelho concordam com esses achados (Ferrari et al., 2013; Pinto et al., 2016).

Algumas limitações foram encontradas e merecem comentários. A não realização de um ensaio clínico para avaliar o efeito do treinamento combinado sobre as variáveis cardiovasculares e neuromusculares. Por meio do ensaio clínico seria possível manipular as variáveis do treinamento físico combinado (intensidade, frequência, volume, duração, ordem e sequência de execução dos exercícios e etc) objetivando a progressão de carga no protocolo de treinamento para indivíduos hipertensos utilizado nessa clínica. Por se tratar de um estudo observacional com o propósito de observar o treinamento realizado em um

centro clínico, não foi possível alterar a proposta de treinamento dos indivíduos hipertensos. Outra limitação que merece destaque é que não foram avaliados indivíduos normotensos fisicamente não ativos e indivíduos normotensos fisicamente ativos, a análise desses grupos poderia propiciar melhor entendimento das respostas cardiovasculares e neuromusculares frente ao treinamento combinado. Destaca-se também que os voluntários não foram orientados a cruzar os membros superiores durante o teste de CIVM, o que pode ter mascarado os valores de força muscular. Outra limitação é que foram avaliados apenas indivíduos clinicamente estáveis em relação a HAS (uso de medicamento) o que pode ter mascarado o efeito do treinamento físico sobre as respostas da PA. Por último, o estudo foi realizado em apenas uma clínica de saúde, seria interessante estudar outros programas de exercícios físicos em centros de saúde.

### **Aplicação prática do estudo**

Por meio dos achados do presente estudo, foi possível observar que para hipertensos é fundamental seguir as recomendações e diretrizes de treinamento para essa população, modificações nas progressões das variáveis de treinamento (carga, intensidade, duração, frequência de treino, tipo do treinamento, ordem dos exercícios e etc), podem orientar na prática profissionais da área de atividade física em seus programas de treinamento, alcançarem melhores adaptações cardiovasculares e neuromusculares após um período prolongado de exercícios físico, aplicando em academias e outras clínicas de saúde protocolos de treinos para hipertensos.

## 6 CONCLUSÃO

Conclui-se que os hipertensos fisicamente ativos apresentam condições musculoesqueléticas diferentes dos hipertensos fisicamente não ativos. Portanto, o presente estudo confirma parcialmente a hipótese inicial de que os valores de força muscular e atividade eletromiográfica (EMG) seriam maiores nos hipertensos ativos em uma mesma tarefa. Uma vez que, maiores valores da força muscular foram observados em hipertensos treinados. No entanto, em relação a ativação muscular, não observou-se diferença entre os grupos. Além disso, o treinamento físico de longo prazo promoveu alterações cardiorrespiratórias, o que também confirma parcialmente a hipótese de que os valores de consumo máximo de oxigênio e da modulação parassimpática da VFC seriam alterados pelo treinamento físico prolongado, pois somente no  $VO_{2\text{pico}}$  foram observadas alterações cardiorrespiratórias.

Conclui-se ainda que não foram observadas mudanças nos níveis pressóricos entre os grupos, no entanto, houve mudanças na composição corporal, com maiores valores de massa muscular e menores valores de massa gorda no grupo hipertenso ativos.



**REFERÊNCIAS \***

Andrade PE, Amaral JAT, Paiva LDS, Adami F, Raimudo JZ, Valenti VE, et al. Reduction of heart rate variability in hypertensive elderly. *Blood Press*. 2017; 26(6):350-8.

AMERICAN HEART ASSOCIATION. (1972). Exercise testing and training of apparently healthy individuals; a handbook for physicians. New York, American Heart Assn.

Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica Diretrizes brasileiras de obesidade 2016 / ABESO - Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. 4 ed. São Paulo, SP

Benjamin EJ, Blaha MJ, Chiuve SE, Cushman M, Das SR, Deo R, et al. Heart Disease and Stroke Statistics - 2017 Update A Report From the American Heart Association. *Circulation* 2017;135: e146–e603..

Bhati P, Bansal V, Moiz JA. Comparison of different volumes of high intensity interval training on cardiac autonomic function in sedentary young women. *Int J Adolesc Med Health*. 2017; 17(3):129-34.

Cardore EL, Pinto RS, Krue LFM. Neuromuscular adaptations to strength and concurrent training in elderly men. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum*. 2014; 14(4):483-495.

Carvalho TD, Pastre CM, Rossi RC, Abreu LC, Valenti VE, Vanderlei LCM. Índices geométricos de variabilidade da frequência cardíaca na doença pulmonar obstrutiva crônica. *Rev Port Pneumol*. 2011; 17(6): 260-5.

Carter JR, Ray CA. Sympathetic neural adaptations to exercise training in humans. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* 2015; 88, p: 36-43.

Cram JR, Kasman GS, Haltz J. Introduction to surface electromyography. Aspen Publishers, 1998

Cornelissen VA and Smart NA. Exercise Training for Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Am Heart Assoc*. 2013; 2(1):1-9.

De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech*. 1997; 13(2):135-163.

\* Baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors - Grupo de Vancouver; 2005

Eddens L, Van Someren K, Howatson G. The Role of Intra-Session Exercise Sequence in the Interference Effect: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med.* 2018;48(1):177-188.

Eklund D, Pulverenti T, Bankers S, Avela J, Newton R, Schumann M, et al. Neuromuscular adaptations to different modes of combined strength and endurance training. *Int J Sports Med.* 2015; 36(2):120-9.

Ellestad MH, Allen W, Wan MCK, Kemp GL. Maximal treadmill stress testing for cardiovascular evaluation. *Circulation* 1969; 39:517-22.

Farinatti P, Neto SR, Dias I, Cunha FA, Bouskela E, Kraemer-Aguiar LG. Short-Term Resistance Training Attenuates Cardiac Autonomic Dysfunction in Obese Adolescents. *Pediatr Exerc Sci.* 2016a; 28(3):374-80.

Farinatti P, Monteiro WD, Oliveira RB. Long Term Home-Based Exercise is Effective to Reduce Blood Pressure in Low Income Brazilian Hypertensive Patients: A Controlled Trial. *High Blood Press Cardiovasc Prev.* 2016b; 23(4):395-404.

Ferreira AS, de Oliveira JF, Cordovil I, Barbosa J Filho. Quadriceps short-term resistance exercise in subjects with resistant hypertension. *Fisioter Mov.* 2011; 24(4):629-36.

Ferrari R, Kruegel LF, Cadore EL, Alberton CL, Izquierdo M, Conceição M, et al. Efficiency of twice weekly concurrent training in trained elderly men. *Exp Gerontol.* 2013; 48(11):1236-42.

Gault ML, Clements RE, Willems ME. Functional mobility of older adults after concentric and eccentric endurance exercises. *Eur J Appl Physiol.* 2014; 112(11): 3699-707.

Gerage AM, Forjaz CL, Nascimento MA, Januário RS, Polito MD, Cyrino ES. Cardiovascular adaptations to resistance training in elderly postmenopausal women. *Int J Sports Med.* 2013; 34(9):806-13.

Guedes JM, Bortoluzzi MG, Matte LP, Andrade CM, Zulpo NC, Sebben V, et al. Efeitos do treinamento combinado sobre a força, resistência e potência aeróbica em idosos. *Rev Bras Med Esporte.* 2016; 22(6):480-4.

Haskel WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and Public Health: Updated Recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007;39(8):1423-1434.

Holviaia J, Häkkinen A, Karavirta L, Nyman K, Izquierdo M, Gorostiaga EM, et al. Effects of combined strength and endurance training on treadmill load carrying walking performance in aging men. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(6):1584-95.

Kelley GA, Kelley KS. Progressive resistance exercise and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Hypertension.* 2000;35(3):838-43.

Kendall FP, McCreary EZ, Provance PG, Rodgers MC, Romani WA. *Músculos, provas e funções.* 5ª ed. São Paulo: Manole, 2007.

Kim HS, Kim DG. Effect of long-term resistance exercise on body composition, blood lipid factors, and vascular compliance in the hypertensive elderly men. *J Exerc Rehabil* 2014; 9(2):271–277.

Lamberti LM, Macdonald HV, Johnson BT, Farinatti P, Livingston J, Zaleski AL, et al. Is Concurrent Training Efficacious Antihypertensive Therapy? A Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2016; 48(12):2398-406.

Lima LG, Bonardi JTM, Campos GO, Bertani RF, Scher LML, Moriguti JC, et al. Combine aerobic and resistance training: are there additional benefits for older hypertensive adults? *Clinics.* 2017; 72(6):363-9.

Lopes PFF, Oliveira MIB, Sousa André SM, Nascimento DLA, Silva CSS, Rebouças GM, et al. Clínica da Variabilidade da Frequência Cardíaca. *Rev Neurocienc* 2013;21(4):600-603.

Malachias MVB, Souza WKS, Plavnik FL, Rodrigues CIS, Brandão AA, Neves MFT, et al. 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. *Arq Bras Cardiol* 2016; 107(3):1-83.

Mancia G e Grassi G. The autonomic nervous system and hypertension. *Circ Res.* 2014; 114(11):1804-14.

Melo, PM. Modulação autonômica cardíaca e concentrações séricas de sulfato de dehidroepiandrosterona em idosos fisicamente ativos e praticantes de treinamento físico concorrente. 2014 Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba MG.

Michael S, Graham KS, Davis GM O. Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals: a review. *Front Physiol.* 2017;29(8):301.

Murach KA e Bagley JR. Skeletal Muscle Hypertrophy with Concurrent Exercise Training: Contrary Evidence for an Interference Effect. *Sports Med.* 2016; 46(8):1029-39.

Oliveira VN, Bessa A, Jorge ML, Oliveira RJ, Mello MT, Agostini GG, et al. The effect of different training programs on antioxidant status, oxidative stress, and metabolic control in type 2 diabetes. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012; 37(2):334-44.

Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(3):533-53.

Pescatello LS, MacDonald HV, Lamberti L, Johnson BT. Exercise for Hypertension: A Prescription Update Integrating Existing Recommendations with Emerging Research. *Curr Hypertens Rep.* 2015; 17(11): 87-97.

Pinto SS, Alberton CL, Bagatini NC, Zaffari P, Cadore EL, Radaelli R, et al. Neuromuscular adaptations to water-based concurrent training in postmenopausal women: effects of intrasession exercise sequence. *Age (Dordr).* 2016; 37(1):9751.

Polito M. D. Força Muscular *Versus* Pressão Arterial de Repouso: Uma Revisão Baseada no Treinamento Com Pesos. *Ver Bras Med Esporte* 2009;15(4):299-305.

Ramos JS, Dalleck LC, Borrani F, Beetham KS, Mielke GI, Dias KA, et al. High-intensity interval training and cardiac autonomic control in individuals with metabolic syndrome: A randomised trial. *Int J Cardiol.* 2017; 15:245-252.

Ribeiro MP, Laterza MC. Efeito agudo e crônico do exercício físico aeróbio na pressão arterial em pré-hipertensos. *Rev. Educ. Fis. (UEM).* 2014; 25(1):143-152.

Shargal E, Kislev-Cohen R, Zigel L, Epstein S, Pilz-Burstein R, Tenenbaum G. Age-related maximal heart rate: examination and refinement of prediction equations. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 2015; 55(10):1207-18.

Silva MC, Rombaldi AJ, Campos ALP. Effect of the sequence of aerobic and resistance exercise on physical fitness in women over the age of 50. *Rev Bras Cineantropom. Desempenho Hum.* 2010, 12(2):134-139. ).

Siqueira ASE, Siqueira-Filho AG, Land MGP. Análise do Impacto Econômico das Doenças Cardiovasculares nos Últimos Cinco Anos no Brasil. *Arq Bras Cardiol.* 2017; [online]. ahead print,

Sousa J, Neto GR, Santos HH, Araújo JP, Silva HG, Cirilo-Sousa MS. Effects of strength training with blood flow restriction on torque, muscle activation and local muscular endurance in healthy subjects. *Biol Sport.* 2017;34(1):83-90.

Sousa EC, Abrahin O, Ferreira ALL, Rodrigues RP, Alves EAC, Vieira RP. Resistance training alone reduces systolic and diastolic blood pressure in prehypertensive and hypertensive individuals: meta-analysis. *Hypertens Res.* 2017; 40(11): 927-931.

Stefani L e Galanti G. Physical Exercise Prescription in Metabolic Chronic Disease. *Adv Exp Med Biol.* 2017;1005:123-141.

Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Stone MH. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Med.* 2018 [online]. ahead print.

Task Force of the European society of cardiology and The North American Society of Pacing Electrophysiology. Heart rate variability standars of measurement physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996; 17(3): 354-81.

Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res.* 2005; 19(1):231-40.

Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE Jr, Collins KJ, Dennison HC, et al. Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2017; S0735-1097(17)41519-1.

Wilhelm EN, Rech A, Minozzo F, Botton CE, Radaelli R, Teixeira BC, et al. Concurrent strength and endurance training exercise sequence does not affect neuromuscular adaptations in older men. *Exp Gerontol.* 2014; 60:207-14.

## **APÊNDICES**

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

#### **UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA**

#### **Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano**

Você está sendo convidado para participar, como voluntário, em uma pesquisa. No caso de aceitar após ser esclarecido sobre as informações assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e outra ficará com o pesquisador responsável.

#### **Informações sobre a pesquisa**

Título do Projeto: “Análise das variáveis cardiorrespiratórias e neuromusculares de indivíduos hipertensos submetidos a um programa de treinamento físico.

Estudo observacional transversal”

Pesquisador Responsável: Roberto José Ruiz

Orientador: Prof. Dra. Delaine Rodrigues Bigaton

Telefones para contato: (19) 2106-3062 (19) 98202-3077

#### **Descrição do projeto**

Avaliar o efeito do treinamento físico concorrente (aeróbio + resistido) sobre pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC) e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) de repouso, consumo pico de oxigênio ( $VO_{2\text{ pico}}$ ), força muscular e índices eletromiográficos (EMG) do membro inferior. A pesquisa consistirá de dois encontros. O primeiro servirá para avaliação cardiorrespiratória em teste de esforço máximo, realizado em esteira e também avaliação do peso e altura. No segundo farão a análise do batimento do coração, deitado em uma maca em repouso e um teste para verificar a força muscular da perna sentado em uma cadeira.

#### **Possíveis riscos**

Dores musculares em decorrência do teste de esforço e de força, falta de ar, tontura e náusea pelo teste de esforço. Além disso, o projeto será feito em uma clínica de saúde e contará com uma equipe treinada para minimizar possíveis riscos à saúde do voluntário.

### **Benefícios esperados**

De forma geral, os resultados ajudarão os voluntários a compreender o efeito positivo do exercício físico sobre a hipertensão, observando melhoras no coração e na força muscular.

### **Responsabilidade dos pesquisadores**

Os pesquisadores se comprometem a suspender a pesquisa caso identifiquem qualquer tipo de risco aos participantes.

### **Responsabilidade dos participantes**

Estar no local dos encontros nos dias e horários marcados. Informar ao pesquisador qualquer desconforto que venha sentir.

### **Resultados obtidos**

As informações obtidas poderão ser utilizadas como dados de pesquisa científica, podendo ser publicados e divulgados, sendo resguardada a identidade do participante.

### **Liberdade de consentimento**

A sua permissão para participar desta pesquisa é voluntária. Você estará livre para negá-la, em qualquer momento, e desistir da mesma se desejar.

Eu,.....portador do RG.....,  
 endereço.....e telefone.....  
 declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, no projeto de pesquisa acima descrito.

Piracicaba, .....de.....de.....

.....

.....

Nome e assinatura do voluntário

Nome e assinatura do pesquisador

**TERMO TESTE ERGOMÉTRICO**

Autorização para realização do teste ergométrico

*"Declaro que fui informado sobre as finalidades do exame ergométrico a que irei me submeter, estando ciente de sua forma de execução, de eventuais sintomas, cansaço e/ou outras anormalidades que poderão advir, conseqüente à aplicação do método".*

Nome: \_\_\_\_\_

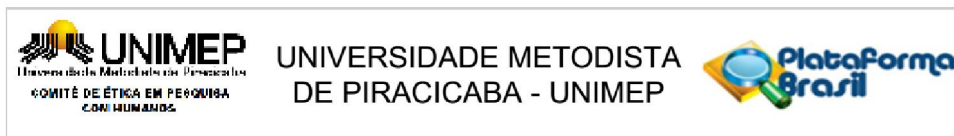
RG: \_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_  
Assinatura



## ANEXO



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Análise das variáveis cardiorrespiratórias e neuromusculares de indivíduos hipertensos submetidos a um programa de treinamento físico. Estudo observacional transversal.

**Pesquisador:** ROBERTO JOSE RUIZ

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 62098916.7.0000.5507

**Instituição Proponente:** INSTITUTO EDUCACIONAL PIRACICABANO DA IGREJA METODISTA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.867.531

**Apresentação do Projeto:**

Projeto adequadamente apresentado, contendo todos os dados necessários para sua análise.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivos claros, coerentes com o desenho do projeto e exequíveis dentro do cronograma exposto.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os riscos aos sujeitos são mínimos e o projeto assegura o cuidado para reduzi-los. Os benefícios (diretos e indiretos) aos sujeitos estão presentes e superam os riscos.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Destacam-se a relevância e as contribuições da pesquisa apresentada. As bases teóricas estão adequadas, a metodologia é coerente e a coleta de dados é adequada à proposta.

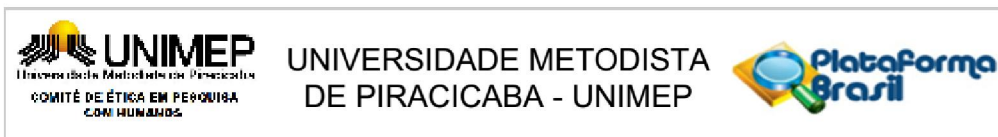
**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O projeto está em conformidade com a Res 466/12.

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

Projeto aprovado.

**Endereço:** Rodovia do Açúcar, Km 156  
**Bairro:** Taquaral **CEP:** 13.400-911  
**UF:** SP **Município:** PIRACICABA  
**Telefone:** (19)3124-1515 **Fax:** (19)3124-1515 **E-mail:** comitedeetica@unimep.br



Continuação do Parecer: 1.867.531

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_825327.pdf	17/11/2016 14:17:05		Aceito
Folha de Rosto	folha_rosto_roberto_ruiz.pdf	17/11/2016 14:14:46	ROBERTO JOSE RUIZ	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_roberto_ruiz.pdf	15/11/2016 21:44:50	ROBERTO JOSE RUIZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termo_livre_roberto_ruiz.pdf	15/11/2016 21:44:34	ROBERTO JOSE RUIZ	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_pesquisa_roberto_ruiz10_11_16.pdf	15/11/2016 21:27:54	ROBERTO JOSE RUIZ	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

PIRACICABA, 15 de Dezembro de 2016

---

**Assinado por:**  
**Daniela Faleiros Bertelli Merino**  
**(Coordenador)**